

ptbim

2º congresso português de
building information
modelling

17 & 18 de maio 2018
instituto superior técnico
universidade de lisboa

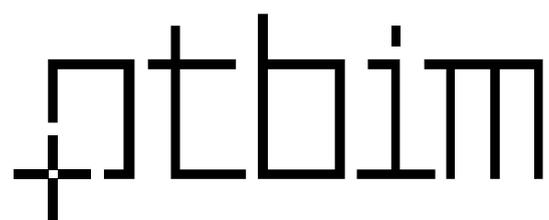
Editores

António Aguiar Costa

Miguel Azenha



TÉCNICO
LISBOA



2º Congresso português de
Building Information Modelling

Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

17 & 18 de maio de 2018

Editores:

António Aguiar Costa

Miguel Azenha

Coorganizado por:



Universidade do Minho



Texto © 2018 Editores
Design © José Granja
ISBN: 978-989-20-8396-4
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1226766>
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal
<https://tecnico.ulisboa.pt>
© Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. 2018
© Autores. 2018
© Editores. 2018

Créditos para a foto de capa: Boutik Marketing

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada ou transmitida total ou parcialmente, por nenhuma forma e nenhum meio, seja mecânico, eletrónico, ou qualquer outro, sem autorização prévia escrita dos autores e editores. Os textos, bem como os esquemas e imagens do seu conteúdo são da inteira responsabilidade dos seus autores.

Os autores e os editores fizeram todos os esforços para assegurar a exatidão da informação apresentada.

COMISSÃO ORGANIZADORA LOCAL

António Aguiar Costa – Universidade Lisboa (IST) – Presidente da Comissão Organizadora
Francisco Teixeira Bastos – Universidade Lisboa (IST)

COMISSÃO ORGANIZADORA NACIONAL

António Aguiar Costa – Universidade Lisboa (IST)
Francisco Teixeira Bastos – Universidade Lisboa (IST)
Miguel Azenha – Universidade Minho (EEUM)
João Poças Martins – Universidade Porto (FEUP)
Nuno Lacerda – Universidade Porto (FAUP)

COMISSÃO CIENTÍFICA

Miguel Azenha – Universidade Minho (EEUM) – Presidente da Comissão Científica
Ana Tomé – Universidade Lisboa (IST)
António Aguiar Costa – Universidade Lisboa (IST)
António Cabaço – LNEC
António Menezes Leitão – Universidade Lisboa (IST)
Bruno Figueiredo – Universidade Minho (EAUM)
Bruno Matos – Teixeira Duarte
Diogo Ribeiro – ISEP
Fernanda Rodrigues – Universidade Aveiro
Fernando Pinho – Universidade Nova Lisboa
Francisco Teixeira Bastos – Universidade Lisboa (IST)
Hugo Rodrigues – Inst. Poli. Leiria
Inês Rodrigues – Plano Oblíquo
João Pedro Couto – Universidade Minho (EEUM)
João Poças Martins – Universidade Porto (FEUP)
José Carlos Lino – Newton
José Maria Lobo de Carvalho - Universidade Lisboa (IST)
José Pedro Sousa – Universidade Porto (FAUP)
José Pinto-Faria – Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)
José Santos - Universidade da Madeira (UM)
Levi daCosta – Universidade Lusíada (UL)
Luís Costa Neves – Universidade Coimbra (FCTUC)
Luisa Maria Silva Gonçalves – Instituto Politécnico de Leiria (IPL)
Maria João Falcão – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)
Miguel Ferraz - Universidade Porto (FEUP)
Nuno Lacerda – Universidade Porto (FAUP)
Paula Couto – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)
Paulo Carreira - Universidade Lisboa (IST)
Paulo Costeira – Instituto Politécnico de Viseu (IPV)
Ricardo Resende – Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE)
Sara Eloy – Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE)
Zita Sampaio – Universidade de Lisboa (IST)

PATROCINADORES

A400

BIMMS BUILDING
INFORMATION
MODELING &
MANAGEMENT
SOLUTIONS

BIMTEC

SECIL

ASIDEK
CT SOLUTIONS

COBERT

CONSTRUSOFT

GEOTRILHO
TOPOGRAFIA ENGENHARIA E PROJECTO

HILTI

infor
soluções **BIM**



PREFÁCIO

O Building Information Modelling (BIM) dispensa apresentações. Pouco a pouco, esta metodologia digital está a ocupar o seu lugar na indústria da construção e das infraestruturas e a fazer da transformação digital, uma visão incontornável. Para esta crescente consciencialização muito têm contribuído as iniciativas de promoção e disseminação dinamizadas pela academia, com o apoio de alguns dos líderes da indústria. O Congresso PTBIM surge como uma destas iniciativas, em que os entusiastas da mudança constroem uma nova realidade para a indústria. Esta realidade digital, é mais colaborativa, inteligente e sustentável, mas também muito desafiante.

Pode dizer-se que já existiram outras mudanças na indústria e que, uma vez mais, o setor se adaptará. Contudo, esta é uma mudança complexa e num contexto de globalização intensa, em que apenas quem demonstra a necessária agilidade para acompanhar esta transformação, resistirá. Assim, é importante uma mobilização de conjunto, apoiada pela definição de políticas de inovação adequadas e instrumentos de regulamentação e apoio à implementação adequados. O desenvolvimento de guias e normas são cruciais para que a indústria funcione como um todo e para que o caminho a seguir seja traçado de forma consistente. A CT197-BIM tem trabalhado, de forma voluntária, neste sentido, tendo produzido documentação relevante, como o Guia de Contratação BIM e o Plano de Execução BIM (este último ainda não publicado). Outros documentos estão a ser desenvolvidos, como os que apoiam o desenvolvimento de um sistema nacional de classificação de informação da construção. Pela importância reconhecida a estes trabalhos, foi uma prioridade para a comissão organizadora do PTBIM garantir uma sessão especial dedicada à normalização e implementação BIM, onde os mais recentes contributos da CT197-BIM são apresentados e discutidos.

Um pouco por todo o mundo, esta metodologia de trabalho digital está a tornar-se obrigatória, merecendo crescente atenção por parte dos diferentes governos nacionais. Preparar a indústria para uma mudança com esta amplitude e complexidade é garantir a sua existência e competitividade no mercado global. Esta mudança é, por isso, uma obrigação estratégica, que deve ser estruturada em torno de uma visão inovadora para a indústria. Por isso mesmo, o PTBIM dá a conhecer a opinião e a visão de alguns dos principais players da indústria nacional, com um contributo relevante para a consolidação deste movimento de mudança. Realça-se o testemunho da Comissão BIM Espanhola, a EsBIM, que apresenta a estratégia de implementação BIM e a discussão em torno da meta definida para a obrigatoriedade do BIM Espanha.

Por estas razões, e muitas outras, como a partilha de experiências de especialistas nas mais diversas áreas, pode dizer-se que o PTBIM se assume como o principal evento BIM nacional. Depois do sucesso do 1º Congresso PTBIM, que decorreu na Universidade do Minho, este 2º Congresso, organizado pelo Instituto Superior Técnico, surge com expectativas elevadas. Com

mais de 250 participantes, 67 artigos aceites, vários oradores convidados, e uma quantidade alargada de temas a serem discutidos, o desafio é continuar a fomentar a partilha de experiências, boas práticas e conhecimento, rumo a uma implementação mais consistente da metodologia BIM na indústria da construção.

No contexto desta publicação assinala-se um agradecimento especial ao trabalho voluntário dos membros da Comissão Científica na revisão dos trabalhos submetidos.

Os Editores:

António Aguiar Costa
Miguel Azenha

ÍNDICE

Prefácio 9

Índice..... 11

Parte I Normalização BIM e Implementação 17

Análise da implementação da plataforma BIM no setor da AEC do Estado de Santa Catarina

Luisa Ramos Steiner, Rosani Ramos Machado 19

O BIM e a necessidade de um CICS nacional Tabela de produtos

Ana Catarina Gomes, Paula Couto, Maria João Falcão Silva, Fernando F. S. Pinho 29

Modelo Conceptual para a interação com informação de projeto – Natural BIM Interface

Fábio Dinis, João Poças Martins, Bárbara Rangel, Ana Sofia Guimarães 39

BIM como supply chain manager de informação

André Silva, Carlos Moreira 49

Implementação BIM na Tecnoplano – Desde a ideia até ao Projeto Piloto

Pedro Monteiro, Susana Oliveira 59

Conceitos para a utilização de informação digitalizada no ciclo de vida de empreendimentos de construção

Luís Campos, António Aguiar Costa 69

BIM Product Data Templates: Desafios e Oportunidades

Pedro Lucas Martins, António Aguiar Costa 79

Implementação de processos BIM: Desafios na aplicação da metodologia em diferentes enquadramentos da indústria da construção

André Monteiro, João Lima 89

O uso de BIM em escritórios contemporâneos: estudo de caso com jovens arquitetos brasileiros

Carlo Manica, Gabriela Bertoli, Gisele Pinna Braga, Monika Maria Stumpp..... 99

BIM nas infraestruturas ferroviárias. Um parente pobre

Francisco Sécio 109

Interoperabilidade entre objetos BIM e a aplicação ProNIC na especialidade de Instalações Prediais

Joana Lopes, Maria João Falcão Silva, Paula Couto, Fernando Pinho 119

Contributos para um CICS Nacional, em conformidade com a Norma ISO 12006
Teresa Poêjo, Paula Couto, Maria João Falcão Silva, Fernando F. S. Pinho 129

Desenvolvimento de guia de contratação BIM para o contexto português
António Aguiar Costa, Bruno de Carvalho Matos, Diogo Drumond, Inês Rodrigues ... 139

Proposta de um mapa de processos para o projeto de edifícios adequado à realidade portuguesa
Paulo Hugo Pereira, Ana Paula Assis, Miguel Azenha 147

Parte II BIM e o Ambiente Construído 157

O BIM no processo de tomada de decisões do HEMOSC utilizando a captura da realidade e o laser scanning
Maria Antunes, Lia Bizzo, Rafael Silva, Eduardo Cortizo, Sidnea Ribeiro..... 159

Processos digitais HBIM-FFF para a representação física do património | o caso de estudo do palácio nacional de Sintra
Inês Rita, Jessica Rocha, Afonso Francisco, Ana Tomé 169

Técnicas de Levantamento laser scanner - aplicabilidade ao contexto dos edifícios. 179
Luís Sanhudo, João Poças Martins, Nuno Ramos, Ricardo Almeida, Eva Barreira, Maria Lurdes Simões, Vítor Cardoso..... 179

A recolha de dados para integração em BIM
Bruno Baptista, Gonçalo Inocentes, Mário Encarnação 189

Estudo de caso: utilização da fotogrametria para geração de BIM's
Lucas Gonçalves, Jean Gagliardo 199

Metodologia BIM na Avaliação Patrimonial de Imóveis
David Rodrigues, Paula Couto, Maria João Falcão Silva, Pedro Silva 209

Parte III BIM na Arquitetura e Engenharia 219

Aplicação de metodologia BIM no Âmbito de Projetos de Regularização Fluvial. Os casos de Díli e de Pante Macassar em Timor-Leste.
Luís Ribeirinho, Ana André 221

Metodologia de projeto em edifícios NZEB - a otimização multi objectivo integrada em BIM no desenho da fachada
Pedro Santiago 231

BIM-based LCA approach applied on a case study	
Kamar Aljundi, Fernanda Rodrigues, Armando Pinto, Ana Cláudia Dias	241
A validation study of a semi-automatic BIM-LCA tool	
Rúben Santos, António A. Costa, José D. Silvestre, Lincy Pyl	251
BIM na pormenorização de estruturas de betão armado pré-esforçado	
José Granja, Patrícia Silva, Miguel Azenha, José Carlos Lino, João Flores.....	261
Estudo de viabilidade do aproveitamento hidroelétrico de Kholombidzo	
Pedro Serra, António Amador, António Pereira da Silva, Carlos Canelhas	271
Elaboração e gestão de projeto de uma ETARI com recurso ao <i>Building Information Modelling</i>	
Francisco Reis, Alexander Uzcategui, Bruno Maia	281
New Bugesera International Airport – aplicação prática	
Joel Soares, Hugo Marques, João Oliveira, Alberto Araújo	291
A utilização de recursos BIM no projecto de estruturas	
A. Zita Sampaio, J. N. Novais, J. P. Oliveira.....	301
AValiação de infraestruturas aeroportuárias. Proposta para integração de dados em BIM	
Jorge Lopes, Simona Fontul, Maria João Silva, Paula Couto	311
Design algorítmico integrado	
Renata Castelo Branco, António Leitão	321
Interoperabilidade <i>BIM</i> em projeto de estruturas de Betão Armado	
João Alves, José Carlos Lino, Luís Costa Neves	331
Utilização da metodologia BIM no apoio à reabilitação funcional de um edifício	
João Lopes, Maria João Falcão Silva, Fernando F.S. Pinho, Paula Couto	341
Preferências de jardim de lar segundo o idoso Estudo com recurso a simulações 3D e captação de desenho	
Claudia Nunes	351
Casos de estudo sobre a integração de processos de projeto algorítmico em fluxos de trabalho de projeto em modelo BIM	
Inês Caetano, Catarina Belém, Guilherme Ilunga, Sofia Feist, António Leitão, Francisco Bastos	363
Contribuições para a aplicação do BIM a infraestruturas Ferroviárias	
Sara Carmali, Simona Fontul, Paula Couto, Maria Falcão da Silva	373

Reabilitação dos edifícios singulares da Companhia de Fiação de Crestuma Marta Campos.....	383
A integração dos SIG em projetos BIM – o caso de estudo do hospital divino espírito santo Nuno Pinto, Edgar Barreira, Inês Vilas Boas.....	393
A Realidade Virtual na representação arquitetónica Ana Bento, Luca Martinucci	403
Parte IV BIM na Construção	413
O BIM como instrumento de prevenção em fase de projeto e de obras de reabilitação Manuel Tender, Ricardo Reis, João Pedro Couto, Cátia Lopes, Telma Cunha.....	415
BIM na construção de um edifício multidisciplinar Bruno de Carvalho Matos, Pedro Ferreirinha.....	425
Improving construction safety using BIM-based sensor technologies Adeeb Sidani, J. Duarte, J. Santos Baptista, João Poças Martins, Alfredo Soeiro.....	435
O BIM 3D, 4D E 5D como ferramenta de gestão e prevenção num estaleiro de construção Manuel Tender, Ricardo Reis, João Pedro Couto, Paulo Monteiro, Tânia Rocha, Guiomar Vicente, Tiago Delgado, João Pinto.....	445
Do início do ciclo à vida do edifício à gestão de informação; BIM - Metodologia e estudo de um caso Pedro Ferreirinha Mário João Alves Chaves	457
Utilização do BIM na Otimização do Planeamento e controlo das construções Bruno Vaz, José Carlos Lino, João Pedro Couto.....	467
BIM na gestão da obra: digitalização 3D como ferramenta integrada para o controlo do planeamento e orçamentação da obra Catarina Silva, José Lino, João Couto	477
O uso da tecnologia BIM na quantificação e no planeamento: estudo de caso de residência RN - Brasil Josyanne Giesta, Emilha Lira, Thalita Costa, Jessyka Silva	487
Digitalização da construção no dstgroup: implementação da metodologia BIM João Marcelo Silva, Alexandra Calheiros, Miguel Azenha.....	497
Implementação do BIM na ELEVO Paulo Rodrigues.....	507

Parte V Gestão de Operações e Manutenção 517

Implementação bim no contexto de inspeção e gestão da manutenção de obras de arte em betão armado: proposta de metodologia e aplicação piloto

Gabriel Sousa, Miguel Azenha, José Matos, Vitor Brito 519

Gestão de ativos num projeto de reabilitação urbanística com recurso a metodologias BIM

Eduarda Macedo, José Lino, Francisco Reis, João Couto 529

BIM na hotelaria - Possibilidades e desafios

José Santos, Patrícia Escórcio 539

Desenvolvimento de uma aplicação para a gestão do património existente – Caso de Estudo

José Teixeira, Fernanda Rodrigues, Hugo Rodrigues 549

Facility Management no Building Information Modeling

Tomás Fuzil, Paula Couto, Maria João Silva, Pedro Silva 557

Parte VI Software..... 567

Automatização da modelação BIM de armaduras no projeto de estruturas

Henrique Pires, José Lino, Carlos Rodrigues..... 569

Suporte bim à fase de acompanhamento técnico através de plataformas colaborativas

João Santos, José Carlos Lino, Ricardo Santos..... 579

Modelos BIM obtidos a partir do cálculo das especialidades do projeto de engenharia

Paula Assis, Pablo Gilabert, Ricardo Figueira 589

A interoperabilidade de soluções BIM em software livre

Ricardo Pinho..... 599

Reflexão sobre a prática projetual a partir da utilização de softwares BIM no atelier de projeto

Vagner Wojcickoski..... 609

API na geração automática de mapa de trabalhos e quantidades

Ruben Pereira, Emanuel Correia..... 619

Utilização de ferramentas BIM na pormenorização de armaduras de betão armado

João Lima , Jorge Silva , Vítor Pascoal , André Monteiro 629

Dimensionamento de ancoragens utilizando a metodologia BIM: Profis Engineering

Sílvia Martins 637

Parte VII Formação	645
O BIM no ensino da arquitetura em Portugal O caso do ISCTE-IUL	
Micael Pepe, Ricardo Resende, Pedro Pinto	647
Integração de software BIM na disciplinas de Desenho Técnico e Assistido por Computador da UMA	
Patrícia Escórcio, José Santos.....	657
O grupo académico ISEP/BIM: uma experiência de três anos na promoção e desenvolvimento do BIM	
Diogo Ribeiro, Ricardo Santos, José Pinto-Faria, Rui Gavina, Fernando Sousa, Cláudio Santos, Joel Soares, Nuno Monteiro, Ana Barbosa, João Santos, Henrique Pires	667
Conceito e geração dos modelos nD/BIM	
Alcília Z. Sampaio	677
Curso BIM: uma abordagem eficiente através de aprendizagem orientada por projetos, dirigida para a indústria da AEC	
Miguel Azenha, José Carlos Lino, Bruno Caires, Marta Campos, António Aguiar Costa, Nuno Lacerda, João Poças Martins, Francisco Reis, José António Ribeiro, José Pedro Sousa.....	687

Parte I

Normalização BIM e Implementação

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DA PLATAFORMA BIM NO SETOR DA AEC DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Luisa Ramos Steiner⁽¹⁾, Rosani Ramos Machado⁽²⁾

(1) UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça/SC

(2) UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC

Resumo

Nos últimos anos a tecnologia na área da Arquitetura, Engenharia e Construção avançou significativamente. Esse avanço trouxe novas propostas e padrões fazendo com que as empresas tivessem que se qualificar para atender esses novos modelos. O *Building Information Modeling* já estava presente no Brasil há algum tempo, porém em 2014 o Governo do Estado de Santa Catarina anunciou que a partir de 2018 exigiria o BIM em seus contratos e licitações. Essa iniciativa colocou Santa Catarina em destaque como sendo o primeiro Estado brasileiro a exigir o BIM em suas obras e fez com que o Estado virasse referência nacional em implementação do BIM em órgãos públicos. O objetivo desse trabalho é analisar como as empresas do Estado estão se preparando para atender essa exigência de padronizar os projetos com a tecnologia BIM. Com a aplicação de um questionário online, mais de 90 empresas de todas as regiões do Estado participaram da pesquisa e possibilitaram entender melhor como está o processo de implementação do BIM. Os resultados mostram que mais de 50% dos participantes utilizam o BIM, mesmo que não em sua totalidade, e que parte deles começou a implementação em 2014, ano que o Estado anunciou o BIM *mandate*.

1. Introdução

A tecnologia do *Building Information Modeling* (BIM) não é atual, novo é o uso dela na indústria da Construção Civil. Sendo assim, o BIM é um tema muito atual no mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), e recebeu um maior destaque nos últimos anos. Devido às propostas feitas pelo governo do Estado de Santa Catarina de padronizar os projetos com o BIM, o mesmo se tornou mais atraente para as empresas da região, que passaram a investir na tecnologia. No entanto, implantar a tecnologia não é tarefa fácil e muito menos rápida.

Atualmente, a baixa produtividade, os atrasos no prazo de entrega e o alto desperdício são algumas das características mais comuns no processo de trabalho da construção civil no Brasil. Com a inserção da plataforma BIM nas obras brasileiras, a melhoria dos atributos citados anteriormente seria gradual beneficiando não só ao construtor, mas também a toda a sociedade. A aplicação do BIM traz muitos benefícios para toda a cadeia produtiva da construção civil, porém o investimento necessário para introduzir essa técnica é muito alto, tanto de tempo, quanto de dinheiro. Sabendo da potencialidade que a tecnologia possui e da necessidade que o país tem em melhorar os métodos de produção na área da construção, decidiu-se analisar a maneira como a plataforma BIM está sendo implementada no Estado de Santa Catarina, levando em consideração que as empresas já tiveram, em março de 2014, um contato inicial no primeiro Seminário Estadual de BIM – BIM, uma nova forma de fazer Engenharia e Arquitetura.

O trabalho tem por objetivo geral analisar a implementação da plataforma BIM no setor da AEC do Estado de Santa Catarina e por objetivos específicos: Verificar como o setor da construção civil está se preparando para atender a proposta do Governo do Estado de padronizar os projetos com a tecnologia BIM; Apontar as dificuldades encontradas durante o processo de implementação e uso da plataforma; Apresentar os benefícios que o uso do BIM proporciona aos profissionais da área.

2. BIM

A Secretaria de Planejamento do Estado de Santa Catarina/Brasil (SPG/SC), publicou em Março de 2014 o Caderno de apresentação de projetos BIM, onde definiu BIM como um processo que permite a gestão da informação, “uma base de dados lógica e consistente, com toda a informação da edificação, constituindo um repositório de dados e conhecimentos partilhado durante todo o ciclo de vida do empreendimento” [1].

Na mesma época da publicação do Caderno, o Estado anunciou que exigiria uso da plataforma em suas obras e licitações a partir de 2018 [2]. Acredita-se que a exigência será feita a partir de 2018 apenas para grandes obras de Engenharia pois percebe-se que a adesão por parte dos profissionais requer um certo tempo de adaptação.

Santa Catarina foi o primeiro Estado do Brasil a exigir o uso do BIM em obras públicas e a primeira licitação exigindo o uso da plataforma foi a do Instituto de Cardiologia de Santa Catarina, regulada pela Lei n. 12.462/2011 – Regime Diferenciado de Contratação.

Os objetivos do Estado ao propor esse novo padrão são: reduzir o tempo de projeto e execução da obra e conseqüentemente aproximar o máximo possível a expectativa (da sociedade) do tempo de entrega da obra com a capacidade de entrega (do governo); otimizar os gastos públicos, ou seja, reduzir retrabalho e evitar gastos desnecessários; utilizar nuvem de pontos para fazer modelagem de edificações já existentes em reformas e ampliações; obter projetos mais detalhados e compatibilizados, trazendo maior segurança ao profissional; tornar os processos mais eficientes e transparentes, etc [3].

Desde o anúncio, foram tomadas algumas ações de implementação pelo governo do Estado, como por exemplo: Publicação do Caderno BIM; criação de grupo de trabalho técnico, Assinatura de termo de cooperação técnica entre o governo de SC, empresas de tecnologia [4] e outros Estados [5]. O Brasil é um dos países onde a ideia do BIM está se espalhando rapidamente. Em junho de 2017 foi instituído, através de um decreto, o Comitê Estratégico de

Implementação do BIM no Brasil, um importantíssimo passo para estudar a implementação da plataforma no país [6].

3. Método

O trabalho busca respostas através de dados coletados por questionários feitos com empresas que utilizam ou que querem utilizar o BIM. É uma pesquisa exploratória, quanti-qualitativa, bibliográfica e experimental.

O levantamento bibliográfico é uma fase obrigatória que fundamenta teoricamente o assunto a ser investigado. Já o questionamento às pessoas que tiveram experiência prática com o problema ou conhecimento sobre o tema em questão possibilita descobrir fatores implícitos e determinantes nos fenômenos estudados. Por isso, a pesquisa é também explicativa, pois quer direcionar qual a melhor forma de implementar a tecnologia e apontar dificuldades que podem ser encontradas durante o processo.

Quanto à abordagem do problema, optou-se pelo tipo quanti-qualitativa que segundo POLIT e HUNGLER (2004) [7], é a abordagem que se complementa com palavras e números. Quanto à população, foi de acordo com o número de engenheiros e empresas cadastrados no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia/SC (CREA/SC). A amostragem foi conforme a quantidade de respostas obtidas no questionário online após compilação dos dados e exclusão de dados duplicados. Considerando que a taxa de resposta é baixa em casos de questionários online, estimou-se uma taxa de resposta entre 20 e 30%. É uma amostragem por conveniência ou intencional, não probabilística em que todos os elementos escolhidos para integrar foram selecionados por serem mais acessíveis ou fáceis de serem estudados. Mesmo compreendendo os limites desta técnica, escolhi porque estou interessada na opinião (ação, intenção, etc.) de determinadas pessoas que estão atuando na construção civil no Estado de Santa Catarina, pela função desempenhada, cargo ocupado, mas não são representativos dela e que têm potencial de influenciar a opinião dos demais.

Foi aplicado um questionário online com profissionais do setor da AEC do Estado de Santa Catarina a fim de analisar o conhecimento destes sobre a plataforma BIM, como a estão utilizando ou o interesse em utilizá-la. O questionário iniciou com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) em que o voluntário decidiu se aceitava ou não participar da pesquisa. Consentindo, iniciaram-se as perguntas específicas sobre a implementação da plataforma. Com o preenchimento do questionário foi possível fazer uma correlação matemática com os dados recolhidos (ANÁLISE QUANTITATIVA). Após o preenchimento do questionário, conversou-se com alguns dos responsáveis pelas empresas que concordaram em participar da pesquisa a fim de saber mais sobre o processo de implementação e analisou-se as respostas cursivas, prezando a qualidade das informações dadas por cada profissional (ANÁLISE QUALITATIVA). Cada participante foi devidamente codificado recebendo uma letra P e um número, por ordem de preenchimento do questionário (Pn). Utilizou-se o software Atlas TI para fazer uma análise qualitativa das informações obtidas no questionário e o EndNote para gerenciar as bibliografias, organizando-as em grupos de assuntos.

Foram colhidas informações em trabalhos impressos e em publicações na mídia, além de dados que foram coletados em empresas por meio de conversas e em respostas dadas no questionário. Portanto, quanto às fontes de informação, foram utilizados referenciais bibliográficos e pesquisa de campo.

4. Resultados e discussões

O questionário foi desenvolvido através do *Google Forms* e foi enviado por e-mail para os profissionais da área. Os e-mails foram disponibilizados pelo CREA/SC através do catálogo de empresas. Foram encaminhados 350 *e-mails* e obteve-se uma taxa de resposta de 28% (97 respostas), porém a pesquisa continuou com 92 respostas analisadas, conforme esquema explicativo abaixo:

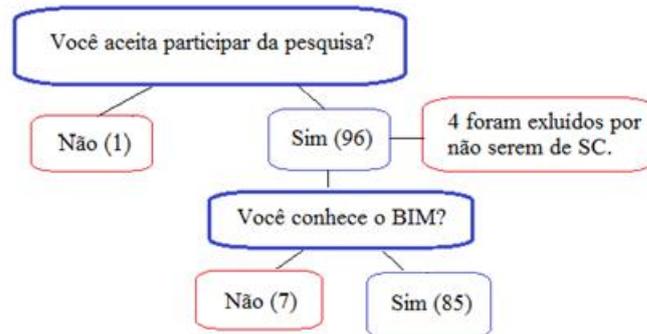


Figura 1: Esquema inicial do número de envolvidos na pesquisa

Dentre as empresas participantes, há escritórios de Arquitetura, de Engenharia, trabalhadores autônomos da indústria da AEC, construtoras, incorporadoras, empresas públicas e privadas e prefeituras. Empresas e organizações de todas as regiões do Estado participaram da pesquisa. No total, foram feitas 27 perguntas no questionário, mas neste artigo será analisada apenas parte delas.

A primeira pergunta específica sobre o assunto dividiu as 92 respostas em dois grupos: os que conhecem o BIM (85) e os que não conhecem (7). Percebe-se que 7,6% das pessoas que participaram da pesquisa não sabem do que se trata, ou seja, nunca ouviram falar do BIM, um número consideravelmente alto, devido à grande disseminação que teve nos últimos anos em Santa Catarina. A participação das pessoas que não conhecem o BIM finalizou após essa pergunta, pois não ajudaria a atingir o objetivo do trabalho.

Sentiu-se a necessidade de saber como foi o primeiro contato dessas 85 pessoas com o BIM e por isso, perguntou-se como cada uma delas conheceu a plataforma.

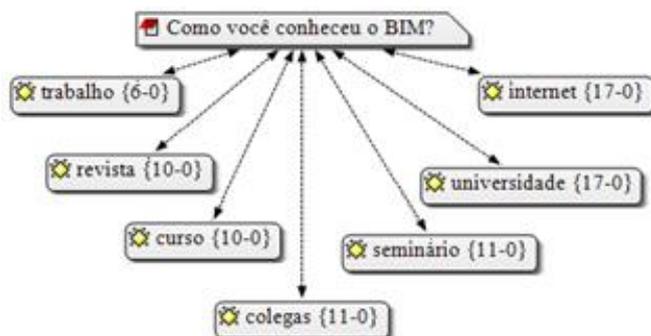


Figura 2: *Network View* – Como você conheceu o BIM?

A questão era aberta e, portanto, as respostas foram variadas. A análise das respostas foi feita com o auxílio do *software Atlas TI*. Percebeu-se que as pessoas conheceram o assunto através

de várias fontes, por isso foram criados sete códigos de busca, cada um com seus respectivos sinônimos com o intuito de analisar as respostas obtidas na pergunta.

Após análise, conforme mostra a imagem acima, a maioria das pessoas conheceu o BIM através da Internet e durante os estudos. A disseminação do BIM foi menos vista em escritórios e nas empresas da região. Com esse resultado, percebemos a importância da difusão da informação através de mídias eletrônicas, seminários e congressos.

Perguntou-se aos participantes se eles utilizavam o BIM e novamente o questionário se dividiu em dois grupos: pessoas que utilizam e pessoas que não o utilizam. O resultado dessa pergunta surpreendeu, pois o número de pessoas que usam (43) e que não usam (42) é praticamente o mesmo nessa amostragem (85). Esperava-se que o número de usuários BIM fosse consideravelmente menor comparado com o de não usuários. Neste artigo serão apresentados apenas os resultados do grupo de pessoas que utiliza a plataforma BIM.

4.1 Grupo de profissionais que utilizam o BIM

Mais da metade dos participantes (43) afirmaram utilizar a plataforma de alguma maneira e por isso foram direcionadas algumas perguntas a esse grupo com o objetivo de entender como se deu o processo de implementação do BIM nessas empresas.

Perguntou-se aos participantes o ano em que eles começaram a usar o BIM. Como resultado, obteve-se que foi mais utilizado após o Primeiro Seminário Estadual de BIM, em 2014, conforme imagem abaixo:

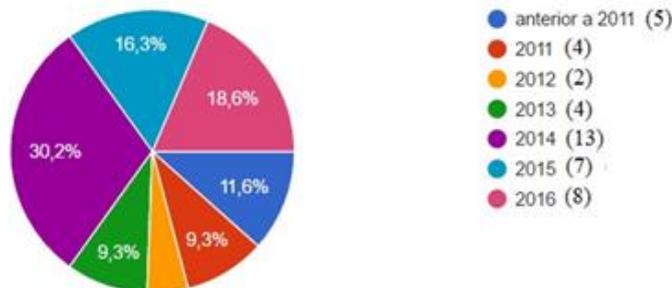


Figura 3: Quando a sua empresa começou a utilizar o BIM?

A crescente procura pela implementação da ferramenta em 2014 está provavelmente relacionada à realização do Seminário Estadual. Os últimos dois anos revelaram que a implementação continuou crescendo na região, porém comparado com o ano de 2014, reduziu pela metade o número de adesão por ano.

A informação de que o Estado exigiria o BIM a partir de 2018 mobilizou parte da indústria de AEC, porém algumas empresas e profissionais da área não tinham noção dessa ação importante e inovadora que o Estado teve. Devido a isso, perguntou-se se os participantes tinham conhecimento da ação e o que eles achavam dessa iniciativa. A questão foi aberta e para analisar cada resposta, utilizou-se o *software Atlas TI*. Primeiramente foi verificado se as pessoas conheciam ou não as ações, para isso, foram criados três códigos de busca, cada um com seus respectivos sinônimos ou expressões utilizadas pelos participantes com o intuito de analisar as respostas obtidas. Ao analisar, percebeu-se que a maioria dos participantes conhecia as ações (28) e desses, grande parte participou do Seminário Estadual em 2014. Cinco (5) pessoas disseram que já ouviram falar, mas não sabiam explicar o que são as ações. Os outros dez (10) participantes não tinham conhecimento da iniciativa do Estado. Esses números revelam que

apesar de o processo de implementação do BIM nos projetos e obras do Estado ter sido muito falado nos últimos dois anos e de a iniciativa ser também referência nacional de implementação em órgão público, muitos profissionais não sabem do que se trata. Boa parte dos participantes que conhecem a ação do Estado acreditam ser uma iniciativa muito importante para o desenvolvimento e aprimoramento de novos métodos de criação de modelos e execução de obras. Porém, acreditam que para atingir o objetivo proposto, levar-se-á um tempo mais longo do que o falado pela SPG/SC, pois a qualificação dos escritórios ainda é lenta.

A pergunta seguinte foi feita com o objetivo de identificar se as empresas estavam fazendo a adoção do BIM para atender as novas exigências que o Governo estava propondo. A análise das respostas indicou que apenas 11,6% das empresas fez a implementação após o anúncio do Estado em 2014. As outras 88,4% fizeram a adoção porque eles buscavam se qualificar devido a outros fatores.

Ainda hoje existe muita resistência quando o assunto é inovar e investir em novas tecnologias, principalmente quando o retorno do investimento é de longo prazo. Por isso, perguntou-se se foi muito trabalhoso iniciar o processo de adoção do BIM nas empresas. Das 43 respostas, 23 afirmam que o processo de aceitação foi difícil, enquanto as 20 outras dizem ter passado por um procedimento tranquilo, sem problemas em relação à aceitação da adoção.

Para entender melhor a adoção do BIM pelas empresas catarinenses, perguntou-se por quê elas decidiram inovar e investir nesse processo. Para isso, desenvolveu-se uma pergunta múltipla-escolha, em que o participante poderia escolher mais de uma afirmação e ainda dizer com suas próprias palavras outro motivo que o fez iniciar o processo de implementação. As opções disponibilizadas na questão foram decididas pela autora após a leitura de artigos e trabalhos que tratavam dos motivos e benefícios da adoção do BIM. Os dados obtidos no questionário foram colocados no *software Atlas TI* para que fosse possível fazer uma melhor análise das respostas.

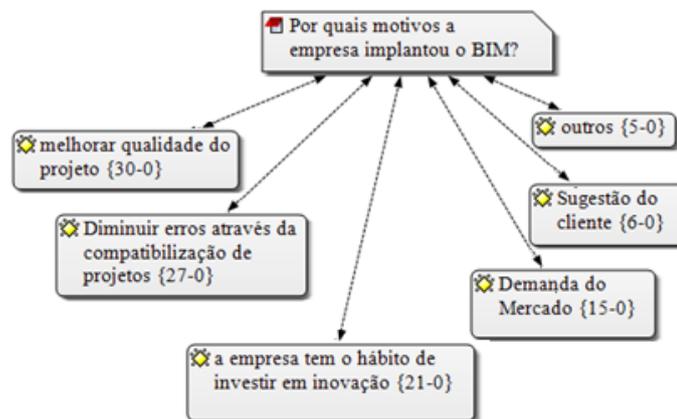


Figura 4: *Network View* - Por quais motivos a empresa implantou o BIM?

A maioria dos participantes selecionou mais de uma opção, o que demonstra que não é somente por uma razão que as empresas decidem adotar o BIM. Já se imaginava que “melhorar qualidade do projeto” e “diminuir erros através da compatibilização de projetos” seriam as opções mais selecionadas, pois percebe-se que as empresas estão procurando investir mais na criação do modelo. A dedicação na fase de projeto reflete na fase de construção da edificação, pois com um projeto bem feito, com disciplinas compatibilizadas, cronograma e quantitativos bem definidos obtém-se um melhor trabalho durante a construção da obra. O retrabalho é menor,

portanto, evita-se gastar dinheiro e tempo com decisões que normalmente seriam tomadas no canteiro de obra. Visto que o setor da construção civil no Brasil é um dos que menos inova em tecnologias, a opção “a empresa tem o hábito de investir em inovação” apareceu em terceiro lugar e esse resultado surpreendeu. O mercado está exigindo o uso e os resultados desse novo processo, com isso, as empresas percebem que para continuarem competitivas, elas devem fazer a implementação do BIM. A opção “outros” trouxe algumas diferentes razões para a implantação como por exemplo: “melhorar gestão de projetos” e “valorização profissional”. Foi perguntado quais *softwares* BIM os participantes utilizavam. No total, foram citados 13 *softwares* conforme demonstra a imagem abaixo:

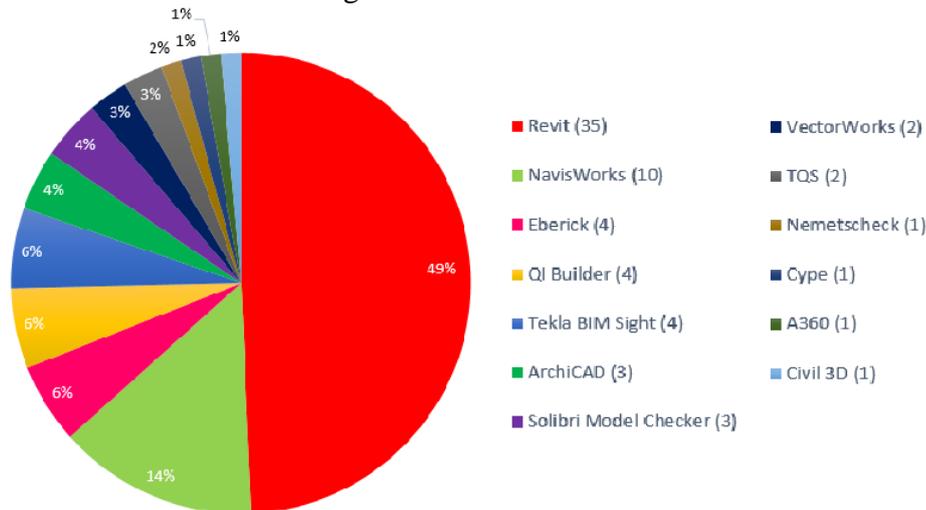


Figura 5: *Softwares* BIM utilizados

Dos 43 participantes, 35 citaram o *Autodesk Revit* como sendo o principal *software* BIM utilizado pela empresa e 15 deles afirmaram utilizar somente o *Revit*. Esse dado já era esperado, pois percebe-se que muitas pessoas não sabem o exato conceito do BIM, sendo assim, ainda hoje é fácil encontrar profissionais que entendem *Revit* como sendo a ferramenta essencial do BIM, ou até mesmo a única ferramenta.

A implementação do BIM se dá, de modo geral, através de cursos disponibilizados aos funcionários ou de consultoria. Mesmo sabendo disso, perguntou-se de que maneira se deu a implementação do BIM dentro de cada empresa e por quanto tempo durou esse processo para entender qual é a melhor maneira. Grande parte dos participantes afirmou ter feito curso de BIM e posteriormente ter contratado algum profissional para dar consultoria na empresa por um certo tempo. Algumas empresas afirmaram ter feito isso paralelamente, ou seja, ao mesmo tempo em que os funcionários estavam fazendo curso em algum programa BIM, existia um profissional dentro da empresa dando consultoria para a implementação da plataforma. Foram poucos os casos de empresas que nasceram com o BIM e não precisaram contratar especialista na área, pois os próprios funcionários já conheciam os *softwares*. O tempo de consultoria nas empresas variou de 1 mês até 2 anos e o tempo de curso que os funcionários receberam variou de 80 horas até 2 anos. Em alguns casos, um ou mais funcionários da empresa estão se especializando em BIM Manager.

Portanto, ressalta-se que a implementação se inicia com algum tipo de curso e contratação de consultor em BIM, lembrando que o tempo de curso ou de consultoria é o início do processo e por isso a melhoria deve ser sempre contínua. Já era esperado que a grande maioria tivesse

utilizado esse método de implementação o qual se destaca como sendo o que obtém resultados mais positivos.

Os benefícios do uso do BIM são muitos e por isso perguntou-se quais as principais vantagens que as empresas encontraram ao utilizar a plataforma. A pergunta feita foi aberta pois assim os participantes poderiam detalhar melhor as suas respostas. Desse modo, verificou-se que os benefícios encontrados foram: A possibilidade de conquistar novos clientes; Melhorar a qualidade dos projetos; Assertividade no projeto executivo; Melhores formas de visualizar o projeto; Melhor apresentação do projeto ao cliente; Maior agilidade no processo de criação; Maior precisão; Mais facilidade na hora de revisar o projeto; Fácil visualização de conflitos; Retorno rápido do cliente; Otimização do tempo; Aumento da produtividade; Antecipação de decisões; Maior confiabilidade nas informações existentes no projeto.

Para alcançar essas vantagens, passa-se por um período de adaptação, o qual pode ser muito trabalhoso. Com o intuito de entender mais sobre o processo de implementação e o uso do BIM no dia-a-dia da obra, perguntou-se quais foram as dificuldades encontradas pelos usuários da plataforma BIM. Um participante disse não ter enfrentado nenhuma dificuldade enquanto que outros citaram várias dificuldades encontradas: Resistência de realizar tarefas simples que inicialmente exigem mais tempo de dedicação no BIM; Falta de profissionais que saibam usar a ferramenta; Desenvolvimento de famílias, bibliotecas e *templates*; Adaptação ao novo método de trabalho; Mal entendimento no que se diz respeito à Engenharia Simultânea; Confusão no início do processo quanto à organização dos arquivos; Falta de padrões claros e intuitivos; Dificuldade em manter o padrão IFC, pois nem todos os softwares exportam e importam todos os elementos e às vezes perde-se informação; Falta de valorização do trabalho pelo cliente final; Custo alto dos softwares, cursos e máquinas; Adaptar-se a tomar decisões na fase inicial do projeto; Falta de tempo para aprender as novas ferramentas, pois tem que dar conta dos projetos em andamento; Queda inicial da produtividade; Resistência da diretoria das empresas.

Como todos os participantes desse grupo utilizam o BIM, teoricamente eles deveriam conhecer as normas que definem e padronizam vários processos com o uso da plataforma. Portanto, foi perguntado se os usuários conheciam as duas normas vigentes relacionadas ao BIM no Brasil, NBR 15965 e NBR ISO 12006.

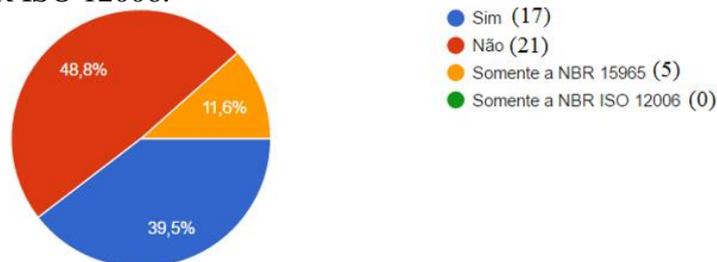


Figura 6: *Você tem conhecimento das Normas Brasileiras sobre o BIM?*

O resultado obtido nessa pergunta não foi muito bom, pois quase metade dos profissionais não conhece as normas que estão vigentes no Brasil, conforme mostra o gráfico acima.

Para finalizar as perguntas desse grupo, questionou-se se os usuários fazem o uso da linguagem IFC. Utilizar o IFC significa permitir interoperabilidade, que é a essência do BIM, pois somente assim será possível utilizar o BIM em todos os ciclos de vida da edificação. Essa pergunta foi objetiva e foram disponibilizadas três alternativas.

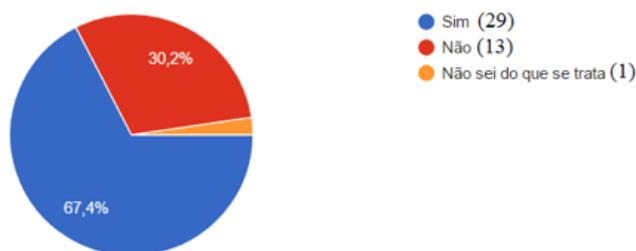


Figura 7: *Você utiliza a linguagem IFC?*

Imaginava-se que seria possível alguém não conhecer o IFC, apesar de ser fundamental no processo de implementação e no uso da plataforma BIM e isso se confirmou durante a análise das respostas. Dos 43, 29 profissionais afirmaram utilizar o IFC, porém 13 disseram não o utilizar. Acredita-se que os usuários que não utilizam o IFC, passarão a utilizá-lo em breve, pois para atingir elevados níveis no uso do BIM é necessária a utilização do padrão IFC.

Percebeu-se, através da análise do questionário, que dos 43 profissionais do grupo que utilizam o BIM, 15 deles utilizam apenas o *Autodesk Revit*. Isso significa que eles estão utilizando a facilidade da modelagem 3D e alguns recursos de *clash detection*, porém não estão fazendo uma análise mais minuciosa de custo, cronograma de obra e alguns elementos que outros *softwares* BIM podem fazer. A utilização de um só programa não contempla todas as dimensões propostas pelo BIM e por isso, utilizam-se vários *softwares* e uma linguagem comum que padroniza e comunica as informações.

Segundo conversa que a autora teve com alguns responsáveis de empresas da indústria de AEC do Estado de SC, os mesmos afirmam que não utilizam a proposta em sua totalidade. Eles procuram a facilidade do *clash detection* e esquecem que uma das propostas do BIM é também facilitar a execução da obra levando tecnologia pra dentro do canteiro de obra, agilizando o processo de execução da obra.

5. Conclusão

Após análise do questionário, percebeu-se que dentre as empresas que responderam às perguntas, a maioria delas está ciente que o BIM é o futuro, ou seja, mais cedo ou mais tarde todas as empresas adotarão o uso dessa metodologia. Foi identificado que grande parte das empresas do Estado está no estágio 1 de implementação, ou seja, no processo de transição do CAD para o BIM. Algumas empresas novas se destacam por possuírem maturidade em BIM e isso se deve ao fato de que a empresa foi criada com essa cultura, portanto ela não passou pelo estágio 1. Em alguns casos, há falta de interesse por parte das construtoras, pois elas contratam projetistas que utilizam o BIM, mas não exigem projetos compatibilizados através de ferramentas BIM. Isso resulta em retrabalho no canteiro de obras, ou seja, não adianta os escritórios de projeto se atualizarem e investirem em novas tecnologias e as construtoras não. Esta pesquisa possibilitou verificar que a maioria das empresas do ramo em SC está se preparando para atender os padrões exigidos pelo governo. As empresas estão aos poucos investindo em cursos e consultorias, porém o processo ainda não é avançado na maioria delas. O BIM deixou de ser uma tendência e passou a ser uma realidade. Com isso, observa-se que o Governo do Estado de SC deu um passo importante em relação à implementação do BIM,

porém percebe-se a falta de interesse inicial de algumas empresas. A dificuldade inicial de implementação do processo ocorre principalmente devido ao alto investimento com retorno de longo prazo e à falta de tempo para se familiarizar com o novo procedimento, sem deixar de lado os projetos que já estão em andamento. Outra dificuldade encontrada é a mudança cultural da empresa, pois com o BIM, a fase de projeto é priorizada e tem um maior número de detalhes e soluções, diferentemente do que é feito hoje em dia. A pesquisa apontou as principais dificuldades encontradas durante o processo de implementação e uso da plataforma como sendo: a queda inicial da produtividade da empresa; a falta de bibliotecas para a disciplina MEP, mais especificamente na elétrica; a falta de valorização pelo cliente; o alto custo das máquinas e softwares; a adaptação a tomada de decisão na fase inicial de projeto; e a resistência da diretoria da empresa.

Os resultados obtidos com a análise do questionário comprovam que o BIM melhora não só a elaboração dos projetos, mas também o processo de construção e a comunicação entre os profissionais envolvidos no projeto. A pesquisa apresentou a melhoria da qualidade e da precisão do projeto, a melhoria da visualização do modelo, o retorno rápido do cliente, a otimização do tempo e a antecipação de decisões como sendo os principais benefícios da utilização do BIM.

Portanto, a utilização da plataforma BIM traz melhorias em todo o ciclo de vida da edificação, fazendo com que a qualidade do produto final seja aprimorada.

Referências

- [1] Margotti, A. E. et al. Caderno de apresentação de projetos BIM. Governo do Estado de Santa Catarina, 2014.
- [2] Primeiro Seminário Estadual sobre BIM. BIM - Uma nova forma de fazer engenharia e arquitetura. Engenheiro Rafael Fernandes Teixeira, informação verbal. Florianópolis/Brasil. Março 2014.
- [3] BIM International Conference – BIC. Engenheiro Rafael Fernandes Teixeira, informação verbal. São Paulo/Brasil. Setembro 2016.
- [4] Governo de Santa Catarina. Governo do Estado assina termo de cooperação técnica para usar a tecnologia BIM. <Disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/noticias/1353-governo-do-estado-assina-termo-de-cooperacao-tecnica-para-utilizar-bim>> Acesso em: 22 out. 2016.
- [5] Governo de Santa Catarina. Acordo de cooperação técnica entre Governo do Estado e do Paraná incentiva o uso da tecnologia BIM. Disponível em: <<http://sc.gov.br/index.php/noticias/temas/desenvolvimento-social/governo-do-estado-firma-acordo-de-cooperacao-tecnica-com-o-governo-do-parana-para-implementar-a-tecnologia-bim-nos-estados>> Acesso em: 22 out. 2016.
- [6] JusBrasil. Decreto de 05 de Junho de 2017. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/466466369/decreto-17>> Acesso em: 6 jun. 2017.
- [7] POLIT, D.; HUNGLER, B. Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização. 5ª ed. Porto Alegre (RS): Artmed; 2004.

O BIM E A NECESSIDADE DE UM CICS NACIONAL TABELA DE PRODUTOS

Ana Catarina Gomes⁽¹⁾, Paula Couto⁽²⁾, Maria João Falcão Silva⁽²⁾, Fernando F. S. Pinho⁽³⁾

(1) Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

(3) Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa

Resumo

A normalização é um fator fundamental numa atividade, em conformidade com o fim a que se destina, traduzindo-se através da elaboração de documentos denominados por normas. O aumento da complexidade no setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) e o desenvolvimento da metodologia *Building Information Modelling* (BIM) vieram gerar mais informações acerca de um empreendimento, criando a necessidade de interoperabilidade entre sistemas. Deste modo, é importante estabelecer uma ligação entre a normalização dos objetos BIM e os Sistemas de Classificação de Informação da Construção (em inglês CICS).

Este estudo foca-se nos objetivos, campos de aplicação e características essenciais dos objetos BIM, de acordo com a proposta do CICS nacional, contextualizada na norma dos produtos da construção presentes em Mandatos, Normas Europeias harmonizadas (ENh), Normas Portuguesas (NP) e Avaliações Técnicas Europeias (ETA), para melhorar os processos de planeamento, projeto, construção, operação e manutenção dos empreendimentos. Pretende-se efetuar uma proposta para o desenvolvimento da tabela dos “Produtos” e posteriormente da tabela “Propriedades”, assentes na adoção do sistema de classificação Uniclass2015 e na estrutura padrão proposta pela ISO 12006-2. O desenvolvimento destas tabelas compreende a análise da normalização e da marcação CE de produtos da construção e das características dos mesmos.

1. Introdução

O setor da construção civil é essencial para o crescimento e evolução da economia do país. Este encontra-se em constante desenvolvimento no que diz respeito às Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), englobando todas as terminologias de *software*, *hardware* e telecomunicações, gerindo processos informativos e comunicativos, tal como a metodologia BIM, com o intuito de promover a interoperabilidade entre ferramentas e a cooperação entre os diferentes intervenientes do setor. A Federação Portuguesa da Indústria da Construção Civil e Obras Públicas (FEPICOP) publicou que o desempenho da Construção durante o ano 2017 está a revelar-se positivo, com a sua produção a aumentar a um ritmo superior ao previsto [1].

Deste modo, o desenvolvimento das TIC, aliado à implementação de processos BIM e à adoção de CICS, em harmonia com os sistemas e normas internacionalmente aceites, são os objetivos importantes na evolução do setor AECO nacional [2], reproduzindo um modelo com informação fundamental, onde se descrevem as características do objeto ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Existem hoje propostas para um CICS nacional, elaboradas por [9] e [10], com o apoio e cooperação do Laboratório Nacional de Engenharia (LNEC) e da Comissão Técnica de Normalização BIM (CT197), sendo essencial continuar o seu desenvolvimento.

Na definição das características ou das informações relevantes que subsistem no modelo BIM, para que este não venha a conter excesso de informação, desenvolveram-se especificações de níveis de definição. No contexto nacional, para a definição das características relevantes, desenvolveram-se níveis de definição com base no contexto internacional, determinado pelo Comité Europeu de Normalização (CEN/TC 442), que promove e acompanha os desenvolvimentos da normalização BIM. Este define os *Levels of Definitions* (LOD) e estabelece conceitos e princípios para esclarecer os níveis e necessidades de informação durante o ciclo de vida do projeto e/ou empreendimento, de acordo com a metodologia BIM. Os LOD definem o quão detalhada deve ser a informação, o comportamento e a apresentação dos objetos, geométrica e/ou alfanumericamente, na metodologia BIM, para permitir consistência, eficiência e interoperabilidade em toda a indústria da construção. Os LOD estão divididos em dois grupos, nomeadamente, o LOG (*Level of Geometry*) e o LOI (*Level of Information*). O LOG define o detalhe da informação geométrica e o LOI define o detalhe das informações alfanuméricas que estão diretamente relacionadas com a geometria [3].

Deste modo, a necessidade de integrar no CICS nacional os produtos da construção e as respetivas características ou propriedades de cada objeto, segundo a normalização presente a nível nacional, sendo esta um meio essencial para o estabelecimento de regras comuns e conferindo uniformidade, é fundamental para que o empreendimento apresente maior qualidade e segurança.

2. Normalização

A existência da normalização com a utilização de uma marca de conformidade, como a marcação CE (Conformidade Europeia), surgiu com o fim de ultrapassar as barreiras técnicas para a livre circulação de produtos, criando-se um conjunto de especificações técnicas harmonizadas, como as Normas Europeias harmonizadas (ENh) e as Avaliações Técnicas Europeias (ETA) [4]. Assim se um produto de construção for abrangido por uma ENh ou se tiver sido emitida uma ETA, o fabricante deve elaborar uma declaração de desempenho (DoP), isto é, demonstrar por resultados de ensaios pelo menos um dado nível ou classe de desempenho das características essenciais dos produtos de construção, e colocar a marcação CE nesse produto [5].

A marcação CE dos produtos da construção rege-se atualmente pelo Regulamento n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, designado por Regulamento dos Produtos de Construção (RPC), que estabelece as regras harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção na União Europeia [6].

A marcação CE não é uma garantia de qualidade, mas sim de que o produto se apresenta em conformidade com as especificações técnicas harmonizadas aplicáveis, e que cumpre as exigências definidas no RPC [7]. Contudo, a marcação CE não sendo uma marcação de qualidade, promove a qualidade do processo de fabricação, pelo facto de se enunciar quais são as características e/ou propriedades do produto, apesar de não discriminar se estas são adequadas ao uso. As características e/ou propriedades indicam uma referência de qualidade à obra de construção, dado que, para quem está a aplicar o produto de construção, irá conhecer as particularidades que este apresenta.

As ENh demonstram que os produtos obedecem aos requisitos técnicos previstos na legislação europeia aplicável, instituindo especificações técnicas e características essenciais que são consideradas apropriadas ou suficientes para garantir a conformidade e as ETA são vocacionadas para apoiar a inovação tecnológica e responder a solicitações específicas do mercado, ao contrário das normas europeias harmonizadas. Por outro lado, as ETA, no seu conjunto, cobrem predominantemente produtos complexos, enquanto o conjunto das ENh cobre prioritariamente materiais de construção simples [8]. Assim, depois de avaliada a conformidade das ENh e das ETA, as suas referências e título são publicadas no Jornal Oficial da Comissão Europeia (JOUE) [7]

3. Sistema de Classificação e Informação da Construção

A nível nacional foram desenvolvidos estudos e trabalhos sobre os CICS [8-11] mostrando a capacidade e importância do sistema de classificação. Destes estudos destaca-se [9] e [10], que contemplam uma proposta para o CICS nacional com a adoção de características semelhantes às de alguns sistemas de classificação de informação nacionais e internacionais existentes [12], onde foram ponderados os principais princípios, atributos e vantagens e do qual surge o desenvolvimento do CICS baseado no sistema internacional UniClass 2015 com a inclusão das vantagens de outros sistemas e do auxílio da ferramenta portuguesa ProNIC [13].

O CICS nacional proposto por [9] e [10] contempla os seguintes princípios gerais: i) Estar em conformidade com a norma ISO12006-2:2015; ii) Incluir uma classificação composta por tabelas hierarquicamente organizadas; iii) Abranger a complexidade e dimensão dos trabalhos do setor AECO nacional; iv) Ser dotado de uma codificação simples, intuitiva e flexível para acomodar novas entradas; v) Permitir a aplicação isolada das tabelas ou de tabelas relacionadas entre si; vi) Integrar uma base de dados de terminologias, conceitos e descrições [9] [10] [13].

A ISO 12006-2:2015 orienta a conceção e o desenvolvimento dos sistemas de classificação de informação da construção e permite que estes sejam aplicáveis a empreendimentos e a serviços de engenharia e de ordenamento do território, durante todo o ciclo de vida de um empreendimento (preconceção, conceção, documentação, construção, operação, manutenção e demolição) e dos trabalhos de construção associados [14].

A Tabela 1 apresenta a proposta para o CICS nacional de [10] composto por 13 tabelas classificativas. Estas tabelas estão identificadas pelas suas nomenclaturas, isto é, o par de códigos correspondentes à tabela; a designação da tabela; o princípio de especialização proposto; a sua definição [10], e permitem organizar a informação em diferentes classes com informações diversas, estruturadas de modo idêntico [13].

Tabela 1: Proposta para o CICS Nacional [10].

Abreviatura	Tabela	Princípio de especialização
IC	Informação da construção	Conteúdo
Pr	Produtos	Função
Ag	Agentes	Função que desempenha
FE	Ferramentas e Equipamentos	Função
GD	Gestão e Direção	Atividades de gestão ou direção
Po	Processos de construção	Atividades de construção
Em	Empreendimentos	Função
En	Entidades	Função
EL	Espaços/Locais	Função
E/F	Elementos/Funções	Posição e forma
Pp	Propriedades	Tipo de propriedade
Ss	Sistemas	Função
Zz	CAD (desenho assistido por computador)	Função

Não existe objeção a que seja utilizado outro tipo de princípio de especialização, razão pela qual se considera que o modelo proposto é flexível. Existe, no entanto, a preocupação de que o sistema seja congruente, livre de repetições ou ambiguidades, pelo que, um objeto apenas poderá ser classificado com recurso a uma classe, isto é, uma tabela [10].

Com base na proposta do CICS nacional [9] e [10] desenvolveram-se, respetivamente, as tabelas de Elementos/Funções e Empreendimentos. Deste modo, assente na proposta do CICS nacional e em contextualização do mesmo, este artigo propõe um método para a tabela Produtos, não só, devido à forte necessidade de se declarar que um produto está em conformidade com a legislação europeia (CE) e com ENh e ETA para execução e concretização de um projeto e/ou empreendimento e na interoperabilidade entre as várias áreas do setor AECO, de modo a auxiliar o entendimento comum e a simples abordagem deste, mas também dado que esta tabela dá continuidade a outras já desenvolvidas.

4. Proposta da tabela de produtos de construção para o CICS nacional

A tabela Produtos assenta na adoção do sistema de classificação do Reino Unido, Uniclass2015, como base de referência, não só pela maturidade desse sistema, por ser o pioneiro na sua abordagem e integração com as metodologias BIM, resultantes de um sistema de classificação aberto, mas também porque dos estudos consultados e analisados [9] [10] expõem as suas vantagens na proposta do CICS nacional e dar sequência às propostas anteriores apoiadas pelo mesmo sistema de classificação, e na estrutura padrão proposta pela ISO 12006-2. Portanto, tal como a proposta do CICS nacional, pretende-se que a tabela classificativa de "Produtos" tenha correspondência com a tabela "*Products*" do sistema Uniclass2015, contribuindo para promover a uniformização entre os dois sistemas, apoiada na tabela A.3. "Produto de construção" da ISO 12006-2 e no sistema ProNIC, por ser um referencial de utilização para o setor da construção nacional.

A tabela Produtos serve para classificar os produtos ou componentes que irão ser incorporados ou se tenciona incorporar nas instalações. Esta tabela pode ser utilizada para o desenvolvimento de bases de dados de produtos, elaboração de catálogos de produtos de construção, catalogação de normas de produtos de construção, especificações de produtos de construção, informação genérica de produtos de construção e elaboração de encomendas de produto de construção [10].

A Norma ISO 12006-2 descreve "Produto de Construção" como um produto a ser incorporado como um recurso de construção (objeto de construção usado no processo de construção para alcançar um resultado de construção). É exemplo disso, uma porta, uma janela, um tijolo, ou mesmo um cabo elétrico, um tubo, uma pintura ou um sistema de parede de cortinas patenteado. Esta norma refere que os produtos de construção têm uma complexidade diferente e podem ser de configuração única ou um conjunto de produtos, por exemplo, produtos que com outros produtos compõem uma peça de montagem de uma entidade [14].

A tabela Produtos deve servir para classificar os produtos de construção de configuração única ou aqueles que formam um conjunto de produtos, por exemplo produtos em *kits*, que serão incorporados ou que se tenciona incorporar numa construção, incluindo mobiliário e equipamento.

A tabela Produtos será organizada segundo a sua função e estruturada de acordo com os produtos que estejam em conformidade com as especificações técnicas harmonizadas e que cumpram as exigências definidas no RPC, isto é, que se encontram abrangidos por uma ENh

ou contenham uma ETA, para que o produto possa estar em conformidade e conter marcação CE. Posto isto, um dos passos do método que é proposto foi desenvolvido de acordo com a consulta dos diferentes tipos de produtos de construção que contêm ENh ou ETA e cuja referência se encontra publicada no JOUE [15], na tabela e divisão adotada pelo Uniclass2015 e na ferramenta ProNIC.

De modo a tornar a tradução e adaptação ao contexto nacional da tabela "*Products*" do Uniclass2015 foram consultados os *Level of Information* (LOI) referentes aos produtos de construção, que se encontram no *NBS Toolkit* [16] [17]. O LOI contém informação das ENh para os produtos de construção que constam na tabela *Products* do Uniclass2015, entre outras informações, tais como as propriedades do produto. Nesse sentido, o método proposto para a tabela de "Produtos" do CICS nacional centra-se na associação da coluna objeto, que corresponde ao último nível de detalhe da tabela, com as ENh e às NP correspondentes, tendo por base os conceitos e princípios do Uniclass2015 e adotando o mesmo sistema de tabela.

A tabela de "Produtos" do CICS nacional pretende adicionar uma coluna com um código designado como "Código ara biblioteca de definições" e descrito por números, tal como a tabela "*Products*" do Uniclass2015, que designa a coluna como "*NBS Code*". A numeração usada no "*NBS Code*" para um produto de construção encontra-se relacionada com a plataforma da *NBS National BIM Library* (Biblioteca de Definições da NBS), onde é possível fazer *download* do produto de construção, para que este seja usado nos *softwares* e ferramentas tecnológicas das metodologias BIM. Deste modo, o código "*NBS Code*" da tabela "*Products*" do Uniclass2015 foi o mesmo adotado para a tabela de "Produtos" do CICS nacional, garantindo a interoperabilidade entre os sistemas de classificação. Esta coluna é relevante, porque faz a associação com os *Level of Information* (LOI), onde é indicada a norma do produto e das suas propriedades, garantindo ao utilizador da ferramenta BIM a conformidade no projeto.

O fabricante de um produto de construção com marcação CE poderá publicar as fichas técnicas, imagens, propriedades etc., do mesmo produto numa possível Biblioteca de Definições nacional ou internacional, para posteriormente este ser usado nas ferramentas tecnológicas para as metodologias BIM e com associação ao código da biblioteca de definições do CICS nacional.

Para uma melhor compreensão do método adotado para a tabela "Produtos" do CICS nacional a Figura 1, da página seguinte, apresenta o método para a inserção dos produtos de construção que contêm ENh.

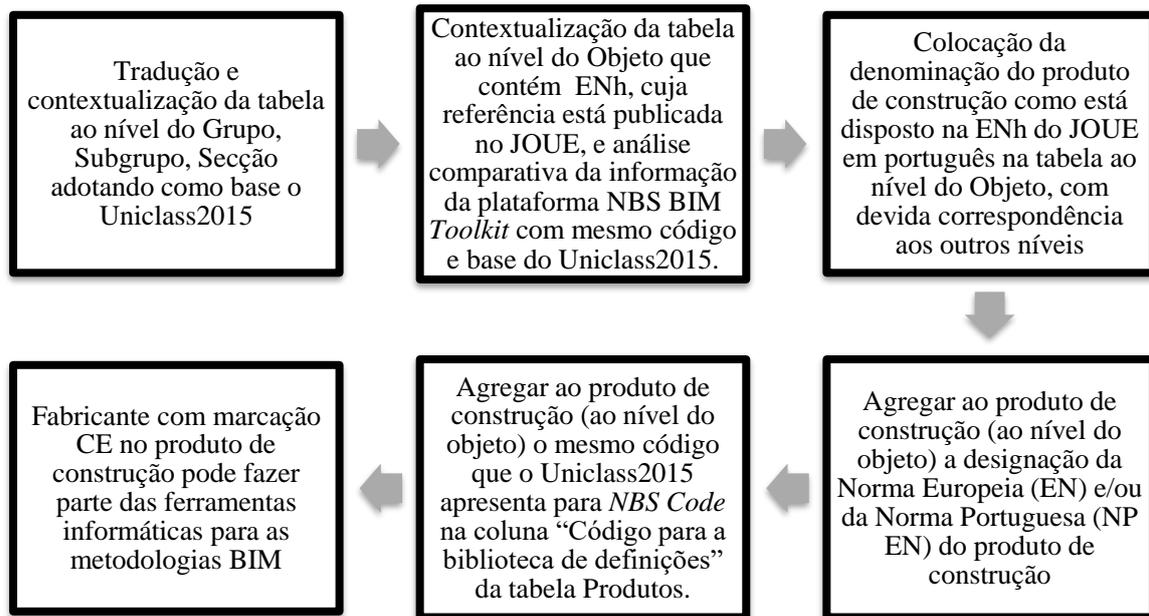


Figura 1: Procedimento para inserção dos produtos de construção na tabela Produtos do CICS nacional

Um produto de construção pode corresponder a mais do que uma ENh, dependendo das especificações da sua função, e ter a mesma ENh que outro produto de construção, pelo que a sua designação ao nível do objeto é mais precisa devido ao facto do produto na construção ter essa necessidade, como por exemplo, para o código “Pr_20_31_04_02” e “Pr_20_31_04_09”, com o título respetivo, “Agregados normais e pesados para betão” e “Agregados grosseiros para betão”.

Na Tabela 2 é apresentado um excerto da proposta nacional da tabela Produtos e na Tabela 3 é apresentada a associação dos produtos com as ENh, as NP e o código para uma possível biblioteca de definições nacional.

Tabela 2: Excerto da tabela Produtos para o CICS nacional.

Código	Grupo	Subgrupo	Secção	Objeto	Título
Pr_20	20				Produtos Estruturais e gerais
Pr_20_31	20	31			Produtos Estruturais e gerais sem forma
Pr_20_31_04	20	31	04		Agregados
Pr_20_31_04_04	20	31	04	04	Enrocamentos
Pr_20_31_04_09	20	31	04	09	Agregados grosseiros para betão
Pr_20_31_12	20	31	12		Cimentos e cais
Pr_20_31_12_11	20	31	12	11	Cimento de aluminato de cálcio
Pr_20_31_12_39	20	31	12	39	Cais hidráulicas

Tabela 3: Excerto da tabela Produtos com a referência às normas e ao código para a biblioteca de definições.

Código	Norma Europeia harmonizada (ENh)	Norma Portuguesa (NP)	Código para a biblioteca de definições
Pr_20_31_04_04	EN13383-1:2002	NPEN13383-1:2010	45-55-06/310
Pr_20_31_04_09	EN12620:2002+A1:2008	EN12620:2002+A1:2010	45-55-06/332

Propõe-se que, para um produto de construção ser acrescentado, deva ser proposto ao nível do Objeto e associada a normalização correspondente, sendo posteriormente relacionados a Secção, o Subgrupo e o Grupo, devido à sua complexidade. Deste modo, a tabela Produtos pretende classificar os produtos de construção, até ao nível do objeto e em conformidade com uma ENh, NP ou ETA, para as metodologias BIM.

Para uma melhor compreensão da aplicação do método foi analisado em detalhe para a Secção dos agregados, referente ao Subgrupo 31 e Grupo 20 através da consulta do Mandato125 sobre os agregados e do JOUE, onde são mencionadas as ENh [18]. A escolha deste produto para o caso de estudo deve-se ao facto de as ENh estarem traduzidas ao nível nacional, proporcionando uma fácil consulta das normas, e ser um produto com uma grande importância nas construções em Portugal.

Na concepção deste estudo denotou-se a existência de duas normas harmonizadas às quais a tabela “*Products*” para os agregados não faz referência na tabela do Uniclass2015. Deste modo, inclui-se na tabela “Produtos”, ao nível do objeto, com a devida verificação que o produto existe no mercado nacional e contém marcação CE, os “Agregados britados para balastro da via-férrea” que obedece à NP EN 13450 [19] e regulam a comercialização dos agregados britados de granito com o código Pr_20_31_04_95. A tabela 4 representa um excerto da codificação da tabela nacional usada para os “Produtos” em relação aos agregados.

Tabela 4: Excerto da proposta da tabela Produtos para o CICS nacional da Secção Agregados, até ao nível do Objeto

Código	Título	Norma Europeia harmonizada/ Portuguesa
Pr_20_31_04	Agregados	-
Pr_20_31_04_02	Agregados normais e pesados para betão	NPEN12620:2002
Pr_20_31_04_04	Enrocamentos	NPEN13383-1:2010
Pr_20_31_04_09	Agregados grosseiros para betão	NPEN13242:2002
Pr_20_31_04_95	Agregados britados para balastro da via férrea	NPEN13450:2005

A tabela "Produtos" tem realizada a tradução e contextualização nacional de todos os Grupos e Subgrupos, seguindo-se as Secções e os Objetos (apenas os que contém correspondência com as ENh e/ou NP), pela ordem de apresentação da tabela do Uniclass2015. Dada a extensão da tabela não foi concluído todo o seu desenvolvimento.

5. Conclusões

A proposta de modelo para a tabela Produtos apresentada tem por base a análise e identificação do modelo de tabela *Products* do sistema de classificação do Uniclass2015 e considera as recomendações patentes na Norma ISO12006-2, sustentada pelos produtos de construção que contenham ENh ou ETA presentes no JOUE.

A existência do CICS torna-se imprescindível para o desenvolvimento da normalização do setor da construção de modo a que se consiga um planeamento e uma estrutura de todo o seu ciclo de vida, desenvolvendo uma base de dados com referências do projeto evitando erros durante o processo construtivo. Desta forma, promover-se-á a uniformidade entre o setor da construção a nível nacional e entre os vários países. Pode-se afirmar que, caso exista uma base de dados com as referências do projeto nas tabelas normalizadas do CICS, tais como, os produtos de construção utilizados, se torne simples e objetivo alcançar um bom planeamento do projeto, de intervenção ou reabilitação, dado que toda a informação passa a estar organizada e à disponibilidade dos potenciais intervenientes, obtendo-se um projeto com menores custos, redução do tempo de obra e sendo uma mais-valia para o setor da construção.

É importante referir que no contexto deste trabalho foi desenvolvida a tabela "Propriedades", a qual apresenta os dados primários dos objetos, e será elaborada, por outro autor, a tabela "Informação da construção".

Referências

- [1] FEPICOP, Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas, [Online]. Disponível em <http://www.fepicop.pt/> [Acedido em 2017].
- [2] R. Pereira, "Sistemas de classificação na construção. Síntese comparada de métodos", Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, FEUP, Porto, 2013.
- [3] CEN/ TC 442," Building Information Modeling – Level of Information Need, Part 1: Concepts and principles", 2017.
- [4] V. Lopes, "Desenvolvimentos recentes na normalização de revestimentos cerâmicos, colas e argamassas de juntas", Tese de Mestrado, DEC, FCT UNL, Lisboa, 2012.
- [5] Comissão Europeia, Portal das empresas e das indústrias, [Online] Disponível em <http://ec.europa.eu/enterprise/> [Acedido em 2017].
- [6] LNEC, Laboratório de Engenharia Civil, [Online]. Disponível em <http://www.lnec.pt/> [Acedido em 2017].
- [7] Produtos de Construção, Regulamento (EU) nº305/2011, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011.
- [8] M.D. Monteiro, "Classificação da informação na indústria da construção – Prespetivas e percursos", Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Civil, FEUP, Porto, 1998.
- [9] H. M. Nunes, "Sistemas de Classificação de Informação da Construção. Proposta de metodologia orientada para objetos BIM", Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, FCT UNL, Lisboa, 2016.
- [10] T.M. Poêjo, "Contributos para um Sistema de Classificação de Informação da Construção Nacional, em conformidade com a Norma ISO 12006", Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Civil, FCT UNL, Lisboa, 2017.
- [11] R.M.S. Pereira, "Sistemas de classificação na construção. Síntese comparada de métodos", Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Civil, FEUP, Porto, 2013.
- [12] S. Delany, "Classification", NBS BIM Toolkit. [Online]. Disponível em: <https://toolkit.thenbs.com/articles/classification/> [Acedido em 2018].
- [13] H. Nunes, P. Couto, M. J. F. Silva, F. F. S. Pinho, "Proposta de sistema de classificação nacional orientado para objeto BIM", 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2016, pp. 143-152.
- [14] ISO, "ISO 12006-2:2015 - Building construction - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification", 2015.
- [15] JOUE, "Jornal Oficial da União Europeia. Publicação dos títulos e referências das normas harmonizadas ao abrigo da legislação de harmonização da União", C435, 41-92, 2017.
- [16] A. Kell, S. Mordue, "Levels of definitions", NBS BIM Toolkit, 2015. [Online]. Disponível em: <https://toolkit.thenbs.com/articles/levels-of-definition> [Acedido em 2017].
- [17] The NBS definitions library, NBS BIM Toolkit. [Online]. Disponível em: <https://toolkit.thenbs.com/Definitions> [Acedido em 2017].
- [18] CEN, "Les granulats (M/125)", Industries de la Nouvelle Approche, Tourisme et RSE, Ref. Ares(2010)394203, 2010, Bruxelas.
- [19] NP EN 13450:2003 Agregados para balastro de vias férreas. CEN, 2003, Bruxelas.

MODELO CONCEPTUAL PARA A INTERAÇÃO COM INFORMAÇÃO DE PROJETO – NATURAL BIM INTERFACE

Fábio Dinis⁽¹⁾, João Poças Martins⁽¹⁾, Bárbara Rangel⁽¹⁾, Ana Sofia Guimarães⁽¹⁾

(1) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto

Resumo

A acessibilidade e eficácia na transmissão da informação na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) revela acrescida pertinência face à complexidade, dinâmica e singularidade dos projetos deste sector. De facto, o número elevado de intervenientes no processo construtivo, as distintas áreas de especialização e experiência das equipas de trabalho imprimem a necessidade de garantir não só o acesso transversal à informação de projeto, mas também o desenvolvimento de processos apropriados e eficientes na produção de nova informação.

A gradual adoção do BIM pelo sector AECO traduz uma alteração nas metodologias de trabalho e na colaboração entre diferentes intervenientes. Contudo, a exploração das potencialidades do BIM concentra-se num perfil estreito de utilizadores, não sendo ainda reconhecidas e/ou apreendidas pelos restantes estratos da hierarquia de trabalho. Desta forma, embora a mudança de paradigma venha favorecer uma maior cooperação entre equipas de projeto, permanece a necessidade de desenvolvimento de tecnologias/metodologias de suporte que transformem o BIM numa ferramenta plenamente integradora e colaborativa. Ao longo dos últimos anos, o desenvolvimento das Tecnologias da Informação (TI) tem possibilitado a integração de formas inovadoras de interação com a tecnologia BIM. Todavia, a implementação destas interfaces tem sido explorada de forma avulsa. O presente trabalho tem como finalidade a introdução e exposição do conceito de Interface Natural para BIM (*Natural BIM Interface*, NBI), traçando noções orientadoras, âmbito de implementação no sector AECO e futuros desenvolvimentos na área da validação para uma implementação mais transversal e metódica de novas formas de interação.

1. Introdução

A exposição de uma tecnologia potencialmente inovadora e disruptiva é raramente assistida de espontânea adoção pela indústria. De facto, a um novo paradigma tecnológico poderá preceder uma fase de aceitação/implementação lenta e incremental. A analogia histórica da adesão à eletrificação e, já no final do séc. XX, à introdução do computador na indústria, descrita por David [1] remete para esta noção de um processo gradual de adaptação e adoção das inovações tecnológicas. De forma semelhante, a tecnologia BIM representa uma mudança no paradigma do sector da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) [2] introduzindo inovações no acesso à informação de projeto [3], novas possibilidades de trabalho colaborativo [4], visualização, coordenação e manutenção [5].

A adoção do BIM tem sido gradual e possivelmente mais lenta do que o que seria inicialmente previsto [4]. Prováveis causas poderão relacionar-se com a inércia do sector AECO na adoção de novas metodologias de trabalho, falta de perceção das vantagens do BIM, clarificação das responsabilidades de cada um dos intervenientes [6]. Não obstante as possibilidades conferidas pelo BIM no acesso à informação de projeto e partilha (i.e. estruturas standard para a troca da informação de modelos, caso do IFC [7], ou aplicações industriais visando a colaboração online e em tempo-real), as ferramentas de trabalho não são de apreensão imediata, pelo que possuem uma curva de aprendizagem agravada. Neste sentido, vários autores sugerem a implementação de novas tecnologias de suporte, que promovam uma facilitação e adaptação do BIM aos distintos perfis e experiência dos utilizadores [3], [8].

O presente trabalho tem como finalidade a exposição e descrição do conceito Interface Natural para BIM (*Natural BIM Interface*, NBI) dadas as recentes inovações, todavia dispersas, no desenvolvimento de tecnologias para acesso e interação simplificados com modelos BIM. Neste sentido, o documento encontra-se organizado em 4 capítulos: uma breve contextualização e terminologia são descritas no capítulo 2; segue-se um capítulo dedicado à metodologia e definição de NBI onde se exploram vertentes como a multidisciplinaridade e a relação com os diferentes intervenientes de um projeto (capítulo 3); o capítulo 4, inclui a discussão e alusão a trabalhos futuros, terminando com a exposição das conclusões

2. Natural User Interface: contextualização

“Interface de Uso Natural” ou, na sua aceção inglesa, *Natural User Interface* (NUI), poderá entender-se como um conjunto de processos e/ou dispositivos que permitem atingir um desempenho semelhante ao de um utilizador experiente requerendo o mínimo esforço [9]. NUIs incluem uma miríade de técnicas baseadas em interfaces de toque, deteção de gestos, *pen-based*, monitorização de movimentos corporais, voz, entre outros [10]. Estas técnicas poderão adaptar-se a âmbitos como o da indústria AECO, onde intervenientes com diferentes valências estabelecem trocas de informação.

2.1 NUIs no âmbito da indústria AECO

Ao longo dos últimos anos várias publicações têm vindo a descrever a aplicação e potenciais vantagens derivadas da utilização de NUIs (ou técnicas relacionadas) na indústria AECO. De facto, têm sido verificados resultados favoráveis em áreas como a colaboração e comunicação [11], [12], manutenção [13], planeamento urbano [14] segurança em obra [15], educação para a Engenharia [16], [17], entre outros. Adicionalmente, estas interfaces têm sido utilizadas para proporcionar uma interação simplificada e automática com modelos BIM [11], [12], [18]. Contudo, importa ressaltar que tarefas de especial particularidade técnica (e.g. modelação) encontrarão maior rigor e desempenho sendo executadas através de ferramentas ditas “tradicionalistas” (BIM *authoring tools*).

2.2 BIM e uma interação plenamente colaborativa: o papel das interfaces naturais

A adoção do BIM tem-se verificado de forma lenta e gradual ao longo dos últimos anos [4], o que, por outro lado, tem evidenciado alguns aspetos limitadores na utilização desta metodologia/tecnologia. Kerosuo et al [8], num caso de estudo sobre a aplicação de BIM, assinalam limitações das ferramentas BIM face aos requisitos verificados na fase de operações.

Liu, van Nederveen e Hertogh [3] afirmam que o BIM não se encontra ainda num estado integralmente colaborativo. Os autores verificam a necessidade de mais investigação sobre a diversidade de relações que os utilizadores estabelecem com tecnologia e BIM.

A carência de interfaces que promovam comunicação em tempo real entre equipas de projeto é verificada por Bassanino, Fernando e Wu [19]. Adicionalmente, a adaptação das interfaces às tarefas e experiência das equipas de trabalho é outro aspeto fundamental não totalmente explorado.

O presente trabalho baseia-se no conceito *Building Interactive Modelling* (BiM) apresentado por Ku e Mahabaleshwarkar [20], que evidencia os benefícios de ambientes virtuais para a acessibilidade e interação com modelos (BIM), dando especial ênfase à educação para a Engenharia. Contudo, NBI compreende um âmbito mais alargado de tecnologias e interfaces na promoção da acessibilidade e interação com o BIM. Desta forma, expandido o conceito de BiM a uma gama mais diversificada de TI, poderão definir-se novas linhas orientadoras e princípios de validação no desenvolvimento de futuras interfaces.

Na secção seguinte apresenta-se a definição de NBI e circunscreve-se o seu âmbito de aplicação. Assim e como apresentado neste capítulo, o conceito tenderá a incidir sobre tarefas de coordenação e comunicação da informação BIM, embora não de forma impositiva, onde intervenham diferentes participantes das equipas de trabalho de projetos de construção.

3. Natural BIM Interface

Propõe-se no presente capítulo uma definição para o conceito de *Natural BIM Interface* e uma descrição da sua integração em conformidade com as funções dos intervenientes nos projetos de construção.

Os sistemas para a gestão de informação baseados em computadores são uma realidade na organização das empresas, podendo ser classificados mediante a estrutura dos dados e dos procedimentos [21]. Todavia, a interação destes sistemas revela-se uma tarefa árdua [22], principalmente em cenários caracterizados pela multidisciplinaridade das equipas de trabalho e âmbito multi-organizacional como o caso da indústria AECO [3]. O BIM poderá integrar alguns sistemas de informação em projetos de construção [21], pelo que fará sentido assinalar os diferentes tipos de interfaces onde este detém uma utilização particular (suportado por ferramentas completares) [8]. Assim, a Figura 1, baseada em [21] e [22], apresenta diferentes tipos de intervenientes e adapta as interfaces de um projeto de construção propostas por [8]. De facto, os projetos de construção abrangem diversas trocas de informação resultantes das interações de múltiplos intervenientes. Ao longo do tempo estas interações verificam mudanças em função de vários fatores, dos quais a tecnologia certamente desempenhará um papel preponderante. A Figura 1 representa uma quebra entre os estratos 3 e 4 no domínio dos projetos (i), procurando caracterizar o efeito de mudança na organização das funções das equipas de trabalho em função da evolução tecnológica (e.g. utilização de BIM em alternativa ao CAD).

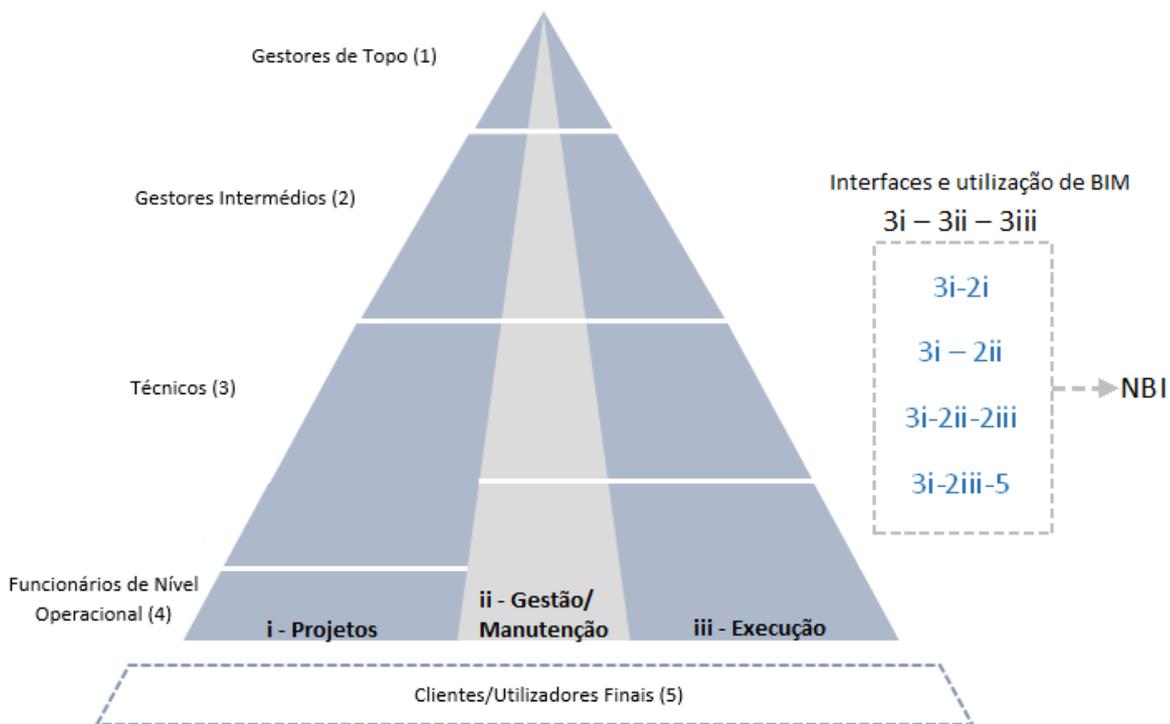


Figura 1: Níveis de intervenientes e suas interações as com interfaces de um projeto de construção.

Neste trabalho sugere-se uma visão mais integradora (Figura 2) em oposição à natureza hierárquica da Figura 1. Assim, as trocas de informação entre os intervenientes dos diversos níveis funcionais estabelecer-se-ão através de “objetos fronteira” (*Boundary Objects*) [23], neste caso particular NBI, adaptados às funções e atividades das equipas de trabalho. Star e Griesemer [23] caracterizam “objetos fronteira” como dotados de significados distintos em diversas áreas, todavia revelando-se entidades com uma estrutura comum a diferentes utilizadores. Assim, esta tipologia de objetos é versátil o suficiente para se adaptar às limitações de quem os utiliza, tornando-se relevantes para atender a requisitos de informação e trabalho colaborativo [24]. Taylor [25] apresenta um conjunto de representações das interações baseadas em *Boundary Objects* entre intervenientes de um projeto de construção. De forma similar, ilustra-se na Figura 2, um modelo de interações com NBI.

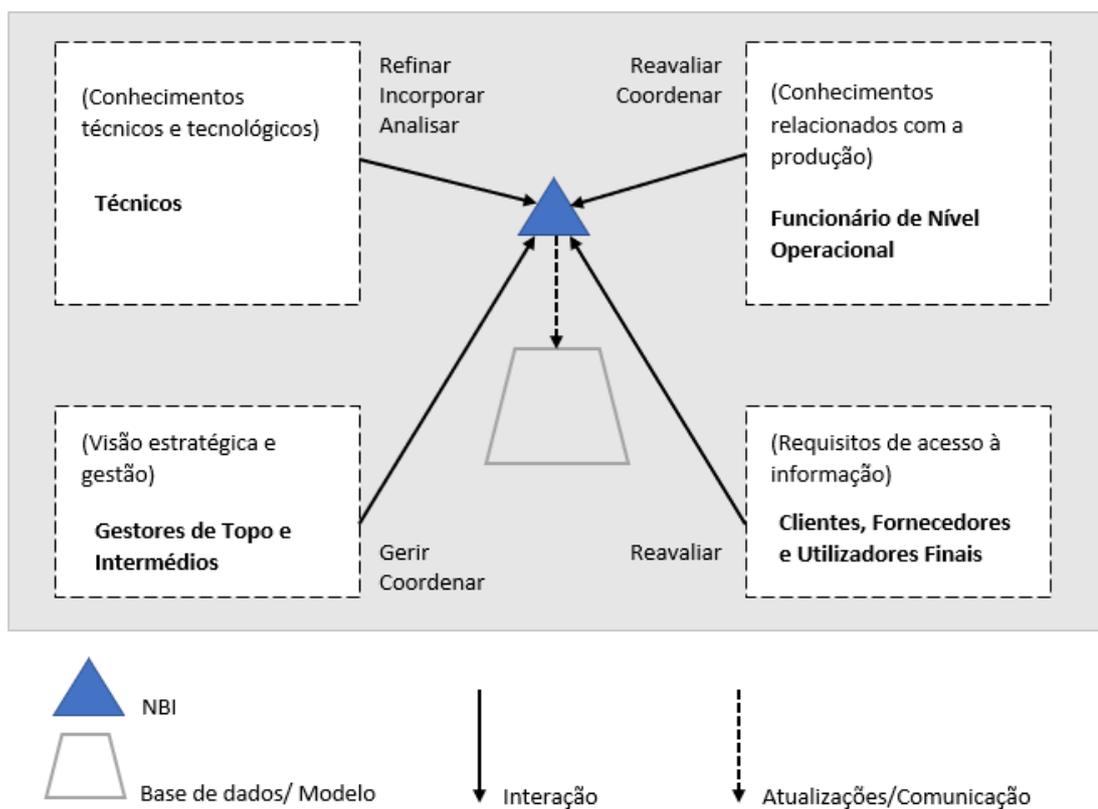


Figura 2: Interações entre os diferentes intervenientes de um projeto de construção com um modelo BIM mediado por NBIs.

Como sugerido pela Figura 2, NBI surge como um interlocutor entre dois sistemas: i) interações – consequência do desenvolvimento do projeto e colaboração das equipas; ii) processamento – acessibilidade à informação e atualização do modelo BIM. Por conseguinte, poderá definir-se NBI, como o conjunto de processos e dispositivos que, através da reutilização de ações comuns a outros contextos, viabilizam a acessibilidade ao BIM maximizando o rácio entre desempenho e esforço. De facto, NBI deriva da gama de interfaces abrangidas pelos NUIs (ver secção 2 deste trabalho). Ou seja, para além de processos para incrementação do desempenho dos

utilizadores (através de NUIs), pretende-se circunscrever um conceito altamente direcionado para a adaptação e melhoramento integral dos aspetos colaborativos do BIM entre diferentes intervenientes. Este conceito baseia-se em investigação no âmbito dos desafios para a implementação do BIM e do trabalho colaborativo no sector AECO (ver também Liu, van Nederveen e M. Hertogh [3], Gu e London [6] e Kerosuo et al. [8]), que assumem dificuldades na aceitação e adaptação da tecnologia/metodologia a diferentes campos de ação. Assim, as NBIs deterão inteligibilidade e potencial operacional para que a sua disseminação se adapte às atividades e experiência das equipas de trabalho.

A evolução da capacidade gráfica dos computadores e concomitantes desenvolvimentos tecnológicos têm consentido progressos na investigação sobre a integração de novas formas de acessibilidade e visualização da informação de projetos de construção [26]. Embora se verifiquem algumas iniciativas na aplicação de metodologias para a validação de novas interfaces e sua integração com BIM [27]–[29], o âmbito das mesmas encontra-se reduzido a um tipo de tecnologia ou domínio de atividade específico.

Verificando-se a dimensão integradora do conceito NBI, na medida em que abrange a multiplicidade de processos e equipamentos para a incrementação da destreza de utilização no menor tempo possível, compreende-se a necessidade de formulação de uma nova ferramenta de validação. De facto, não foi encontrada na bibliografia uma metodologia holística para a validação de interfaces naturais integradas com tecnologia BIM. Contudo sugere-se a adaptação de dimensões e métricas presentes na bibliografia por forma a desenvolver uma nova ferramenta holística de validação baseada em NBIs (ver, por exemplo, Sauro e Kindlund [30] e Paes, Arantes e Irizarry [31]).

Outro fator relevante prende-se com a adequação da metodologia às especificidades das tarefas, requisitos dos intervenientes e fases dos projetos de construção. Por outras palavras, a validação deverá realizar-se em detrimento da utilidade que a interface (NBI) poderá oferecer na realização das atividades.

4. Discussão e trabalhos futuros

A utilização de tecnologias complementares para interação com modelos BIM tem sido alvo de investigação a nível académico (ver também Du, Zou, Shi e Zhao [11], Dinis e Poças Martins [12], Edwards, Li e Wang [18] e Bassanino, Fernando e Wu [19]) como pela indústria. De facto, nos últimos anos, o advento de novos dispositivos mais acessíveis e com maior capacidade de processamento permitiram o desenvolvimento de ferramentas comerciais para interagir com BIM, e.g. Iris VR [32], Archibus [33] e BIMx [34]. A presença de NUIs neste tipo de tecnologias evidencia-se pela utilização de dispositivos sensíveis ao toque, de deteção de gestos, pen-based, de monitorização de movimentos corporais, voz, etc. [10]. Por outro lado, estas ferramentas (nível académico e comercial) especificam uma área concreta de intervenção no sector AECO, em particular na interação com BIM. Desta forma, os autores propõem a definição do conceito NBI, como produto da convergência de três âmbitos: NUIs; acessibilidade e interação com modelos BIM; comunicação e coordenação das equipas de trabalho de projetos da construção.

No que concerne à validação, embora se tivessem verificado algumas iniciativas na aplicação de metodologias para a validação de novas interfaces e sua integração com BIM (ver Edwards, Li, and Wang [18], Yeh, Tsai, and Kang [26], Chu, Matthews, and Love [27], Gheisari and J. Irizarry [29]), o âmbito das mesmas encontra-se reduzido a um tipo de tecnologia ou domínio de atividade específico. Assim, não foram encontrados exemplos na bibliografia de metodologias que, de uma forma holística, se focassem na validação de interfaces para interação com BIM adaptadas aos requisitos e especificidades dos intervenientes do sector AECO. Como trabalho futuro, sugere-se uma revisão bibliográfica de metodologias utilizadas na validação de interfaces, em particular das que interagem com BIM. Este trabalho procurará providenciar a definição de requisitos e procedimentos baseados em bibliografia e casos de aplicação análogos, mas também em requisitos do sector para a uniformização de processos de validação. A comparação e avaliação da pertinência dos resultados de validações poderão, deste modo, tornar-se simplificados e associadamente contribuir para uma matriz de validação especializada para o sector AECO e desenvolvimento de NBIs.

5. Conclusão

No presente trabalho é apresentada a definição e âmbito de aplicação de um novo conceito derivado da conjugação de 3 áreas de investigação: NUI's; acessibilidade e interação com modelos BIM; comunicação e coordenação das equipas de trabalho de projetos da construção. Neste sentido, os autores esboçam o âmbito de NBI como a convergência de desenvolvimentos nas atuais limitações do BIM na sua vertente colaborativa e melhorias na acessibilidade a informação do projeto mediadas por dispositivos/equipamentos de utilização natural. Adicionalmente discutem-se proposições de trabalhos futuros na área da validação deste tipo de interfaces que permitirão guiar e equiparar resultados face à utilidade da implementação de NBIs no sector AECO.

Referências

- [1] P. A. David, "The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox," *The American Economic Review*, vol. 80. American Economic Association, pp. 355–361.
- [2] B. Succar, "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders," *Autom. Constr.*, vol. 18, pp. 357–375.
- [3] Y. Liu, S. van Nederveen, and M. Hertogh, "Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 35, no. 4, pp. 686–698, May 2017.
- [4] D. Walasek and A. Barszcz, "Analysis of the Adoption Rate of Building Information Modeling [BIM] and its Return on Investment [ROI]," *Procedia Eng.*, vol. 172, pp. 1227–1234, Jan. 2017.
- [5] M. T. Shafiq, J. Matthews, and S. R. Lockley, "A study of BIM collaboration requirements and available features in existing model collaboration systems," *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 18, no. 18, pp. 148–161, 2013.
- [6] Ning Gu and K. London, "Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry," *Autom. Constr.*, vol. 19, no. 8, Dec. 2010.
- [7] R. Romberg, A. Niggel, C. Van Treeck, and E. Rank, "Structural Analysis based on the Product Model Standard IFC."
- [8] H. Kerosuo *et al.*, "Challenges of the expansive use of Building Information Modeling (BIM) in construction projects," *Production*, vol. 25, no. 2, pp. 289–297, Jun. 2015.
- [9] D. Wigdor and D. Wixon, *Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture*. Elsevier, 2011.
- [10] K. O'Hara, R. Harper, H. Mentis, A. Sellen, and A. Taylor, "On the Naturalness of Touchless : Putting the ' Interaction ' Back into NUI," *ACM Trans. Comput. Interact.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–25, 2013.
- [11] J. Du, Z. Zou, Y. Shi, and D. Zhao, "Zero latency: Real-time synchronization of BIM data in virtual reality for collaborative decision-making," *Autom. Constr.*, vol. 85, pp. 51–64, Jan. 2018.
- [12] F. Alexandre, M. Dinis, J. Pedro, D. Silva, and P. Martins, "Desenvolvimento de interfaces de realidade virtual a partir de BIM e avaliação da sua aplicabilidade."
- [13] Yangming Shi, Jing Du, S. Lavy, and Dong Zhao, "A Multiuser Shared Virtual

- Environment for Facility Management,” *Procedia Eng.*, vol. 145, 2016.
- [14] M. Roupé, P. Bosch-Sijtsema, and M. Johansson, “Interactive navigation interface for Virtual Reality using the human body,” *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 43, pp. 42–50, Jan. 2014.
- [15] S. Azhar, “Role of Visualization Technologies in Safety Planning and Management at Construction Jobsites,” *Procedia Eng.*, vol. 171, 2017.
- [16] F. M. Dinis, A. S. Guimaraes, B. R. Carvalho, and J. P. P. Martins, “Virtual and augmented reality game-based applications to civil engineering education,” in *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2017, pp. 1683–1688.
- [17] T. H. Wu, F. Wu, C. J. Liang, Y. F. Li, C. M. Tseng, and S. C. Kang, “A virtual reality tool for training in global engineering collaboration,” *Universal Access in the Information Society*, vol. 1, no. 123456789, pp. 1–13, 2017.
- [18] G. Edwards, H. Li, and B. Wang, “BIM based collaborative and interactive design process using computer game engine for general end-users,” *Vis. Eng.*, vol. 3, no. 1, p. 4, Dec. 2015.
- [19] M. Bassanino, T. Fernando, and K.-C. Wu, “Can virtual workspaces enhance team communication and collaboration in design review meetings?,” *Archit. Eng. Des. Manag.*, vol. 10, no. 3–4, pp. 200–217, Jul. 2014.
- [20] K. Ku and P. S. Mahabaleshwarkar, “Building interactive modeling for construction education in virtual worlds,” *Electron. J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 16, no. 16, pp. 189–208, 2011.
- [21] J. P. Poças Martins, “Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos,” *Diss. apresentada à Fac. Eng. da Univ. do Porto para a obtenção do grau Doutor em Eng. Civ.*, 2009.
- [22] K. C. Laudon and J. P. Laudon, *Management Information Systems Managing the digital firm*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc., 2006.
- [23] S. L. Star and J. R. Griesemer, “Institutional Ecology, ‘Translations’ and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley’s Museum of Vertebrate Zoology, 1907–39,” *Soc. Stud. Sci.*, vol. 19, no. 3, pp. 387–420, Aug. 1989.
- [24] S. Leigh Star, “This is Not a Boundary Object: Reflections on the Origin of a Concept,” *Sci. Technol. Hum. Values*, vol. 35, no. 5, pp. 601–617.
- [25] J. E. Taylor and A. M. Asce, “Antecedents of Successful Three-Dimensional Computer-Aided Design Implementation in Design and Construction Networks.”
- [26] K.-C. Yeh, M.-H. Tsai, and S.-C. Kang, “On-Site Building Information Retrieval by Using Projection-Based Augmented Reality,” *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 26, no. 3, pp. 342–355, May 2012.
- [27] M. Chu, J. Matthews, and P. E. D. Love, “Integrating mobile Building Information Modelling and Augmented Reality systems: An experimental study,” *Autom. Constr.*, vol. 85, pp. 305–316, Jan. 2018.
- [28] K. McGlenn, B. Yuce, H. Wicaksono, S. Howell, and Y. Rezgui, “Usability evaluation of a web-based tool for supporting holistic building energy management,” *Autom. Constr.*, vol. 84, pp. 154–165, Dec. 2017.
- [29] M. Gheisari and J. Irizarry, “Investigating human and technological requirements for successful implementation of a BIM-based mobile augmented reality environment in facility management practices,” *Facilities*, vol. 34, no. 1/2, pp. 69–84, 2016.
- [30] J. Sauro and E. Kindlund, “A method to standardize usability metrics into a single score,”

in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '05*, 2005, p. 401.

- [31] D. Paes, E. Arantes, and J. Irizarry, “Immersive environment for improving the understanding of architectural 3D models: Comparing user spatial perception between immersive and traditional virtual reality systems,” *Autom. Constr.*, vol. 84, pp. 292–303, Dec. 2017.
- [32] “IrisVR.” [Online]. Available: <https://irisvr.com/>. [Accessed: 21-Feb-2018].
- [33] Archibus, “Archibus.” [Online]. Available: <https://www.archibus.com/>. [Accessed: 21-Feb-2018].
- [34] Graphisoft, “What is BIMx?” [Online]. Available: <http://www.graphisoft.com/bimx/>. [Accessed: 21-Feb-2018].
- [35] J. Du, Y. Shi, Z. Zou, and D. Zhao, “CoVR: Cloud-Based Multiuser Virtual Reality Headset System for Project Communication of Remote Users,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 144, no. 2, p. 4017109, Feb. 2018.

BIM COMO SUPPLY CHAIN MANAGER DE INFORMAÇÃO

André Silva⁽¹⁾, Carlos Moreira⁽¹⁾

(1) A400 Consultores e Projectistas, Lda, Porto

Resumo

A primeira fase de implementação BIM (*Building Information Modeling*) na empresa A400 teve um impacto na eficiência de produção de projeto que se traduziu no aumento do tempo de produção, exigindo uma mudança operacional, de forma a contrariar esse facto. Esse objetivo obrigou a um investimento na melhoria dos processos de trabalho e metodologias, tirando partido também da utilização de programação através de *Dynamo* na construção de um processo mais otimizado. Essa dinamização e otimização de processos é a matriz de utilidade presente na tecnologia BIM, revelando-se como uma ferramenta de agregação de informação e meio de comunicação entre as diferentes disciplinas de projeto e *stakeholders*.

Assim, os métodos de comunicação foram diversificados sequencialmente em cada especialidade, verificando-se que nas disciplinas de instalações mecânicas, instalações elétricas e instalações hidráulicas (MEP) era fundamental garantir uma ideal comunicação entre si, tal como com a arquitetura, donos de obra e entidades públicas, por si só, com diferentes pretensões e necessidades.

A tecnologia BIM enraizou-se de tal forma no seio da empresa, que potenciou a implementação da tecnologia em outra área de negócio, nomeadamente a de Inspeção e Diagnóstico de edifícios existentes, apresentando numa primeira fase resultados bastante satisfatórios através da centralização de informação numa única plataforma.

1. Introdução

O presente artigo pretende demonstrar a capacidade da tecnologia BIM como *supply chain manager* de informação, dado ser o elemento agregador de informação para o projeto de um edifício. A quantidade de informação processada e trocada durante o período de projeto pode atingir grandes amplitudes quantitativas e é trabalhada também por diversos intervenientes. Esta é sempre uma dificuldade patente em qualquer projeto, e que aumenta exponencialmente

com a dimensão do mesmo. A resolução deste problema passou pela tentativa de agregação de mais informação numa única plataforma que permita uma rápida e fácil identificação da mesma sem colocar em causa a sua veracidade. Esta necessidade evidenciada pela indústria AEC (*Architecture Engineering and Construction*) encontra a sua resolução através da utilização da tecnologia BIM. Neste aspecto é possível efetuar-se um paralelismo entre BIM e a filosofia *Lean* utilizada em indústrias mais avançadas tecnologicamente como a indústria aeronáutica e automóvel para melhoria de processos produtivos, garantindo maior eficiência de produção. A importância que essa filosofia adquiriu em diferentes indústrias, através dos resultados alcançados na melhoria contínua de processos e minimização de tempo e desperdícios, primando pela flexibilidade e capacidade de mudança, nada mais é que a proposta de valor a que tecnologia BIM se propõe efetuar para a indústria AEC.

Na perspetiva interna da empresa torna-se ainda mais essencial conseguir controlar a informação de um projeto numa única plataforma. A comunicação entre as diferentes especialidades tornou-se mais eficaz dessa forma, garantindo-se uma maior fluidez na passagem da mesma.

A dinamização interna da tecnologia levou à implementação do BIM noutra área de intervenção como foi o caso de inspeção e diagnóstico. A reabilitação urbana exige cada vez mais uma avaliação exaustiva ao edificado existente para garantir maior fiabilidade na execução do projeto, minimizando as “surpresas” em obra. Assim, é sobremaneira importante a recolha quantitativa de informação recolhida e transmitida, mas sobretudo a qualidade da mesma. Em termos de conteúdo, essa qualidade irá sempre depender de equipamentos utilizados, do operador, quantidade de amostragem recolhida entre outras, contudo é na forma de transmissão da informação que poderá estar o elemento diferenciador. Nesse sentido olhou-se para a tecnologia BIM como esse elemento, pois permite agregar numa única plataforma toda a informação não gráfica, conseguindo ainda aliar uma comunicação geométrica e gráfica mais poderosa e detalhada.

2. Classificação e nomenclatura de objetos e ficheiros

A primeira fase de implementação BIM na empresa A400 decorreu com algum sucesso, contudo era expectável a necessidade de melhoria em algumas questões específicas. A diversidade de objetos construídos internamente correspondia às exigências de construção de modelos, mas tinham uma deficiente nomenclatura dado não existir regras definidas para a mesma. Por outro lado, a necessidade de entrada noutros mercados exigia maior rigor na construção dos mesmos para que se conseguisse uma fácil comunicação com entidades externas, algumas delas internacionais.

Dessa forma, seria necessário efetuar-se uma intervenção a dois níveis distintos: classificação de objetos segundo normas internacionais e nomenclatura de modelos. A primeira considerou-se uma necessidade para melhor fomentar a internacionalização através da utilização da tecnologia BIM. A segunda, foi uma necessidade interna para evitar nomenclaturas *ad libitum*.

2.1 Classificação de objetos

Na classificação de objetos foram estudados diversos sistemas internacionais. A intenção de internacionalização da empresa exigia que se optasse por um sistema com implementação internacional suficientemente madura e que facilitasse a integração em diversos mercados onde

a empresa já se encontrava inserida ou que pretendia integrar. Para além disso existia a necessidade de se considerarem normas já com alguma maturidade minimizando possíveis interrogações sobre as mesmas.

Os sistemas de classificação estudados foram: Masterformat, Unifformat, Ominclass e Uniclass. De seguida são apresentadas características principais para cada um deles.

O sistema de classificação Masterformat [1] destaca-se por:

- Organizar manuais de projeto e informações de custo detalhadas através de listas de número e títulos classificados pelos resultados de trabalhos ou pelas práticas de construção;
- Facilitar a comunicação entre os diversos intervenientes do processo construtivo;
- Maximizar a flexibilidade para usuários individuais, permitindo a atribuição de novos números para novos títulos nos locais apropriados da hierarquia do sistema;

O sistema de classificação Unifformat [2] apresenta como características principais:

- Avaliação económica coerente com estimativas de custos;
- Adequar-se a construções complexas e diversas;
- Aplicabilidade a todas as fases do ciclo de vida de um edifício;

Por sua vez o sistema Omniclass [3] caracteriza-se por:

- Atribuir informação detalhada sobre o projeto, dados de custo e informação sobre especificações;
- Permitir trocas de informação entre os diversos intervenientes;
- Utilizar codificação numérica e permitir a expansão do mesmo;

Por fim, o sistema Uniclass [4] destaca-se por:

- Ser aplicável a toda a indústria AEC: materiais, fases de processo construtivo e trabalhos;
- Fornecer informação relativa a todo o ciclo de vida de um projeto, como custos e especificações;
- Adequar-se a edifícios e outros bens de uso, manutenção e gestão das instalações e informação de gestão de ativos.

Após o estudo efetuado dos vários sistemas classificativos decidiu-se que os objetos seriam classificados pelo sistema Uniclass que, para além das suas características (onde a sua leitura e aplicabilidade em objetos foram considerados mais adequados), também foi decisiva a sua implementação no Reino Unido, sendo na altura expectável que outros países da União Europeia viessem a utilizar esse sistema de classificação.

2.2 Nomenclatura de ficheiros

A nomenclatura de ficheiros, por sua vez, tornou-se preocupante pelo crescimento de caracteres nos nomes de objetos. Assim, era imperativo definir uma codificação de nomenclatura que fosse transversal a toda a empresa. Da mesma forma, que se estudaram sistemas de classificação de objetos, também se estudaram metodologias de nomenclatura de ficheiros, nomeadamente através do AEC (UK) *BIM Technology Protocol V2.1* [3], contudo optou-se por adaptar às nomenclaturas existentes na empresa.

No caso particular de objetos do tipo *famílias* colocaram-se duas opções, considerando a BS 8541-1 [3], representadas na figura abaixo.

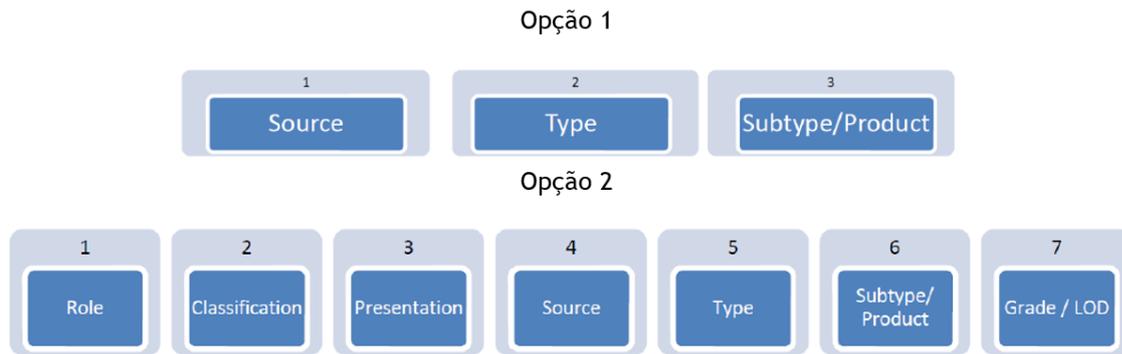


Figura 1: Opções de classificação recolhidas na BS 8541-1.

A opção recaiu num misto entre ambas, dado que a primeira seria demasiado curta, não permitindo ter um nível de desenvolvimento associado (e pretendido) e a segunda opção por tornar o nome dos objetos demasiados extensos.

Em suma a nomenclatura de ficheiros e objetos apresenta-se na figura abaixo.

Nomenclatura documentos



Nomenclatura templates



Nomenclatura famílias



Figura 2: Nomeclaturas consideradas pela empresa A400 na nomeclatura de ficheiros e objetos.

3. Dinâmica de comunicação interna com uma única plataforma

A dinâmica de trocas de informação é de extrema relevância na concretização qualitativa de um projeto, minimizando possíveis incongruências no mesmo. A importância é tal que na transmissão dessa informação é exigida sempre máxima concentração e organização para se alcançar a compreensão desejável. A troca de informação é um ato reversível e exige compreensão de ambos os intervenientes na mesma: os elementos transmissores e receptores. A utilização de uma única plataforma para troca de informação entre especialidades é uma garantia de minimização de erros no conteúdo da mesma e de facilidade no acesso à mesma. O software mais utilizado pelas diferentes especialidades na empresa é o REVIT da Autodesk e por isso procurou-se explorar o melhor das suas funcionalidades para efetuar a agregação de informação e passagem da mesma. A metodologia criada permite que cada especialidade

consiga comunicar com outra por intermédio dessa mesma plataforma. Para isso foi necessário preparar os *view templates* não só para o envio de informação para outra especialidade bem como para a sua recepção. Contudo, ainda existe a necessidade de utilização do AutoCad (utilizado no anterior processo produtivo) pelo facto de a comunicação com o exterior assim o exigir.

A utilização de diversos *view templates* ganhou importância para se alcançarem os bons resultados já verificados. Adicionalmente foi ainda necessário efetuar intervenções ao nível de tabelas pois também se revelou importante passar informação dessa forma. As melhorias efetuadas no *template* de cada especialidade foram transversais a todas elas. O fluxo de informação exige interação em dois sentidos: emissor para o recetor e vice-versa, significando que essa informação terá de ser transmitida e interpretada da mesma forma por ambos os intervenientes. Assim, foi necessário que a implementação de alterações (incluindo construção e alteração de tabelas) fossem transversais a todas as especialidades de modo a uniformizar esse processo. Essa é uma especificidade concreta do caso prático apresentado no subcapítulo 3.3 deste artigo.

3.1 Dificuldades na mudança de paradigma

A adaptação a qualquer mudança de metodologias é sempre algo morosa. A novidade, quando não é devidamente assimilada, torna-se uma dificuldade. Uma evidência disso, é a codificação do nome de objetos anteriormente mencionada, dado os utilizadores não conseguirem associar a nomenclatura determinada ao elemento pretendido. Contudo, o desenvolvimento de aplicativos internos, nomeadamente um repositório de objetos que permite uma pesquisa rápida e inserção do objeto no modelo, através de palavras-chave devidamente escolhidas, facilitou a utilização dessa codificação deixando de ser um problema.

A outra dificuldade está relacionada com a mudança do paradigma existente na transmissão de informação. A passagem de informação era frequentemente efetuada através de folhas de Excel enviadas por email, o que levava à criação de versões e registo de envio. Esse registo de envio e recepção funcionava frequentemente como argumento de defesa da especialidade recetora durante a elaboração de projeto, pois o seu desenvolvimento estaria sempre condicionado pela informação enviada por outra especialidade. A utilização da tecnologia BIM dificulta essa possibilidade de registar as emissões de informação para outra especialidade, pois a informação está numa única plataforma e acaba por manter-se atualizada com o desenvolvimento do projeto, traduzindo-se em valor acrescentado e com ganho de eficiência.

3.2 Compromisso BIM: tempo, assertividade e minimização de erros

A sensibilização acaba por ser fundamental para promover a mudança. A mesma foi efetuada através de formação interna dos colaboradores pela equipa responsável pela implementação e desenvolvimento BIM. Contudo, é em ambiente de produção que se vão verificando as reais mudanças de paradigma e é aí, que a implementação tem efetivamente de provar o valor do BIM como *supply chain manager* de informação.

A demonstração da utilidade foi efetuada em projetos-piloto, *on job*, de menor dimensão que permitiram validar a mesma e, em alguns casos concretos, efetuar alterações *in loco* de forma a melhorar o processo.

A aceleração do processo de produção através da gestão de informação no *software* BIM permite a minimização de erros na passagem da mesma. Inúmeras vezes, durante o processo produtivo, a informação era enviada através de diversos ficheiros. Neste caso específico a

centralização da informação numa única plataforma valorizou bastante a interpretação da mesma do lado do recetor, tornando-a de fácil e acessível leitura.

3.3 Metodologia para criar fluxo de informação de Instalações Mecânicas para Instalações Elétricas – Caso prático

Um exemplo prático da utilidade desta agregação de informação passa-se entre as disciplinas de Instalações Mecânicas e Instalações Elétricas.

Na imagem abaixo está descrito o workflow que respeitava o sistema de qualidade em vigor (NP EN 9001-2008) que permite efetuar a troca de informação. Contudo, a aplicação desse novo sistema de comunicação já procura respeitar o sistema de gestão da qualidade que está a ser atualizado para a norma NP EN ISO 9001:2015. Neste caso concreto, de equipamentos elétricos pertencentes à empreitada de AVAC que terão de ser alimentados pela empreitada de Instalações Elétricas.

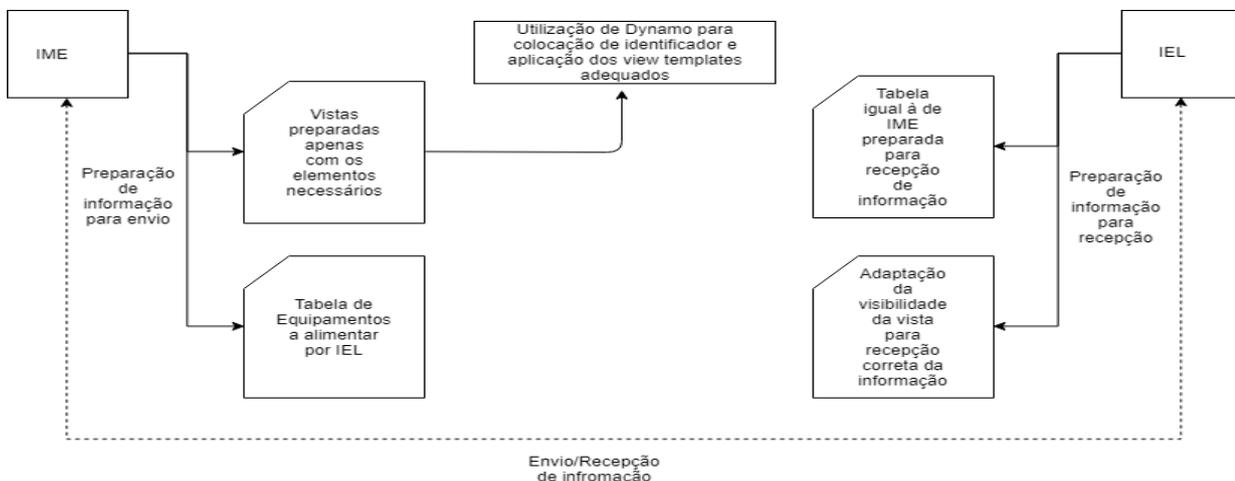


Figura 3: Workflow de comunicação entre Instalações Mecânicas e Instalações Elétricas.

Na imagem abaixo é possível verificar uma tabela preenchida pelo projetista de AVAC que será conectada e visualizada ao projeto de instalações elétricas. Os parâmetros a preencher em cada objeto (equipamento) serão os descritos abaixo:

- Referência do Equipamento (texto);
- Alimentação IEL (Yes/No)
- Nome do Quadro elétrico (texto)
- Alimentação Socorrida (Yes/No)
- Potência Elétrica (Power)

A	B	C	D	E	F	G	H
Level	Referencia	IEL	Quadro Elétrico	Nome Quadro Elétrico	Alimentacao Socor	Potencia eletrica	Tensão
001-Piso -1							
001-Piso -1	VI-1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	IEL	IEL	<input type="checkbox"/>	0.1 kW	230 V
001-Piso -1	VE-1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	IEL	IEL	<input type="checkbox"/>	0.1 kW	230 V
001-Piso -1	VI-1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	IEL	IEL	<input type="checkbox"/>	0.1 kW	230 V
001-Piso -1	QED-1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	IEL Socorrido	IEL Socorrido	<input checked="" type="checkbox"/>	20.0 kW	400 V
001-Piso -1	UTAN -1.1	<input type="checkbox"/>	QEAC-2.1	QEAC-2.1	<input type="checkbox"/>	5.0 kW	400 V
001-Piso -1	VI-1.3	<input type="checkbox"/>	QEAC-2.1	QEAC-2.1	<input type="checkbox"/>	0.1 kW	230 V
001-Piso -1	VE-1.2	<input type="checkbox"/>	QEAC-2.1	QEAC-2.1	<input type="checkbox"/>	0.1 kW	230 V
001-Piso -1	VID-1.1	<input type="checkbox"/>	QED -2.1	QED -2.1	<input checked="" type="checkbox"/>	2.5 kW	400 V
001-Piso -1	VID -1.2	<input type="checkbox"/>	QED -2.1	QED -2.1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.2 kW	400 V
001-Piso -1	Vimp -1.9	<input type="checkbox"/>	QED-1.1	QED-1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.4 kW	400 V
001-Piso -1	Vimp -1.10	<input type="checkbox"/>	QED-1.1	QED-1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.4 kW	400 V

Figura 4: Tabela de equipamentos elétricos de instalações mecânicas a alimentar por instalações elétricas.

Após o preenchimento destes parâmetros o view template de comunicação respetivo efetua a filtragem dos equipamentos a visualizar automaticamente. Do lado do recetor, neste caso o modelo de instalações elétricas, apenas terão de visualizar as vistas que o emissor define. Esta fase do processo de comunicação está representada na figura abaixo que, do seu lado esquerdo está representada a vista preparada no modelo instalações mecânicas e, à direita, está representada a visualização da mesma no modelo de instalações elétricas.



Figura 5: Vistas de comunicação entre as especialidades de instalações mecânicas e instalações elétricas.

Este processo de preparação de vistas seria um processo moroso se efetuado manualmente através das funcionalidades do REVIT. Assim, desenvolveu-se um aplicativo através de uma interface de programação gráfica (Dynamo) para efetuar esse processo no número de vistas pretendido e com adição automática de um sufixo identificador no nome da vista, como pode ser observado na imagem abaixo.

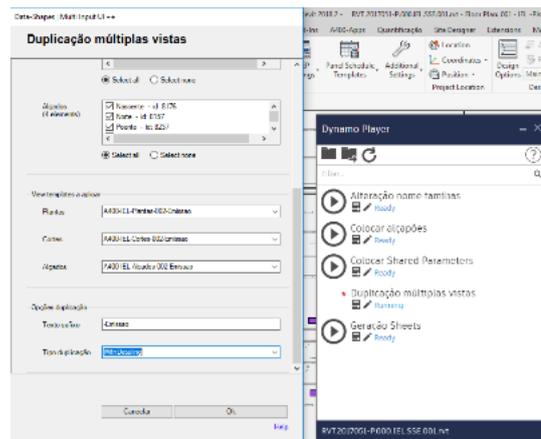


Figura 6: Aplicativo Dynamo criado para duplicação de vistas simultânea e automática.

4. BIM para inspeção e diagnóstico – primeira fase de implementação

O grupo A400 teve por objetivo a implementação BIM em todas as suas áreas de negócio. A Buildgest, empresa do grupo dedicada à Fiscalização, Inspeção e Diagnóstico foi o último departamento a efetuar a implementação.

As atividades ligadas à inspeção e diagnóstico no edificado existente têm vindo a impor-se cada vez mais, tendo como perspetiva o apoio nas decisões sobre medidas de intervenção a implementar.

O processo de inspeção, passando pelo diagnóstico, é caracterizado pela realização de trabalhos *in-situ*, através da recolha da informação em campo (inspeção visual e outros métodos de maior ou menor complexidade) e pela análise e tratamento dessa informação com a demonstração dos resultados, normalmente sob a forma de relatório através de *template* pré-definido.

Não obstante a forma como a investigação é desempenhada durante o processo de inspeção e diagnóstico, a atitude e qualificação dos técnicos será, igualmente, crucial para qualidade da informação a ser recolhida/transmitida.

4.1. Primeira fase do processo de implementação

O processo de implementação requer uma boa organização no trabalho de campo para facilitar o processamento no escritório. Toda a metodologia criada tem pressupostos e considerações a ter durante o trabalho de campo, nomeadamente na organização de documentação.

O trabalho de escritório por si só, apenas exige construção de modelo, caso o mesmo não exista, utilizando ou não a nuvem de pontos do levantamento a laser. Depois, a introdução das anomalias nesse modelo será um processo análogo ao efetuado em ficheiros bidimensionais (plantas e/ou cortes), mas em formato tridimensional e com maior facilidade de localização geométrica ou espacial da anomalia.

Deve ser ainda referido que nesse processo de implementação, foram utilizados alguns princípios que se utilizavam no processo a 2D, dado o processo estar otimizado. Assim, retirou-se o máximo proveito da eficiência desse processo de forma a não aumentar tempos de produção nesta primeira fase.

As metodologias utilizadas anteriormente baseavam a sua emissão em programação VBA em Excel, algo que se manteve de forma a não investir tempo na criação de novos aplicativos.

A passagem do processo tradicional para um processo BIM garantiu ganhos evidentes para o cliente e para as especialidades que interagem *à posteriori* com os relatórios de inspeção e diagnóstico, pois facilmente conseguem identificar as anomalias em formato tridimensional, bem como observar o registo fotográfico das mesmas a partir do software REVIT. Abaixo apresentam-se duas imagens (figuras 7 e 8), nas quais é possível observar os identificadores de anomalias (objetos criados para mapeamento de anomalias) no modelo de REVIT e em vista tridimensional. Esses identificadores estão com diversas cores conforme a classificação obtida pela anomalia segundo os parâmetros de avaliação internamente definidos.

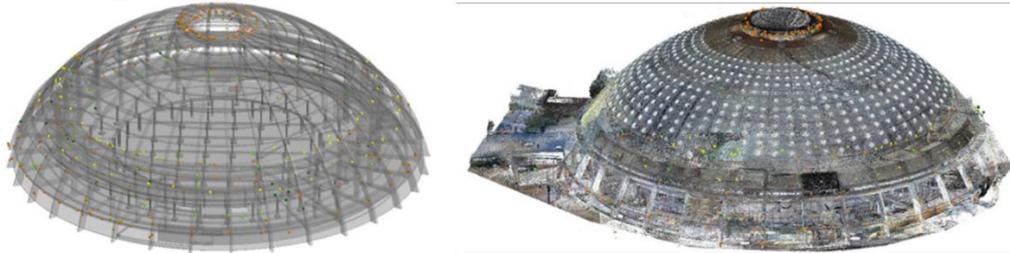


Figura 7: Modelo com identificadores.

O *workflow* do processo segue os seguintes pontos:

1. Trabalho de campo - é efetuada a identificação de anomalias e a sua caracterização, juntamente com registo fotográfico. Aqui será necessário garantir a numeração correta das fotografias retiradas.
2. Trabalho de escritório – construção do modelo a partir da nuvem de pontos ou de bases 2D.
3. Mapeamento das anomalias com a colocação do objeto identificador e upload do registo fotográfico devidamente numerado.
4. Upload da foto para Excel e caracterização completa da anomalia.
5. Construção automática da matriz de informação no Excel através de macros criadas em Visual Basic (VBA).
6. Exportação do formato REVIT para Excel da tabela de identificadores de anomalias com os mesmos parâmetros utilizados na matriz informação.
7. Cruzamento de dados da matriz informação com a tabela exportada, efetuando o seu preenchimento automático.
8. Importação da tabela de Excel devidamente caracterizada (através do passo anterior) para o REVIT.
9. Criação de vistas de planta, corte e alçado automáticas a partir de aplicativo de Dynamo.
10. Exportação das vistas anteriormente criadas com codificação específica para fácil integração com a fotografia.
11. Organização de vistas e fotos para emissão através de programação VBA em Excel.

4.2 Desenvolvimentos futuros

Em fases futuras da implementação BIM na Buildgest, pretende-se criar aplicativos que permitam a emissão de processos sem necessidade de se efetuar a emissão a partir do excel. Pretende-se ainda que os desenhos criados sejam efetuados diretamente no REVIT automaticamente. Para isso, dever-se-á desenvolver um aplicativo de Dynamo que crie as vistas automaticamente e as coloque diretamente em folhas, juntamente com as fotos associadas.

Este trabalho requererá mais de investimento ao nível de desenvolvimento, algo que se optou por não efetuar nesta fase pois o processo a 2D existente era bastante otimizado e esta transição era mais adequada para uma primeira fase.

5. Conclusão

O presente artigo pretende apresentar a forma como a implementação de REVIT evoluiu na empresa A400 tornando o BIM como *supply chain manager* de informação trocada entre especialidades. Esse objetivo foi concretizado após a primeira fase de implementação na empresa, com duração de cerca de 3 anos.

A comunicação entre especialidades passou a ser efetuada através de uma única plataforma, neste caso o REVIT, permitindo centralizar informação e metodologias no processo produtivo. Para que a fluidez de projeto fosse garantida ultrapassaram-se as tarefas repetitivas e morosas através da criação de aplicativos desenvolvidos no Dynamo. Este processo de melhoria pode ter um paralelismo com indústrias mais avançadas tecnologicamente que utilizam filosofias *Lean*.

Esta alteração no modelo de comunicação interno minimizou os erros inerentes à emissão de informação e sua interpretação ou deficiente compilação por parte de outro interveniente. Também o facto de essa informação passar a ser gerida internamente numa única plataforma garantiu maior eficiência ao processo produtivo em BIM.

A fomentação da comunicação através de tecnologia BIM, juntamente com uma visão mais internacional, fomentou a classificação de objetos a partir do sistema Uniclass e a criação de um sistema de nomenclatura de objetos e ficheiros para a empresa. Neste caso particular, foram adaptadas normas internacionais devido às especificidades pretendidas, bem como a extensão do nome de objetos. Esta ação quebrou um ciclo que se estendeu largamente no tempo, de os utilizadores descreverem os objetos de forma um pouco aleatória e por vezes sem critério até. Para além disso esta opção passou integrou eficazmente as normas de gestão da qualidade já implementadas internamente, e nas quais não estavam devidamente integrados os objetos e modelos.

Por fim, descreveu-se o *workflow* utilizado num processo BIM de outra área de negócio do grupo A400 explorada pela empresa Buildgest. Este processo concluiu a sua primeira fase de implementação que permitiu explorar não só a centralização de informação no software BIM utilizado, mas também garantir valor acrescentado no produto final para o cliente sem penalização em termos de custos de produção. Contudo, dado que a concretização da implementação ser bastante recente, não nos é ainda possível verificar se a mesma será considerada uma mais valia para o cliente final ou se, apenas o é (como comprovado internamente) apenas para intervenientes no projeto a jusante.

Referências

- [1] CSI and CSC. MasterFormat. 2016.
- [2] BS 8541-1:2012 "Library objects for architecture, engineering and construction. Identification and classification - code of practice",BSI,2012.
- [3] AEC (UK). "AEC (UK) BIM Technology Protocol V2.1."; BIM Standards Site. 2016.
- [4] OCCS Development Committee Secretariat. "omniclass".

IMPLEMENTAÇÃO BIM NA TECNOPLANO – DESDE A IDEIA ATÉ AO PROJETO PILOTO

Pedro Monteiro⁽¹⁾, Susana Oliveira⁽¹⁾

(1) Tecnoplano – Tecnologia e Planeamento, S.A, Lisboa

Resumo

Em linha com as tendências de mercado a Tecnoplano – Tecnologia e Planeamento S.A, decidiu implementar a metodologia BIM, de modo a ser possível acompanhar e dar resposta às exigências do mercado internacional, e antecipar-se ao mercado nacional que está ainda a dar os primeiros passos.

A Tecnoplano deu início à implementação desta metodologia, tendo como principais objetivos, além dos acima mencionados, integrar novos processos que permitam aumentar a rentabilidade e eficiência dos projetos.

Foi desenvolvida uma estratégia de implementação e formação, em conjunto com a bimTEC, empresa consultora especialista na integração de metodologias e processos BIM, que teve como base quatro principais atividades: 1) Desenvolvimento de Documentos Estruturantes; 2) Criação de conteúdo BIM; 3) Formação; 4) Implementação Operacional e Integração de processos BIM.

O presente artigo descreve com algum detalhe o processo de implementação BIM na Tecnoplano, dando particular ênfase aos objetivos, desafios, expectativas e resultados obtidos. São ainda partilhados alguns resultados operacionais decorrentes do processo de implementação.

1. Introdução

A TECNOPLANO é um grupo de consultoria multidisciplinar de Engenharia, Arquitetura, Urbanismo, Ambiente e Gestão, com três vertentes principais a que correspondem, a área de negócios de Consultoria, “Project Management” e Estudos e Projetos.

O departamento de Estudos e Projetos abrange as várias especialidades da Engenharia e Arquitetura, e foi o alvo principal do processo da implementação BIM. Este departamento é composto por 3 núcleos organizados por área funcional, nomeadamente, Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil, agregando a componente das Estruturas e Hidráulica, e

Instalações Eletromecânicas. De uma maneira geral, estes núcleos funcionam de forma autónoma, no entanto, em estreita colaboração, tanto a nível de *workflows* e processos produtivos como da utilização de normas de representação. Os colaboradores responsáveis pelos diferentes núcleos do departamento de projeto já se encontravam, de alguma maneira, familiarizados com os conceitos e potencialidades BIM.

A aposta na inovação, área onde se insere o universo BIM, é encarada como uma necessidade e oportunidade da empresa a participar em projetos aliciantes em mercados exigentes, refletindo-se internamente na procura por soluções construtivas, métodos de produção e processos de gestão eficientes e modernos.

2. Motivo

2.1 Exigências do Mercado

As exigências do mercado internacional, de uma indústria de construção cada vez mais exigente, e a necessidade constante de acompanhar os mercados e conseguir dar resposta a nível internacional e antecipar as exigências a nível nacional, juntamente com o aparecimento de oportunidades de negócio, em mercados externos, que requeriam metodologias BIM e o reconhecimento do potencial desta metodologia nos processos internos, levaram a Tecnoplano à implementação do BIM.

Há países onde a implementação do BIM já é bastante avançada, nomeadamente Alemanha, Estados Unidos, Canadá, França, países Nórdicos, e outros, como no Reino Unido, onde desde 2016 todos os projetos públicos têm que ser contratados em BIM. No caso de Portugal, este encontra-se ainda numa fase incipiente [1], uma vez que apesar de já existirem várias empresas que adotaram a metodologia BIM, esta ainda não é prática comum, nem exigida pelo mercado público e/ou privado.

Tendo a Tecnoplano consciência da necessidade de evolução, e uma equipa técnica algo familiarizada com as aplicações BIM, foi fácil perceber de que forma poderia beneficiar com a sua utilização.

A modernização é encarada como uma necessidade para manter o posicionamento da Tecnoplano enquanto empresa de referência no setor, e assumir uma posição de vanguarda no âmbito do desenvolvimento de projetos e prestação de serviços BIM, sendo este um objetivo estratégico a alcançar.

Não menos importante é a forte motivação para implementar processos de produção de projeto inovadores.

3. Objetivos

Com base na dimensão, organização e expectativas da Tecnoplano foram definidos três objetivos macro a alcançar:

- A curto prazo - Criar e consolidar o Núcleo BIM Tecnoplano ancorado no Departamento de Projeto da empresa;
- A médio prazo - Integrar *workflows* e processos de trabalho suportados em modelos BIM nas diferentes áreas de atividade da Tecnoplano;

- A longo prazo - Desenvolver e integrar novas áreas de negócio suportadas por processos BIM no portfólio de serviços da Tecnoplano.

A introdução do BIM na área do projeto ocorreu como uma forma de sistematizar processos de geração de desenhos e extração de quantidades. A criação de uma biblioteca de elementos robusta, a utilização de funcionalidades de análise e renderização, e a evolução de um mesmo modelo ao longo das várias fases do projeto, (re)aproveitando a informação definida previamente, foram algumas das expectativas mais tangíveis relativamente à fase inicial da implementação no Departamento de Projeto.

A integração de um *workflow* BIM entre especialidades, internas e externas, que permita dar resposta a solicitações referentes a diferentes fases do ciclo de vida do projeto é outra das principais expectativas da implementação, que através da transmissão dos conhecimentos consolidados e processos implementados na primeira etapa possam ser utilizados pelas equipas de “Project Management” e Fiscalização.

Aponta-se para uma 3ª fase, já com um elevado nível de maturidade de utilização de processos BIM, a adoção de normativas internacionais permitindo assim à Tecnoplano abraçar novas oportunidades de negócio.

4. Metodologia de Implementação

Previamente ao início da implementação e definição da metodologia por parte da bimTEC, foi feita uma análise interna a vários fatores decisivos, que acabaram por traçar o rumo da metodologia de implantação e do investimento a fazer.

Assim, foram analisados os recursos humanos, nomeadamente os que iriam fazer parte do núcleo BIM, no que respeita a especializações e conhecimento que tinham sobre *softwares* BIM. Foram ainda analisados os *softwares* utilizados pela empresa nas várias especialidades, o tipo de projetos desenvolvidos habitualmente pela Tecnoplano e quais os *softwares* BIM disponíveis no mercado que fossem de encontro às necessidades da empresa.

Uma vez que os projetos habitualmente desenvolvidos pela Tecnoplano são muito variados, indo desde edifícios, infraestruturas de águas e saneamento, telecomunicações e elétricas, até infraestruturas de BT/MT/AT e MAT (Linhas e Subestações), não é fácil encontrar no mercado, *softwares* BIM que cubram todas estas áreas, pelo que se optou por adquirir software mais vocacionado para edifícios, como o REVIT, utilizando os *softwares* já existentes na empresa para outros tipos de projetos.

Após esta análise foi definida uma metodologia de implementação, que constou de quatro atividades principais, que se indicam nos itens abaixo.

4.1 Desenvolvimento de Documentos Estruturantes

O desenvolvimento de documentos normativos, *standards* e boas práticas de apoio à modelação e gestão dos respetivos fluxos de trabalho, é decisivo para uma implementação bem-sucedida dos processos BIM na empresa.

Com o objetivo de estruturar o processo de implementação e facilitar a utilização inicial das ferramentas BIM, a bimTEC desenvolveu e implementou um conjunto de documentos estruturantes e ferramentas facilitadoras dos processos BIM, designadamente os seguintes:

- **Matriz base para o Plano de Execução BIM (BEP):** documento onde são definidos, para cada projeto BIM, os requisitos do modelo, as regras de modelação a respeitar, o

nível de desenvolvimento necessário para cada elemento em cada fase do projeto, o conteúdo a modelar por cada especialidade, a calendarização das atividades e as responsabilidades dos vários intervenientes.

- **Matriz de Níveis de Desenvolvimento e Progressão do Modelo (LOD)**
- **Desenvolvimento de um Manual de Procedimentos Operativos e Boas Práticas (MPO):** documento onde são fixadas um conjunto de regras mínimas que contribuam para que os modelos BIM sejam desenvolvidos de forma eficiente e estejam de acordo com os formatos requeridos.

4.2 Criação de Conteúdo BIM

Foram também criados um conjunto de elementos-chave, utilizados diretamente pelas ferramentas de modelação e aplicações, destacando-se os seguintes:

- **Templates:** os *templates* foram criados tendo em conta as regras de representação da Tecnoplano, para as várias especialidades de projeto, designadamente Arquitetura, Estabilidade, Infraestruturas e Equipamentos Hidráulicos e Infraestruturas e Equipamentos Elétricos;
- **Armazém Virtual de objetos:** foram também criados objetos personalizados à medida das necessidades (Famílias Revit);
- **Detalhes-Tipo:** detalhes 2D paramétricos que podem ser utilizados em vários projetos diferentes agilizando o tempo de produção das peças desenhadas.

4.3 Formação

Tendo como base os conhecimentos da equipa em termos de software e sobre o próprio conceito BIM, a bimTEC definiu um plano de formação dividido em duas etapas e que teve a duração de aproximadamente 8 meses.

A primeira etapa poderá ser descrita como um processo de aprendizagem que começou pela abordagem de conceitos introdutórios sobre o BIM, seguido de uma fase de desenvolvimento de bases sólidas de modelação e preparação de documentos de projeto comuns a todas as especialidades. Seguiu-se um conjunto de sessões de formação de modelação avançada por especialidade.

A segunda etapa da formação, concentrou-se na integração de processos BIM, nomeadamente em procedimentos multidisciplinares de colaboração, coordenação e gestão da informação dos modelos. Será ainda desenvolvido um projeto-piloto no âmbito do qual serão integrados *workflows* compatíveis com o segundo nível de integração BIM “Level 2”, de modo a simular o desenvolvimento de projetos em ambiente semelhante de forma simplificada.

4.4 Implementação Operacional e Integração de Processos BIM

A fase de implementação operacional compreendeu também a construção de um bimSPOT (BIM Single Point of Truth), implementado na intranet da empresa constituindo assim o repositório central para arquivo e partilha dos conteúdos BIM. Neste local estão organizados, de forma devidamente estruturada, conteúdos BIM como manuais de procedimentos operativos, *templates* para os diferentes programas, famílias Revit customizadas, documentos de referência, etc.

No âmbito do desenvolvimento do bimSPOT foi ainda implementada uma plataforma de partilha de conhecimento em formato web na modalidade Wiki.

O formato tipo Wikipedia, além de ser um formato conhecido e ”*user friendly*”, permite uma abordagem colaborativa ao processo de construção do repositório de informação BIM com a possibilidade de ser sistematicamente “alimentada” pelos colaboradores de forma a acompanhar a evolução dos processos BIM da empresa.

5. Experiências BIM

Com a conclusão do processo de formação, houve a necessidade de encontrar um projeto-piloto para consolidar as metodologias e processos aprendidos.

A escolha deveria recair sobre um projecto que incluísse o máximo de especialidades possíveis e com um prazo ajustado à exigência, no entanto, desde então, tanto o tipo de projetos desenvolvidos pela Tecnoplano, como os respetivos Clientes (p.ex. Câmaras Municipais) não potenciaram a utilização de *softwares* BIM, nomeadamente REVIT. Por esta razão, e de modo a ir consolidando os conhecimentos adquiridos, foram realizadas algumas experiências úteis no desenvolvimento das capacidades de modelação e sistematização de workflows, com base em projetos já desenvolvidos.

5.1 Vila Valqueire - Rio de Janeiro

O projeto Vila Valqueire é um loteamento de habitação coletiva composto por 5 edifícios e áreas comuns, localizado no Rio de Janeiro. A arquitetura tinha sido desenvolvida por um gabinete local em Archicad, e era da responsabilidade da Tecnoplano o desenvolvimento das restantes especialidades.

Numa primeira abordagem testou-se a interoperabilidade entre software’s (Archicad e Revit) numa optica de caracterização volumétrica e de apresentação do conceito.

No que respeita à modulação dos elementos e de uma perspetiva visual, a transição entre programas correu bem, permitindo a compreensão da intervenção, com a utilização da visualização 3D e dos restantes processos de geração de desenhos (plantas, cortes, etc..), possibilitando a identificação fácil de pontos a corrigir (movimento de terras, implantação, etc..).



Figura 1 e 2: Modelo geral do loteamento

A fase seguinte incidiu somente sobre um dos edifícios, no que respeita os projetos de arquitetura, estruturas, água e esgotos, eletricidade e AVAC, tendo-se verificado que, com a passagem de modelos entre *softwares*, com a utilização de formatos IFC, e mesmo com a utilização de extensões de compatibilização, houve uma grande percentagem de elementos

descatalogados bem como a perda de informação. Este facto obrigou à total modelação da arquitetura em Revit, de modo, a ser utilizada pelas restantes especialidades.

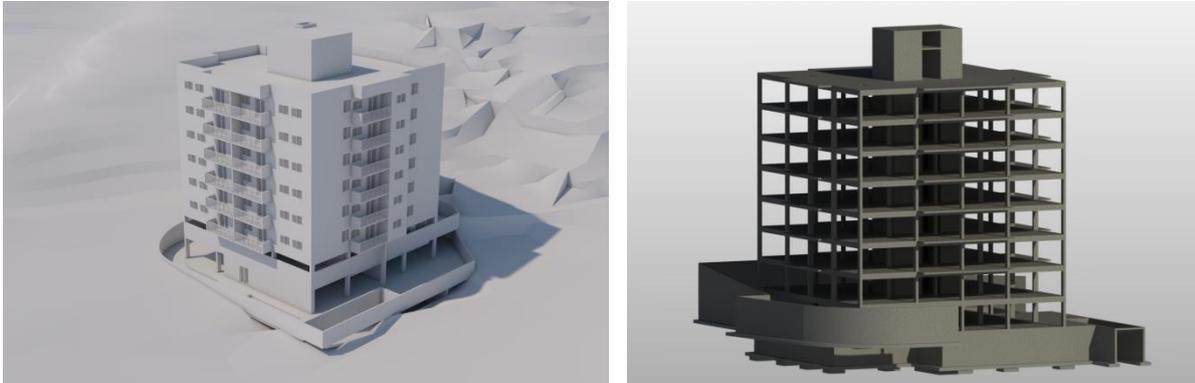


Figura 3 e 4: Modelo de arquitetura e estruturas do edifício

5.2 Apermotor - Luanda

A Apermotor é uma oficina de reparação de caixas automáticas em Luanda, cujo projeto já tinha sido elaborado através dos métodos tradicionais (CAD), o que simplificou a sua elaboração em BIM, tornando-a mais célere.

O edifício desenvolve-se em dois pisos, o piso térreo, que se destina às áreas referentes aos trabalhos de reparação de caixas (Espaço Oficina, áreas de reparação de caixas e armazéns), recepção, copa e balneários do pessoal, e o piso superior, onde se encontram as áreas de escritórios e habitação. A opção por este projeto justifica-se por ser um projecto típico da Tecnoplano, pela complexidade programática e por possibilitar o desenvolvimento de todas as especialidades.

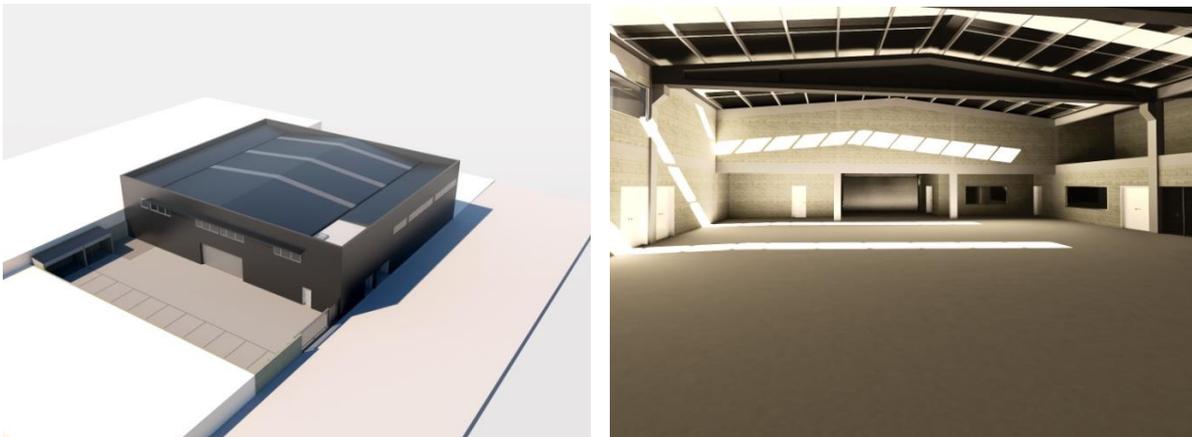


Figura 5 e 6: Modelo de arquitetura do edifício

Ao nível arquitetónico, o desenvolvimento do projeto em *REVIT*, forçou ao aperfeiçoamento do *template* e bibliotecas de famílias, à consolidação das boas práticas de modelação e sistematização e automatização na elaboração de mapas de arquitetura (mapa de acabamentos, mapa de vãos, mapa de armários, etc..).

Uma das principais vantagens da metodologia BIM no projeto de estruturas foi trabalhar conjuntamente o modelo de formas em 3D com o modelo de cálculo, permitindo antecipar problemas de compatibilização e dúvidas na geometria das peças que apenas seriam identificadas em fases posteriores do projeto, acarretando custos desnecessários.

A maior dificuldade encontrada aquando da elaboração do projeto de estruturas foi perceber o nível de detalhe que necessitava, nomeadamente a pormenorização de elementos de ligação ou armaduras. Existe um risco elevado de detalhar excessivamente o projeto despendendo demasiadas horas de modelação em elementos que acrescentam pouco em termos do modelo global ou quantificação. Além do atrás exposto, a troca de elementos e informações entre o modelo do edifício e modelo de cálculo correspondente, é ainda muito limitada, levando ao abandono desta interação logo nos estágios iniciais da conceção, optando-se por uma atualização manual das alterações em cada um dos *softwares*.



Figura 7 e 8: Modelo de MEP e estruturas do edifício

A utilização de metodologias BIM na conceção de infraestruturas hidráulicas mostrou-se vantajosa na antecipação de preocupações, que por norma apenas se revelam na fase de preparação de obra. Assim foi possível conceber as redes com perfeita consciência do espaço que estas necessitam e que acessórios serão necessários para adaptar a rede à estrutura e elementos arquitetónicos.

A modelação de redes que funcionam por gravidade é algo complexa, devido maioritariamente à rigidez do *software*, implicando um acréscimo de tempo que não se traduz necessariamente numa vantagem face à conceção da mesma rede em 2 dimensões. A condição de funcionamento por gravidade implica a existência de inclinações em tubagens não verticais o que dificulta a automação e obriga à conceção da rede “peça a peça” na execução de uniões entre coletores e ramais.

Com a elaboração do modelo de AVAC, eletricidade e telecomunicações constataram-se algumas dificuldades em encontrar famílias enquadradas com a realidade portuguesa, uma vez que esta ainda se encontra numa fase inicial. Por exemplo, a maioria dos principais fabricantes ainda não tem equipamentos modelados em BIM, apesar de já existirem esforços para colmatar esta lacuna. Constatou-se ainda, que os sistemas elétricos estão mais direcionados para a realidade americana, sendo difícil o aproveitamento de algumas ferramentas.

Face à especificidade dos projetos elétricos e telecomunicações constata-se que as potencialidades do REVIT ficam aquém do necessário, levantando dúvidas no que respeita às vantagens da sua utilização nestas especialidades.

O desenvolvimento e massificação de famílias BIM por parte dos fabricantes, poderá vir a tornar mais fácil a seleção e dimensionamento de alguns equipamentos.

5.3 Hospital das Forças Armadas HFAR - Pólo de Lisboa

O projecto em causa trata da ampliação e reconfiguração de um edifício para um Posto de Transformação, em que a intervenção sobre o existente envolveu a demolição parcial e ampliação da estrutura em betão armado. Adicionalmente foi criada uma área exterior coberta e restrita, onde serão instalados geradores. Nesta zona exterior optou-se pela utilização de uma estrutura metálica porticada, coberta com painel *sandwich* e revestida lateralmente a painéis rígidos de malha resistente soldada, para condicionar o acesso e garantir uma ventilação adequada do espaço.

Optou-se por modelar a estrutura existente, além da nova, por forma a considerar a compatibilização com os novos elementos estruturais, bem como auxiliar na quantificação trabalhos e materiais. A modelação em ambiente BIM permitiu ainda a utilização do modelo de formas, diretamente num *software* de cálculo automático de estruturas (ROBOT), no entanto, verificou-se que a interoperabilidade entre os dois programas ainda necessita de aperfeiçoamento, uma vez que as atualizações feitas no modelo de cálculo nem sempre são assimiladas corretamente pelo modelo de formas, em REVIT.

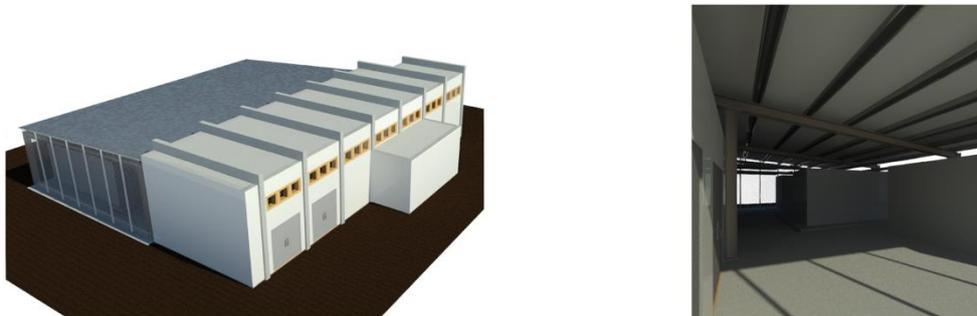


Figura 9 e 10: Modelo estrutural da ampliação

6. Resultados

6.1 Expectativas e Resultados

Em resultado do processo de implementação foi possível constatar que algumas das expectativas iniciais foram confirmadas, enquanto que outras, dado o tipo de projetos que têm sido desenvolvidos pela Tecnoplano, ainda estão a ser desenvolvidas.

Da listagem abaixo, apenas não foi possível comprovar resultados nas alíneas f), g) e h), uma vez que a maturação dos processos BIM na Tecnoplano ainda está numa fase inicial. Das restantes, e apesar de não ter sido desenvolvido um projeto-piloto foi possível, através dos projetos acima mencionados, ter a perceção das vantagens de utilizar uma metodologia BIM.

- a) Aumento de produtividade;

- b) Facilidade na deteção de colisões, reduzindo os erros;
- c) Facilidade de compreensão do modelo com vistas 3D;
- d) Maior rapidez na correção de erros;
- e) Extração automática de quantidades e mapas, do modelo;
- f) Possibilidade de mostrar ao cliente o modelo 3D e simulação animada do faseamento construtivo;
- g) Utilizar o modelo como ferramenta de comunicação e marketing dos projetos desenvolvidos;
- h) Alcançar novos clientes e novos mercados.

6.2 Desafios

Tanto na fase decisória como durante a implementação, foram identificados vários desafios, os quais foram considerados secundários, quando comparados com os benefícios que se espera que esta metodologia traga à empresa.

Dos desafios acima mencionados destacam-se de seguida os mais relevantes:

- Elevado custo do investimento;
- Curva de aprendizagem lenta;
- Necessidade de criação e desenvolvimento de famílias e respetivas parametrizações, traduzindo-se num aumento do tempo de produção, mas que será certamente compensado no futuro.
- Conciliar a formação com os projetos em curso;
- Falta de experiência das equipas de projeto;
- Resistência à mudança a nível nacional.

7. Conclusão

Apesar do *modus operandi* da TecnoPlano, no que respeita a execução de projetos, ainda não estar consolidado a 100% no que respeita a metodologias BIM, dado o tipo de projetos a que se tem dedicado desde a implementação, considera-se que a metodologia e as vantagens associadas a este método estão perfeitamente interiorizadas pela equipa que constitui o núcleo BIM.

Esta implementação foi definitivamente uma mais-valia para a empresa, contribuindo para o aumento de *know-how*, possibilitando abrir o leque de clientes e a expansão para outros mercados externos.

O próximo passo será consolidar os conhecimentos adquiridos, substituir a metodologia tradicional do AutoCad pela metodologia BIM, sempre que possível, e estender este conceito à Fiscalização, uma vez que este é também um departamento de peso dentro da empresa.

Referências

- [1] P. Carvalho, Avaliação do estado de implementação da tecnologia BIM no setor da construção em Portugal, Porto: FEUP, 2016.

CONCEITOS PARA A UTILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO DIGITALIZADA NO CICLO DE VIDA DE EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

Luis Campos⁽¹⁾, António Aguiar Costa⁽¹⁾

(1) Instituto Superior Técnico, Lisboa

Resumo

As tecnologias BIM e as tecnologias de informação transformaram a indústria da construção, impulsionaram a utilização de ambientes digitais na criação e manuseamento de informação associada aos empreendimentos. Estas tecnologias permitem a criação e manuseamento de grandes volumes de informação, mas para que esta seja útil e tenha real valor é necessária a definição clara dos processos e modelos associados para que não existam demasiadas redundâncias e volumes desnecessários.

A informação criada visa servir o empreendimento desde a sua génese até ao seu fim, durante todo o seu ciclo de vida, o foco não deverá menosprezar nenhuma das fases inerentes ao ciclo, mas deverá ter em especial atenção a mais duradoura: a operação. Existem duas disciplinas focadas na gestão desta fase, o *facility management* e a gestão de ativos, a compreensão destas duas atividades é essencial, de forma a criar conceitos que tenham estas duas disciplinas em conta, de forma a apoiá-las e não criar a impasses ao seu funcionamento.

A atual cultura portuguesa dos empreendimentos deverá servir de fundação aos conceitos criados, nomeadamente os documentos legais existentes, capitalizando no já definido e alterando o incompatível, para que o uso dos conceitos criados faça sentido num panorama nacional.

1. Introdução

Nos últimos anos, a indústria portuguesa da construção tem enfrentado alguns problemas: fraca produtividade, insuficiente inovação, falta de processos consistentes e fragmentação dos intervenientes [1]. Estes problemas são causados pela falta de processos normalizados e aversão à modernização, nomeadamente, adoção de novas tecnologias. Este trabalho pretende estimular a adoção de novas tecnologias propondo conceitos que estimulem a sua utilização normalizada, de forma a permitir a compatibilização entres diferentes especialidades e indústrias.

Em Portugal uma das novas tecnologias que gradualmente começa a ser adotada pela indústria é Building Information Models, BIM. Esta tecnologia permite a criação de um modelo geométrico digital com informação associada, centralizando-os num volume de informação único, de certa forma, é uma base de dados que descreve um ativo construído. Estes volumes são então utilizados na gestão dos ativos ao longo da sua operação criando valor para as empresas que os possuem. O valor é realizado quando os gestores de ativos e os facility managers desempenham as suas funções. Estes agregados de informação centralizadas são ferramentas valorosas para estes gestores, têm de ser talhados com as suas funções e responsabilidades em mente. Para além destes gestores também os documentos legais portugueses referentes a empreendimentos devem ser levados em consideração, de forma a aproximar a proposta da realidade da indústria portuguesa.

Outros países já normalizaram a utilização de informação digitalizada em empreendimentos de construção de forma indireta, normalizando o uso das tecnologias BIM. Os documentos mais pertinentes foram emitidos pelo British Standards Institute, BSI, nomeadamente as Public Available Specifications 1192, PAS 1192. Nestes documentos foram definidos conceitos e metodologias para o uso normalizado das tecnologias BIM e são correntemente utilizados em empreendimentos públicos com resultados positivos provados. Estes trabalhos são valiosos e ajudam na criação de conceitos para os empreendimentos portugueses, mas não podem deixar de ser confrontados com os documentos legais relacionados.

De forma a propor conceitos úteis e apropriados à realidade é também necessário retratar a forma como a informação é utilizada pelas disciplinas focadas na operação do empreendimento. Os profissionais no desempenho das suas funções têm necessidades características e procuraram completar os objetivos da sua função, a melhor forma de criar ferramentas que os possam servir é através do diálogo com estes profissionais. Para tal, realizou-se inquéritos semiestruturados de forma a apurar as necessidades e vantagens existentes, para que os conceitos propostos capitalizem em boas práticas já utilizadas e satisfaçam as necessidades existentes.

2. Gestão de ativos e *facility management*

Existem duas disciplinas preocupadas com a gestão de ativos durante a fase de operação: a gestão de ativos e o facility management. A gestão de ativos é uma atividade com o objetivo de realizar valor dos ativos. O Facility management, como o nome indica, gere as instalações de um ativo. Ambas ocorrem durante a fase operacional de um empreendimento e são descritas, respetivamente, pela ISO 55000:2014 e pela EN 15221:2011.

A ISO respetiva à gestão de ativos define a atividade como uma atividade coordenada com o objetivo de criar valor a partir dos ativos que detém. Define também um ativo com um bem, coisa ou entidade que tem valor potencial para a organização. Existe uma grande variedade de ativos, este trabalho apenas incide sobre os físicos, que são os produzidos por empreendimentos de construção.

A atividade de Facility Management é descrita pela EN 15221:2011, que define a atividade como a integração de processos dentro de uma organização para manter e desenvolver serviços acordados que suportam e melhoram a eficiência das atividades primárias do ativo. Outra definição, de Roper and Payant (2014) [2], campo profissional que inclui várias disciplinas que deverá garantir a funcionalidade do ambiente construído integrando pessoas, sítios, processos

e tecnologia. A tecnologia é uma parte importante desta disciplina devido à sua aplicação cada vez mais geral, nomeadamente as tecnologias BIM e Internet of Things, IoT.

A fase operacional consiste na gestão da informação criada em projeto e construção e na adição de mais informação durante a sua gestão. É nesta altura que os gestores de ativos criam valor a partir dos ativos e que os facility managers suportam as principais atividades do ativo, não sendo obrigatório, a informação vai maioritariamente ser utilizada em formato digital e é fulcral a estas atividades, tornando-as nos principais utilizadores e manuseadores de informação digital em operação.

3. Informação digital e as tecnologias BIM

A diminuição do preço do processamento computacional assim como do armazenamento trouxe uma era mais dependente das tecnologias de informação aos mais variados sectores, o da construção também começa cada vez mais a confiar nestas tecnologias para os mais variados fins: produção de informação, comunicação, automatização de tarefas etc. A utilização destas tecnologias de informação exige o manuseamento da informação em formato digital, que, só por si, traz vantagens valorosas: exige menos custos, garante maior segurança e as trocas de informação são mais rápidas e eficientes [3]. Esta mudança tem sido gradual, começando com o aparecimento das tecnologias de Computer Aided Design, CAD, e recebendo um estímulo mais recente com o surgimento das tecnologias BIM.

As tecnologias BIM mudaram a forma como se produz informação em projeto, construção e operação, ao invés de ser produzido um desenho composto por linhas representativas com dimensões associadas, cria-se um modelo composto por elementos inter-relacionados com informação associada. As possibilidades são imensas devido à grande quantidade de informação que se pode associar ao modelo e as relações que se podem criar. Esta tecnologia já foi alvo dos mais variados trabalhos nas mais variadas aplicações, que provaram vários benefícios: menor duração da fase de construção, melhor deteção de problemas de compatibilidade de projetos, apresentação mais próxima da realidade do produto final e maior rapidez de partilha de informação [4].

O foco do trabalho não é as aplicações particulares das tecnologias BIM, mas sim como utilizar informação em formato digital, com as tecnologias BIM como a ferramenta que capitaliza na sua utilização. Esta tecnologia deverá ser utilizada de forma a compatibilizar diferentes softwares e tendo o futuro em vista. A utilização desenfreada das tecnologias BIM sem normalização associada e sem a compreensão da utilização de informação em formato digital provocará impasses à sua aplicação num contexto nacional, é imperativo a sua utilização de forma normalizada. Esta normalização deverá ser baseada em documentos internacionais já provados, confrontados com os documentos nacionais, de forma a apurar compatibilidades e um estudo da utilização de informação pelas empresas nacionais, de forma a definir os objetivos a atingir.

4. Public available specifications (PAS) e os documentos nacionais

A British Standards Institution, BSI, publicou uma série de Public Available Specifications, PAS, com o objetivo de normalizar a utilização das tecnologias BIM no Reino Unido. A sua utilização já foi provada e a complexidade e envolvimento do documento faz deles a literatura ideal para basear os conceitos a propor. Analisaram-se os seguintes documentos: PAS

1192:2007 - Collaborative production of architectural, engineering and construction information - Code of practice, PAS 1192-2:2013 - Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling and PAS 1192-3:2014 - Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling. O primeiro define o importante conceito de Common Data Environment, CDE, que existe para facilitar a produção simultânea de informação entre diferentes intervenientes. O segundo define as fases e a informação inerentes à fase de projeto de um empreendimento. Por fim, o terceiro documento, define a utilização das tecnologias BIM na fase de operação de um empreendimento. Também foram levados em conta documentos nacionais, nomeadamente a Portaria 701-H / 2008 e o Código dos Contratos Públicos, de forma a apurar as fases e informações necessárias ao ciclo de vida de empreendimentos de construção. Os conceitos propostos pretendem prestar a utilidade máxima aos utilizadores das tecnologias BIM em operação, para tal é necessário ouvir os profissionais que utilizam as tecnologias nessa fase. De forma a apurar o seu conhecimento, foram realizadas entrevistas semiestruturadas a facility managers e gestores de ativos, de forma a levantar o papel da informação nas suas funções.

5. Levantamento do papel da informação na indústria: a perspetiva de gestão de ativos e *Facility Management*

Os inquéritos realizaram-se a profissionais de empresas pertencentes a diversos sectores e de diferentes dimensões. Devido a estas diferenças, formularam-se inquéritos semiestruturados, com um âmbito diversificado de forma a aumentar a abrangência do inquérito e captar os pormenores de cada profissional. As empresas entrevistadas, pertencem aos seguintes setores: saúde, energético, telecomunicações, infraestruturas e industrial.

Na parte inicial do inquérito definiu-se o âmbito, a definir as funções desempenhadas pelo entrevistado, a existência de mapas de processos, as relações interdepartamentais e a influência dos entrevistados em novos projetos. Em segundo lugar, inquiriu-se sobre a arquitetura de informação das empresas: a existência de mapas de trocas de informação, códigos e nomenclaturas próprias, a frequência de atualização de informação e as necessidades de informação de outros departamentos. A terceira parte do inquérito tenta caracterizar a arquitetura tecnológica das empresas, inquiriu-se sobre a arquitetura tecnológica das empresas, sobre a existência de redes, a forma de transferência de ficheiros e o seu modo de armazenamento. Na última parte do inquérito, inquiriu-se sobre opiniões dos entrevistados em relação à tecnologia, que necessidades poderiam vir a ter e que desafios pretendiam superar. As conclusões obtidas foram as seguintes:

- **Diferença entre funções e responsabilidades:** apurou-se diferenças entre funções e responsabilidades, de acordo com a especialização de cada gestor. Os gestores entrevistados possuíam diferentes especializações: manutenção, alocação de espaços, gestão de tecnologia, arquitetura e gestão, devido a estas diferenças de especializações a distribuição de funções e responsabilidades diferia;
- **Valor da fase operacional:** O conhecimento dos gestores entrevistados é valorizado pelas empresas na realização de novos projetos, isto é, na projeção e construção, os gestores da fase operacional contribuíam ativamente na tomada de decisões. Também

se concluiu que as empresas entrevistadas valorizavam em larga escala a redução de custos operacionais;

- **Trocas de informação:** As trocas de informação eram maioritariamente efetuadas por correio eletrónico. Algumas das empresas já utilizam sistemas *cloud* para armazenamento e partilha de ficheiros;
- **Atualização de informação:** A atualização de informação era frequente em todas as empresas entrevistadas, quando referente a ativos construídos recentemente. Em ativos mais antigos, a informação não é atualizada por falta de informação documentada referente a estes ativos;
- **Nomenclaturas e codificações:** Alguns dos inquiridos usam codificações e nomenclatura próprias para todos os documentos e ficheiros utilizados, enquanto que uma minoria apenas as utilizava em ficheiros de maior importância;
- **Software:** A maior parte do *software* utilizado necessita de licenças para ser utilizado pelas empresas. Existe uma variedade considerável de *softwares* utilizados, desde os básicos *softwares* de edição de texto e folhas de dados até *softwares* especializados na gestão da operação. Alguns possuíam *softwares* desenho assistido por computador, mas nenhuma possuía *softwares* com capacidade BIM;
- **Informação e modelos:** Os gestores revelaram interesse em ter um modelo único como construído, desde que suportasse as atividades que atualmente realizam e não exigisse uma manutenção exagerada e fosse de difícil manuseamento;
- **Definição de requisitos de informação:** Algumas das empresas já possuem processos bem estabelecidos para a definição requisitos informacionais;
- **Questões ambientais e energéticas:** Minimizar o impacto ambiental é uma prioridade para a maior parte das empresas. Um modelo e processos que potenciem a diminuição de consumos energéticos e de água seriam ferramentas úteis para as empresas.

As conclusões retiradas são valiosas e com elas é possível definir alguns aspetos gerais para os conceitos a propor: **universais**, devido à diferença de responsabilidades e funções, **simples** para que a informação seja facilmente trocada, **úteis e valiosos** para potenciar a fase operacional, **compatíveis** pois existem várias especialidades envolvidas no ciclo de vida de um ativo, **centrais** de forma a incentivar a integração e **seguros** devido à natureza privada e sensível da informação.

6. Conceitos para uma gestão integrada da informação

Definiu-se os seguintes conceitos para a gestão de informação na indústria da construção portuguesa: **modelos**, **requisitos**, **trocas de informação** e **ambiente comum de dados**. Estes conceitos foram também integrados com as fases dos documentos nacionais, Portaria 701-H / 2008 e Código dos Contratos Públicos. A figura 1 ilustra esta integração.

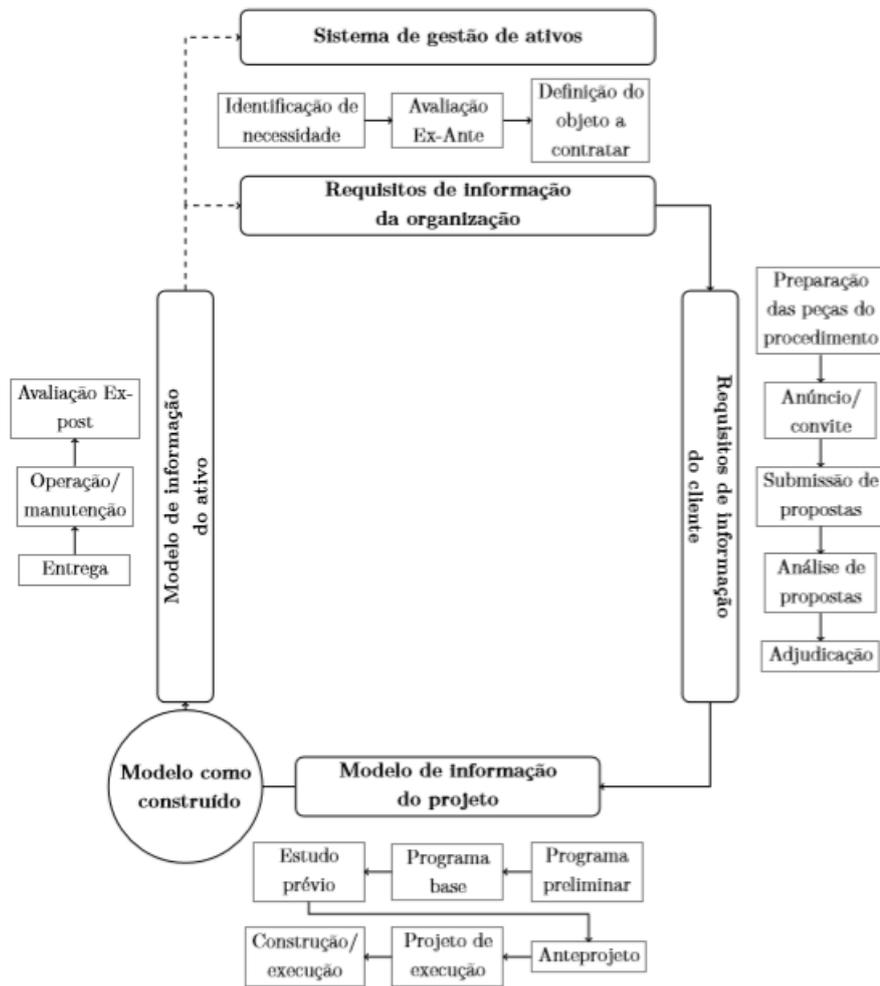


Figura 1: Ciclo total de informação

Modelos

Os modelos digitais podem conter qualquer tipo de informação e ligações a informação de outros ficheiros. O seu objetivo é descrever o ativo com o nível de detalhe necessário. A maioria dos modelos irá ser constituída maioritariamente por elementos gráficos, mas não serão simples linhas, serão elementos com informação associada que no seu conjunto formarão o modelo do ativo. As tecnologias BIM associam a mais variada informação ao modelo, seja em 2D ou 3D, no entanto estas tecnologias não são a única forma de criar um modelo de informação de um ativo, seria possível criar um modelo utilizando apenas folhas de dados ou base dados, seria impraticável e pouco convencional, mas seria possível. As tecnologias BIM surgem como as ferramentas ideais para a criação deste conceito de modelos, mas não obrigatórias. Uma das necessidades levantadas pelas entrevistas realizadas foi a necessidade de centralização da informação, com isto em mente, são definidos modelos inerentes às fases de um empreendimento português, baseados nos definidos na *Public Available Specification 1192*. O modelo a ser usado em projeto: **Modelo de Informação de Projeto** e o modelo a ser usado em operação **Modelo de Informação do Ativo**. A sua nomenclatura é definida de forma a manter concordância com a fase em que são utilizados. Estes modelos são repositórios de informação que ajudarão na toma de decisões e contêm todo vários tipos de informação: geométrica,

manuais de instruções, documentação técnica, descrição de componentes etc. A progressão usual da construção de ativos é, usualmente, projeto, construção e operação, respeitando esta progressão, o **Modelo de Informação de Projeto** transfere a sua informação para o **Modelo de Informação do Ativo**. No entanto, o inverso também poderá ocorrer, no final de vida de um ativo, o seu modelo continua a ter informação que poderá ser útil a novos ativos, como por exemplo, informações topográficas ou meteorológicas, nestes casos poderá a ocorrer a transferência de informação em sentido contrário. Os inquéritos também revelaram uma necessidade de informação que retrate o que foi realmente construído. O **Modelo como construído** é um conceito utilizado no PAS 1192 e é um conceito extremamente importante, é o modelo exato do ativo construído. Os documentos legais portugueses exigem algo similar, as *telas finais*, que são *o conjunto de desenhos finais do projeto, integrando as retificações e alterações introduzidas no decurso da obra e que traduzem o que foi efetivamente construído*, como definido na Portaria 701-H / 2008. As telas finais têm informação associada para a interpretação dos projetos, mas não são um modelo interrelacionado de informação. O **Modelo como construído** deverá respeitar rigorosamente o ativo construído, todas alterações realizadas ao longo da construção deverão constar no **Modelo como construído**.

Requisitos

A definição de requisitos de informação é essencial para a criação de modelos úteis e eficazes. São a linguagem intermediária entre a entidade detentora do empreendimento e os fornecedores de informação, existem para que o dono exija a informação necessária, não toda a informação possível. As necessidades de informação de cada entidade deverão ser bem conhecidas, pois os requisitos têm de ser satisfazíveis pelos fornecedores de informação, não poderão ser inatingíveis ou irrealistas. Existem para obrigar os recetores de informação a conhecer as suas necessidades, não de forma a proteger os fornecedores, mas para que os sistemas de gestão que usem estejam bem definidos, utilizando somente a informação necessária. Nas entrevistas realizadas, foi concluído que as empresas valorizavam o conhecimento dos seus gestores de ativos e *facility managers* na fase de projeto. Contudo, a valorização do conhecimento não é suficiente para o bom funcionamento de uma gestão de informação integrada, apenas a valorização em conjunto com intervenção e poder de decisão funcionará. Os gestores em operação conhecem verdadeiramente as necessidades informacionais dos ativos que gerem. Em primeiro lugar deverão existir **requisitos de informação da organização**, que dependem do modo de funcionamento e das exigências da organização. Deverão também existir **requisitos de informação dos ativos**, coordenados com os **requisitos de informação da organização**, mas centrados nos ativos. Servem para definir a informação necessária aos ativos, de forma a produzir valor. **Os requisitos de informação dos ativos** são gerados pelos gestores de informação da organização. Aqui o foco já não é os processos utilizados, mas sim nas necessidades dos ativos em si, de acordo com o definido no sistema de gestão de ativos que depende do contexto da organização, operação, avaliação de desempenho e melhoria. **Os requisitos de informação do projeto** afetam o projeto em si, que tem necessidades informativas diferentes de um ativo já em funcionamento. Em projeto a informação está a ser criada de raiz, as necessidades informativas são diferentes. Também é comum a intervenção de fornecedores de informação externos à empresa, que influencia as necessidades informativas. A definição dos **requisitos de informação do projeto** é realizada por intervenientes alheios à operação, informados pela organização, que é quem define os processos inerentes a projetos realizados. A existência de apenas estes requisitos não é suficiente, tem de haver uma forma

intermediária de cruzamento entre os **requisitos de informação de ativos** e **requisitos de informação do projeto**. Assim tanto os intervenientes em operação, como os responsáveis pelos projetos da organização têm igual intervenção na definição de requisitos. Para tal, **existem os requisitos de informação do cliente**, que contemplam ambos os requisitos previamente definidos. São gerados pelos gestores de projeto, mas com a intervenção dos gestores de ativos, de forma a ter em conta tanto os processos de operação, como os de projeto. Estes requisitos vão especificar o modelo do projeto, previamente definido.

Gestor de informação

A coordenação de todas as especialidades é exigente. Os projetos realizados atualmente têm uma complexidade considerável associada, com estas novas exigências de informação é necessário alguém para a gerir. Existem vários *softwares*, várias especialidades e modeladores, é necessário alguém que tenha como responsabilidade coordenar os requisitos e modelos para que no final do processo o cliente tenha um modelo bem definido e real para fazer uso em operação. Há necessidade de um interveniente que defenda os interesses do cliente, que coordene a produção de informação de acordo com a capacidade dos fornecedores e os requisitos do cliente. Para tal existe o **gestor de informação**, que tem como objetivo compatibilizar os fluxos de informação defendendo os interesses do cliente. Os intervenientes serão os mesmos numa fase inicial, projetistas internos ou externos à organização, coordenados pelo gestor de informação nomeado pelo dono de obra, com os seus interesses em mente. Intervêm também empreiteiros/construtores, na fase de construção, que poderão também contribuir com informação para o modelo sendo igualmente coordenados pelo gestor de informação. Em operação, os intervenientes são então os gestores de ativos e os *facility managers*, internos à organização com o objetivo de gerir o ativo construído.

A informação vai cada vez mais ser utilizada e trocada em formatos digitais. Os intervenientes em empreendimentos de construção têm de se adaptar a esta mudança. Os conceitos propostos definem modelos para alocar a informação, formas de definir a informação necessária e um interveniente novo nos empreendimentos. Estes conceitos foram criados com conhecimento adquirido através de entrevistas realizadas aos gestores da fase de operação, que serão os utilizadores desta informação criada. A principal contribuição do trabalho efetuado diz respeito à abordagem integrada e com enfoque na necessidade de gestão da informação que os conceitos exigem à forma como as fases dos empreendimentos se desenrolam atualmente. A existência de requisitos e modelos é necessária e não está mencionada em qualquer um dos documentos legais nacionais existentes. A sua definição é essencial quando a informação utilizada é digital e pode atingir grandes volumes, tenta alocá-la de forma a facilitar o acesso e controlar a redundância e existência de informação desnecessária. Indiretamente, outra contribuição importante é habilitação de uma forma mais correta e eficiente de uso das tecnologias BIM, que terão uma presença cada vez maior nos empreendimentos de construção.

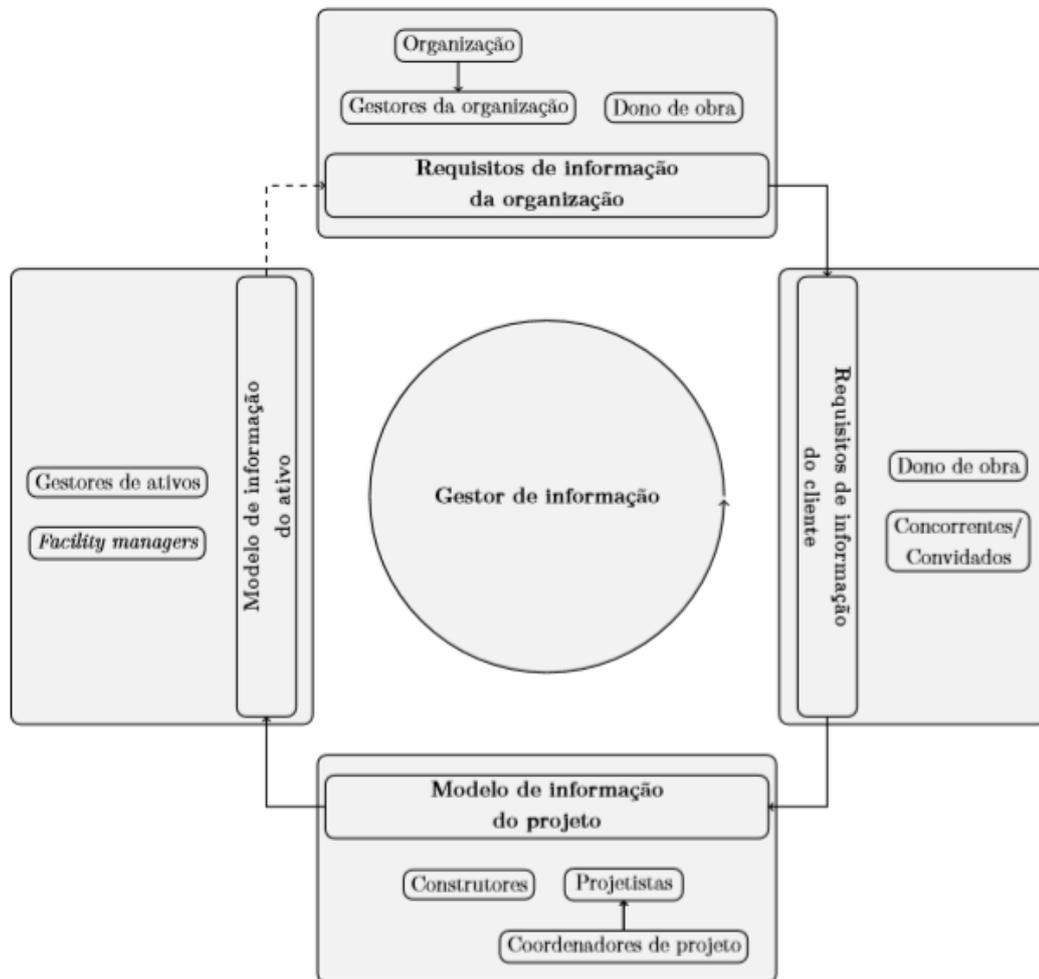


Figura 2: Gestor de informação

Referências

- [1] WEF (2016). *Shaping the Future of Construction - A Breakthrough in Mindset and Technology*. World Economic Forum.
- [2] Roper, Kathy O. and Richard P. Payant (2014). *The Facility Management Handbook*. Quarta edição. New York, New York: America Management Association. isbn: 9780814432150.
- [3] Weise, Andreas Dittmar et al. (2014). «The Combined Use of Business Management With Facility Management As an Option for Intelligent Building». Em: *Independent Journal of Management & Production* 5.1, pp. 65–82.
- [4] Azhar, Salman (2011). «Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry». Em: *Leadership and Management in Engineering* 11, pp. 241–252.

BIM PRODUCT DATA TEMPLATES: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Pedro Lucas Martins⁽¹⁾, António Aguiar Costa⁽²⁾

(1) Integrated Design Studio, Leiria

(2) Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa

Resumo

O inevitável processo de digitalização do sector da Construção depende de diversos contributos e, entre estes, realça-se o dos projetistas enquanto prescritores de soluções construtivas. A digitalização do projeto, incluindo o respetivo processo de trabalho, é fundamental para que, a jusante, os diferentes agentes possam contribuir sobre um objeto digital devidamente organizado e estruturado. A disponibilização ao mercado, em particular aos projetistas, de soluções e componentes construtivos em modelos BIM, por parte dos fabricantes, permitirá uma transição mais célere para o panorama digital pretendido. No entanto, tais modelos BIM deverão ser capazes de incorporar uma informação estruturada e reconhecível no ambiente de normalização europeu. Um dos instrumentos disponíveis para alcançar tal objetivo é o *Product Data Template* (Modelo de Dados de Produto), no qual são listadas as características essenciais de cada tipo de produto (formais e prestacionais) tendo por base as normas em vigor que lhes são aplicáveis. Propõe-se a apresentação de um caso prático na criação de biblioteca BIM, na ótica de modelos contentores de informação técnica, tendo por base os processos já determinados em diferentes países europeus.

1. Introdução

De acordo com a Portaria n.º 701-H/2008, as soluções construtivas implementadas numa obra são resultado de um projeto cujo conteúdo é representado pelo “conjunto de documentos escritos e desenhados que definem e caracterizam a concepção funcional, estética e construtiva de uma obra...”. O transporte de tais definições para a realidade atual, marcada pela iniciativa “*Indústria 4.0*” para implementação de uma economia digital, implica dotar os projetistas de ferramentas e metodologias capazes de responder ao desafio criado. Nesse sentido, o Building Information Modeling (BIM) assume um papel preponderante enquanto processo de digitalização do sector da Construção, como já demonstrado nas diferentes iniciativas nacionais

desenvolvidas com enfoque na temática, nomeadamente através da criação da Comissão Técnica (CT) 197. Esta, coordenada pelo Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico (ONS/IST), está mandatada para normalização do BIM em Portugal enquanto *mirror committee* do CEN/TC442 e ISO/TC59. Este organismo tem como função “*oferecer um conjunto estruturado de normas, especificações e relatórios que descrevem metodologias para definir, implementar e monitorizar o BIM e gerir toda a informação que lhe é inerente*”. [1] A importância do sector da Construção na economia global tem promovido a eliminação de barreiras burocráticas de modo a fomentar o comércio de produtos que o abastecem, sem prejudicar o nível geral de desempenho, tal como vertido no Regulamento (UE) n.º 305/2011, com as devidas alterações e revisões. [2]

Enquanto agregador de informação modelada tridimensionalmente, sob a forma de objectos, o BIM requer, a montante da sua implementação, uma correta estruturação da informação para cumprir com os desígnios de ferramenta para projeto e gestão da realidade construída. Nesse sentido, os Modelos de Dados dos Produtos (PDT – *Product Data Templates*) são um dos instrumentos para a correta estruturação e harmonização de dados vitais ao ato de construir. [3] Uma vez que o tema em análise neste trabalho está em processo de maturação no panorama internacional, propõe-se a utilização de termos, expressões, citações e documentação gráfica sem tradução para Português a fim de ser possível ao leitor acompanhar o tema, nos desenvolvimentos futuros.

2. Digitalização do sector da Construção

O sector da Construção tem um impacto expressivo na economia mundial ao representar, aproximadamente, 13% do PIB Mundial [1]. No mercado da União Europeia o referido sector representa 9% do PIB e é responsável por 18 milhões de postos de trabalho distribuídos por 3,1 milhões de empresas. No entanto, a representatividade do sector é marcada pela falta de produtividade que se reflete numa imagem ineficiente tanto do processo como do serviço entregue ao cliente final [2]. De acordo com o relatório da consultora McKinsey & Company [1], o sector da Construção, em termos mundiais, apresenta um reduzido incremento nos ganhos de produtividade (crescimento anual de 1% nas últimas duas décadas) quando comparado com outros sectores, nomeadamente o Industrial, que atinge taxas de crescimento anual de 3,6%. A referência deste enquadramento torna-se relevante pela correlação existente entre a variação do índice de produtividade e o índice de digitalização, ambos por sector. Em termos mundiais, o sector Industrial apresenta um nível de digitalização médio embora com forte probabilidade de subir através da implementação de conceitos como a Internet das Coisas e a Fábrica do Futuro, ambos decorrentes da 4ª Revolução Industrial já iniciada. Em contrapartida, o sector da Construção posiciona-se no final da lista de sectores que implementam a digitalização, enquanto processo e metodologia de utilização [3]. A maior dificuldade a ser ultrapassada poderá ser a modernização transversal do setor que, por representar a atuação de diferentes agentes em diferentes fases do ciclo de vida das construções, implica usar o BIM como sistema integrado no armazenamento de informação.

2.1 Diretrizes Internacionais

A criação de normalização internacional, em particular as normas ISO, EN e ASTM, tem sido o mecanismo preferencial para regular os diferentes sectores de atividade sob *standards*

comuns. O principal objetivo, em especial para o setor da Construção no espaço económico europeu, é fomentar as trocas comerciais de produtos e serviços com a garantia do cumprimento de requisitos mínimos. O referido cumprimento permite, de acordo com o Regulamento (UE) n.º 305/2011 também denominado Regulamento dos Produtos de Construção (RPC), a partilha de informação credível e estruturada, através de Normas Europeias harmonizadas (NEh). Para tal desígnio, o referido regulamento definiu um conjunto de requisitos essenciais, os quais variam entre as respetivas NEh dos produtos [2].

Quando estruturada a informação sobre um produto, o fabricante deverá produzir uma Declaração de Desempenho (DoP) atestando o cumprimento dos requisitos. Essa declaração está geralmente em formato digital, contudo, ela não consegue ser lida pelos *softwares* que dela requerem informação. Ou seja, está produzida em formato PDF que não contempla a comunicação direta com *softwares* de BIM. Para alterar essa situação, importa garantir a troca de informação entre aplicações de *software*, ou sejam um ambiente interoperável.

2.2 Trocas de Informação

Comunicar, enquanto processo vital à existência humana, significa trocar informação. No entanto, a comunicação possui variações de estruturas e significados que dificultam o correto entendimento das mensagens trocadas. No setor da Construção, a dificuldade de comunicação está patente entre os agentes envolvidos que, por existirem interpretações erradas da informação transmitida, geram desperdício de tempo e recursos, responsáveis pela ineficiência do setor. Decorrente da 3ª Revolução Industrial, iniciada na década de 1950 e ligada aos sistemas digitais e de computação, a comunicação tornou-se ainda mais complexa por permitir novas formas de gerar, processar e partilhar informação. [7] Simplificar o processo de comunicação implica uma linguagem que, de forma abrangente, seja clara, concisa e estruturada. [8]

Para o presente trabalho, opta-se por separar os universos da sintaxe face aos da semântica, ou seja, a estrutura do significado. Quando o objetivo é coordenar a linguagem humana com a computacional, obrigatório nos dias atuais, a abstração de conceitos e termos requer atenção redobrada. De seguida, é apresentada uma visão geral de como estes universos têm sido desenvolvidos quando aplicados ao setor da Construção, em particular à sua digitalização.

O BIM é um processo totalmente desenvolvido em ambiente digital e, por isso, incide sobre o desafio de comunicação entre diferentes linguagens computacionais. Sem detalhar este tipo de linguagem, importará referir que se procura solução para esses desafios sob forma de *standard* internacional, nomeadamente com a ISO 10303 [9] e respetivas partes (desde 1994). A referida norma é, ainda hoje, uma referência para a representação e troca de dados sobre produtos industrializados, tanto ao nível da sintaxe como da semântica. No entanto, a norma abrange diferentes setores e, embora possa ser vista como a base para a estruturação, não se debruça sobre nenhum em particular. Como tal, foi necessária a criação de normas específicas para BIM. Suportada por outras normas internacionais, enquanto referências, a norma ISO 12006 (e respetivas partes) é desenvolvida para “*Organização da informação sobre trabalho de construção*” (subtítulo da norma). O objetivo desta norma é orientar a estruturação da informação, tanto do ponto de vista sintático como semântico, ao possibilitar: i) classificar os objetos com base em particularidades comuns, as quais vão sendo hierarquicamente organizadas em níveis de maior especificidade (sub-classes); ii) correlacionar inequivocamente termos e conceitos através da codificação de informação. No que se refere à taxonomia, ou seja, à classificação dos objetos, existem diversos sistemas em vigor. Entre os mais utilizados, os

sistemas UniFormat II e MasterFormat estão relacionados com as normas ASTM enquanto os sistemas OmniClass e Uniclass 2015 têm por base a norma ISO 12006-2:2001. [10]

Apesar destes sistemas promoverem a organização da informação contida nos objetos que compõem a construção, os mesmos não garantem a comunicação clara entre si por partilharem uma diferente estruturação e, por isso, poderem usar termos e conceitos com sentidos distintos. Enquanto resposta a tal problemática, a dita norma tem como referência a ISO 22274:2013 [11] que assegura os princípios básicos de terminologia para criação, manuseamento e utilização de sistemas de classificação em contexto internacional. Em paralelo, o processo de classificação dentro de cada *software* obedece a regras de programação “fechadas” (devidas pelo próprio *software*) que, por não serem partilhadas, inviabiliza a correta compreensão dos termos. Tornou-se assim necessário desenvolver um formato aberto de dados, não-proprietário, que pudesse assegurar a interoperabilidade entre as diferentes aplicações de *software*, ou seja, a partilha coesa de informação entre linguagens distintas. Nesse sentido, o *Industry Foundation Classes* (IFC), atualmente incorporado na norma ISO 16739:2013 [12], estabelece o formato para troca e partilha de informação no ambiente BIM. A passagem do formato IFC para uma norma internacional confirma a relevância da interoperabilidade na gestão e partilha de informação no setor da Construção, a qual tem sido prioridade para a entidade buildingSMART, outrora *International Alliance for Interoperability*, responsável pelo seu desenvolvimento.

Também relevante, a norma ISO 12006-3:2007 [11] incide sobre a semântica da comunicação ao permitir que sistemas de classificação, modelos de informação, modelos de objetos e modelos de processos possam ser referenciados com base numa estrutura comum. Esta norma dá origem ao *International Framework for Dictionaries* (IFD) que procura funcionar como uma biblioteca onde conceitos e termos semânticos são guardados sob a forma de identificadores únicos globais (GUID - *Globally Unique Identifier*), ou seja, sob um código único composto por 22 caracteres formados a partir de uma base de 64 caracteres diferentes.

Atualmente, esta biblioteca está a ser concentrada numa entidade denominada *buildingSMART Data Dictionaries* (bSDD), parte do organismo buildingSMART, e revela-se uma ferramenta fundamental para a criação das PDT's ao ser capaz de descodificar a informação nela contida. Por fim, associado aos temas de estruturação dos dados e respetiva terminologia, está o processo de comunicação da informação gerada. Através do *Information Delivery Manual* (IDM), normalizado pela ISO 29481 [14] com as respetivas partes, é possível mapear e descrever os processos de informação garantindo compatibilidade com as exigências de cada fase do ciclo de vida da construção. A troca de informação entre os diferentes agentes do setor, nas diferentes fases requeridas, torna-se rastreável durante todo o processo bem como otimizada para o utilizador compreender. Uma vez que um modelo BIM incorpora extensa informação produzida por cada especialidade interveniente, a qual não pode nem deve ser consultada de uma só vez, o IDM estabelece um sistema de filtro de informação, denominado *Model View Definition* (MVD), que deverá ser ajustado ao esquema de informação pretendido, denominado *Exchange Requirements* (ER), de modo a tornar a informação inteligível.

Em termos operacionais, partilhar informação entre agentes e *softwares* distintos tem sido um dos entraves ao setor da Construção que o Comité Europeu de Normalização (CEN) tem procurado solucionar, através da Comissão Técnica (TC) 442, e no qual aplica um enfoque especial [2]. Esta comissão está organizada em quatro Grupos de Trabalho (*Work Groups*), em que o último (WG4), liderado pela Associação Francesa de Normalização (AFNOR), se debruça sobre os Dicionários de Dados (*Data Dictionaries*). Tal enfoque advém de se considerar existir uma maturação esperada, ao nível da modelação geométrica, mas faltar ainda maturação na

partilha de dados (*data sharing*). A maturação geral da informação é vital à correta implementação da interoperabilidade desejada no processo BIM, a qual tem como pilares:

1. Armazenamento e troca de modelos de dados, incluindo a sua implementação em *softwares*, com base em procedimentos normalizados;
2. Entendimento comum na terminologia e estrutura semântica de dados;
3. Definição do conjunto de especificações para troca de informação de forma a alinhar processos entre emissores e recetores de informação.

Para uma interoperabilidade eficiente, a referida Comissão Técnica considera fundamental a inter-relação entre os seguintes conjuntos de normas (*standards*):

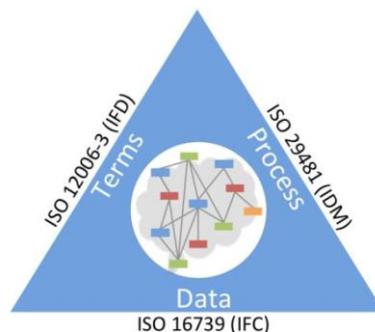


Figura 1: Diagrama de normas consideradas pela BuildingSMART e pelo CEN/TC442. [7]

A problemática da terminologia, ligada à criação de dicionários como o bSDD, é de grande importância pela possibilidade de reduzir, ou até eliminar, as diferenças de compreensão da informação que circula no setor, nomeadamente sobre produtos fornecidos. Na imagem seguinte, apresentada por Surin [16], é exemplificado o problema da terminologia existente no setor da Construção, para a mesma propriedade, manifestado nas variações de conceitos e termos idênticos, não apenas entre idiomas e *softwares* como também ao nível taxonómico.

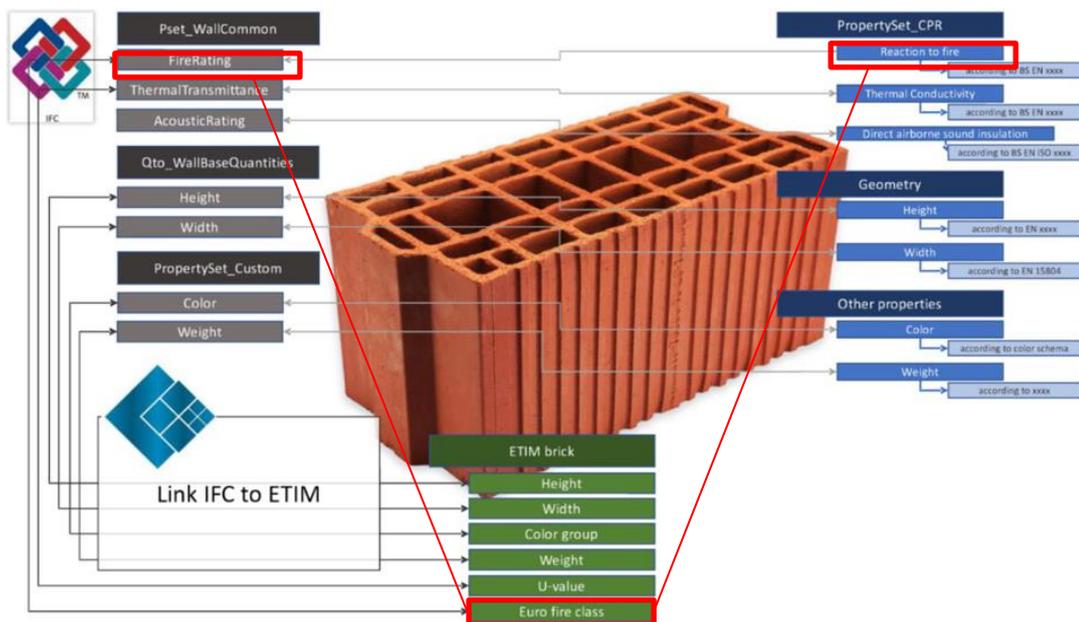


Figura 2: Diferenças de terminologia entre sistemas de classificação e RPC.

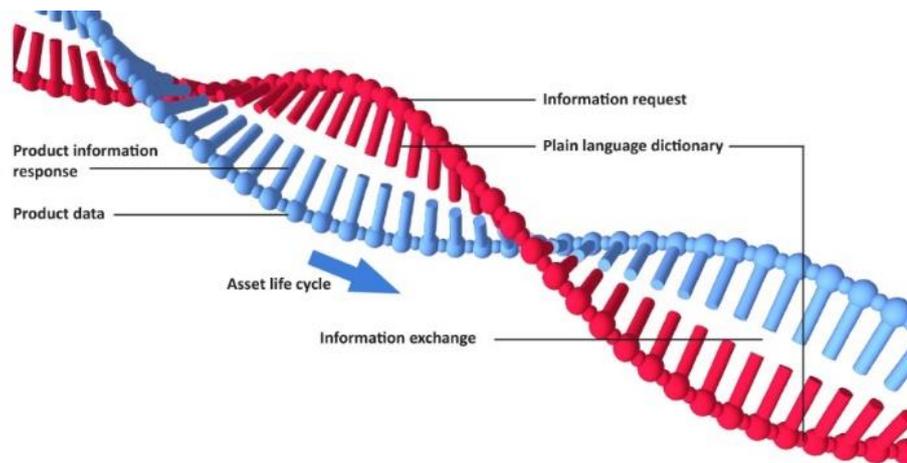
Nesse sentido, a criação de PDTs visa extinguir o problema de compreensão ao ser capaz de comunicar a informação nela contida com base em linguagem simples (*plain language*) e cuja terminologia está associada a um identificador único global (GUID), independente do idioma.

2.3 Product Data Template (PDT)

As PDT, denominadas no presente trabalho como Modelo de Dados de Produto, têm o propósito de assegurar eficiência no fluxo de informação, gerado durante todo o ciclo de vida da construção, através de dados estruturados. O guia de definição de dados de produtos (*Product Data Definitions -PDD*) [10], desenvolvido no Reino Unido, elenca os seguintes objetivos:

1. Providenciar, aos fabricantes, a possibilidade de partilha de informação sobre produtos, com base numa terminologia comum, capaz de garantir o cumprimento das necessidades do utilizador;
2. Permitir que projetistas solicitem ou apresentem informação, num formato consistente, para comparação de produtos equivalentes e que respondam às necessidades de informação requeridas pelo utilizador;
3. Permitir que empreiteiros definam as próprias especificidades de informação a serem requeridas, nomeadamente ao nível de performance, disponibilidade e transporte;
4. Permitir que medidores e orçamentistas obtenham informação para controlo de custos;
5. Permitir que gestores de instalações (*facilities managers*) ou clientes possam receber informação consistente capaz de permitir a gestão de operação & manutenção em consonância com as necessidades especificadas;
6. Permitir que informação hierarquizada (restrita e não-restrita) possa ser solicitada e transmitida com base no modelo definido pelo cliente.

O mesmo guia apresenta uma analogia que, na procura de facilitar a compreensão de tais objetivos, associa a estrutura do ADN, enquanto perfil genético único, à estrutura de propriedades de cada produto.



© Thompson 2016

Figura 3: Analogia do ADN às propriedades guardadas durante a vida útil do produto. [10]

Esta estrutura deverá conter a informação necessária para que dela se retire o conteúdo solicitado pelo requerente (projetista, cliente, construtor ou gestor) em função da fase em que o

processo se encontra (projeto, construção ou operação). Para que a informação esteja estruturada, deverá ser criada uma lista de propriedades cuja base, de momento, é a lista de propriedades definida por cada NEh, em função do produto, especificadas no respetivo anexo ZA, ou seja, os requisitos essenciais. Significa que, aproveitando uma estrutura já regulamentada e em aplicação, outras propriedades poderão ser incluídas (não essenciais), mas a base não poderá ser alterada. Uma vez que as NEh são produzidas para leitura humana, o Comité Europeu de Normalização lançou o desafio de elevar a marcação CE, e respetivos documentos satélite, a formato digital denominado “Smart CE marking”. [11] Desta forma, produzida a informação em linguagem computacional compatível com IFC, as características dos produtos poderão ser incorporadas com maior facilidade nos projetos em BIM.

À semelhança da estrutura de ADN, quando associada a um código de identificação único (GUID), cada propriedade poderá ter diferentes termos em diferentes idiomas que será sempre identificada corretamente. O mesmo guia considera possível que possam ser criadas propriedades adicionais não contempladas na NEh, ou seja, propriedades que respondem às solicitações específicas do requerente. No entanto, para estas propriedades, o GUID será temporário e sujeito a validação por uma entidade acreditada para gestão de Dicionários de Dados. De acordo com Surin, está em preparação um conjunto de *standards* para criação e manutenção de propriedades comuns a Dicionários de Dados e que apoiem a estruturação de uma PDT. Na ausência de legislação, e por ter carácter orientador, o guia PDD não pode ser seguido como instrumento oficial na criação de PDTs. Poder-se-á considerar como uma estruturação inicial que poderá vir a ser alterada quando o CEN/TC442 concluir o trabalho de reflexão em curso. De acordo com a empresa coBuilder [12], a qual acompanha o trabalho desenvolvido pelo CEN, encontram-se em reflexão duas partes de uma futura norma específica de PDT:

Parte 1 – A estrutura geral de uma *Product Data Template* e respetiva relação com o IFC;

Parte 2 – Esquema de estruturação para *Product Data Templates*, baseado na normalização harmonizada para produtos da construção, e respetivo relacionamento com o IFC.

Atualmente, pela reduzida maturidade que a partilha de dados atravessa, o processo de criação de PDT está em fase embrionária e deverá conhecer desenvolvimentos importantes num futuro próximo.

O objetivo final da PDT será constituir-se como base na criação de *Product Data Sheet* (Folha de Dados de Produto), [13] a qual é específica de cada produto e deverá ser comunicada pelo fabricante juntamente com a restante informação técnica. Assim, transitar-se-á do formato PDF para o *Product Data Sheet*.

3. Desafios e Oportunidades

Os desafios e oportunidades na criação de PDT estão intimamente ligados aos desafios e oportunidades inerentes à implementação do BIM enquanto repositório de informação que acompanhará o ciclo de vida das construções. Nesse sentido, num mercado que se pretende global, importa unificar termos, expressões e conceitos para ser possível estabelecer relações coerentes entre dados incorporados no BIM.

A criação de uma biblioteca global de termos e expressões, capaz de criar relações objetivas entre idiomas, assim como conseguir associar um identificador único a cada um daqueles, é fundamental ao desenvolvimento de PDT. Embora seja pouco provável a duplicação de um

GUID, é certo que essa poderá ser uma indesejável possibilidade. Por outro lado, a necessidade de aprovação, para um GUID definido pelo utilizador, poderá tomar demasiado tempo se concentrado numa única entidade gestora da referida biblioteca global. Também a forte relação do tema com a linguagem computacional poderá agravar a dificuldade de compreensão de ideias e conceitos, específicos desse tipo de linguagem.

Por fim, tanto no panorama internacional e nacional, a implementação das PDT poderá levar mais tempo do que o esperado caso dependa, apenas, da vontade dos fabricantes em estruturarem a informação sobre os seus produtos sem qualquer imposição regulamentar.

Embora o estudo do presente trabalho se tenha revelado mais complexo pela necessidade de compreensão da terminologia usada nos diversos documentos consultados, as oportunidades inerentes à implementação das PDT superam os desafios que lhe são colocados.

A forte otimização que se considera possível alcançar em termos de redução de custos, consumos e desperdício gerado podem significar uma melhoria da qualidade ambiental face ao trajeto de sobre-exploração dos recursos disponíveis na Europa.

Do lado do utilizador (cliente) final, o comércio de produtos apoiados em PDT trará um acréscimo de confiança na qualidade do produto, respetiva instalação e manutenção, ao providenciar informação útil e coerente em todas as fases do ciclo de vida da construção.

As associações de fabricantes, ou similares, poderão ter a oportunidade de contribuir para a digitalização dos seus associados ao promoverem uma célere implementação das PDT no mercado nacional, bem como internacional.

A utilização de informação coerentemente identificada permitirá a redução do tempo de projeto, e obra, pelo facto de ser utilizada informação credível, com recurso a linguagem simples, capaz de ser entendida por todos os agentes no setor da Construção.

Os desafios e oportunidades referidos advêm, também, da experiência realizada com um caso prático no desenvolvimento de biblioteca de objetos BIM para um conjunto de cinco sistemas construtivos destinados ao isolamento de construções pelo exterior, à base de argamassas. No total de constituintes dos referidos sistemas, foram identificados catorze produtos cuja documentação *online* para consulta. Por um lado, com base no levantamento realizado, observou-se que o conjunto de produtos deve responder a quatro NEh diferentes com as respetivas características essenciais, já transpostas para Normas Portuguesas. Por outro lado, efetuou-se o levantamento das PDTs e PDSs para produtos equivalentes, já disponíveis na base de dados da *National Building Specification* (NBS), juntamente com a consulta da base de dados disponibilizada pela bSDD. Por último, cruzou-se a informação com os dados que o fabricante dos sistemas considerava relevantes de serem incorporados nos objetos BIM. O caso prático permitiu compreender a problemática relativa à terminologia, pelo uso de documentação em língua inglesa, assim como a reduzida harmonização da informação, estruturada e disponibilizada pelos fabricantes, quer nacionais como internacionais.

4. Conclusões

O presente trabalho permite concluir que o nível internacional de maturidade BIM, já implementado, está em franca progressão no que respeita à modelação, impulsionada pelos esforços normativos, por parte de entidades como ISO e CEN, bem como pela regulamentação de países como o Reino Unido, França ou Noruega. No entanto, o nível de maturidade relativa à informação, a razão principal para a existência do BIM, continua ainda aquém do desejado

no panorama internacional. Em Portugal, por não existir normalização BIM, o nível de maturidade geral é inferior aos países referidos tanto em termos de modelação como de informação. Para além dos desafios inerentes ao processo BIM, concluiu-se que o sector da Construção está em processo de modernização transversal, nomeadamente com a adaptação a uma economia digital, e que a dita modernização do setor é fundamental à correta implementação do referido processo. Importa conduzir os fabricantes a uma maior partilha de informação técnica sobre os produtos comercializados, nomeadamente as Declarações de Desempenho, para ser almejado o objetivo de uniformização da comunicação em Folhas de Dados dos Produtos (*Product Data Sheets*) baseadas na estrutura definida pelos Modelos de Dados de Produtos (*Product Data Templates*). O envolvimento das associações de fabricantes, produtores ou apenas representantes de produtos da construção, através da realização de ações que abordem as vantagens de ser disponibilizada informação estruturada com base em *standards* internacionais, poderá ser a via mais célere para disseminação das PDT. O rápido acesso à informação sobre os produtos comercializados poderá permitir uma melhor instrução e documentação dos projetos com menores erros e omissões, uma gestão financeira mais rigorosa das empreitadas com otimização de tempo e recursos, assim como uma gestão eficiente dos ativos imobiliários através da resposta célere aos problemas operacionais. A interoperabilidade entre os diferentes *softwares* ligados ao ciclo de vida das construções só poderá ser assegurada se, a montante, existir acesso a informação credível que possa ser compreendida, guardada e atualizada durante a vida útil dos ativos. Conclui-se, também, que o acompanhamento dos processos internacionais de implementação BIM, nomeadamente relativos a normalização, poderá ser uma alavanca para a sua consolidação em território nacional. Os desafios superados pelos países que lideram tais processos deverão funcionar como referenciais que minimizem o número de iterações necessárias à correta implementação das PDT e, conseqüentemente, do BIM. Tais desafios apenas serão eficazmente ultrapassados com o envolvimento concertado de todos os agentes do setor da Construção

Por toda esta conjuntura, o atual momento afigura-se como especialmente oportuno para aprofundar conhecimento, corrigir práticas e partilhar informação.

Referências

- [1] CT197.pt, “O CEN/TC442,” [Online]. Available: <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/cen-tc442>. [Acedido em 26 01 2018].
- [2] eur-lex.europa.eu, “Regulamento (UE) n.o 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que revoga a Directiva 89/106/CEE do Conselho Texto relevante para efeitos d,” [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:PT:PDF>. [Acedido em 02 02 2018].
- [3] coBuilder.com, “What is a Product Data Template? - coBuilder,” [Online]. Available: <https://cobuilder.com/what-is-a-product-data-template/>. [Acedido em 12 01 2018].
- [4] F. Barbosa, J. Woetzel, J. Mischke, M. J. Ribeirinho, M. Sridhar, M. Parsons, N. Bertram e S. Brown, “REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTE TO HIGHER PRODUCTIVITY,” McKinsey & Company, McKinsey & Company, 2017.

- [5] C. E. d. N. CEN, “BUSINESS PLAN - CEN/TC 442 BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM),” 2017.
- [6] E. Commission, “Europe's Digital Progress Report 2017 – Integration of Digital Technology,” Comissão Europeia, Bruxelas, 2017.
- [7] N. Davis, “What is the fourth industrial revolution? | World Economic Forum,” [Online]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-is-the-fourth-industrial-revolution/>. [Acedido em 02 02 2018].
- [8] D. S. da Silva, “Preparação de obra apoiada no modelo BIM,” Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015.
- [9] ISO, “ISO 10303-1:1994 - Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 1: Overview and fundamental principles,” International Organization for Standardization, 1994.
- [10] ISO, “ISO 12006-2:2015 - Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification,” International Organization for Standardization, 2015.
- [11] ISO, “ISO 22274:2013 - Systems to manage terminology, knowledge and content — Concept-related aspects for developing and internationalizing classification systems,” International Organization for Standardization, 2013.
- [12] ISO, “ISO 16739:2013 - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries,” International Organization for Standardization, 2013.
- [13] ISO, “ISO 12006-3_2007 - Building construction — Organization of information about construction works — Part 3: Framework for object-oriented information,” International Organization for Standardization, 2007.
- [14] ISO, “ISO 29481-1:2010 - Building information modelling — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format,” International Organization for Standardization, 2010.
- [15] S. Pinho, “O Modelo IFC como Agente de Interoperabilidade - Aplicação ao domínio das estruturas,” Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto, Porto, 2013.
- [16] P. Surin, “CWA Workshop,” Construction Products Europe, 2017.
- [17] S. Thompson, “Product Data Definition - A technical specification for defining and sharing structured digital construction product information,” The BIM Task Group, Reino Unido, 2016.
- [18] C. E. d. N. CEN e C. e. d. n. e. é. e. CENELEC, “Project Plan for the CEN or CENELEC Workshop on Smart CE marking,” 2017.
- [19] L. Fredlund, “BIM Essentials - Fredlund Cobuilder.pdf,” [Online]. Available: <http://www.trevare.no/getfile.php/Filer/Fredlund%20Cobuilder.pdf>. [Acedido em 12 02 2018].
- [20] CIBSE, “CIBSE - Building Information Modelling - BIM,” [Online]. Available: <https://www.cibse.org/knowledge/bim-building-information-modelling/product-data-templates>. [Acedido em 27 12 2017].
- [21] M. Poljanšek, “Building Information Modelling (BIM) standardization,” European Commission, 2017.
- [22] P. J. Leach e R. Salz, “draft-leach-uuids-guids-01,” [Online]. Available: <http://www.opengroup.org/dce/info/draft-leach-uuids-guids-01.txt>.

IMPLEMENTAÇÃO DE PROCESSOS BIM: DESAFIOS NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EM DIFERENTES ENQUADRAMENTOS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

André Monteiro⁽¹⁾, João Lima⁽¹⁾

(1) bimTEC, Porto

Resumo

A implementação de metodologias BIM em equipas de trabalho é um processo estruturante e transformador, desenvolvendo-se geralmente de forma faseada e incremental, com implicações diretas ao nível do fluxo de trabalho e ao nível do produto ou serviço prestado pela equipa. De um modo geral, o salto tecnológico imposto pela alteração de ferramentas e processos de trabalho, aliado à gestão interna de recursos necessária de modo a reduzir o impacto na produção durante a fase de transição constituem os principais desafios a superar na implementação de metodologias BIM. Em função do enquadramento, do perfil e do tipo de projetos característicos de cada equipa ou empresa, surgem depois diferentes desafios de natureza mais específica.

Os desafios de implementação tipicamente associados à fase de projeto relacionam-se sobretudo com os métodos de criação e introdução de informação no modelo, sempre bastante orientados numa perspetiva custo-tempo-benefício. A criação de rotinas de trabalho produtivas para a definição de um elevado nível de pormenorização nos modelos de construção é um dos aspetos mais difíceis de implementar, na medida em que obriga ao desenvolvimento de metodologias complexas de tratamento de dados com uma forte componente colaborativa.

Neste artigo é apresentada uma tipificação dos principais desafios relacionados com a implementação da metodologia BIM em função do perfil da equipa e das respetivas exigências funcionais, para os quais são apresentados alguns princípios operacionais a adotar no sentido de otimizar o processo de implementação.

1. Introdução

A motivação por trás da implementação de métodos e processos BIM numa empresa é geralmente associada, internamente, à vontade de desenvolver tecnologicamente os processos

de trabalho das equipas, e externamente, à necessidade de dar resposta a solicitações específicas do mercado [1].

Um processo de implementação BIM começa com a definição da estratégia de integração da metodologia BIM nos processos de trabalho da empresa. Neste contexto, a caracterização das equipas de produção através da avaliação da maturidade tecnológica, a definição do perfil do cliente e do projeto-tipo, e o levantamento da infraestrutura informática da empresa são aspetos-chave para a definição de uma estratégia de implementação personalizada.

O desenvolvimento de competências por parte da equipa é um fator decisivo para o sucesso da implementação BIM numa empresa. Para aquisição e consolidação de conhecimento por parte das equipas são fundamentais as atividades de formação e desenvolvimento de projetos.

A infraestrutura operativa inclui as ferramentas necessárias à aplicação da metodologia BIM, como os templates e bibliotecas de objetos. Igualmente parte desta infraestrutura é toda a documentação que formaliza os processos BIM através de um conjunto de procedimentos que permitem, por um lado, sistematizar os processos de trabalho, e por outro, estabelecer os princípios de troca de informação entre as entidades envolvidas num projeto [2].

Estes princípios característicos de um processo de implementação são aplicáveis a diferentes realidades, mediante algumas adaptações. Enquanto sistematização dos processos específicos de cada empresa, a implementação operacional apresenta um grau de variabilidade considerável, o que dificulta a tipificação de uma metodologia única e abrangente.

No presente artigo são apresentados princípios que têm por base as impressões recolhidas pelos autores enquanto consultores no exercício da sua atividade em processos de implementação e prestação de serviços BIM. Pretende-se com este estudo direcionar e agilizar os processos de implementação em função das características específicas da realidade de cada empresa e equipa.

2. Desafios associados à implementação operacional

Na bibliografia disponível é possível encontrar um conjunto de desafios de implementação de processos BIM comuns a várias realidades, incluindo, entre outras, nos Estados Unidos [3], no Reino Unido [1], na Finlândia [4], na Suécia [5], na China [6] e na Jordânia [7]. Da análise destes estudos sobressaem os desafios relacionados com a componente humana, onde se incluem aspetos sobre formação, facilidade de aquisição de competências, perfil tecnológico das pessoas, motivação e incentivos à adoção, e os desafios relacionados com a metodologia e a sistematização de processos, sobretudo no que diz respeito a questões de interoperabilidade, comunicação e troca de dados. Várias empresas portuguesas que já deram início à implementação de metodologias BIM nos seus processos internos reportam desafios operacionais semelhantes [8], [9], [10]. Estes princípios verificam-se igualmente nos processos de implementação em que os autores se encontra(ram) envolvidos, incluindo alguns para os quais já foram reportados resultados [11], [12]. A importância da vertente humana e processual nos processos de implementação parece, portanto, ser transversal à generalidade das realidades observadas na Indústria da Construção.

A integração de processos BIM depende da capacidade das equipas em adotar novos processos de trabalho, isto é, absorver a nova forma de trabalhar e aplicá-la no desenvolvimento das suas atividades. Trata-se de um aspeto muito importante na implementação de processos BIM que tende a ser bastante condicionada pelo calendário de trabalho das equipas que têm de conciliar atividades formativas com atividades de produção. O “choque tecnológico” que advém da

transição para processos cada vez mais informatizados e virtuais é também um fator com influência no ritmo de aquisição e consolidação de competências (Eastman, Teicholz, & Liston, 2008). A especialidade do projeto é outro aspeto que influencia a transição de processos de trabalho, com a integração da metodologia BIM na Arquitetura e nas Estruturas a registar-se tipicamente de forma mais direta, na medida em que existe uma maior proximidade entre o nível de desenvolvimento do modelo e dos desenhos nestas especialidades em comparação com o que acontece para as Instalações e Serviços, onde os desenhos recorrem com frequência a representações esquemáticas e/ou unifilares. A metodologia BIM obriga, neste contexto, à antecipação da definição de alguns aspetos do projeto, ou mesmo a um incremento de definição de soluções construtivas do ponto de vista tridimensional, quando tipicamente a definição se restringe a planos gerais (plantas e cortes/alçados).

A especificidade de cada empresa, equipa e projeto/atividade-tipo também influencia consideravelmente a integração da metodologia BIM. Empresas diferentes tendem a ter processos internos e projetos-tipo diferentes, pelo que a aplicação “ponto por ponto” da mesma metodologia de sistematização de processos BIM a diferentes empresas tende a não funcionar. Dada a impossibilidade de adotar uma metodologia universal, torna-se necessário desenvolver uma nova metodologia para cada cenário, ainda que esta possa ser uma adaptação de uma série de princípios transversais a todas as empresas/realidades.

A infraestrutura BIM, isto é, o template, os objetos virtuais, os workflows e as aplicações a utilizar no desenvolvimento dos modelos, deve por natureza ser personalizada à medida das especificações da empresa. Um dos principais desafios associados ao desenvolvimento destes elementos está relacionado com o nível de detalhe a adotar na modelação. Para além de se tratar de um mecanismo de (pre)definição de estilos, o template funciona ainda como uma plataforma a parametrizar onde é possível integrar a informação necessária para correr rotinas de automatização de funções, essenciais à sistematização de processos. Quanto mais parametrizado estiver o template, maior a capacidade de gerir informação e sistematizar processos. Em contrapartida, o grau de complexidade da utilização do template aumenta consideravelmente, sobretudo para utilizadores com pouca experiência, o que pode constituir um entrave à integração da metodologia BIM. Exemplos de parametrização do template incluem a inclusão de diferentes níveis de organização de vistas, a definição de filtros de visualização e a predefinição de tabelas de quantidades e informação organizadas com base num sistema de classificação específico [9].

Este princípio também se aplica à biblioteca de objetos standard do template e à criação de rotinas de modelação e introdução/extração de informação do modelo, sendo em ambos os casos necessário encontrar um equilíbrio entre a parametrização e a facilidade de utilização. Como regra geral, a parametrização excessiva deve ser evitada sempre que a utilização independente por parte de diferentes utilizadores seja comprometida.

3. Tipificação de perfis de implementação

Existe um conjunto de princípios comuns a qualquer processo de implementação de metodologias BIM. Com efeito, é necessário que numa dada equipa BIM existam competências de modelação, gestão de informação e coordenação de modelos, e interação geral com os modelos. Em função das especificidades de cada equipa devem ser desenvolvidas vertentes específicas da metodologia.

As características próprias de cada processo de implementação podem ser organizadas num conjunto de perfis-tipo enquadrados de acordo com a área da empresa onde se pretende implementar a metodologia BIM, o(s) projeto(s)-tipo que representa(m) cerca de 80% dos projetos da empresa e as especificidades típicas da infraestrutura BIM. Na Figura 1 apresenta-se um esquema com os principais perfis de implementação identificados para a realidade portuguesa. Os perfis são descritos nos subcapítulos subsequentes.

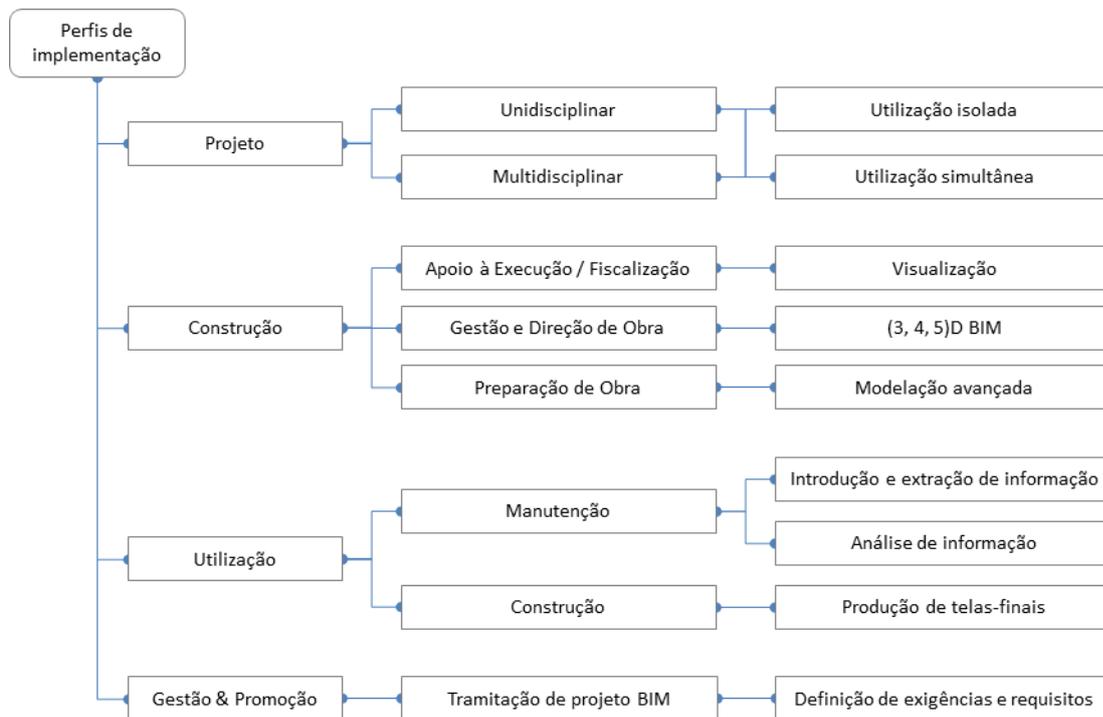


Figura 1: Esquema de tipificação de perfis de implementação em Portugal.

3.1 Equipas de projeto

Numa empresa de projeto cujo principal objetivo seja o desenvolvimento de projetos em BIM, o foco do processo de implementação deve estar na criação de competências de modelação. Para uma equipa de projeto que pretenda apresentar projetos em BIM é fundamental desenvolver autonomia para utilizar o modelo de modo a conseguir representar as soluções concebidas. Esta autonomia deve traduzir-se na capacidade de produzir modelos consistentes e robustos, de extrair desenhos, informação e quantidades do modelo, e de identificar o nível de desenvolvimento necessário para o modelo em função das exigências do projeto.

Os processos de trabalho e coordenação a desenvolver e aplicar internamente dependem da dimensão e do perfil da equipa. Para equipas de projeto enquadradas na mesma especialidade devem ser criadas rotinas de utilização simultânea dos modelos; para equipas de projeto enquadradas em diferentes especialidades devem ser criadas rotinas de partilha dos modelos entre as equipas.

A criação de processos de comunicação com o exterior via modelo é outro dos aspetos importantes na implementação. Os processos traduzem-se na forma de partilhar modelos, de trocar dados através dos modelos e de gerir e controlar os dados transmitidos. Os processos de comunicação com o exterior devem ainda contemplar cenários onde exista um enquadramento

legal que defina critérios de submissão dos modelos, através da sua parametrização e sistematização.

A infraestrutura de trabalho constituída pelo template de estilos, a biblioteca de objetos standard e os workflows é geralmente desenvolvida a partir de uma base standard e transversal, e personalizada com base nas especificidades da equipa.

Empresas que se especializam em tipos de projeto específicos como obras de autor, infraestruturas viárias ou aproveitamentos hidroelétricos necessitam de formalizar processos de modelação que permitam abordar a criação dos respetivos modelos de forma sistemática [9], [15].

Equipas ligadas à arquitetura tendem a privilegiar a sistematização de processos de produção de elementos das peças desenhadas como os mapas de vãos e os mapas de acabamentos; equipas ligadas às estruturas, por outro lado, tendem a focar as dinâmicas de ligação de modelos de cálculo aos modelos geométricos; nas equipas ligadas às instalações especiais, a criação de uma biblioteca de objetos extensa é frequentemente uma das prioridades; equipas que desenvolvem gestão e coordenação de projetos privilegiam a criação de um workflow que defina a classificação e organização da informação dos modelos para que seja possível preparar rotinas de deteção automática de colisões aplicáveis a diferentes projetos sem necessidade de muita parametrização.

3.2 Empresas de construção

A implementação do BIM numa empresa de construção pode ser analisada segundo diferentes enquadramentos. Equipas ligadas à fase de execução e fiscalização da obra tendem a utilizar os modelos para visualização e consulta do projeto. A implementação a este nível não oferece grandes desafios na medida em que se trata de uma utilização limitada dos modelos. Por outro lado, quando o objeto passa pela integração de uma metodologia abrangente de apoio à gestão e direção de obra com base em modelos BIM, torna-se necessário criar processos para ligar as diferentes bases de dados, nomeadamente do modelo de projeto, do planeamento e do orçamento. É igualmente importante desenvolver rotinas de parametrização de modelos para efeitos de animação de processos construtivos e do faseamento das atividades.

É ao nível da preparação de obra que se verifica a maior necessidade de integração estruturada de processos, sendo neste contexto essencial a criação de competências de modelação, na medida em que o objetivo é frequentemente a maximização da pormenorização do modelo para suportar os processos de medição para orçamentação.

A medição com base em modelos requer uma sistematização das ferramentas de quantificação com base em critérios predefinidos, isto é, boas práticas de modelação que ditem os pressupostos a cumprir para que os elementos sejam corretamente medidos e quantificados, e regras de classificação dos elementos para a organização da informação em artigos conforme a norma interna ou externa a cumprir.

3.3 Gestores de operação de edifícios

As exigências de implementação de processos BIM na área da gestão da operação e manutenção de edifícios focam-se sobretudo em duas vertentes: a introdução e extração de informação em modelos, sobretudo através da utilização de interfaces móveis, e a criação de rotinas de análise dos modelos com base em critérios definidos a partir de meta-dados, que nos modelos BIM correspondem às propriedades dos elementos.

É possível definir ainda um terceiro perfil de implementação, verificado com menos frequência, que foca na integração de processos BIM para criação de telas finais do projeto. Na medida em que a generalidade dos projetos ainda não são submetidos em BIM por parte dos projetistas, nem utilizados e atualizados pelas construtoras com o evoluir da obra, a preparação dos modelos BIM para efeito de telas finais enquadra-se geralmente já fora da fase de construção, o que obriga muitas vezes ao levantamento do existente recorrendo a métodos como o Laser Scanning. O desenvolvimento de processos de trabalho com base em nuvens de pontos torna-se por isso muito importante neste enquadramento.

3.4 Donos de obra e promotores

Um processo de implementação BIM em entidades que se posicionem como donos de obra e promotores tende a focar-se na definição de enquadramentos contratuais para desenvolvimento e coordenação de projetos em BIM através da criação de infraestruturas-tipo essenciais, incluindo o workflow geral de criação, gestão e submissão de modelos BIM no decorrer das várias fases do projeto.

Uma infraestrutura de implementação de processos BIM para donos de obra e promotores tipicamente inclui os templates para os Requisitos de Informação do Dono de Obra (EIR, do inglês “*Employer’s Information Requirements*”) a definir para cada projeto e para o Plano de Execução BIM (BEP, do inglês “*BIM Execution Plan*”) a apresentar pelos projetistas e construtoras como proposta às exigências do EIR.

4. Processos direcionados

Considerando os perfis de implementação definidos e confirmando-se os principais desafios identificados para cada um, poderá ser prematuramente idealizado um conjunto de processos direcionados especificamente para os diferentes tipos de enquadramento (ver Figura 2).

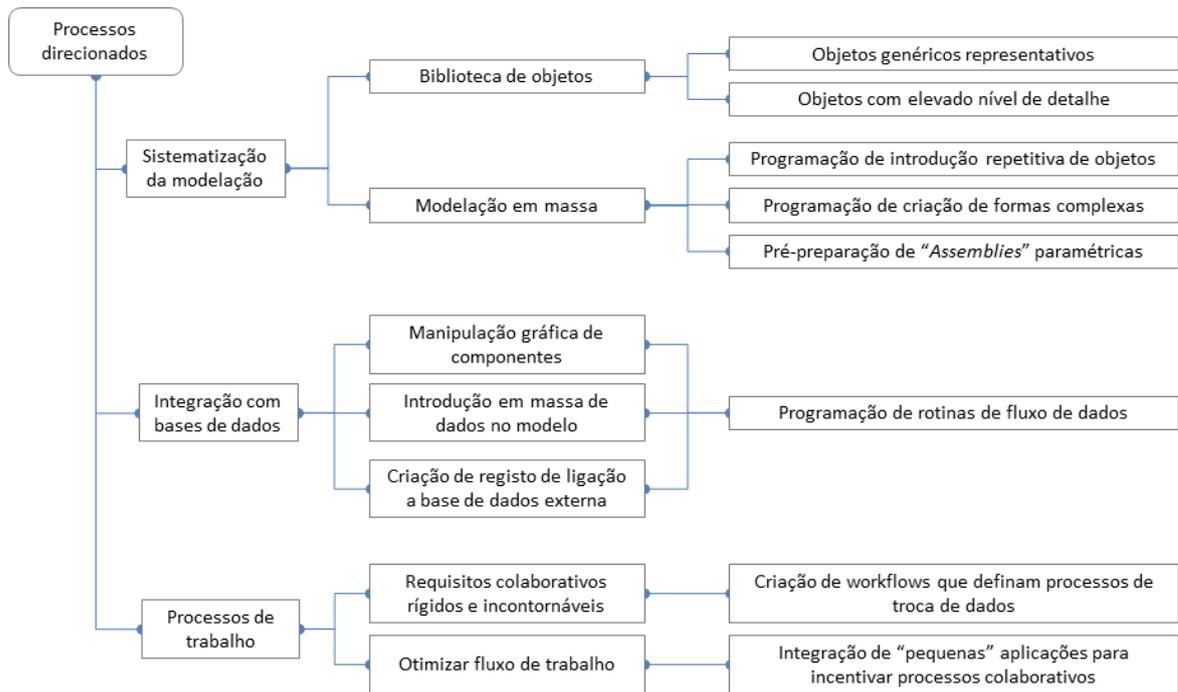


Figura 2: Esquema dos principais processos direcionados a adotar em função dos requisitos de implementação.

A sistematização de processos de modelação poderá desenvolver-se de diferentes formas. Nas situações em que seja necessária uma biblioteca de objetos com elevada variabilidade, é essencial criar um conjunto de objetos que sejam funcionalmente compatíveis com a definição esquemática no projeto, remetendo-se a pormenorização para detalhes 2D. Recorrer a bibliotecas de objetos online é uma alternativa válida, sobretudo porque os objetos tendem a apresentar um rigor cada vez maior relativamente ao detalhe geométrico e à conformidade com as especificações dos fabricantes, no entanto, é indispensável desenvolver rotinas de utilização adequada deste tipo de objetos, na medida em que se tratam geralmente de objetos com parametrização excessiva, o que se reflete negativamente ao nível da utilização e da performance do modelo.

Outro desafio comum nos processos de implementação passa pela criação de rotinas de “modelação em massa”, isto é, automatizar a forma como os elementos são criados. Este tipo de automatismo pode ser conseguido recorrendo à programação ou à pré-preparação. A programação pode ser utilizada quando a modelação for facilmente parametrizável. A criação de pavimentos com base no perímetro definido pelas áreas dos compartimentos, a introdução de pilares com base na interseção entre eixos, o traçado de elementos de rede com base em linhas ou a modelação de geometrias complexas com base em formulação normalizada são exemplos de automatismos de modelação (ver Figura 3).

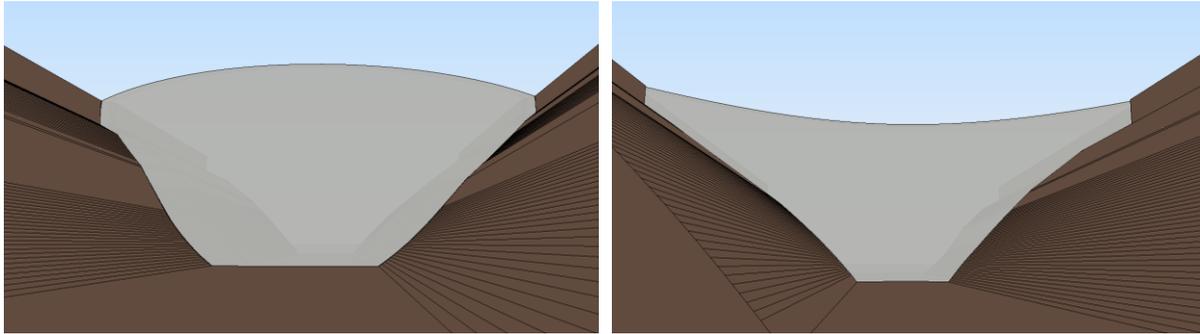


Figura 3: Exemplo da geração automática dos arcos da abóbada com dupla curvatura de uma barragem com base em rotina de programação visual.

Nas situações em que não é possível parametrizar a modelação, é possível recorrer-se a grupos de objetos pré-modelados (frequentemente denominados de “Assemblies”) a introduzir no projeto. Exemplos de *Assemblies* incluem uma casa de banho pré-montada, uma sapata já com armaduras ou uma ligação sifonada já com a tubagem adjacente.

A interação de modelos BIM com bases de dados externas é de grande utilidade em diferentes contextos mas sobretudo em termos de introdução de informação no modelo. Trata-se de um processo que implica, por um lado, a preparação dos modelos através de uma parametrização que seja compatível com a rotina de interação com a base de dados, e por outro, a criação de um workflow que formalize todo o processo, que habitualmente não é totalmente automático e linear. Exemplos de aplicações destes processos incluem a modelação tridimensional do terreno com base no levantamento topográfico, por oposição à tradicional utilização de superfícies; a integração de especificações de janelas e portas para produção sistemática de mapas de vãos com um aspeto compatível com a representação em projetos de arquitetura correntes (ver Figura 4); a integração de resultados da análise estrutural diretamente nos elementos do modelo; a introdução das características técnicas nos equipamentos para consulta em fase de operação do edifício.

CLASSIFICAÇÃO	Ve1_E	Ve2_E	VICF1	Ve3_E	VICF2
TIPO DE VÃO					
LOCALIZAÇÃO	hall de entrada	montra loja A	piso 0 (escadas)	entrada loja A	piso -3 e 0 (escadas, arrecadações)
QUANTIDADE	alumínio "SAPA" série "Performance 70 FF Basic"	alumínio "SAPA" série "Performance 70 FF Basic"	PORTA CORTA FOGO DE 45 MINUTOS	alumínio "SAPA" série "Performance 70 FF Basic"	PORTA CORTA FOGO DE 30 MINUTOS
MATERIAL	vidro duplo SIGG CLIMAPLUS, vidro exterior laminado SIGG STADIP PROTECT 4 4/2 CX 12 vidro interior temperado SIGG PLANTHERM ULTRA II 6mm	vidro duplo SIGG CLIMAPLUS, vidro exterior laminado SIGG STADIP PROTECT 4 4/2 CX 12 vidro interior temperado SIGG PLANTHERM ULTRA II 6mm	-	vidro duplo SIGG CLIMAPLUS, vidro exterior laminado SIGG STADIP PROTECT 4 4/2 CX 12 vidro interior temperado SIGG PLANTHERM ULTRA II 6mm	-
VIDROS	Aço fixo e Aço móvel ferrolaçado a cor cinza	Aço fixo e Aço móvel ferrolaçado a cor cinza	CHAPA GALVANIZADA 0,8 mm DE ESP. PRE-LACADA A COR BRANCO	Aço fixo e Aço móvel ferrolaçado a cor cinza	CHAPA GALVANIZADA 0,8 mm DE ESP. PRE-LACADA A COR BRANCO
ACABAMENTO	-	-	-	-	-
VEDAÇÃO DE LUZ	Pedra Lioz existente	Pedra Lioz existente	-	Pedra Lioz existente	-
VERGAS	-	-	CHAPA AÇO GALVANIZADA COM 1,5mm DE ESPESSURA PINTURA COR BRANCO	-	-
CMBEIRAS	Pedra Lioz existente	Pedra Lioz igual à existente	-	Pedra Lioz igual à existente	-
SOLERAS OU PEITORIS	De acordo com o fabricante com moia de testa	De acordo com o fabricante	2 POR FOLHA EM AÇO EXTRA FORTE	De acordo com o fabricante com moia de testa	2 POR FOLHA EM AÇO EXTRA FORTE
DOBRAÇURAS	Tímico Eléctrico de acordo com o fabricante	De acordo com o fabricante	A DEFINIR PELO FABRICANTE	Tímico Eléctrico de acordo com o fabricante	A DEFINIR PELO FABRICANTE
FECHADURAS	De acordo com o fabricante	De acordo com o fabricante	BARRA ANTI-FRANCO NO SENTIDO DA FUGA E MULETA EM AÇO INOX NO LADO OPOSTO	De acordo com o fabricante	MULETAS EM AÇO INOX EM AMBOS OS LADOS
PUXADORES	Incluir Tapete de entrada, ver Des. Hall Entrada	-	-	No topo incluir a grelha OR1, ver Alçado Principal	-
O.B.S.	O.B.S.	O.B.S.	O.B.S.	O.B.S.	O.B.S.

Figura 4: Exemplo de mapa de vãos preenchido automaticamente a partir de base de dados.

A sistematização da coordenação de processos de modelação e gestão de informação assenta maioritariamente na aplicação de processos de trabalho formalizados. Ao nível da infraestrutura podem ser integradas ferramentas com menos expressão no processo global mas que são suficientes para estimular uma certa aplicação dos princípios definidos nestes workflows. A utilização de plataformas colaborativas para partilha e submissão formal de modelos é um exemplo. A criação de uma estrutura de pastas predefinida a utilizar na área de trabalho partilhada entre os vários utilizadores para cada projeto (ver Figura 5) é outro exemplo, verificando-se frequentemente como uma forma não-intrusiva e eficaz de introduzir critério na partilha e coordenação dos modelos [5].

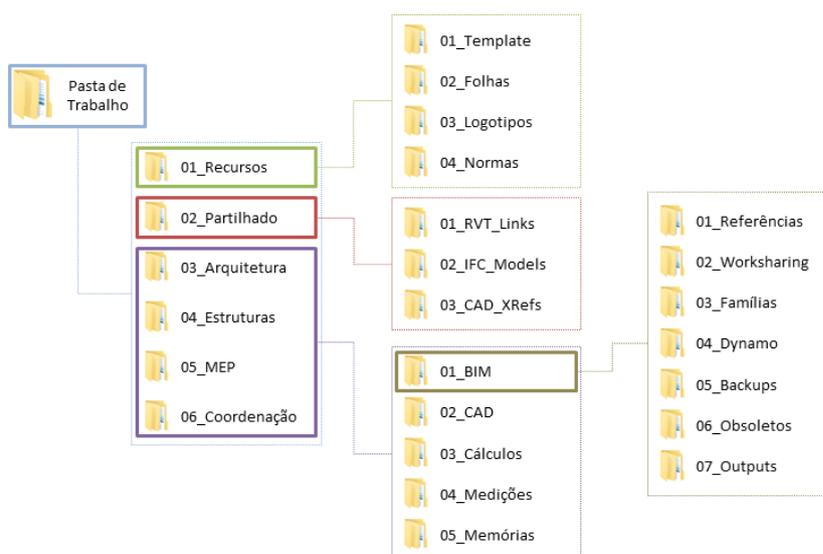


Figura 5: Exemplo de estrutura de pastas a implementar.

5. Conclusões

Existe um denominador comum nos processos de implementação de metodologias BIM em empresas da indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação, no entanto, esta base apenas é válida num enquadramento de alto nível. As especificidades das diferentes áreas da indústria dão origem a um conjunto de desafios de implementação que apenas podem ser resolvidos caso a caso.

A tipificação dos desafios encontrados em diferentes contextos da implementação de metodologias BIM pode ser resumida em vários perfis de implementação-tipo de modo a ser possível antecipar quais as principais vertentes a focar em diferentes áreas.

Decorrente da análise dos perfis de implementação é possível aplicar um conjunto de processos de implementação direcionados à resolução dos principais problemas de modelação, coordenação e gestão da informação dos modelos BIM.

Referências

- [1] NBS, “National BIM Report 2017,” NBS, Newcastle, United Kingdom, 2017.
- [2] B. Succar e M. Kassem, “Macro-BIM adoption: Conceptual structures,” *Automation in Construction*, vol. 57, pp. 64-79, 2015.

- [3] A. Criminale e S. Langar, “Challenges with BIM Implementation: A Review of Literature,” em 53rd ASC Annual International Conference, Hattiesburg, Mississippi, 2017.
- [4] R. Tulenheimo, “Challenges of implementing new technologies in the world of BIM – Case study from construction engineering industry in Finland,” em 8th Nordic Conference on Construction Economics and Organization, Tampere, Finland, 2015.
- [5] S. Vass e T. K. Gustavsson, “Challenges when implementing BIM for industry,” Construction Management and Economics, 2017.
- [6] Dodge Data & Analytics, “SmartMarket Report - The Business Value of BIM in China,” Dodge Data & Analytics, USA, 2015.
- [7] A. A.-B. Mohammed e A. Tarmizi Haron, “Barriers and challenges of Building Information Modelling implementation in Jordanian construction industry,” Global Journal of Engineering Science and Research Management, pp. 9-20, 2017.
- [8] A. Marques, M. Azenha e A. Ferreira, “BIM no projeto de estruturas de obras hidroelétricas,” em 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Guimarães, 2016.
- [9] P. Serra, C. Canelhas, A. Raposo e J. Cidades, “Implementação do conceito BIM na COBA,” em 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Guimarães, 2016.
- [10] A. Silva, D. Drumond e J. Oliveira, “BIM A400: Implementação, Resiliência, Rentabilidade,” em 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Guimarães, 2016.
- [11] A. Monteiro, J. Lima, S. Henriques, L. Rodrigues e L. Ribeirinho, “Implementação BIM numa empresa de estudos e projetos de Engenharia (CENOR),” em 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Guimarães, 2016.
- [12] M. Pires e A. Monteiro, “Implementação BIM na CASAIS S.A.,” em 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Guimarães, 2016.
- [13] C. M. Eastman, P. Teicholz e K. Liston, BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, Hoboken, N.J.: Wiley, 2008.
- [14] NATSPEC, “NATSPEC BIM Management Plan Template,” 2018. [Online]. Available: <http://bim.natspec.org/documents/bim-management-plan-template>. [Acedido em 01 02 2018].
- [15] A. Ferreira, A. Marques e C. Lima, “Implementação da metodologia BIM na direção de engenharia de barragens da EDP produção – caso de estudo do projeto de estruturas da central e circuito hidráulico do A.H. de Fridão,” em 1º Congresso Português de Building Information Modelling, Universidade do Minho, Guimarães, 2016.
- [16] AEC (UK) CAD & BIM Standards, “AEC (UK) BIM Protocol,” 2012. [Online]. Available: <https://aecuk.wordpress.com/>. [Acedido em 01 02 2018].
- [17] R. Klaschka, BIM in Smal Practices, Illustrated Case Studies, Newcastle, United Kingdom: NBS, 2014.
- [18] D. Holzer, The BIM Manager's Handbook, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2015.
- [19] B. Hardin, BIM and Construction Management, Indiana, USA: Wiley, 2009.

O USO DE BIM EM ESCRITÓRIOS CONTEMPORÂNEOS: ESTUDO DE CASO COM JOVENS ARQUITETOS BRASILEIROS

Carlo Manica⁽¹⁾, Gabriela Bertoli⁽¹⁾, Gisele Pinna Braga⁽²⁾, Monika Maria Stumpp⁽¹⁾

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

(2) Universidade Estácio de Sá, Curitiba

Resumo

A tecnologia BIM começou a ser introduzida, nos escritórios de arquitetura brasileiros, no começo dos anos 2000. A transição dos sistemas CAD para a plataforma BIM ainda enfrenta dificuldades e resistências, visto que sua plena utilização requer também da reestruturação dos processos de projeto. Sendo a plataforma BIM é utilizada por escritórios de arquitetura brasileiros, como avaliar o conhecimento dos atores sobre o conceito de BIM, seu uso e potencial? Este artigo apresenta uma pesquisa que investigou o uso da plataforma BIM em escritórios integrantes de um grupo representativo da nova geração da arquitetura brasileira. Descreve os procedimentos adotados, que incluem entrevistas e análises e expõe os resultados, contribuindo para o entendimento sobre o que os escritórios brasileiros contemporâneos dizem a respeito do uso do BIM.

1. Introdução

A tecnologia BIM começou a ser introduzida, nos escritórios de arquitetura brasileiros, no começo dos anos 2000. A transição dos sistemas CAD para a plataforma BIM ainda enfrenta dificuldades e resistências, pois sua plena utilização requer também da reestruturação dos processos de projeto. Para agilizar a implantação desta tecnologia em grande escala no país, torna-se necessário adaptá-la ao processo brasileiro [1]. Barison e Santos [2] atentam para a necessidade de adequação dos processos americanos de trabalho com BIM e apresentam um modelo de fluxo de gestão de projeto adaptado para a realidade brasileira.

Apesar de os processos com BIM, cada vez mais, estarem presentes e serem utilizados no campo das engenharias, que lida diretamente com a construtibilidade da edificação, ainda não há consenso, nos escritórios de arquitetura, quanto ao porte ou tipo de projeto para o qual esta metodologia de trabalho vale a pena, considerando todo o processo projetual. Por não fazer parte do currículo da graduação da grande maioria dos cursos de arquitetura do país, o

entendimento do BIM como processo, dentre os arquitetos, confunde-se, muitas vezes, com o do *software* que viabiliza o trabalho com esta metodologia. Isto dificulta até mesmo interpretar o que os arquitetos de fato explicitam ao dizerem que utilizam BIM.

A partir destas considerações, surgem algumas questões: A plataforma BIM vem sendo utilizada pelos escritórios de arquitetura brasileiros? Qual o grau de conhecimento dos escritórios quanto ao potencial do BIM e sua utilização? Instigado por tais questionamentos, é apresentado o presente artigo, que integra uma pesquisa em andamento a qual tem como objeto de estudo os trabalhos divulgados por escritórios de arquitetura. O objetivo principal da pesquisa visa construir, por amostragem, um quadro que reflita as práticas contemporâneas de projeto em escritórios de arquitetura no Brasil.

A escolha dos escritórios estudados na pesquisa considera uma lista de jovens escritórios ou arquitetos com destaque na produção contemporânea brasileira. Cinco renomados professores e críticos de arquitetura – Carlos Eduardo Comas (UFRGS), Cláudia Estrela (UnB), Fernando Lara (UFPB), Mônica Junqueira de Camargo (USP) e Roberto Segre (UFRJ e MACKENZIE) – elegeram, no ano de 2010, 25 jovens arquitetos ou escritórios (abaixo de 40 anos) como participantes da nova geração da arquitetura brasileira (Revista AU, 2010). A publicação destaca que a “ideia dessa seleção tem bases sólidas: encontrar jovens profissionais com uma produção atual de destaque, que aponte para um crescimento nas próximas décadas” [3].

A análise da produção destes arquitetos permite estabelecer um posicionamento crítico sobre a atual produção brasileira, inclusive, questionando a própria seleção indicada, a qual potencialmente passa a ter influência sobre as gerações futuras. O material produzido através da análise do trabalho dos escritórios estudados tem apoiado o desenvolvimento de artigos publicados sistematicamente, desde 2015, em anais de eventos científicos e em periódicos nacionais e internacionais, estando disponibilizados no *site* da pesquisa (<https://www.ufrgs.br/representacaograficaarq/artigos/>).

Como parte desta pesquisa, o presente estudo analisa a utilização da plataforma BIM em uma amostra de nove escritórios desse grupo. O objetivo principal é identificar o que os escritórios brasileiros contemporâneos dizem sobre como utilizam a plataforma BIM.

2. O BIM e o processo de projeto em arquitetura

De acordo com Andrade e Ruschel [4], uma prática baseada em BIM pode ter um papel decisivo na melhoria das fases do projeto, auxiliando na geração de propostas coerentes com as solicitações dos clientes, na integração dos projetos entre si e com a construção, na redução do tempo e do custo da construção. Ou seja, o BIM é um processo colaborativo em que todos os envolvidos trabalham no desenvolvimento de um único modelo. Ele abrange o aspecto relacionado à produção do modelo, que contém todas as informações paramétricas do produto arquitetônico; a possibilidade de todos os envolvidos no projeto terem acesso e trabalharem com as mesmas informações; o acompanhamento e a avaliação do projeto em todo o seu ciclo de vida. A tecnologia viabiliza trabalhar no projeto considerando toda a amplitude de áreas que o circundam.

Desenvolver o projeto em BIM significa ter um modelo rico em informações, que podem ser processadas e utilizadas por diversos sistemas de auditoria e gerenciamento, como a verificação de interferências entre os elementos da construção (*clash detection*), mecanismos de análises térmicas, *softwares* de estimativa de custos, dentre outros.

A partir de 1995 com a experiência do governo de Singapura, as ferramentas proporcionadas pelo BIM alavancaram o desenvolvimento de soluções de verificação de conformidade do modelo a regras. Tal possibilidade permitiu iniciativas de licenciamento automático de projetos em diversas partes do mundo. [5]

Por ampliar e modificar os processos de gestão do projeto, o uso desta tecnologia modifica o próprio processo. O sistema possibilita, ao final, menos erros, maior integração, menos retrabalho e mais planejamento, sendo necessário, entretanto, maior tempo para simular a realidade e calcular custos e prazos. As decisões são antecipadas e há maior carga de trabalho no anteprojeto, o que difere dos processos convencionais, com maior carga de trabalho na etapa de execução. Um dos impactos no processo de projeto é que algumas decisões técnicas precisam ser tomadas em etapas anteriores ao usual. [6]

3. A plataforma BIM nos escritórios de arquitetura brasileiros

Segundo Menezes [7], o BIM começou a ser introduzido no Brasil por volta do ano 2000. A transição para o BIM é um processo lento, que enfrenta diversas dificuldades como o alto custo do treinamento de pessoal, dos computadores e da própria ferramenta. A falta da cultura do trabalho em equipe dificulta que as pessoas se valham da interoperabilidade do sistema. Apesar do alto custo de sua utilização, ele gera retorno positivo do investimento, além de diminuir o retrabalho e os erros de projeto. “Hoje, todavia, apesar das naturais dificuldades de implantação, essa plataforma já começou a ser adotada por vários profissionais das áreas de orçamentos, arquitetura, estruturas, instalações prediais e de vedação”. [8]

Conforme Garbini e Brandão [9], quando se relaciona o Brasil a países desenvolvidos, ele revela um atraso de 15 anos quanto a conhecimento sobre tecnologia, capacitação de profissionais, esforços para implantação.

No Brasil, acontecem movimentos de implementação do BIM em órgãos públicos, a exemplo do cadastro e gestão do patrimônio, construído pelo exército, em Curitiba, e da iniciativa do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat de criar um portal brasileiro sobre o BIM. A obrigatoriedade de projetos em BIM, em algumas licitações públicas – como em 2011 para a elaboração do projeto executivo e construção da Unidade Operacional da Bacia de Santos da Petrobrás –, colocou em outro patamar a necessidade do uso desta plataforma pelos escritórios de arquitetura.

Os debates sobre o estabelecimento de metas para que prefeituras recebam projetos essencialmente em BIM, a fim de agilizar os processos de aprovação, indicam que, definitivamente, ele precisará ser adotado por escritórios de arquitetura de todos os portes, em um futuro próximo. Contudo, embora o mercado tenda a implementar efetivamente sistemas BIM, há muito ainda a ser feito para que os cursos de arquitetura acompanhem esta mudança.

Segundo Barison e Santos [10] [11] desde 2003, o ensino de BIM começou a ser inserido internacionalmente nos cursos de arquitetura e construção. Com um mercado cada vez mais exigente, essa prática vem se intensificando. Em consequência da ampliação das discussões sobre esta plataforma, no cenário brasileiro, surgiram diversas pesquisas abordando sua inserção no currículo das universidades. Algumas universidades vêm introduzindo esta plataforma em cursos de Engenharia Civil e Arquitetura. Relatos sobre tais experiências de ensino nas instituições brasileiras podem ser encontrados em Andrade [12], Florio [8]; Ruschel

et al; [13] [01], Ruschel e Guimarães Filho [14], Vincent [15], Nome e Queiroz [16] e Barison e Santos [10].

Através destes estudos, os autores identificaram que o ensino de BIM ocorre em disciplinas isoladas, sem integrar disciplinas de projeto ao uso da plataforma. Essa integração ocorre ainda de forma superficial, dando ênfase à modelagem paramétrica e à representação do projeto arquitetônico. No entanto, algumas experiências exploraram um pouco mais a capacidade do BIM, por meio de recursos para obter análises de custos.

As universidades deixam de ensinar que o BIM não é uma simples forma de representação gráfica, mas uma ferramenta paramétrica que pode auxiliar em todas as etapas da edificação, desde o projeto até a manutenção. Evidencia-se resistência à transição para o ensino do BIM, devido ao custo ou à falta de profissionais capacitados. A restrição, nas escolas de arquitetura, à formação capacitada, torna-se um dos entraves que dificultam a plena incorporação das potencialidades do BIM no projeto da edificação, configurando um ciclo vicioso. O presente estudo visa contribuir para a compreensão da atual situação do uso do BIM nos escritórios da nova geração de profissionais.

4. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica, documental e de análise.

4.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica abordou conceitos que envolvem a prática projetual com o uso de BIM; considerou estudos sobre sua implantação, em escritórios de arquitetura do Brasil [17] [11] [6] [18]; identificou agentes de transformação de demanda para a implementação do BIM em escritórios brasileiros; verificou se as escolas de arquitetura refletem, em sua abordagem de ensino, as mudanças identificadas na prática de projeto de arquitetura.

4.2 Pesquisa documental

O levantamento de dados consistiu na coleta de informações junto àqueles escritórios eleitos como objeto de estudo, sendo realizado por meio de um questionário. A formulação das questões baseou-se em estudos semelhantes desenvolvidos no contexto nacional e em observações de usuários e profissionais da área. As perguntas foram separadas em três partes: a primeira verificou o grau de conhecimento e a utilização da plataforma BIM; a segunda tratou dos sistemas operacionais; a terceira abordou as ferramentas utilizadas em cada etapa de projeto.

4.3 Análise dos dados levantados

Visto que o tamanho da amostra não permite análises estatísticas precisas, optou-se por aprofundar qualitativamente a compreensão da atividade dos escritórios.

Foi realizada a análise tanto dos dados advindos do material apresentado no *website* de cada escritório como dos obtidos através do questionário, a fim de identificar o porte do escritório; o perfil do respondente; o grau de conhecimento e de utilização da plataforma BIM; a frequência de uso; o modo de uso nas diferentes etapas de projeto; a caracterização dos projetos com o uso de BIM; as plataformas utilizadas; os sistemas operacionais e os *softwares* incluídos nas diversas etapas; o uso de simuladores ambientais.

5. Resultados e análise

A pesquisa contemplou todos os escritórios ainda existentes (23), da lista inicial: Arquitetos Associados, AUM, BCMF, Bernardes, Carla Juaçaba, DDG, Estudio América, Grupo SP, Jacobsen, Mairenes + Patalano, Mapa, Metro, MGS, Nitsche, O Norte, RUA Arquitetos, SIAA, SPBR, Tacao, Triptyque, Una Arquitetos, Yuri Vital e Zanelato. Deste total, nove escritórios responderam ao questionário, representando quase 40% do universo: AUM, BCMF, GrupoSP, Metro, SPBR, Nitsche, O Norte, Estudio América e MGS. Estes se situam em quatro cidades brasileiras (São Paulo, Brasília, Belo Horizonte e Recife).

Foi realizada a análise tanto dos dados advindos do material apresentado no *website* de cada escritório quanto dos dados obtidos através do questionário, a fim de identificar o porte do escritório. Os dados analisados seguiram os seguintes questionamentos: a) perfil do respondente; b) grau de conhecimento e de utilização da plataforma BIM; c) frequência de uso; modo de uso nas diferentes etapas de projeto; d) caracterização dos projetos com o uso de BIM; e) plataformas utilizadas; f) sistemas operacionais e *softwares* incluídos nas diversas etapas; g) uso de simuladores ambientais. O quadro 1 sumariza os resultados dos questionários aplicados.

	AUM	BCMF	Grupo SP	Metro	SPBR	Nitsche	O Norte	Estúdio América	MGS
Cargo no escritório	Arquiteto	Arquiteto	Arquiteto	Arquiteto	Arquiteto	Arquiteto	Arquiteto	Colaborador	Arquiteto
Você sabe definir o que é a plataforma BIM?	1	1	1	1	1	2	2	1	1
O seu escritório utiliza o BIM?	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não
Com que frequência o BIM é utilizado nos estudos preliminares?	Diariamente	Diariamente	Nunca	Uma vez por mês	Nunca	Nunca	Uma vez por mês	Nunca	Nunca
Com que frequência o BIM é utilizado no anteprojeto?	Diariamente	Diariamente	Nunca	Uma vez por mês	Nunca	Nunca	Uma vez por mês	Nunca	Nunca
Com que frequência o BIM é utilizado no projeto executivo?	Diariamente	Diariamente	Nunca	Uma vez por mês	Nunca	Nunca	Nunca	Nunca	Nunca
Em quais tipos de projeto o BIM é utilizado?	PA	PA, PC, PI	N	PA, PU, PP	N	PC	PA	N	N
Para quais portes de projeto o	Pequeno Médio Grande	Pequeno Médio Grande	Nenhum	Grande	Nenhum	Nenhum	Pequeno Médio	Nenhum	Nenhum

BIM é utilizado?									
Qual programa do BIM é utilizado?	Archicad	Revit	Nenhum	Revit	Nenhum	Nenhum	Revit	Nenhum	Nenhum
Qual o cargo do operador do BIM?	Arquiteto Estagiário	Arquiteto Estagiário	Nenhum	Arquiteto Estagiário	Nenhum	Nenhum	Arquiteto	Nenhum	Nenhum
Qual o sistema operacional utilizado?	Windows	Windows	Windows	Windows MAC	Windows	Windows	Windows	Windows	Windows
Quais as ferramentas utilizadas nos estudos preliminares?	Desenho à mão 3DS max Archicad	Desenho à mão Revit 3DS max	Desenho à mão	Desenho à mão 3DS max AutoCAD Sketchup	Desenho à mão AutoCAD Sketchup	Desenho à mão AutoCAD Sketchup V-Ray	Desenho à mão 3DS max AutoCAD	Desenho à mão Sketchup AutoCAD	Desenho à mão, AutoCAD Sketchup
Quais as ferramentas utilizadas no anteprojeto?	Archicad 3DS max	Revit AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD 3DS max Sketchup	AutoCAD Sketchup	AutoCAD Sketchup, V-Ray	AutoCAD	AutoCAD Sketchup	AutoCAD
Quais simuladores ambientais são usados para testar a viabilidade?	Autodesk Ecotec Archicad	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Quais as ferramentas utilizadas no projeto executivo?	Archicad	Revit AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD Revit	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD	AutoCAD
Quais as ferramentas utilizadas para montagem das pranchas?	InDesign Illustrator Archicad	InDesign Illustrator	InDesign	InDesign, Illustrator AutoCAD	AutoCAD	InDesign	Illustrator InDesign AutoCAD	InDesign Photoshop	AutoCAD InDesign
	Legenda definição da plataforma:			1 – Completamente			2- Parcialmente		
	Legenda tipo de projeto:			PA- Projeto de Arquitetura PU- Projeto de Urbanismo PP- Projeto de Paisagismo			PC- Projetos Complementares PI- Projeto de interiores N- Nenhum		

Quadro 1: Perguntas e respostas do questionário

Com as respostas obtidas, foram elaborados gráficos para apoiar a análise dos resultados (Figura 1). Pretende-se, através de tais resultados, auxiliar no entendimento de como a tecnologia BIM está sendo implantada nos escritórios, em que medida os escritórios apropriam-se de suas funções e, se sua implantação interfere no processo de projeto.

Observa-se que, apesar de a tecnologia BIM não ser utilizada por todos os respondentes, a maioria sabe definir completamente seu significado, o que demonstra a confiança no conhecimento dos aspectos conceituais que envolvem o BIM.



Figura 1: Exemplo de gráficos gerado pelas respostas do questionário

O perfil dos respondentes foi traçado para melhor entender a relevância do estudo dos casos no contexto do país e também para compreender relações como o porte do escritório e o uso do BIM, a cidade ou o ano fundação. O quadro 2 apresenta os dados correspondentes ao perfil dos respondentes.

	AUM	BCMF	Grupo SP	Metro	SPBR	Nitsche	O Norte	Estúdio América	MGS
Ano fundação	2003	2001	2004	2000	2003	2003	1998	2007	2004
Cidade sede	São Paulo	Belo Horizonte	São Paulo	São Paulo	São Paulo	São Paulo	Recife	São Paulo	Brasília
Nº sócios fundadores	3	3	2	2	1	4	3	2	3
Nº pessoas na equipe	7	10	7	8	5	4	3	2	3
Nº projetos	71	59	45	47	45	72	36	31	8
Tipo de projeto	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 4, 8, 9, 10, 11	2, 3, 6, 7, 12	2, 3, 7, 12, 6, 14	2, 6, 7	1, 2, 13, 15, 16	9, 16, 17, 18, 19	2, 3, 6, 7, 12, 19	2, 3, 13
Tamanho escritório	Médio (5-9)	Grande (10-+)	Médio (5-9)	Médio (5-9)	Pequeno (1-4)	Pequeno (1-4)	Pequeno (1-4)	Pequeno (1-4)	Pequeno (1-4)
Atuação	N	R - SE	N	I	I	I	I	I	R- SE,DF
Premiação	14	6	33	5	21	12	7	4	2
	Legenda tipos de projeto:		1- Comercial 2- Residencial 3- Cultural 4- Industrial 5- Corporativa 6- Serviços 7- Infraestrutura 8- Esportiva 9- Urbanismo 10- Interiores		11- Uso misto 12- Educacional 13- Institucional 14- Mobiliário 15- Comunicação visual 16- Arte 17- Design 18- Arquitetura 19 - Pública				
	Legenda atuação:		I- Internacional N- Nacional R- Regional		SE- Sudeste DF- Distrito Federal				

Quadro 2: Perfil do respondente

No que diz respeito ao porte dos escritórios, observa-se que mais da metade dos analisados possui atuação internacional, evidenciando sua importância no cenário contemporâneo. A comparação entre o grupo de respondentes e de não respondentes evidencia características distintas. O grupo de escritórios respondentes tem, em média, 47,6 projetos nos *websites*, com mediana de 46. Tal proximidade dos valores indica uma distribuição mais uniforme. O grupo de escritórios não respondentes tem 42 projetos, em média, em seus *websites*, mas com valor de mediana 31. Tal dado mostra a prevalência de valores bem abaixo da média e mediana geral (44), indicando a maior concentração de projetos apresentados. Ao se considerar a possível relação entre o tamanho do escritório e o número de projetos apresentados, conclui-se que os escritórios respondentes são, em média, maiores que os não respondentes, ainda que um dos não respondentes destaque-se, na lista, por apresentar quantidade significativamente maior de projetos.



Figura 2: Número de projetos apresentados nos websites dos respondentes e não respondentes

Todos os escritórios que possuem prevalência de projetos comerciais responderam ao questionário (O Norte, AUM Arquitetos e BCMF). Entre aqueles cuja prevalência é de projetos residenciais, apenas 23% responderam. Tal fato pode abrir caminho para investigações sobre se há relação entre a predominância de uso do BIM em projetos comerciais. Nos *websites* dos respondentes, o projeto mais antigo apresentado tem mediana no ano de 1996 e, no dos não respondentes, o ano é 2002. Tal diferença sugere que os respondentes são escritórios mais antigos, portanto mais consolidados (Figura 3).



Figura 3: Comparativo entre as prevalências dos usos dos projetos apresentados no grupo de respondentes e não respondentes.

6. Considerações

Entre os principais resultados alcançados nesse trabalho destaca-se a formulação de um diagnóstico qualitativo sobre a tecnologia BIM em nove escritórios de arquitetura brasileiros, contemporâneos. Embora a amostra pareça diminuta, é representativa dos escritórios que utilizam a tecnologia, pois este universo ainda se mostra restrito no mercado brasileiro.

Após obter as respostas do questionário, elaborar gráficos e analisar os resultados, buscou-se entender como a implantação da tecnologia BIM está sendo compreendida pelos escritórios, em que medida eles se apropriam de suas funções, e se sua implantação interfere no processo de projeto.

Dentre os escritórios respondentes, quatro utilizam a tecnologia BIM, seis consideram saber definir completamente o que é a plataforma BIM e três a definem parcialmente. Tal fato demonstra a confiança no conhecimento dos aspectos conceituais que envolvem o BIM, apesar de ele não ser utilizado por todos os respondentes.

Com relação à utilização nas fases projetuais, apenas um escritório adota a plataforma na fase de estudos preliminares (escritório AUM). Isto demonstra que, apesar de utilizado em alguns escritórios, o BIM ainda não modificou o paradigma dos métodos de produção de projeto, sendo incluído em fases posteriores. Nas fases de anteprojeto e projeto executivo, ele é utilizado por três escritórios. Um escritório terceiriza os projetos complementares que são feitos em BIM.

Verificou-se que os escritórios maiores e melhor estruturados possuem acesso facilitado às novas tecnologias. Isso pode explicar o motivo de eles desenvolverem um número mais amplo de projetos em BIM. Apesar disso, fica evidente que eles não usufruem dos benefícios da utilização plena da metodologia BIM nos processos de projeto e que utilizam apenas os *softwares* para apoio ao processo tradicional de projeto.

Agradecimento

Agradecemos aos escritórios que forneceram as informações para esta pesquisa.

Referências

- [1] R. C. Ruschel, *et al.* O ensino do BIM no Brasil: onde estamos?, *Ambiente Construído*, vol 13, pp 151-165, Abril-Junho 2013.
- [2] M. B. Barison E. T. Santos, , O Papel do Arquiteto em Empreendimentos Desenvolvidos Com a Tecnologia BIM e as Habilidades Que Devem Ser Ensinadas na Universidade, *Gestão & Tecnologia de Projetos*, vol. 11, pp.103-120, Janeiro-Junho 2016.
- [3] Diretório 25 jovens arquitetos. Revista AU. São Paulo, Edição 197, agosto/2010.
- [4] M.-X.de Andrade e R. C, Ruschel, BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências, in *Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios (2009)*, São Carlos, São Paulo, Brasil, 2009.
- [5] C. Kehl e E. L. Isatto, Barreiras e oportunidades para a verificação automática de regras da produção na fase de projeto com uso da tecnologia BIM, in *VII Encontro de Tecnologia de*

Informação e Comunicação na Construção-Edificações, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM ao CIM (2015), Recife, Pernambuco, Brasil, pp. 13-26.

- [6] Cornetet, B. C.; Florio, W, Reflexão sobre a implantação do BIM em três escritórios de arquitetura em Porto Alegre, de 2010 a 2015, in *Encontro brasileiro de tecnologia de informação e comunicação na construção (2015)*, Recife, Pernambuco, Brasil.
- [7] G.-B. Menezes, Breve histórico de implantação da plataforma bim, in *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, vol. 18, pp. 153-171, Março-Julho 2011.
- [8] W. Florio, Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura, in *Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil (2007)*, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- [9] Garbini, M. A. L.; Brandão, D. Q, Implantação da tecnologia BIM analisada em quatro escritórios de arquitetura, in *Cadernos PROARQ*, v.21, pp. 125-146, Dezembro 2013.
- [10] M. B. Barison e E. T. Santos, Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum (2010), in *CIB W78 2010: 27th International Conference*, Cairo, Egito.
- [11] M. B. Barison e E. T. Santos, Tendências atuais para o ensino de BIM, in *V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (2011)*, Salvador, Bahia, Brasil,
- [12] M.-X.de Andrade, Computação gráfica tridimensional e ensino de arquitetura: uma experiência pedagógica, in *Graphica 007 - Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho*, Curitiba, Paraná, Brasil, 2007.
- [13] R. C. Ruschel *et al.*, O ensino de BIM: exemplos de implantação em cursos de Engenharia e Arquitetura, in *Encontro Nacional de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil (2011)*, Salvador, Bahia, Brasil, 2011.
- [14] R. C. Ruschel e A. B. Guimarães Filho, Iniciando em CAD 4D, in *Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios (2008)*. São Paulo, São Paulo, 2008.
- [15] C. C. Vincent, Ensino de Projeto: digital ou manual?, in *Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital (2006)*, Santiago, Chile, 2006.
- [16] C. A. NOME e N. QUEIROZ, BIM: Processo e Integração no Ateliê de Projeto Arquitetônico, in *III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (2014)*, São Paulo, São Paulo, Brasil, 2014.
- [17] M. A. Covelo, Especial BIM, *Revista AU*, vol. 208, Julho 2011.
- [18] L. C. Oliveira e A.-C Pereira, O uso de tecnologias BIM em escritórios de Arquitetura relacionado ao modo de implantação, in *V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (2011)*, Salvador, Bahia, Brasil, 2011.
- [19] L-A. Souza, S. R. L, Amorim e A.M. Lyrio, Impactos do uso do bim em escritorios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário, *Revista USP*, vol. 4, pp.26-53, Novembro 2009.

BIM NAS INFRAESTRUTURAS FERROVIÁRIAS. UM PARENTE POBRE

Francisco Sécio⁽¹⁾

(1) Light Mobility Lda , Lisboa

Resumo

A dinâmica em torno do BIM resulta da necessidade detectada na Indústria da Construção em otimizar recursos, implementando metodologias redutora do erro, e consequentemente apresentando menos desperdício.

À parte do debate que ainda se encontra em curso sobre o que constitui o BIM e da forma de implementação em cada empresa, essa abordagem muitas vezes fica pela fase da construção e apesar de aparecerem sempre os “slides” com a referência ao Ciclo de vida do “objeto” na prática muitas vezes as partes subsequentes à fase de construção ou são esquecidas ou são “montadas” de forma incompleta, inviabilizando desta forma a sua correta execução nas fases de Operação e Manutenção.

De facto, para esta implementação será necessário muito mais do que juntar o plano de manutenção do fabricante, pois este, sendo um elemento essencial tem de ser aplicado “especificamente” para o empreendimento em causa e muitas vezes o “Dono do empreendimento” pode não ter a experiência suficiente nessa definição e o “Infrastructure manager” nem sequer ser chamado a contribuir nesta fase de implementação do BIM.

Claro que para os equipamentos “rotineiros” já bastante utilizados na Construção (sistema de AVAC, baixa tensão, etc.) esta situação pode não se colocar, mas muitos haverá, onde a fase de Manutenção ou é inexistente ou altamente deficitária.

Contudo, existem outras disciplinas além dos “Edifícios” onde a metodologia BIM não está ainda devidamente “conhecida e experimentada” pelos seus agentes, como seja os Sistemas Ferroviários, havendo uma grande carência de implementação BIM. Se se estiver a falar da fase de manutenção de infraestruturas ferroviárias então estamos praticamente no zero. De facto Sistemas Ferroviários e a sua Manutenção, afiguram-se, para já, como dois sistemas que a implementação BIM ainda não contempla.

O BIM e a Infraestrutura ferroviária

Informações recolhidas num Estudo realizado em Outubro de 2017[1], para o Sub Comité das Instalações Fixas da UITP (União Internacional dos Transportes Públicos) revelam que em geral as áreas de Manutenção dos Metros, em todo o mundo, não participam na definição dos parâmetros constituintes da estrutura BIM nos novos projetos. Assim apesar de grandes projetos Metro ferroviários em curso (Crossrail/Londres, GrandParis, etc.) onde está a ser implementada a metodologia BIM, os responsáveis da manutenção da Via e Infraestruturas (Túneis, estações, etc.), não são diretamente envolvidos na definição do processo BIM para a fase de construção, vindo depois a receber na fase de Recepção Provisória a infraestrutura acompanhada do que os seus colegas do Departamento de Projeto consideraram como relevante para a vertente BIM das infraestruturas agora construídas.

Na Ferrovia além das diferenças entre os diversos tipos – Alta Velocidade, Comboio tradicional, Metro, Metro Ligeiro, elétrico, etc. existe uma separação entre a “disciplina” de Traçado e a Via. Para o Traçado (Geometria – Plantas e perfis) haverá certamente já alguns desenvolvimentos de modelos pois, aparte dos condicionalismos de cada especialidade, muito é semelhante com o observado para as rodovias e portanto aí já há muitos softwares de modelação que certamente poderão ser usados para modelos BIM para ferrovia.

No entanto, para a Via, ou mais propriamente a superestrutura de via muito pouco existe e no caso concreto das redes de Metro apesar dos grandes projetos acima referidos não é ainda possível montar um projeto completo em BIM, ou pelo menos não é do conhecimento geral exemplos dessa implementação. A figura abaixo é representativa de uma “modelação BIM” de um sistema ferroviário em túnel, mas a referência em Lod 5 à superestrutura de via é uma informação mais para tentativa de “criação ou melhoramento” de software, do que a realidade da prática das empresas ferroviária.

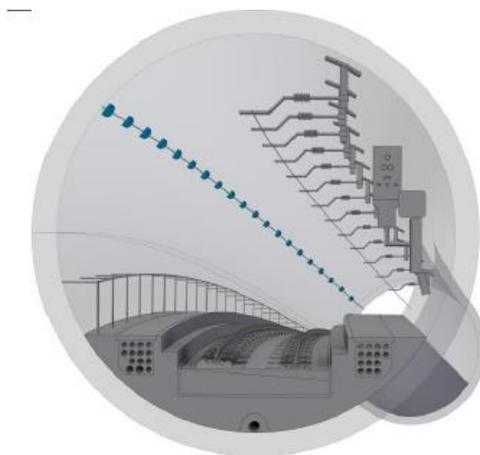


Figura1: Exemplo de uma possível modelação BIM a utilizar para sistema ferroviário em túnel [4]

No entanto, como na indústria da construção de edifícios os “elementos Ferroviários” são variados e provenientes de diversos fabricantes.

Na Figura 2 apresentam-se algumas possíveis fixações de carril existentes. Mesmo a este nível verifica-se que os fabricantes ainda não se encontram adequadamente sensibilizados da

necessidade de integração dos seus produtos num sistema global e a concorrência e patentes também não ajudam.



Figura 2: Exemplo de fixações de carril. Fotos do autor.

E para a implementação BIM nos sistemas ferroviários uma das premissas é haver uma estrutura IFC para a Ferrovia – IFC Railway.

Da pesquisa efetuada nestes últimos anos em que me interessei pela problemática BIM, muito pouco consegui obter. O caso com maior relevo encontrado, está a ser efetuado pelos Caminhos de ferro chineses [2] para as Linhas de Alta velocidade (HSR) onde foi desenvolvido um modelo de IFC Railway com a hierarquia indicada na figura abaixo.

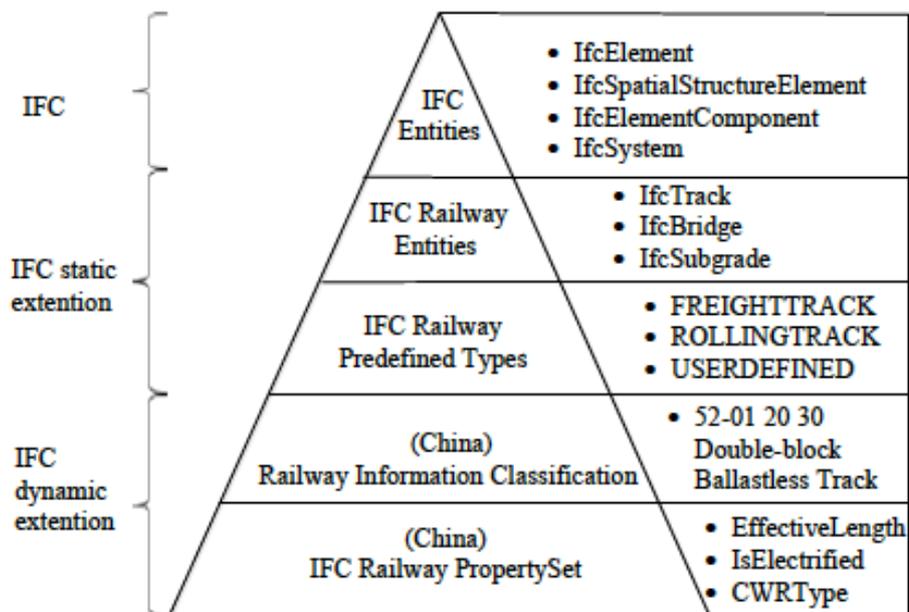


Figura 3: Estrutura do IFC Railway definida pelo China Railways [2]

Conforme referido no documento mencionado [2], o sistema de normativo do IFC define uma clara separação entre o modelo semântico e o modelo geométrico.

Neste caso do IFC (Railway) Ferroviário o Modelo semântico pretende desenvolver as novas Entidades que estão ligadas ao IFCProduct e denotando os diversos elementos ferroviários como a Via, a sub-base , a plataforma, a estação, o túnel as pontes e viadutos, entre outros. No que se refere ao Modelo geométrico tendo por objetivo providenciar novas formas geométricas de entidades ferroviárias, utilizam-se algumas entidades IFC existentes somente em pequenas extensões como os novos tipos de curvas de transição clotóides, parábolas cúbicas). É assim um desenvolvimento preliminar de estrutura IFC para o sector ferroviário. A sua interligação com outra estrutura IFC como seja o IFC Road pode ser possível uma vez que em diversas estruturas e modelação geométrica, podem ser usados idênticos, senão iguais, elementos.

Os elementos da Estrutura espacial representam a decomposição estrutural do Projeto. Para que este seja compatível com outros IFC projects em curso, como o IFC Road, foi desenvolvido o IFCivilStructureElements (derivado do IFCspacialStructureElements) como o supertipo de todos os elementos estruturais espaciais. Na Figura 4 é apresentada a ilustração desta decomposição, sendo indicadas a sombreado as entidades IFC 4x1 correspondentes.

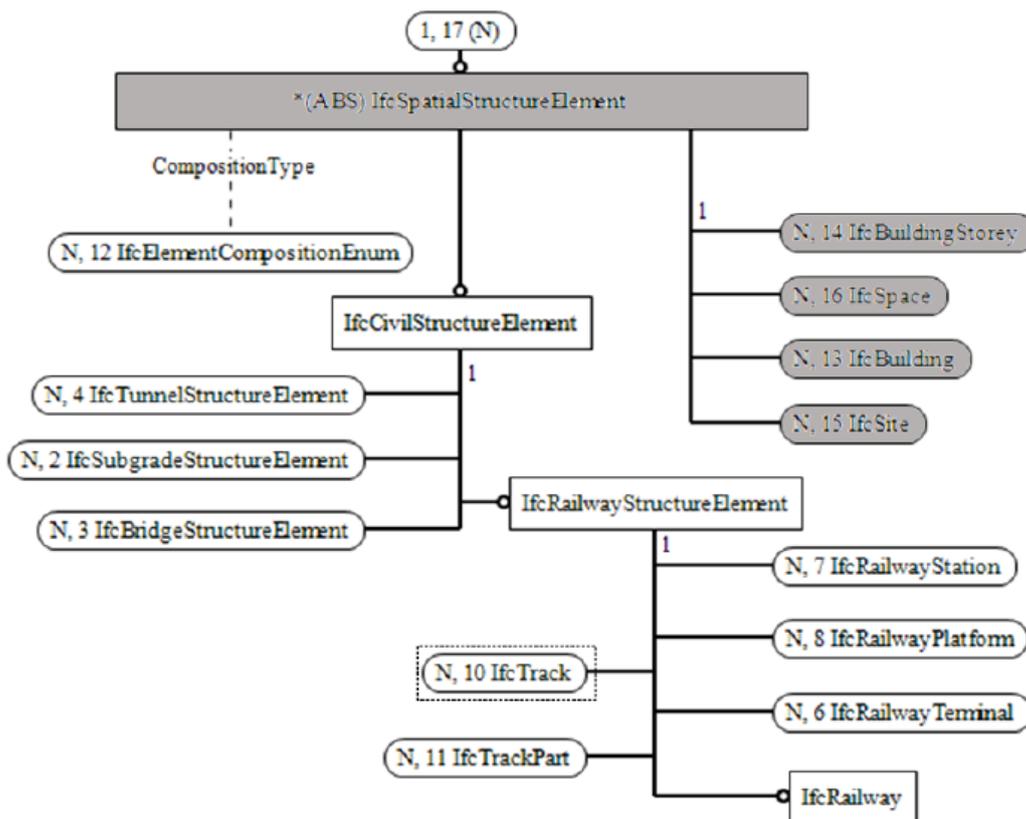


Figura 4: Ilustração dos elementos estruturais do IFC Railway [2]

O IFC SubgradeStructureElement, IFCBridgeStructureElement e IFCtunnelElement derivam diretamente do IFCivilStructureElement podendo, como tal, ser partilhados entre os Engenheiros ferroviários e de outras Infraestruturas, como por exemplo as rodoviárias. De

facto, é sob estes IFC que estão decompostos os Elementos (Físicos) dos quais os de Engenharia Ferroviária estão categorizados no grupo do IFCRailwayelements como indicado na Figura 5.

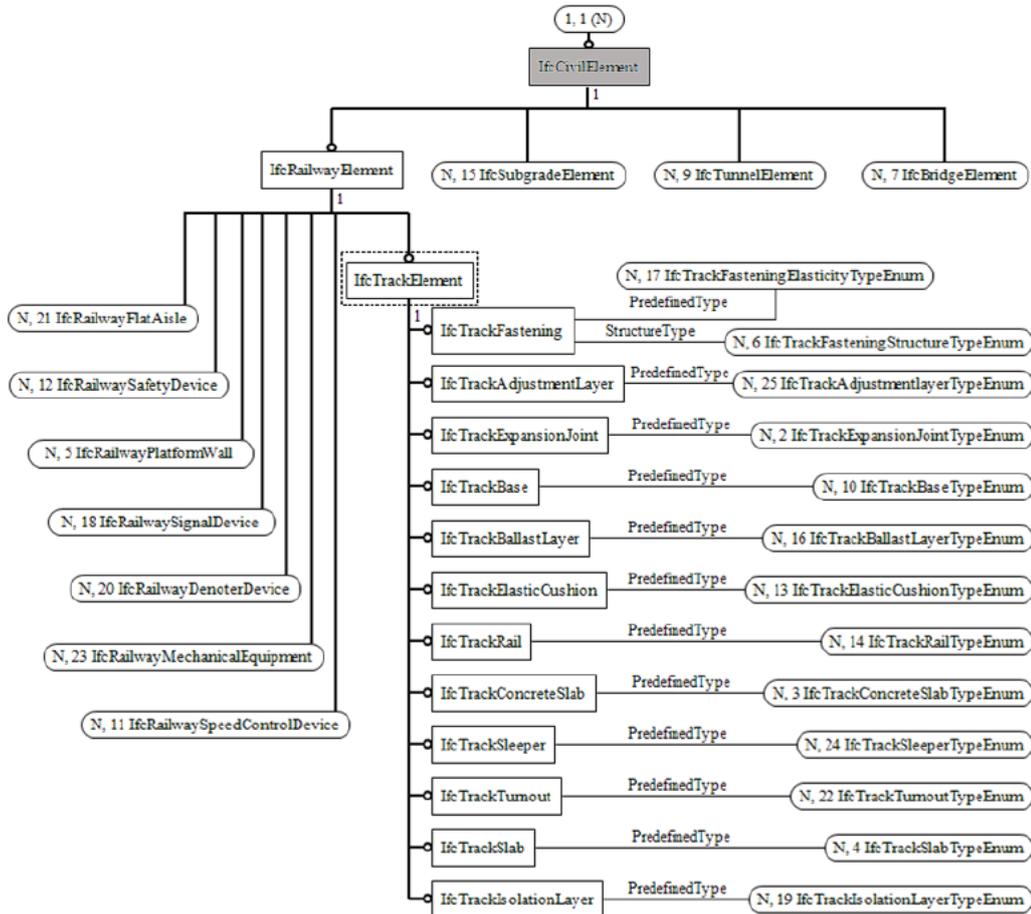


Figura 5: Ilustração dos elementos (físicos) ferroviários [2]

Na representação geométrica da Infraestrutura Ferroviária ressalta a grande diferença para a Infraestrutura dos “Edifícios”, na medida em que Infraestrutura Ferroviária é “construída” ao longo de um alinhamento tendo elementos discretos associados a esse Traçado (Estações, travessas, sinais ferroviários, etc.). Na Figura 6 apresenta-se a decomposição referida no artigo em referência da China Railways [2] para a representação geométrica dos elementos IFC Railway.

Entity types	Examples of entities	Geometry representations
Railway alignment	IfcTransitionCurve2D	Curve geometry eg. IfcTrimmedCurve
Continuous railway elements	IfcTrackRail, IfcTrackBase, IfcTrackSlab, IfcSubgradeRetainingElement, IfcBridgePart, IfcCable, IfcTunnelPrimarySupport	Profile geometry eg. IfcSweptAreaSolid
Discrete railway elements	IfcTrackSleeper, IfcTrackTurnout, IfcRailwaySignalDevice, IfcRailwayDenoterDevice, IfcBridgeMember	B-rep geometry eg. IfcManifoldSolidBrep
Terrain (IrregularShape)	IfcGeographicElement, IfcSubgradeFillingWorks,	Mesh geometry eg. IfcTriangulatedFaceSet

Figura 6: Representação geométrica dos elementos IFC Railway [2]

Sendo as Infraestruturas Ferroviárias normalmente sistemas lineares, estes poderão sofrer alteração no seu traçado, sendo referido no artigo em referência da China Railways [2] a introdução no IFC Railway de um mecanismo designado mudança de “quilometragem” que permite estabelecer a posição relativa dos elementos já “montados” e permite manter o posicionamento relativo de sinais, Postes de catenária, travessas, entre outros, sempre que o traçado seja alteramos. Isto é fundamental sobretudo quando passar a ser corrente “desenhar” além das entidades “discretas” atrás referidas (Sinais, Postes catenária, travessas), outros elementos de via e Infraestrutura Ferroviária como sejam caleiras de cabos ao longo das vias, catenária, entre outros. Este poderá ser um exemplo para a Infraestrutura Ferroviária dos comboios de Alta Velocidade mas ainda muito insipiente no que respeita à representação física dos componentes ferroviários.

Outra vertente da Infraestrutura Ferroviária são os sistemas de sinalização e controle da circulação dos comboios, além dos de apoio à operação, suportados em sistemas elétricos mas que os módulos MEP – Mechanical Electrical and Plumbing não conseguem resolver por completo, pois existem muitos equipamentos e sistemas específicos do sector ferroviário que terão de ser desenvolvido à medida.

Na Figura 7 apresenta-se um exemplo de um projeto ferroviário executado pela rede do Ferrocarriles da Generalit de Catalunya. Genericamente foi desenvolvido um modelo BIM para o Projeto de sinalização na vertente da sua utilização pelos serviços de manutenção tendo-se inclusivamente modelado o código de barras de cada quadro elétrico de modo a ser integrado no Programa de Manutenção específico desta linha.

Um outro exemplo de modelação BIM de uma rede de metro está a ser desenvolvido pelo Hamburger Hochbahn (Metro de Hamburgo) para a remodelação de uma estação existente de modo à tornar acessível a pessoas com mobilidade reduzida (PMR), integrando neste Modelo BIM um levantamento em varrimento Laser scan da estação existente a remodelar. Mas mesmo aqui o projeto visa mais os “edifícios” do que a estrutura ferroviária, sendo no entanto mais uma experiência de utilização da modelação BIM na Infraestrutura Ferroviária.



Figura 7: Desenvolvimento Projeto sinalização em Modelo BIM dos FGC
Langenhorn Nord – barrierefreier Ausbau

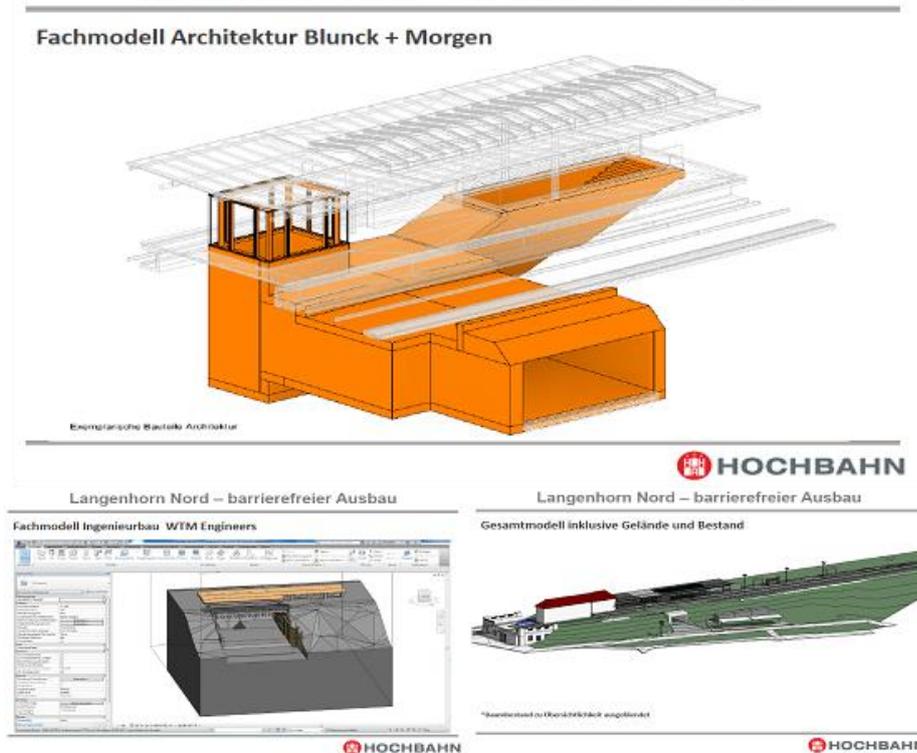


Figura 8: Desenvolvimento Projeto remodelação estação Langenhorn Nord para acesso a PMR na rede do Hamburger Hochbahn

O BIM e a Manutenção da Infraestrutura Ferroviária.

Nesta secção dedicam-se alguns parágrafos ao outro parente pobre do BIM na Infraestrutura ferroviária: A manutenção. No entanto, torna-se necessário separar desde já a parte dos “edifícios” da Infraestrutura Ferroviária onde o avanço da modelação BIM pode andar praticamente a par da linha da frente dos “edifícios” como se poderá verificar nas estruturas já modeladas e construídas por exemplo no sistema CrossRail em Londres.

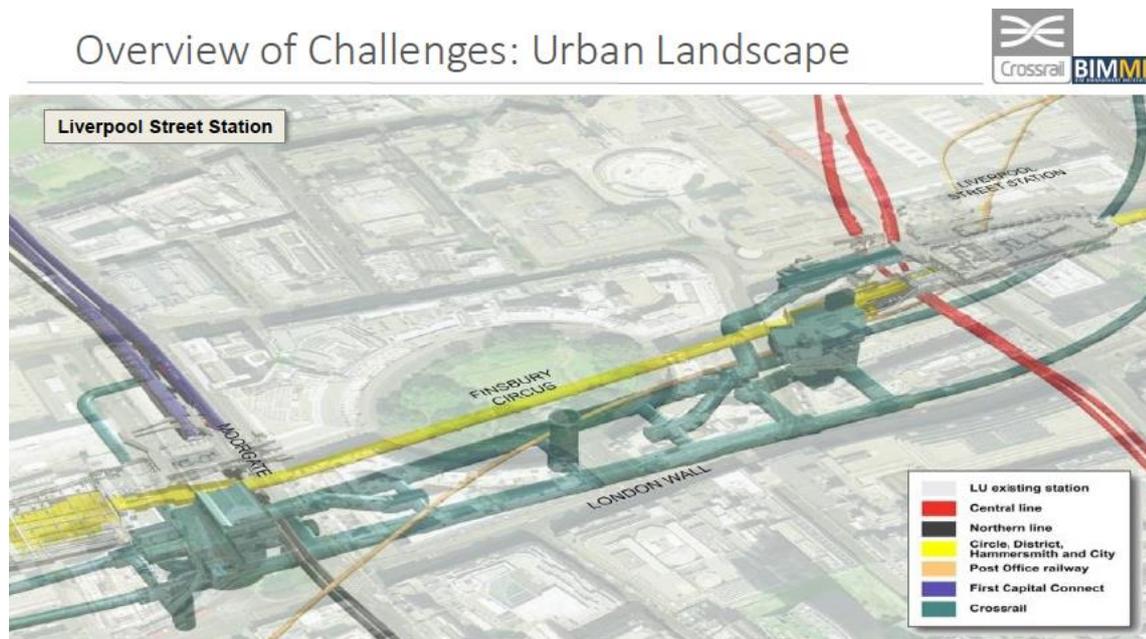


Figura 9: Slide da apresentação Projeto CROSSRAIL no Congresso BIC 2016 realizada em São Paulo – Setembro 2016 [3]

Verificando-se estar a vertente da manutenção menos considerada, nomeadamente pelo fraco envolvimento dos responsáveis da futura manutenção na fase de modelação BIM

Identifica-se outro patamar onde se inserem as estruturas de pontes, túneis, plataformas ferroviárias, onde os Empreendimentos rodoviários já permitem uma certa massa crítica para a modelação BIM mas também aqui a vertente manutenção normalmente está suportada em modelos “pré-formatados” e utilizados nas Concepções rodoviárias em Parcerias Publico Privadas (PPP) que por vezes não incluem certos trabalhos de manutenção a longo prazo, uma vez que as concepções são de tempo limitado, e no novo contrato, alguém haverá de pagar a reabilitação da infraestrutura. Por último surge a estrutura da Via Férrea que, por nem sequer estar modelada à partida, nunca terá qualquer hipótese de intervir na preparação da futura fase de Manutenção.

Além dos exemplos atrás referidos, existe vontade, e oportunidade para um desenvolvimento acelerado da criação de novos procedimentos e modelações geométricas que permitam num futuro próximo à Infraestrutura Ferroviária se socorrem dos Modelos BIM para o processo de Construção / Operação / Manutenção do sistema na vertente do LCC. No entanto o caminho é longo... e difícil, só possível com a sinergia de todos os que acreditam que a modelação BIM é realmente uma melhor forma de Construir e Gerir uma Infraestrutura seja ela qual for, razão

pela qual vos convido a partilhar comigo esta vertente da Infraestrutura Ferroviária ... e a sua Manutenção.

Referências

- [1] Sécio. Francisco, "Infrastructure Maintenance - Systems for collected and processing data for the definition of maintenance methodologies", UITP - Metro Commission, Fixed Installations Sub Committee, October 2017. Biblioteca MOBI + da UITP
- [2] Ge. Gao, Yu-Shen, . Liu , Jia-Xing. Wu, Ming. Gu, Xu- Kun. Yang, e Hua Liang. Li-IFC Railway - A Semantic and Geometric modelling approach for Railways based on IFC-
(http://cgcad.thss.tsinghua.edu.cn/liuyushen/main/pdf/GaoGe_ICCCBE2016_364.pdf)
- [3] Taylor, Malcom – CROSSRAIL a Case Study in BIM – BIC2016 – BIM International Conference – São Paulo – Setembro 2016
- [4] Vilgertshofer. S, Amann.J, Willenborg.B, Borrmann.A,Kolbe.T.H – Linking BIM and GIS models in infrastructure by example IFG and City GML
(https://www.researchgate.net/publication/317572404_Linking_BIM_and_GIS_Models_in_Infrastructure_by_Example_of_IFC_and_CityGML)
- [5] Li.J, Li.J , Wang , H – BIM based 3D design technologies for railway tunnels – 2016.
- [6] Li,H., Mao, L.– The practice of BIM technology in railway station – 2014.

INTEROPERABILIDADE ENTRE OBJETOS BIM E A APLICAÇÃO PRONIC NA ESPECIALIDADE DE INSTALAÇÕES PREDIAIS

Joana Lopes⁽¹⁾, Maria João Falcão Silva⁽²⁾, Paula Couto⁽²⁾, Fernando Pinho⁽¹⁾

(1) Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

Resumo

O setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) tem um papel fundamental e determinante no conjunto das atividades mais relevantes nas economias modernas sendo importante estabelecer metas para o seu desenvolvimento e modernização. A implementação de novas ferramentas tecnológicas contribui para que este setor se torne ainda mais competitivo e eficaz. Neste contexto, surgem como ferramentas tecnológicas modernas o BIM, que tira proveito de uma modelação parametrizada de objetos, e o ProNIC, que possui como funcionalidade a produção de forma automática e padronizada de todo o conteúdo técnico necessário na elaboração de projetos.

O presente trabalho começa por apresentar e analisar de forma muito sumária a questão da comunicação e colaboração nos processos do setor AECO, dando particular ênfase às referidas ferramentas BIM e ProNIC, bem como enquadrando questões relacionadas com a interoperabilidade entre sistemas num sentido mais lato. Numa fase subsequente é apresentado um caso de estudo, com enfoque na especialidade de instalações prediais, em que foram usadas as ferramentas (BIM e ProNIC) com vista a possibilitar a avaliação de forma prática a informação contida em ambas, interpretar o seu significado, perceber como se pode intersetar e como está organizada. Posteriormente é estruturada uma proposta de metodologia que permita a interligação dos conceitos e que seja capaz de gerar, de uma forma simples e normalizada, toda a informação escrita e desenhada necessária à execução de um empreendimento e de acordo com a legislação nacional. Para finalizar são apresentadas as principais conclusões obtidas até ao momento e perspetivados desenvolvimentos futuros do trabalho.

1. Introdução

O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) tem um peso importante na economia nacional e apresenta um conjunto de particularidades distintas de outros setores de atividade. A caracterização da economia portuguesa, nomeadamente no que ao setor da construção diz respeito, é fundamental para conhecer o que pode ser feito de forma a contribuir para melhorar os respetivos indicadores económicos. Nas últimas décadas, o setor de construção não tem acompanhado a evolução tecnológica observada em outros setores. Embora tenha havido inovações tecnológicas, que incluem o ProNIC (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção) e o BIM (Building Information Modeling), elas não são implementadas, resultando em falta de qualidade no setor [1]. As metodologias BIM permitem trabalhar com objetos específicos, adaptando-os ao espaço e respetiva envolvente, através das relações de modelação paramétricas. A sua funcionalidade, que vai além da 3D espacial, ajuda a minimizar problemas com custos, prazos e trocas de informações. O BIM já está a ser implementado em vários países da União Europeia, particularmente naqueles que estão a investir mais na tecnologia. Noutros países por todo o mundo, a sua implementação contribuiu significativamente para o sucesso de projetos e de obras de construção. Em Portugal, embora a evolução seja notória, ainda há um caminho a percorrer, para que este setor da economia também possa desempenhar um papel importante na União Europeia [2]. O ProNIC é uma plataforma informática que possui na sua constituição um sistema com a capacidade de descrever todos os trabalhos de construção com todas as especificações e informações técnicas normalizadas em relação à legislação nacional. Este sistema também permite a criação imediata da lista de quantidades, o mapa de medições detalhadas e os orçamentos, bem como as especificações técnicas de todas as obras de edifícios [3]. O presente artigo baseia-se na tese de mestrado com o mesmo título “*Interoperabilidade entre objetos BIM e a aplicação ProNIC na especialidade de Instalações Prediais*”, que foi desenvolvida e co-orientada ao abrigo do protocolo entre o LNEC e a FCT-UNL.

2. Enquadramento

2.1 Comunicação e colaboração nos processos do setor AECO

Nas últimas décadas tem sido notória a crescente evolução nas áreas política, social, económica, ambiental e tecnológica. O mesmo não acontece com a indústria da construção, pois o setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação ainda depende, em grande parte, de documentos em papel, dificultando a comunicação entre os intervenientes no processo construtivo e originando, por isso, a fragmentação de informação [4]. Na indústria da construção, como em qualquer outra, subsiste uma procura crescente, no sentido de melhorar a performance e a produtividade. Assim, e com o propósito de comprovar a dificuldade de comunicação referida, têm vindo a ser adotadas diferentes estratégias no âmbito das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Face ao exposto, existe a necessidade de modificar o paradigma no processo de execução dos projetos das diferentes especialidades e o BIM surge como forma de dar respostas aos problemas que surgem no referido setor. A introdução desta tecnologia é importante para o desenvolvimento do setor AECO e apresentam-se como vantagens [5]: i) aumento de produtividade; ii) diminuição de custos e tempos em todo o processo; iii) benefícios para a gestão e para o planeamento dos projetos; iv) melhor

coordenação e comunicação entre os intervenientes; v) compatibilidade entre os projetos das especialidades; vi) prevenir possíveis problemas e/ou oportunidades; vii) maior eficiência energética; viii) sustentabilidade na construção.

2.2 BIM

O BIM pode ser interpretado como *Building Information Modeling*, que corresponde a um processo de registo e partilha de informação entre todos os intervenientes de forma a melhorar o processo colaborativo durante todo o ciclo de vida de um empreendimento. Pode também ser interpretado como *Building Information Model*, que se relaciona com um objeto ou um modelo específico que contém todas as informações relevantes de um empreendimento [6]. O BIM permite que exista uma troca de informação mais simples e ao mesmo tempo mais detalhada entre todos os intervenientes de um projeto, desde o engenheiro ao dono de obra, possibilitando que todos os envolvidos no processo de construção visualizem o modelo de diferentes perspetivas, permitindo modificar ou acrescentar informações em tempo real, consoante a sua especialização [2]. A tecnologia BIM possibilita trabalhar com objetos específicos, adaptando-os ao espaço e ao meio envolvente, através da modelação e das relações paramétricas. A modelação por objetos consiste na escolha de um objeto pré-definido numa biblioteca disponibilizada pelo *software*. Qualquer alteração num dos parâmetros faz com que ao longo de todo o modelo haja uma atualização constante e em tempo real da informação modificada, garantido que o modelo esteja sempre atualizado, independentemente das escolhas do utilizador [7].



Figura 1: Práticas do BIM.

As práticas BIM encontram-se divididas por áreas, como esquematizado na Figura 1. Esta divisão é importante para permitir uma melhor organização e gestão dos recursos, estando presente durante todo o ciclo da construção. Quando é feita referência à metodologia BIM não se deve esquecer a importância que existe na gestão e organização de informação em cada especialidade.

2.3 ProNIC

Da necessidade de dispor de modelos de processos adaptados a diferentes tipos de obras, bem como de informação técnica normalizada e credível de acordo com a legislação em vigor que

estivesse sempre disponível e operacional numa plataforma informática, nasce o ProNIC, designado como “Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção” [8]. Este projeto veio dar resposta a muitos dos problemas existentes no processo construtivo, principalmente na organização e na gestão da informação e da documentação técnica [9]. O ProNIC é uma aplicação informática de base técnica, que tem como objeto principal uma estrutura normalizada e codificada para trabalhos de construção. De uma forma geral contém especificações técnicas que dizem respeito aos trabalhos de construção e incorpora cenários de custos para os mesmos [8]. Esta aplicação permite fazer a gestão de parte do ciclo de vida do empreendimento, desde o projeto de execução até à fase final da obra, uma vez que possui um sistema integrado para a gestão do processo construtivo. Permite também obter um conjunto aumentado de indicadores de monitorização, quer a nível global quer a nível particular do setor. Espera-se que estes indicadores tenham também um papel fundamental na análise e na avaliação técnico-económica de empreendimentos [8]. Pode-se considerar que esta plataforma atua como uma aplicação eficaz no que diz respeito à gestão e à articulação dos conteúdos, por estar associada a aplicações informáticas que possibilitam que os vários intervenientes que participam nos processos possam cumprir a legislação, nomeadamente no que respeita às medições detalhadas, estimativas orçamentais, mapas de quantidades de trabalhos, bem como o caderno de encargos [10]. A base de dados do ProNIC está organizada segundo uma estrutura hierarquizada de atividades em Work Breakdown Structure (WBS). A WBS é um método internacional usado para decompor um projeto em trabalhos. É um processo do sistema de gestão de projetos, com os resultados orientados, de modo a captar toda a informação, de uma forma organizada e estruturada, em árvore ou gráfico e de uma forma hierárquica [11]. A WBS do ProNIC encontra-se estruturada de acordo com o tipo de construção e permite dividir a estrutura nos ramos que forem necessários. Sendo a construção civil uma temática bastante complexa ao nível do tipo de empreitadas, torna-se desvantajoso trabalhar sobre apenas duas estruturas de desagregação [9].

2.4 Interoperabilidade

A interoperabilidade é definida como a capacidade que um sistema possui de conjugar outro sistema, transmitir e receber informações de forma clara e inequívoca, apesar dos vários formatos e *softwares* existentes [12]. Os conteúdos devem ter a mesma interpretação, exata e idêntica, desde que são transmitidos por um *software* até chegar a outro. Do ponto de vista do fluxo de trabalho BIM, baseado na troca de informação entre os intervenientes do projeto, torna-se essencial que a interoperabilidade entre sistemas seja a mais completa possível. O IFC (Industry Foundation Classes) é o principal formato de troca pública de dados e é designado como um “formato universal para representação de produtos da construção e troca de dados entre sistemas”. De uma forma mais genérica, o formato IFC descreve a representação de dados que deve existir nos ficheiros, independentemente da aplicação usada para importar ou exportar a informação. O formato IFC atua desarticulando os objetos em componentes básicas: geometria, relações e propriedades [13]. Para que a interoperabilidade seja executada de forma correta é necessário que exista uma normalização do processo de construção da informação nos moldes dos IFC’s.

3. Caso de estudo

O caso de estudo está inserido no centro comercial Colombo localizado na freguesia de Carnide, em Lisboa. Encontra-se situado junto à avenida Lusíada e à Segunda Circular e foi inaugurado a 15 de setembro de 1997. O trabalho foi realizado no âmbito do protocolo entre o LNEC e a empresa Sonae Sierra, e foi desenvolvido no parque de estacionamento do centro comercial. O parque de estacionamento é formado por três pisos e dividido por quatro zonas representadas por cores. A zona correspondente ao caso de estudo é a zona vermelha, junto ao hipermercado e o trabalho foi desenvolvido nos três pisos de estacionamento.

3.1. Modelação em BIM

Um ponto importante na modelação passa por ter a informação referente às famílias dos objetos bem organizada e completa de modo a simplificar o trabalho de modelação. Este procedimento é o mais moroso e é um processo exaustivo. No caso de algumas especialidades, como a estrutura e a arquitetura, o *software* selecionado já disponibiliza famílias básicas de objetos sendo possível ao utilizador alterar as dimensões replicando a informação. No entanto, se em determinada especialidade a família pretendida não exista é possível importar objetos e famílias específicas ou até mesmo criá-las e ainda, descarregá-las dos *sites* dos fabricantes quando disponíveis. No caso concreto da especialidade de estruturas, os objetos disponibilizados no *software* estavam de acordo com as necessidades e com os objetivos, apenas foi necessário alterar as dimensões dos pilares. Na especialidade de arquitetura o único objeto que não correspondia era a porta, tendo por isso sido necessário recorrer à biblioteca BIM, denominada BIM Objects, para descarregar os objetos pretendidos. Na especialidade de incêndio os objetos disponíveis eram muito escassos e muito genéricos, que ao contrário da especialidade de estruturas não podiam ser modificados quanto às dimensões. Neste caso procurou-se encontrar a marca das tubagens que constituíam a rede de incêndio, podendo-se assim ir ao *site* deste fabricante e descarregar a família das tubagens. O modelo referente à parte da estrutura está apresentado na Figura 2 onde se podem visualizar as lajes, os pilares, as rampas e as paredes que nesta fase foram modeladas para os três pisos da parcela do parque de estacionamento em estudo.

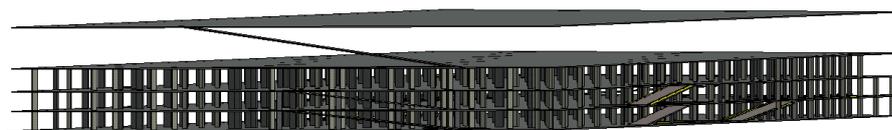


Figura 2: Modelo Estrutural.

A Figura 3 apresenta o modelo de arquitetura completo, já com as alterações a que o parque foi sujeito modeladas.

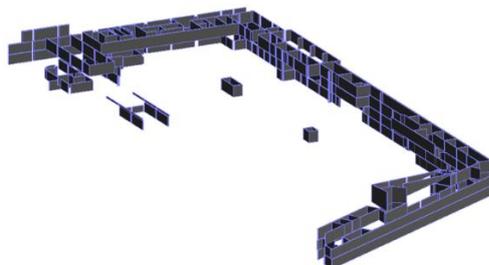


Figura 3: Modelo de Arquitetura.

A Figura 4 mostra a modelação da rede de incêndio nos três pisos do parque de estacionamento estudado no âmbito do presente trabalho.

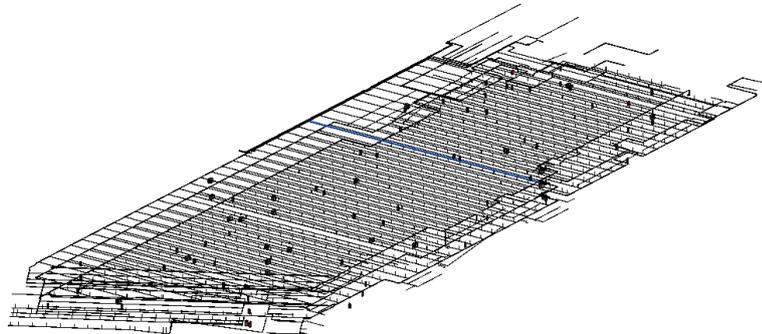


Figura 4: Rede de Incêndio dos pisos -3, -2 e -1.

No final, e de forma a obter um modelo único, as diferentes especialidades, desenvolvidas em separado, foram ligadas num só projeto resultando num modelo final (Figura 5) com um nível de desenvolvimento (LOD) da ordem de 200, pelo facto da informação facultada na generalidade se encontrar entre o anteprojecto e o projeto de execução.

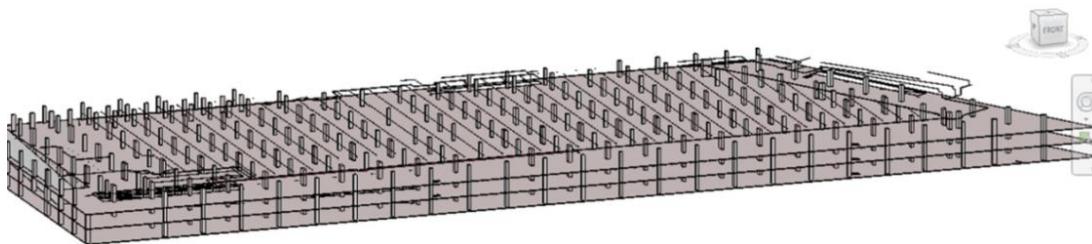


Figura 5: Modelo Final.

Ao obter um modelo único é possível visualizar o projeto completo de uma forma tridimensional, à semelhança da realidade. No entanto apenas poderão ser feitas alterações no projeto que está aberto. Outra vantagem de utilizar este *software* é que a qualquer altura, o utilizador poder gerar mapas de quantidades e organizar a informação da forma que achar mais pertinente. Também é possível saber todas as características de um determinado objeto e sempre que necessário, acrescentar informação que torne o modelo ainda mais completo.

3.2. Modelação em ProNIC

Na aplicação ProNIC a inserção dos artigos é iniciada pela seleção no articulado do nível de desagregação dos trabalhos de construção. Como o trabalho apresentado se encontra inserido na especialidade de instalações prediais, o capítulo correspondente e por isso escolhido foi o Capítulo 21 – Instalações e Equipamentos de Água. Depois de selecionado o capítulo escolheram-se os níveis de desagregação que se seguiam como está representado na Figura 6.

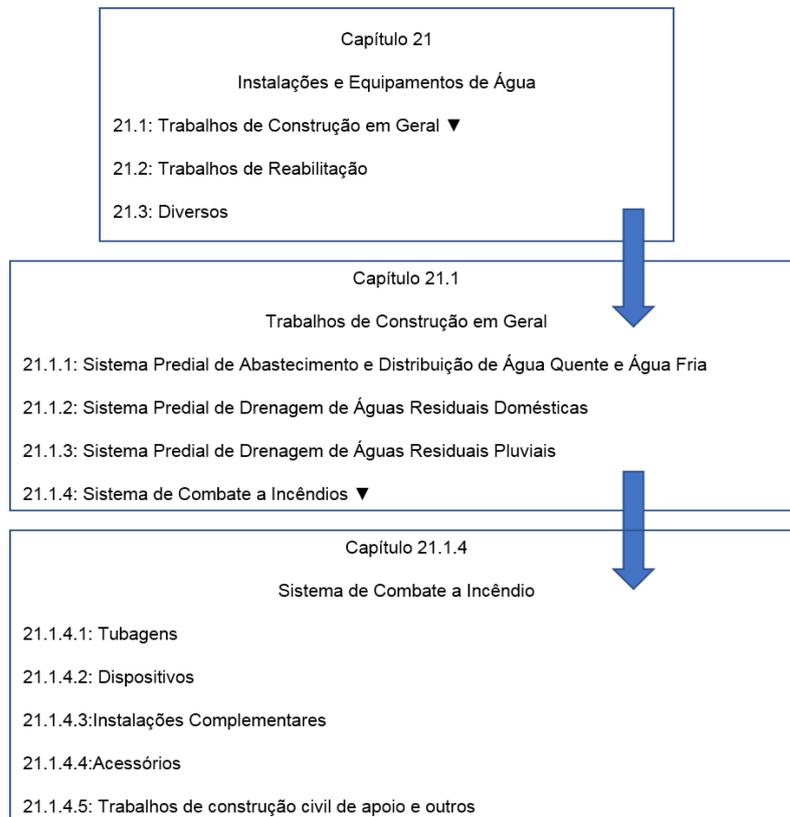


Figura 6: Capítulo referente às instalações e equipamentos de águas.

A partir do subcapítulo 21.1.4 é definido um novo subcapítulo que corresponde a cada elemento modelado (no caso do presente trabalho foram modelados tubagem de aço galvanizado, dispositivos - sprinklers, instalações complementares - bombas, acessórios - válvulas). Uma vez definido o caminho detalhado na árvore do articulado, chega-se à descrição genérica do artigo onde é necessário completar a sua descrição com os diferentes parâmetros de pormenorização (\$). A descrição genérica dos artigos é apresentada nas Figuras 7 a 10.

Fornecimento e assentamento de tubagem de \$1 \$2, \$3 \$4 \$5 \$6 \$7 \$8 \$9 e respetivos acessórios; \$10 \$11 \$12, execução das ligações por \$13, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos, com (os) diâmetro(s):

Figura 7: Artigo *tubagem de aço galvanizado* com \$'s por preencher.

Fornecimento e montagem de Sprinkler de \$1 modelo \$2, com \$3 \$4 \$5 com diâmetro nominal de \$6 mm, destinado à rede e combate a incêndio constituída por tubagens de \$7, incluindo todos os pertences e trabalhos necessários, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.

Figura 8: Artigo *dispositivos - sprinklers* com \$'s por preencher.

Fornecimento e montagem \$1 \$2, com uma capacidade de elevação de \$3 m, para um caudal de vazão de \$4 l/s, incluindo todos os materiais, equipamentos, acessórios e trabalhos necessários de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.

Figura 9: Artigo *instalações complementares - bombas* com \$'s por preencher.

Fornecimento e montagem de válvula \$1 de \$2 com pressão nominal \$3bar, incluindo todos os pertences e trabalhos necessários, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos.

Figura 10: Artigo *acessórios - válvulas* com \$'s por preencher.

Durante a modelação em ProNIC foram encontradas algumas dificuldades, tais como: i) acesso imediato ao ProNIC; ii) utilização da aplicação, que necessitou de ajuda de funcionários especializados nesta área; iii) necessidade de informação pormenorizada sobre os elementos, não existente na documentação disponibilizada, que gerou algumas dúvidas no preenchimento de determinados campos.

4. Proposta de metodologia de ligação

A incorporação do ProNIC em ambiente BIM apresenta uma mais valia para o setor AECO. Esta incorporação permitirá juntar ao BIM a informação do caderno de encargos, as fichas de materiais e as fichas de execução de trabalhos geradas pela aplicação ProNIC. Numa primeira fase é importante garantir que cada interveniente envolvido no projeto tenha um papel definido. Para tal é importante definir os requisitos mínimos e máximos de informação que cada fase necessita, para que sejam aproveitados na fase seguinte, sem que haja a necessidade de os redefinir. A definição de objetivos torna-se importante para que não exista o sobrecarregamento do modelo, ou seja, para que numa fase inicial não exista informação que só se torna relevante numa fase mais avançada. Deste modo é importante que esteja atribuído a cada fase um nível de desenvolvimento (LOD). A segunda fase deve ter em conta a legislação nacional em vigor, atribuindo responsabilidades aos intervenientes ou quando estas não existem devem ser criadas. A terceira fase diz respeito à incorporação do ProNIC no BIM. A partir daqui, considera-se a utilização do IFC como o tipo de linguagem comum e que funciona de forma eficaz, não existindo problemas de interoperabilidade.

Para que a metodologia seja exequível tem de se perceber a diferença de informação contida em ambas as aplicações. A informação contida no BIM é bastante complexa, vai desde atribuição de características físicas, geométricas, mecânicas, entre outras, por sua vez a informação contida no ProNIC é mais especializada. Este apresenta um artigo completamente definido quando tem toda a informação presente, informação essa que por vezes só é apresentada numa fase mais avançada do projeto. Como tal, faz todo o sentido iniciar a modelação no ambiente BIM. A cada atributo de um objeto BIM é possível associar um capítulo, subcapítulo ou \$ do ProNIC. A Figura 11 exemplifica como a informação é trocada entre as aplicações, onde se evidencia que informação cada aplicação gera. Recomenda-se que este processo colaborativo de modelação seja executado por um mesmo utilizador, para cada especialidade, por forma a complementar as informações do BIM e do ProNIC e obter um modelo completo com toda a informação necessária.

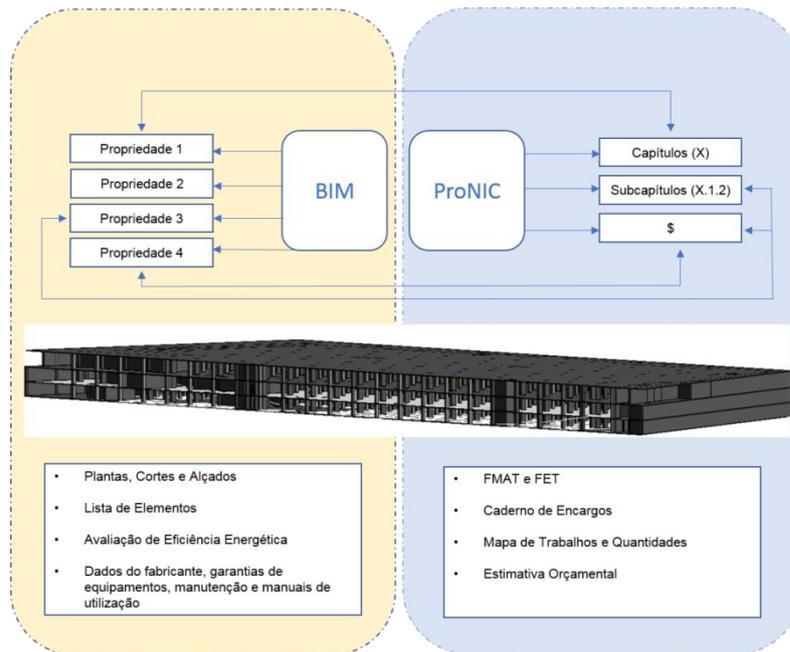


Figura 11: Proposta de Metodologia.

A partir do modelo BIM, é possível definir a árvore do ProNIC com os respetivos códigos até chegar ao último \$ que antecede a criação do artigo completo, com todas as informações referentes às fichas técnicas, caderno de encargos e fichas de materiais. Além da metodologia de ligação entre estas duas aplicações, a interoperabilidade que se cria não pode ser considerada como uma barreira ao desenvolvimento desta. Será necessário investimento por parte de informáticos por forma a desenvolverem os IFC, normalizados e regulamentados, para que os diferentes *softwares* possam importar e extrair a informação de forma automática. Considera-se que a metodologia proposta se encontra ainda suficientemente genérica para que possa ser usada em qualquer das fases de projeto (desde o programa preliminar até à assistência técnica), desde que acauteladas as especificidades de cada uma delas.

5. Conclusões

O trabalho desenvolvido visou analisar o potencial da interoperabilidade entre as metodologias do BIM e o software de normalização ProNIC, aplicando-o a um estudo de caso sobre um estacionamento subterrâneo de um prédio comercial. Para que seja possível implementar a ligação entre o BIM e o ProNIC é necessário que a interoperabilidade adotada tenha um formato aberto (IFC) em vez de depender de uma só aplicação. Esta simbiose origina ganhos em construção nova bem como na reabilitação, permitindo que a informação produzida seja compilada e organizada de forma automática. O estudo permitiu concluir que existe a possibilidade de interoperar objetos BIM com a aplicação ProNIC, não só na especialidade de instalações prediais como em todas as outras especialidades. Associar o BIM ao ProNIC apresenta vantagens significativas pois assim, é possível complementar a informação de um com a informação do outro, de modo a obter um produto final completo, face às exigências legislativas, além das vantagens que cada um apresenta individualmente. Uma das limitações do presente estudo prende-se com o fato da metodologia proposta ainda não ter tido a possibilidade de ser testada após o seu desenvolvimento. Considera-se que teria sido bastante

enriquecedor para o trabalho desenvolvido se a metodologia proposta tivesse tido a possibilidade de ser testada informaticamente, mas tendo em conta a dimensão do caso de estudo e os temas abordados não foi ainda possível avançar neste sentido.

Perspetivam-se como desenvolvimentos futuros o desenvolvimento informático da metodologia proposta, a modelação das restantes especialidades do edifício em estudo bem como dos restantes pisos do edifício. Configura-se como uma mais-valia, para testar a metodologia proposta, definir-se o algoritmo da metodologia desenvolvida para que as conclusões da interoperabilidade possam ser estendidas.

Referências

- [1] Monteiro, A., Martins, J. (2011). *Building Information Modeling - Funcionalidades e Aplicação*. pp.1–11.
- [2] Gonçalves, I. (2014). *Aplicação do BIM ao projeto de estruturas*. Tese de Mestrado. Instituto Politécnico de Viana do Castelo Available at: http://repositorio.ipvc.pt/bitstream/123456789/1308/1/Ismael_Goncalves.pdf.
- [3] Henriques, A. (2012). *Integração do ProNIC em ambiente BIM: Um modelo para o trabalho em ambiente colaborativo*, Tese de Mestrado,
- [4] Sá, J., (2014). *Modelação de Estruturas em BIM – Aplicação à Extração Automática de Quantidades*. Tese de Mestrado,
- [5] EngenhariaCivilDiária, 2015. *Vantagens e Desvantagens do BIM* | Engenharia Civil Diária. Consultado em: <https://engenhariacivildiarria.com/2015/02/13/vantagens-e-desvantagens-do-bim/> [Acedido Junho 20, 2017].
- [6] Azhar, S., 2011. *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry*. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), pp.241–252. Consultado em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000127> [Acedido Outubro 7, 2016].
- [7] Lopes, J. (2017). *Interoperabilidade entre objetos BIM e a aplicação ProNIC na especialidade de Instalações Prediais*. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade Nova de Lisboa.
- [8] Consórcio ProNIC, 2015. *Memorando ProNIC*, pp.1–11.
- [9] Campos, R.C., 2014. *Aplicação da Metodologia ProNIC a Obras Ferroviárias- Princípios Gerais e Via-férrea*. Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [10] Couto, P.; Raposo, S.; Salvado, A.; e Gonçalves, L., 2011. *Contribuição do ProNIC para o Observatório das Obras Públicas*. 2.º Fórum Internacional de Gestão da Construção - GESCON 2011, p.p.1-11.
- [11] Hyperhot, 2016. *Work Breakdown Structure*. Consultado em: http://www.hyperhot.com/pm_wbs.htm [Acedido Maio 2, 2016].
- [12] Barateiro, J., Couto, P., Falcão Silva, M.J., Salvado, F. (2016). *IFC interoperability for BigData integration ina BIM collaborative environment*, 41th IAHS World Congress on Housing – Sustainability and Innovation for the Future (41IAHS), 13 a 16 de setembro, Albufeira, Portugal, Paper ID 491.
- [13] Salvado, F., Falcão Silva, M.J., Couto, P., Barateiro, J., Vale Azevedo, A. (2016). *Interoperabilidade entre sistemas de informação: Aplicação a modelos BIM no setor AECO*. 2º Encontro nacional sobre qualidade e inovação na construção (QIC 2016), 21 a 23 de novembro, LNEC, Lisboa, Portugal, Comunicação 51.

CONTRIBUTOS PARA UM CICS NACIONAL, EM CONFORMIDADE COM A NORMA ISO 12006

Teresa Poêjo⁽¹⁾, Paula Couto⁽²⁾, Maria João Falcão Silva⁽²⁾, Fernando F. S. Pinho⁽¹⁾

(1) Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

Resumo

A normalização procura a definição, a unificação e a simplificação, recorrendo para o conseguir às Normas. A existência de Normas para a construção é fundamental para a segurança e conforto de pessoas e bens.

O presente trabalho pretende contribuir para a definição de um Sistema de Classificação da Informação na Construção (em inglês CICS) Nacional que represente a complexidade dos processos do setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) e que contribua para o desenvolvimento dos modelos BIM, modernizando os processos de planeamento, projeto, construção, operação e manutenção dos empreendimentos. Este estudo baseia-se na análise de várias normas ISO que auxiliam esta matéria, com enfoque na Norma ISO 12006-2:2015 e em outros sistemas de classificação, nacionais e internacionais, já existentes.

A Norma ISO 12006-2:2015, propõe uma estruturação para os CICS a desenvolver e, com base nesta, foi definida uma proposta para um CICS nacional, consubstanciada num DNP (Documento Normativo Português) Guia técnico de apoio, que expõe a análise e estudo dessa norma internacional e a aplicação desta em Portugal. Deste modo, pretende-se definir as tabelas de classificação relevantes e as respetivas codificações a considerar num CICS nacional.

1. Introdução

A evolução na sociedade atual permitiu que cada vez mais haja uma quantidade maior de informação trocada entre os mais diversos setores, sendo o setor da construção um exemplo desta situação. Existe então uma tendência crescente da quantidade de informação produzida e das exigências da qualidade da mesma. Para tal a ISO tem produzido Normas com o objetivo de uniformizar a classificação e troca de informação, como é o caso da ISO 12006-2:2015 [2]

e ISO 12006-3:2007 [1], que têm como objetivo orientar a estruturação de sistemas de classificação da informação na construção. Num âmbito geral, o sistema de classificação definido de acordo com estas Normas terá que abranger todo o ciclo de vida do empreendimento e conseguir tratar uma grande quantidade de informação proveniente de uma grande variedade de trabalhos de construção e serviços adjacentes [2].

Visando todas as vantagens adjacentes à adoção das metodologias BIM, existe cada vez mais um esforço para criar/rever legislação e documentos normativos relacionados com o BIM. Para tal efeito foi criada, pelo IPQ, a CT197 que foca os processos e as metodologias BIM. Esta foi criada com a função de identificar os diversos usos BIM e instrumentos disponíveis, mapear de processos e trocas de informação, desenvolver guias metodológicas e dar apoio à implementação BIM na indústria da construção. A CT197 é a entidade responsável pelo desenvolvimento da normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção. A indústria da construção teve uma significativa adesão a esta Comissão Técnica, que foi uma mais-valia muito importante para levar Portugal no caminho da digitalização e normalização do BIM. Deste modo, a Comissão Técnica 197 – BIM foi criada, com o objetivo de acelerar o desenvolvimento dos trabalhos no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção. A CT197 coordena 4 Subcomissões de Trabalho [9].

O trabalho desenvolvido apresenta uma proposta de Guia de aplicação da ISO 12006, sendo um Guia por definição um Documento Normativo Português que tem como objetivo geral o auxílio na análise de uma Norma ou o estabelecimento de recomendações de boas práticas para diversas atividades abrangidas por Normas. No desenvolvimento do Guia e respetiva proposta de CICS nacional foram consideradas como referências: diversas Normas, tendo como base principal a ISO 12006-2:2015 [2]; o CICS do Reino Unido, Uniclass2015 [6]; e a base de dados de conhecimento português ProNIC [7]. Foram ainda considerados, para efeitos de forma e estruturação dos conteúdos, o DNP Guia 4:2016 – Detecção de fugas em instalações frigoríficas [3], elaborado pela subcomissão SC1 – Frio Industrial da Comissão Técnica de Normalização CT56 Frio: Instalações e aplicações frigoríficas do IPQ e o Guia 2 – Classificação da informação no BIM [4], versão de 24 de abril de 2017, elaborado pela ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. O Guia 2 apresenta a forma como o sistema de classificação da informação no BIM pode ser feito, de acordo com vários sistemas de classificação existentes no país e como estas classificações podem contribuir para a automatização de diversas tarefas a partir do modelo BIM, bem como a sua relação com a documentação existente. Deste modo, mesmo sendo um Guia de um país em que a proposta de CICS é diferente, conseguiu-se ter uma ideia da abordagem que se pretendia para o Guia proposto.

O Guia tem por base os seguintes capítulos: i. Preâmbulo; ii. Introdução; iii. Objetivos; iv. Referências; v. Enquadramento; vi. Generalidades; vii. ISO 12006-2:2015; viii. Aplicação Nacional; ix. Bibliografia.

O Preâmbulo apresenta o contexto em que se desenvolveu este trabalho e a Introdução enquadra o tema que se aborda na proposta de Guia de aplicação. No capítulo seguinte, apresentam-se os

objetivos pretendidos com este documento e nas Referências expõem-se os documentos de apoio a este. No Enquadramento, faz-se a ligação entre as referências e a sua aplicação prática no contexto da elaboração do Guia. Nas Generalidades contextualizam-se termos e aplicabilidades para melhor perceção dos capítulos seguintes. No capítulo vii faz-se um enquadramento dessa Norma, para melhor compreensão das decisões tomadas no capítulo seguinte, onde se elabora uma proposta de CICS, aplicada ao contexto nacional.

2. Modelo de classificação proposto

O modelo de classificação proposto baseia-se na análise da ISO 12006-2:2015 [2], na medida em que esta dá as diretrizes para a formação de um CICS que inclua todas as fases de construção e seja abrangente para poder ser adaptado por qualquer país e organização. Esta norma define uma estrutura para sistemas de classificação de informação relacionada com a indústria da construção e identifica um conjunto de tabelas recomendadas, bem como as suas nomenclaturas para um universo abrangente de classes de objetos da construção. Além desta referência, o modelo de classificação proposto resulta da revisão de outra proposta de metodologia na fase inicial [5], do estudo dos princípios e organização do sistema de classificação do Reino Unido, Uniclass2015 [6], e do contributo da ferramenta ProNIC [7]. Na Tabela 1 faz-se a comparação direta entre as tabelas das referências mais relevantes e as do CICS proposto.

Tabela 1: Tabelas de classificação definidas pela ISO 12006-2:2015, elaboradas pela Uniclass2015 e propostas para o CICS Nacional (continua).

ISO 12006-2:2015		Uniclass2015		Proposta de CICS	
Abrev.	Tabela	Abrev.	Tabela	Abrev.	Tabela
A.2	<i>Construction information</i>	FI	<i>Form of information</i>	IC	Informação da construção
A.3	<i>Construction products</i>	Pr	<i>Products</i>	Pr	Produtos
A.4	<i>Construction agents</i>	-	-	Ag	Agentes
A.5	<i>Construction aids</i>	TE	<i>Tools and Equipment</i>	FE	Ferramentas e equipamentos
A.6	<i>Management</i>	PM	<i>Project management</i>	GD	Gestão e Direção
A.7	<i>Construction process</i>	-	-	Po	Processos de construção

Tabela 1: Tabelas de classificação definidas pela ISO 12006-2:2015, elaboradas pela Uniclass2015 e propostas para o CICS Nacional.

ISO 12006-2:2015		Uniclass2015		Proposta de CICS	
Abrev.	Tabela	Abrev.	Tabela	Abrev.	Tabela
A.8	<i>Construction complexes</i>	Co	<i>Complexes</i>	Em	Empreendimentos
A.9	<i>Construction entities</i>	En	<i>Entities</i>	En	Entidades
A.10	<i>Built spaces</i>	SL	<i>Spaces/ locations</i>	EL	Espaços/ locais
A.11	<i>Construction elements</i>	EF	<i>Elements/ functions</i>	E/F	Elementos/ Funções
A.12	<i>Work results</i>	-	-	-	-
A.13	<i>Construction properties</i>	-	-	Pp	Propriedades
-	-	Ac	<i>Activities</i>	-	-
-	-	Ss	<i>Systems</i>	Ss	Sistemas
-	-	Zz	CAD	Zz	CAD

Deste modo, após a análise das tabelas de classificação definidas pela ISO12006 e das elaboradas pela Uniclass2015 é viável para um sistema de classificação português admitir as tabelas propostas na Tabela 1 e explicadas no ponto seguinte.

3. Tipologia do sistema de classificação

Os sistemas de classificação podem ter níveis de especificação (por exemplo classes e subclasses), sendo assim estruturas hierarquicamente organizadas, mas também podem ter níveis de ordens de composição, formando assim uma estrutura hierarquicamente composta. Deste modo, numa estrutura hierarquicamente organizada, as classes subordinadas constituem subclasses do tipo da classe subordinante, enquanto numa estrutura hierárquica composta, as classes subordinadas constituem subclasses com elementos que fazem parte da classe subordinante [2]. A Figura 1 ilustra os conceitos referidos, mostrando uma combinação de uma estrutura hierarquicamente organizada e composta.

Note-se que o modelo proposto pela ISO 12006-2:2015 [2] não recomenda qualquer tipo de classificação a adotar, permitindo assim que cada entidade ou interveniente opte pela tipologia que melhor se adapta à realidade que pretende classificar.

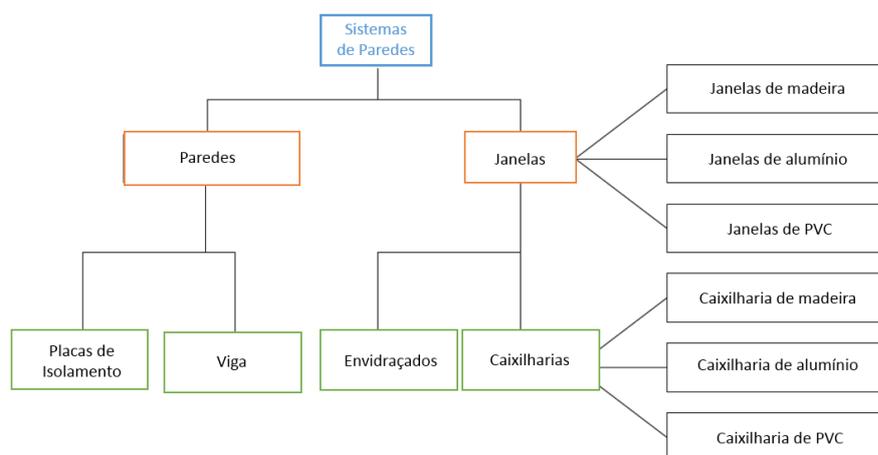


Figura 1: Exemplo de uma estrutura hierarquicamente organizada e composta [2]

4. Tabelas de classificação propostas

As tabelas e os princípios de especialização de cada tabela caso a caso foram analisados, de forma a estarem em concordância com as necessidades do setor AECO nacional para o qual esta classificação se direciona. Na Tabela 2 encontram-se resumidas as abreviaturas e designações das tabelas de classificação propostas pela Norma ISO 12006-2:2015 [2], bem como as características das tabelas propostas para um possível CICS, de acordo com a realidade portuguesa.

Tabela 2: Tabelas da Norma ISO 12006-2:2015 e propostas para o CICS Nacional (continua).

ISO 12006-2:2015		Proposta de CICS Nacional			
Abrev.	Tabela	Abrev.	Tabela	Princípio de especialização Proposto	Definição
A.2	Informação da construção	IC	Informação da construção	Conteúdo	Estrutura as formas de comunicar (Ex: contrato, horários, mapa de quantidades, etc.)
A.3	Produtos de construção	Pr	Produtos	Função	Especifica os produtos individuais utilizados na construção (Ex: produtos primários, pregos, etc.)
A.4	Agentes de Construção	Ag	Agentes	Função que desempenha	Especifica os envolvidos no processo construtivo (Ex: cliente, empreiteiro, etc.)
A.5	Ajudas de Construção	FE	Ferramentas e equipamentos	Função	Descreve objetos que são aplicados na manutenção e na construção (Ex: veículos, camiões basculantes, etc.)

Tabela 2: Tabelas da Norma ISO 12006-2:2015 e propostas para o CICS Nacional (continua).

ISO 12006-2:2015		Proposta de CICS Nacional			
Abrev.	Tabela	Abrev.	Tabela	Princípio de especialização Proposto	Definição
A.6	Gestão	GD	Gestão e Direção	Atividades de gestão ou direção	Especifica as atividades de gestão (Ex: custos, administração, etc.)
A.7	Processos de construção	Po	Processos de construção	Atividades de construção	Descreve as atividades ligadas ao processo construtivo (Ex: preparação para inícios de trabalho, etc.)
A.8	Tipos de Construção	Em	Empreendimentos	Função	Descreve os projetos de forma geral (Ex: infraestruturas de transportes, infraestruturas industriais, etc.)
A.9	Entidades	En	Entidades	Função	Descreve coisas concretas (Ex: estradas, pontes, túneis, etc.)
A.10	Espaços/ locais	EL	Espaços/ Locais	Função	Descreve locais onde podem ser consideradas várias atividades ou apenas uma atividade (Ex: salas de aulas, cozinhas, etc.)
A.11	Elementos	E/F	Elementos/ Funções	Posição e forma	Reúne os principais componentes de uma estrutura (pilares, paredes, etc.)
A.12	Resultados da Construção	-	-	-	-
A.13	Propriedades da Construção	Pp	Propriedades	Tipo de propriedade	Estrutura as propriedades e características dos objetos físicos (peso, massa volúmica, desempenho em relação ao fogo, etc.)
-	-	Ss	Sistemas	Função	Conjunto de componentes que na totalidade do seu conjunto cria um elemento ou desempenha uma função (Ex: um telhado inclinado, com o respetivo isolamento, telhas, estrutura, etc.)

Tabela 2: Tabelas da Norma ISO 12006-2:2015 e propostas para o CICS Nacional.

ISO 12006-2:2015		Proposta de CICS Nacional			
Abrev.	Tabela	Abrev.	Tabela	Princípio de especialização Proposto	Definição
-	-	Zz	CAD	Função	Organiza ficheiros CAD (Ex: legendas, elementos topográficos)

As tabelas propostas foram escolhidas para fazer parte de um CICS nacional, pois nestas tabelas é possível enquadrar atributos que se julgaram importantes para o setor AECO. As características e a aplicabilidade das tabelas num contexto prático são descritas seguidamente.

As tabelas “**Produtos**” **Pr** [8] e “**Propriedades**” **Pp** apresentam os dados primários dos objetos virtuais: a sua constituição e quais as propriedades que podem ser vinculadas a estes. Deve haver uma tentativa de abranger quase todos os materiais usualmente utilizados na construção, ou pelo menos os de maior comercialização. A tabela “**Produtos**” **Pr** serve para classificar os produtos ou componentes que irão ser incorporados ou se tenciona incorporar nas instalações. Esta tabela pode ser utilizada para o desenvolvimento de bases de dados de produtos, elaboração de catálogos de produtos de construção, catalogação de Normas de produtos de construção, especificações de produtos de construção, informação genérica de produtos de construção e elaboração de encomendas de produto de construção. A tabela “**Propriedades**” **Pp** [8] permite estruturar as propriedades e características dos objetos físicos. Esta pode ser utilizada para organização técnica de documentos, estruturação de base de dados de produtos, estruturação de tabelas adicionais de produtos por atributos primários e definição de exigências para projetos e recursos em geral.

Uma das principais formas de representar o carácter evolutivo dos projetos é caracterizar as diferentes etapas ou fases do seu processo. Normalmente isto é resumido ao estudo da viabilidade, estudos preliminares, projetos básicos e projetos executivos. A tabela “**Processos de construção**” **Po** funciona como uma lista de verificação para definir que processos devem ser desenvolvidos para gerar documentos que sejam requeridos. Além disso, outro uso relevante desta tabela é a adequada caracterização de atividades para fins de acompanhamento de custos de projeto, fornecendo uma subdivisão adequada, passível de ser seguida em diferentes empreendimentos, mas mantendo condições de comparação de desempenho entre eles. Deste modo, esta tabela pode ser utilizada para elaboração de orçamentos de execução e organização de métodos de construção.

Durante o processo construtivo, e em todas as transações recorrentes deste, é necessário conhecer os intervenientes em cada etapa do processo e torna-se importante complementar e descrever objetos aplicados na manutenção e na construção. Este facto é consubstanciado nas tabelas “**Agentes**” **Ag** e “**Ferramentas e equipamentos**” **FE**. A tabela “**Agentes**” **Ag** está relacionada com as funções e conhecimentos dos intervenientes no processo construtivo, que contribuem para o desenrolar do conjunto de atividades da construção. A tabela “**Ferramentas**

e equipamentos” FE permite classificar todos os recursos que são utilizados no processo construtivo, mesmo os que não vão ser incorporados nas instalações. Esta tabela pode ser utilizada para preparação de planos de estaleiro, elaboração de lista de preços de equipamento, elaboração de lista de preços de aluguer de equipamento e bases de dados sobre o estaleiro.

A tabela **“Entidades” En** reúne os principais componentes de uma estrutura, esta pode ser utilizada para a definição de especificações de obras de construção civil ou engenharia civil, elaboração de mapa de quantidades, elaboração de orçamentos de execução, denominação de *“Layer’s”* em CAD e informação histórica de custos.

Uma classificação básica é a dos elementos, pois estes constituem a base para estabelecer uma construção virtual e estarão presentes desde o estágio de conceção até ao estágio de utilização. Ou seja, esta tabela aplica-se para classificar as partes físicas dos edifícios / construções, podendo ser utilizada para análise de soluções técnicas, especificações, informação histórica do projeto e gestão da construção, bem como de custos e mapas de quantidades. A tabela **“Elementos/funções” E/F** foi complementada com o termo *“funções”*, uma vez que a classificação de objetos de acordo com a tabela elementos assume particular dificuldade, já que determinado objeto pode ser classificado como um elemento e ter mais do que uma função. Ao agregar a noção de *“função”* passa a ser possível classificar *“elementos com a função de”*, deste modo reduzem-se incongruências e aumenta-se a abrangência e flexibilidade da tabela. Ao introduzir este conceito é possível estabelecer a ligação entre os Elementos / Funções e os produtos, criando a possibilidade de classificar mais objetos.

A tabela **“Empreendimentos” Em** tem como função classificar estruturas físicas e as suas envolventes, podendo estas servir para uma ou mais funções. Esta tabela pode-se aplicar à elaboração de regulamentos, exigências de projeto, informação histórica de preços e informação sobre gestão patrimonial. Assim, ao estar em sintonia com diversos regulamentos, quando é necessário aplicar determinadas regras, é possível efetuar uma verificação automática, por exemplo de condições de iluminação e ventilação.

A tabela **“Espaços/locais” EL** aplica-se à classificação de zonas, dentro ou na envolvente dos empreendimentos, delimitados por fronteiras reais ou teóricas. Esta é relevante para obter informação genérica para o projeto, especificações do projeto e para a organização de desenhos de projeto. Tal como na tabela *“Empreendimentos”*, esta de *“Espaços/locais”* pode também ter regulamentos de modo a que quando é necessário estes serem aplicados possa haver uma verificação automática, por exemplo de equipamento e mobiliário.

Na tabela **“Informação da Construção” IC** encontram-se itens de legislação, documentos e dados que devem ser gerados pelas empresas envolvidas ao longo do processo de projeto e outra documentação necessária no processo construtivo. Através dela torna-se mais fácil a elaboração de sistemas de tratamento de dados e de fluxos de processos, os quais podem contribuir para a maior produtividade da gestão do empreendimento.

A tabela **“Gestão e Direção” GD** destina-se a classificar as atividades relacionadas com a gestão dos aspetos logísticos, legais e financeiros de todo o processo construtivo, nas diferentes fases deste, tal como projeto, produção, manutenção ou utilização. Através desta tabela pode

ser obtida informação sobre comunicação, formação, finanças, contabilidade, controle de custos, análise de custos e planos de produção.

No que se refere à tabela “**Resultados da Construção**”, e tendo por base a análise do sistema de classificação do Reino Unido, Uniclass2015, concluiu-se que esta era redundante e foi retirada, já que, um objeto poderia ser classificado por duas tabelas (caso de um tijolo, que poderia ser classificado pela tabela “Produtos” e pela tabela “Resultados da Construção”). Com efeito, concluiu-se que qualquer tabela pode ser utilizada para estruturar uma descrição de “resultados” [6].

A tabela “**Sistemas**” **Ss** apresenta o conceito da utilização de um conjunto de componentes que são agrupados para executar determinada função. Esta tabela pode ser utilizada para a análise de soluções técnicas, gestão da construção, planeamento de custos e mapa de quantidades. A tabela “**CAD**” **Zz** é relevante para a estruturação de uma classificação internacional do processo construtivo dado que pode ser utilizada para a numeração de desenhos, denominação de “*Layer’s*” em CAD, livrarias CAD e informação genérica para desenhos.

Para além das tabelas propostas fizeram-se alterações, que se consideraram relevantes, a vários níveis e acrescentou-se a tabela “Sistemas”, introduzindo o conceito da utilização de um conjunto de componentes que são agrupados para executar determinada função e a tabela CAD, pelas razões referidas anteriormente. Ao introduzir este conceito é possível estabelecer a ligação entre os “Elementos / Funções” e os “Produtos”, criando a possibilidade de classificar mais objetos

Além das alterações já referidas anteriormente, a tabela “Elementos” foi complementada com o termo “funções”, uma vez que a classificação de objetos de acordo com a tabela “Elementos” assume particular dificuldade, já que, determinado objeto pode ser classificado como um elemento e ter mais do que uma função, tal como já referido anteriormente. Ao agregar a noção de “função” passa a ser possível classificar “elementos com a função de”, deste modo reduzem-se incongruências e aumenta-se a abrangência e flexibilidade da tabela.

Não existe objeção a que seja utilizado outro tipo de princípio de especialização, razão pela qual se considera que o modelo proposto é flexível.

4. Conclusões

Através da análise e estudo de diferentes Normas ISO, em particular da Norma ISO 12006-2:2015, do sistema de classificação da informação da construção do Reino Unido, Uniclass2015, e da ferramenta portuguesa ProNIC foi possível concluir a melhor forma de estruturar o CICS nacional e definir quais as tabelas relevantes para este. Esta proposta seguiu a estrutura proposta pela ISO 12006-2:2015, com alguns ajustes, e foi complementada com conceitos existentes no Uniclass2015.

Desta forma, foi atingido o principal objetivo desta dissertação, que era a elaboração de um DNP Guia, que poderá vir a constituir um documento integrante do acervo português, tornando este Guia técnico de aplicação da Norma ISO 12006-2:2015 um passo importante para a implementação de um sistema de classificação a nível nacional. A Norma ISO 12006-2:2015

estabelece as diretrizes gerais para desenvolver um sistema de classificação no setor da construção e/ou desenvolver as respetivas tabelas de classificação. Espera-se desta forma que a partir deste Guia seja mais fácil a adaptação nacional.

Referências

- [1] ISO 12006-3:2007 – Building construction - Organization of information about construction works – Part 3: Framework for object-oriented information. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/38706.html> [Acedido a 12 de junho de 2017].
- [2] ISO 12006-2:2015 – Building construction - Organization of information about construction works – Part 2: Framework for classification. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/61753.html> [Acedido a 12 de junho de 2017].
- [3] IPQ DNP Guia, 2016. Documento Normativo Português DNP Guia 4:2016 – Detecção de fugas em instalações frigoríficas. Instituto Português da Qualidade.
- [4] ABDI Guia 2, 2017. Guias BIM ABDI – Guia 2 Classificação da Informação BIM. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.
- [5] Nunes, H. M., 2016. Sistemas de Classificação de Informação da Construção. Proposta de metodologia orientada para objetos BIM. Departamento de Engenharia Civil, FCT-UNL.
- [6] Delany, S., 2017c. Classification: View and download the classification tables. Technical support – NBS BIM Toolkit. Disponível em: <https://toolkit.thenbs.com/articles/classification/#classificationtables> [Acedido a 30 de maio de 2017].
- [7] Couto, P.M., 2009. ProNIC®, Sistema de Geração e Gestão de Informação Técnica para Cadernos de Encargos.
- [8] Gomes, A. C. C., 2018. Contributos para um CICS Nacional: Tabelas de produtos de construção e de propriedades. Departamento de Engenharia Civil, FCT-UNL.
- [9] CT197, 2017a. Apresentação CT197 BIM. Disponível em: <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/apresentacao> [Acedido a 15 de maio de 2017].

DESENVOLVIMENTO DE GUIA DE CONTRATAÇÃO BIM PARA O CONTEXTO PORTUGUÊS

António Aguiar Costa⁽¹⁾, Bruno de Carvalho Matos⁽²⁾, Diogo Drumond⁽³⁾, Inês Rodrigues⁽⁴⁾

(1) CERIS/Instituto Superior Técnico, Lisboa

(2) Teixeira Duarte, Oeiras

(3) A400, Porto

(4) Plano Oblíquo, Carcavelos

Resumo

Este artigo pretende apresentar o “Guia de Contratação BIM”, desenvolvido pela Task Force “Contratação BIM”, constituída no seio da Comissão Técnica de Normalização BIM Nacional (CT197-BIM). O Guia foi desenvolvido com o objetivo de apoiar empresas, entidades e particulares na contratação de serviços BIM na indústria da construção.

Neste sentido, primeiramente, o artigo analisa o processo de contratação de serviços BIM e apresenta algumas diretrizes fundamentais para a sua correta aplicação na construção de empreendimentos. De seguida são apresentadas algumas das especificidades inerentes ao processo de contratação BIM e analisados os instrumentos metodológicos propostos para as abordar: requisitos de informação BIM, que os concorrentes deverão implementar no âmbito do empreendimento de construção; formulários de aferição das capacidades BIM, que devem ser submetidos pelo concorrente em conjunto com a sua proposta; e condições gerais consideradas relevantes na contratação de serviços BIM, que, para facilitar a formalização do contrato, devem fazer parte integrante de uma adenda contratual.

1. Introdução

O Building Information Modelling (BIM) [1, 2] surge na indústria da construção como uma solução de modernização e de reestruturação, estimulando a colaboração entre os seus agentes, incentivando a desmaterialização e elevando a importância de se obterem melhores desempenhos e processos mais eficientes. O BIM é visto como uma tecnologia, mas também como uma nova metodologia de trabalho. Por um lado, é uma tecnologia 3D que torna virtual o edifício ou a infraestrutura e que incorpora toda a informação existente gerada ao longo do ciclo de vida, permitindo a sua organização, gestão, acesso e utilização e, por outro, é uma metodologia de trabalho colaborativa, que permite a implementação de processos de forma ágil, sendo capaz de valorizar de uma forma ímpar a informação gerada na indústria da construção.

O BIM é apenas o lado visível de um paradigma maior de digitalização, no qual a informação, a simulação e a otimização surgem de uma forma disruptiva. Os desafios inerentes ao BIM são diversos, passando pela estruturação de sistemas de classificação, levantamento e mapeamento de processos, integração da fileira da construção, criação de bibliotecas de objetos e suas propriedades, apoio à implementação de metodologias BIM, integração de sistemas de gestão de ativos, integração de sistemas de monitorização e simulação de cenários recorrendo a realidade virtual, entre outros.

Dada a extensa cadeia de fornecimento envolvida na indústria da construção, torna-se assim importante desenvolver ferramentas que assistam na estruturação da cadeia de valor em torno dos processos BIM. É neste contexto que surge o Guia de Contratação BIM [3]. O objetivo deste guia passa por encorajar a contratação BIM e apoiar a sua correta aplicação. Não pretende ser um guia exaustivo, mas um documento de apoio ao meio técnico, em termos de formação e da execução de contratos de desenvolvimento e de implementação de processos e metodologias BIM.

O Guia de Contratação BIM foi desenvolvido pela Task Force “Contratação BIM”, constituída no seio da Comissão Técnica de Normalização BIM Nacional (CT197-BIM), e resultou de um trabalho de colaboração entre vários intervenientes da fileira da construção. O seu desenvolvimento teve a duração de cerca de 6 meses, durante os quais foram feitas reuniões quinzenais.

2. Enquadramento

O Guia de Contratação BIM surge no contexto da digitalização da indústria da construção, inspirando-se nos documentos normativos já publicados neste âmbito pelo Reino Unido (em especial a PAS1192-2 e PAS1192-3) e na norma internacional em desenvolvimento (ISO 19650). Para além destes, considerou toda a documentação disponibilizada pelo UK BIM Task Group, entidade suportada pelo governo britânico que liderou a estruturação e regulamentação da indústria no âmbito do BIM.

Este Guia teve por objetivo apoiar empresas, entidades e particulares na contratação de serviços na indústria da arquitetura, engenharia e construção utilizando processos e metodologias BIM. Dado o caráter embrionário do BIM em Portugal, surgiu como natural a opção por um documento sob a forma de Guia, que explicasse o processo de contratação de serviços BIM e apresentasse algumas diretrizes fundamentais para a correta contratação da metodologia BIM na construção de empreendimentos, sempre alinhado com as boas práticas da contratação em geral [4].

O Guia deve ser visto como um documento de apoio à implementação de boas práticas, que segue as recomendações existentes e as principais normas internacionais [5-10], devendo sempre ser adaptado e revisto para cada caso, idealmente por especialistas em BIM. A formulação do Guia foi, por isso, pensada de forma a ter em conta as condições gerais de qualquer contratação de serviços BIM, propondo uma estrutura que permite acautelar especificidades inerentes a todo o tipo de contratação BIM.

A aplicação do Guia pressupõe a continuidade dos procedimentos contratuais existentes, sugerindo a integração de documentos específicos para a contratação BIM em adição aos documentos gerais. O Guia apresenta assim uma lista de requisitos BIM que os concorrentes deverão cumprir no âmbito do empreendimento de construção, e que deverão depois ser

incorporados no Plano de Execução BIM. Para facilitar a análise das competências BIM dos concorrentes, são ainda propostos formulários de aferição das capacidades BIM, que devem ser submetidos pelo concorrente em conjunto com a sua proposta. Por fim, para facilitar a formalização contratual, é ainda apresentada uma adenda contratual que contém as condições gerais consideradas relevantes na contratação destes serviços.

3. Processo de contratação

A metodologia BIM aumenta a complexidade dos processos de contratação tradicionais. Com o BIM, a Entidade Contratante deve definir desde cedo a sua estratégia de gestão de informação, a par da definição dos usos e características do empreendimento. Esta nova camada de informação torna o processo produtivo dos prestadores de serviço relevante para os objetivos da Entidade Contratante, devendo este ser alvo de discussão e ajuste face aos objetivos globais. O processo de contratação deve assim ser adaptado para refletir este aumento de complexidade. Para responder a esta necessidade, as peças do procedimento preparadas pela Entidade Contratante devem conter documentos específicos relativos à metodologia BIM:

- **Requisitos de informação** - Documento que lista a estratégia de gestão da informação por parte da Entidade Contratante, indicando os requisitos relevantes para a criação, processamento, transmissão e organização da informação;
- **Formulários de aferição de capacidades BIM** - Estes formulários permitirão aferir as capacidades BIM dos concorrentes e efetuar comparações entre eles através de um sistema de pontuação;
- **Adenda contratual BIM** - Adenda ao Caderno de Encargos com a definição das principais cláusulas aplicáveis à contratação da prestação de serviços BIM, complementares às cláusulas habituais dos contratos.

A entrega de um serviço BIM reveste-se assim de particularidades que deverão ser definidas e aprovadas. Note-se que o caráter colaborativo dos processos BIM obriga à integração dos vários processos referentes a diversos intervenientes e à constante partilha de informação, tornando imperativo que cada novo membro da cadeia de valor integre os seus processos em articulação com os dos membros existentes. Para garantir a necessária coordenação de todos os processos, surge o documento intitulado Plano de Execução BIM (PEB), que descreve a forma como cada membro produzirá os serviços da sua responsabilidade e indica os moldes nos quais a informação será integrada e disponibilizada para os restantes membros (Figura 1).

A resposta dos concorrentes ao procedimento concursal deverá conter os documentos nele solicitados, de entre os quais os que dizem respeito à metodologia BIM:

- PEB Pré-Contrato - documento que consiste na descrição dos processos e da informação BIM disponibilizada e surge em resposta aos Requisitos de Informação da Entidade Contratante;
- Formulários de aferição de capacidades BIM preenchidos - O concorrente preenche a informação relevante nestes formulários e submete-a como parte integrante da proposta.

Após a seleção do prestador de serviços, o contrato é assinado, tendo em conta a adenda contratual BIM definida no caderno de encargos das peças do procedimento concursal.

Só após a adjudicação surgirá o PEB Pós-Contrato, que corresponde a uma versão incrementada do PEB Pré-Contrato, na qual os objetivos do prestador de serviços e da Entidade Contratante foram alinhados de modo a garantir a fluidez necessária para o processo produtivo BIM.

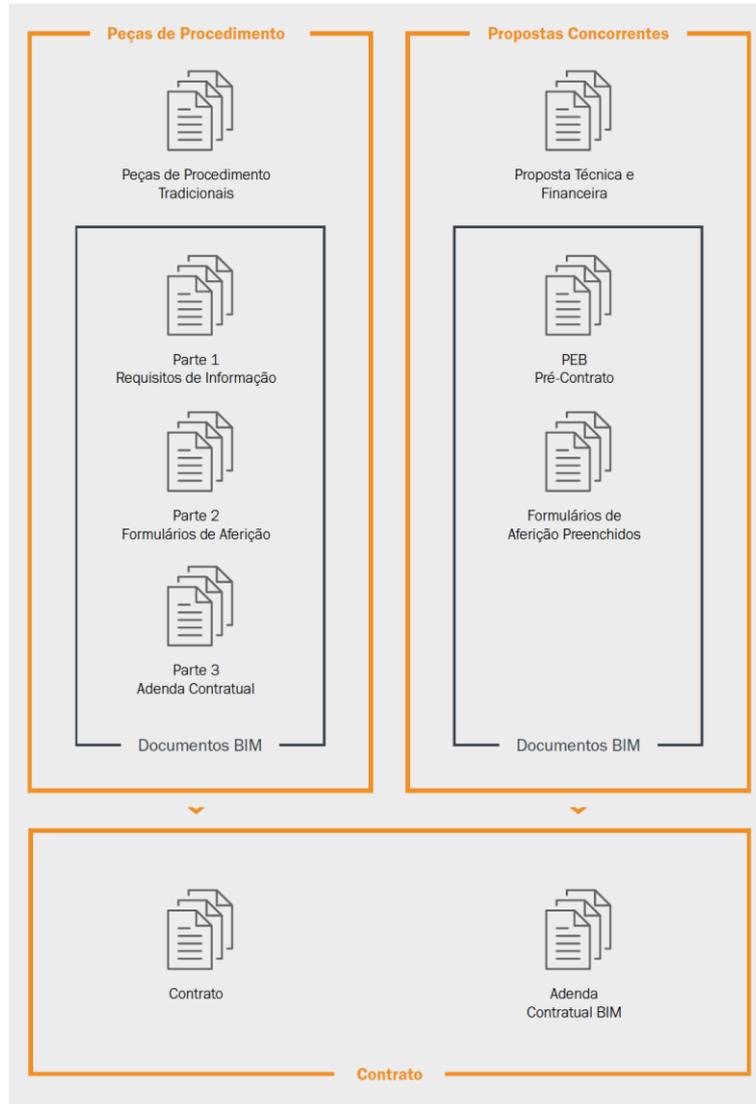


Figura 1- Processo de contratação [3]

4. Requisitos de informação da entidade contratante

Os requisitos de informação da Entidade Contratante, internacionalmente designados por Employer's Information Requirements (EIR), consistem nas exigências mínimas estipuladas pela entidade que procede à contratação dos serviços BIM para o empreendimento.

Dependendo do modo contratual escolhido pela Entidade Contratante, poderão haver diversos intervenientes ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Torna-se assim importante garantir que a informação gerada pelo processo BIM de cada um dos intervenientes seja facilmente difundida para outras entidades. A definição dos requisitos de informação nas peças

do procedimento concursal permitirá à Entidade Contratante estabelecer uma estratégia de gestão da informação coerente e visível para todas as entidades contratadas. Esta estratégia, abrangendo toda a cadeia de serviços incluídos no processo de contratação, deverá assim assegurar a integração das atividades logo desde a fase de conceção, para que na fase de construção sejam exercidas funções essencialmente de coordenação.

Neste sentido, a definição dos Requisitos de Informação da Entidade Contratante permitirá à mesma transmitir a forma e o conteúdo segundo os quais a metodologia BIM a implementar na produção do empreendimento deverá entregar a informação gerada. Para o efeito, e de acordo com o Guia de Contratação BIM proposto, a Entidade Contratante deverá estruturar a entrega de informação para melhor servir os usos futuros dos modelos de informação a produzir, procurando agilizar a gestão da informação e simplificando os processos de transmissão entre os intervenientes.

De acordo com o Guia, os requisitos de informação da Entidade Contratante são organizados em 3 áreas:

- **Comercial:** objetivos e âmbito BIM; usos BIM; direitos de propriedade;
- **Gestão:** funções e atribuições; processos de colaboração; partilha de informação e sistema de autorizações; segurança; gestão da qualidade; entrega e aprovação da informação;
- **Técnica:** softwares e plataformas; formatos para troca de informação; levantamentos, cadastros e informações existentes; sistema de coordenadas e referenciais; níveis de desenvolvimento da informação (em inglês, Levels of Development - LODs); tolerâncias de modelação; nomenclaturas de ficheiros e peças desenhadas; necessidades formativas.

4.1 Requisitos comerciais

O guia de contratação BIM propõe que a definição dos Requisitos de Informação se inicie pela clara identificação das intenções estratégicas da Entidade Contratante, nomeadamente os objetivos gerais da implementação BIM (licenciamento, utilização, operação, manutenção e reparação, etc.), incluindo um planeamento geral para as principais entregas do projeto, no âmbito dos serviços contratados.

De uma forma esquemática, deverá ser definida a estratégia geral da gestão de informação e a sua integração na cadeia de valor da construção do empreendimento.

Dados os passos iniciais destes processos no mercado nacional, é muitas vezes expectável que as Entidade Contratantes apenas pretendam a utilização do BIM em fases isoladas do ciclo de vida do empreendimento (apenas projeto ou construção, por exemplo). No entanto, é importante realçar que os verdadeiros ganhos com a implementação da metodologia BIM surgem da integração de todo o ciclo do empreendimento.

4.2 Requisitos de gestão

Dada a importância da gestão da informação digital, existem novas funções que em processos efetuados através da metodologia tradicional não seriam necessárias. Neste sentido, nos Requisitos de Informação da Entidade Contratante o guia propõe a definição clara de todas as funções e atribuições relativas à metodologia BIM.

Caberá assim à Entidade Contratante definir o modelo contratual para cada interveniente, gerindo e aprovando as respetivas funções e atribuições, e preparar as peças do procedimento concursal para os serviços a contratar. Note-se que a mesma entidade poderá assumir mais do que um tipo de funções e atribuições.

4.3 Requisitos técnicos

Os requisitos técnicos deverão ser bem definidos pela entidade contratante, de modo a agilizar os requisitos definidos anteriormente. Deverão ser definidos protocolos de comunicação, bem como os formatos e versões para as trocas de informação.

No Guia de Contratação produzido sugere-se ainda que sejam definidos os sistemas de coordenadas e os sistemas de classificação a utilizar na produção da informação do empreendimento, assim como os níveis de desenvolvimento pretendidos pela Entidade Contratante.

No sentido de agilizar os requisitos de gestão, a Entidade contratante deverá ainda indicar as informações que considere relevantes ao nível da nomenclatura de ficheiros e peças desenhadas.

5 Formulários de aferição de capacidades BIM

Se no lançamento do concurso existem requisitos que são específicos do BIM, então faz todo o sentido que na avaliação de candidatos e propostas BIM existam fatores e pesos para avaliar tudo o que esteja no âmbito BIM, de modo a garantir que as metas traçadas pela Entidade Contratante possam ser alcançadas com a proposta de capital humano, tecnológico e processual apresentada pelo concorrente.

Embora os modelos de avaliação de candidatos/propostas só tenham efeito quando se está efetivamente a fazer a avaliação, é de inegável importância a sua enunciação e publicitação prévia, a bem da transparência. Por um lado, é relevante para os concorrentes, porque é com base nestes fatores que irão delinear a sua estratégia e apresentar os seus argumentos a concurso; por outro, é pertinente para a entidade adjudicante, na medida em que é à luz destes fatores que irá escolher a proposta economicamente mais vantajosa na ótica do interesse prosseguido.

Deve-se assim garantir que no lançamento do concurso são publicados logo à partida no programa do procedimento os fatores e subfatores que densificam o critério de adjudicação da proposta economicamente mais vantajosa, bem como os respetivos coeficientes de ponderação e escalas de pontuação para cada fator e subfactor, sendo que tanto a avaliação de candidatos como a avaliação de propostas deve ser feita de forma consistente e com base em modelos multicritério abrangentes.

6. Adenda BIM

A Adenda de contrato BIM surge como meio de contratualizar os serviços BIM pretendidos pela Entidade Contratante. Deste modo, deve ser parte integrante do processo de contratação do empreendimento, somando aos documentos de consulta tradicionais. A adenda deve ser utilizada e adaptada em função de cada interveniente, das especificidades de cada empreendimento e das exigências BIM da Entidade Contratante.

No Guia de Contratação desenvolvido foi apresentada uma proposta base de documento para a contratação do Gestor BIM do Empreendimento, que numa fase inicial terá a função de ajudar a definir os requisitos gerais de informação BIM de natureza técnica e de gestão, de modo a assegurar os objetivos, âmbito e usos BIM definidos pela Entidade Contratante.

7. Conclusões

No presente artigo são apresentados os pontos principais do “Guia de Contratação BIM”, desenvolvido pela Task Force “Contratação BIM”, constituída no seio da CT197-BIM. Com este documento pretendeu-se contribuir para a contratação de qualquer tipo de serviços BIM na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção portuguesa, definindo condições gerais que poderão posteriormente ser adaptadas ou complementadas com as especificidades necessárias. Na prática, o guia elaborado apoia as entidades contratantes de serviços BIM através de recomendações para: a definição de requisitos de informação, que posteriormente servirão de base à construção do PEB pelos concorrentes; a aferição de capacidades BIM dos concorrentes; a realização de uma adenda contratual. Todos estes elementos serão um complemento face à documentação tradicionalmente utilizada, devendo este processo ser acompanhado por especialistas em BIM.

Neste sentido, procura-se elevar o grau de maturidade da digitalização na indústria da AEC em Portugal, propondo processos e procedimentos com vista a uma boa contratação e implementação BIM. As recomendações dadas são baseadas em bibliografia publicada por entidades de referência na área do BIM, ao nível internacional.

Referências

- [1] Eastman, Chuck et al. 2011. BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Segunda edição. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-047-05413-7-1.
- [2] Santos, Ruben; Costa, António Aguiar; Grilo, António. 2017. Building Information Modelling research: A Literature Review. *Advanced Engineering Informatics. Automation in Construction* 80, pp. 118-136
- [3] Costa, António Aguiar; Matos, Bruno; Drumond, Diogo; Rodrigues, Inês. 2017. Guia da Contratação BIM. Edição IST. ISBN 978-989-98342-9-3
- [4] Tavares, L. Valadares. 2003. A Gestão das Aquisições Públicas: Guia da aplicação do Código dos Contratos Públicos - Decreto-Lei 18/2008 - Empreitadas, Bens e Serviços. Primeira edição. Lisboa: OPET - Observatório de Prospectiva da Engenharia e da Tecnologia. ISBN 978-989-95697-0-6.
- [5] Davies, N., Woddy, P., Wenman, L., Purvis, R., Light, D., & Seymour-Smith, C. 2016. AEC (UK) BIM Protocol.
- [6] EN ISO 16739 – Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries;
- [7] prEN ISO 29481-1 – Building Information Models - Information Delivery Manual - Part 1: Methodology and Format.
- [8] PAS 1192-5:2015 – Specification for security-minded building information modelling,

digital built environments and smart asset management.

- [9] PAS 1192-2:2013 – Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling.
- [10] PAS 1192-3:2014 – Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling (BIM).

PROPOSTA DE UM MAPA DE PROCESSOS PARA O PROJETO DE EDIFÍCIOS ADEQUADO À REALIDADE PORTUGUESA

Paulo Hugo Pereira⁽¹⁾, Ana Paula Assis⁽²⁾, Miguel Azenha⁽¹⁾

(1) ISISE, Universidade do Minho, Guimarães

(2) Top Informática, Lda., Braga

Resumo

Apesar do reconhecimento da importância da elaboração de Planos de Execução BIM (PEB) para as várias realidades de um empreendimento (particularmente na fase de projeto), é ainda reduzido o número de projetos realizados em Portugal com elaboração específica de PEB, e envolvimento de todas as especialidades de projeto em BIM. Apesar desta realidade, a perspectiva de adoção do BIM tem sido crescente, fruto da consciencialização por parte dos donos de obra que começam cada vez mais a tomar exigências relativamente à adoção de processos BIM. Por outro lado, os esforços crescentes da Comissão Técnica CT197-BIM estão a culminar na emissão de novos documentos de apoio como é o caso do “Guia de contratação” e do “Plano de execução BIM”. No entanto, a generalidade a que estes documentos são obrigados de modo a serem aplicáveis a qualquer tipologia/dimensão de obra e forma de contratação, torna-os relativamente pouco concretos no que diz respeito a projetos correntes de edifícios (que representam uma parte muito significativa do mercado corrente de projeto). O presente trabalho pretende apresentar uma abordagem ao Plano de Execução BIM, do projeto de edifícios, com enfoque nos Mapas de Processos como parte fundamental deste plano. Apresenta-se uma proposta de um Mapa de Processos, dando especial ênfase à modalidade de contratação tradicional, mantendo, no entanto, coerência com a documentação emitida (ou em processo de emissão) por parte da CT197.

1. Introdução

A prática corrente na elaboração de projetos em Portugal traduz-se, em grande parte, numa fragmentação do que deveria funcionar como um todo. As várias especialidades do projeto ainda trabalham generalizadamente de forma separada, onde os processos colaborativos são residuais.

Na maioria das vezes os arquitetos organizam-se em pequenos “ateliers” que prestam serviços apenas de arquitetura. No caso das engenharias, grande parte dos gabinetes não contemplam nos seus quadros, engenheiros para todas as áreas da engenharia, vendo-se assim forçados a adjudicar algumas das especialidades de engenharia a outros gabinetes.

Este tipo de abordagem carece ainda de processos colaborativos entre todos os intervenientes, sobretudo quando esses mesmos intervenientes pertencem a gabinetes distintos onde os métodos e as filosofias de trabalho diferem. De salientar que a figura central de coordenador de projeto, entidade prevista na lei nº 31/2009 de 03 de julho, responsável pela compatibilização de todos os projetos, nem sempre é assumida pelas entidades envolvidas no processo, uma vez que representa um acréscimo de trabalhos e responsabilidades, sendo frequentemente conotado como um processo com mau retorno económico.

Como consequência, estes factos levam a uma descoordenação, ainda em fases sensíveis e precoces do processo, resultando em atrasos nas entregas bem como erros e omissões tais como incompatibilidades entre as especialidades, sendo estas identificadas posteriormente em fase de construção, originando desvios orçamentais e alterações não previstas ao projeto.

A metodologia BIM é a resposta a este problema, tal como foi reconhecido na primeira edição do PTBIM [1]. No entanto, até à data da publicação deste artigo, existe uma enorme carência relativamente à normalização de processos (em particular no contexto nacional), sendo escassos os documentos normativos, recomendações e orientações nos quais os gabinetes se possam apoiar.

Nesse sentido a Comissão Técnica 197 (CT197), que representa Portugal no CEN/TC442, tem sido pioneira nesta área. Publicou recentemente o Guia de Contratação BIM [2], um documento de apoio à contratação de serviços BIM com o objetivo de orientar e recomendar boas práticas nesta área. Esta abordagem de contratação contribui para que exista logo à partida uma harmonia entre os objetivos do dono de obra e as condições que o contratado oferece e se compromete para que esses mesmos objetivos sejam alcançados.

O Plano de Execução BIM, incluído nas definições do Guia de Contratação BIM acima mencionado, especifica os processos que permitirão dar cumprimento aos objetivos do dono de obra. Com efeito, o Plano de Execução BIM é frequentemente considerado como umas das mais importantes ferramentas a definir/despoletar a aplicação do BIM e, neste sentido, proporciona orientações e regras para a sua conceção. Em Portugal a CT 197 está a desenvolver documentação de apoio para a elaboração do Plano de Execução BIM com vista a apoiar os prestadores de serviço para melhor responderem aos requisitos de informação BIM da entidade contratante.

Os processos que ocorrem no desenvolvimento de um projeto em BIM constituem um dos mais importantes instrumentos com vista ao sucesso do projeto de construção, quer na fase de projeto propriamente dita quer nas fases de construção e operação. Cada processo define o procedimento de transformação para obter um determinado conjunto de resultados. A forma como os vários processos se relacionam, bem como as trocas de informação que ocorrem entre eles, podem ser apresentadas graficamente, constituindo assim um Mapa de Processos. Podem coexistir vários níveis de Mapas de Processos, desde aquele que representa as interações dos processos globais até ao que representa fluxos de trabalho de usos BIM.

O presente trabalho desenvolve uma abordagem ao Plano de Execução BIM para edifícios segundo normativas existentes e propostas. Destacando o Mapa de Processos como instrumento fundamental deste mesmo plano, apresenta-se uma proposta para o Mapa de Processos para as fases de projeto preconizadas na portaria 701-H/2008 [3].

O Mapa de Processos foi desenvolvido pelos autores em parceria com a *Task Force BEP* da CT197, à qual se agradece o seu contributo.

2. Plano de execução BIM: abordagens existentes

A metodologia BIM oferece um incremento de produtividade e ao mesmo tempo redução dos custos do projeto. Esta abordagem tem sido uma aposta forte no setor da AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) que se encontra divulgada um pouco por todo o mundo, sendo que de forma e em maturidades distintas.

Ao nível internacional existem várias propostas para planos de execução BIM, tais como a BIM Project Execution Planning Guide [4], National BIM Standard, BIM Planning Guide for Facility Owners [5] (normativas americanas) e AEC (UK) BIM Protocol [6], PAS1192-2 [7] (normativas inglesas), que têm surgido não só a partir de entidades governamentais mas também por universidades e empresas do setor privado. Em Portugal a CT197 é a entidade nacional que está a desenvolver documentos e informações de natureza BIM no contexto da sua atividade subjacente ao IPQ (www.ct197.pt).

É relativamente consensual que um plano de execução BIM deve apresentar capítulos onde se definem os objetivos e usos BIM a considerar para o projeto, em função da tipologia do edifício, os softwares adotados para o desenvolvimento dos modelos, bem como os responsáveis por cada um dos processos e pela gestão da informação produzida ao longo das fases consideradas. Deve estabelecer os tipos de formatos que se utilizarão para as trocas de informação e a qualidade que deverá estar presente no modelo de acordo com níveis de desenvolvimento. Deve estabelecer os requisitos para trocas de informação, procedimentos de colaboração, procedimentos de modelação e apresentar um capítulo específico para a gestão da qualidade. Os conteúdos que o Plano de Execução BIM requer não diferem muito de país para país, uma vez que as principais diferenças recaem essencialmente no maior aprofundamento em determinados capítulos. A proposta que se encontra atualmente em preparação por parte da CT 197 explora os capítulos que se podem encontrar na bibliografia.

No que concerne especificamente aos Mapas de Processos, o BIM Project Execution Planning Guide [4], explora com detalhe a criação destes documentos, e possui um capítulo específico com o procedimento para a conceção de Mapas de Processos. As orientações presentes neste documento específico surgem no sentido de serem elaborados dois tipos de Mapas de Processos. O primeiro deve conter os processos globais, designado por “nível 1”, e o segundo, designado por “nível 2”, deve conter o detalhe dos usos BIM. Os mapas do “nível 1” devem permitir explorar as diversas interações entre os usos BIM e conter as trocas de informação de alto nível que ocorrem ao longo do projeto. Os mapas do “nível 2” devem definir a sequência dos vários processos a executar ao nível dos usos.

O Mapa de Processos que se apresenta neste trabalho baseia-se no mapa “nível 1”, explora as interações entre os intervenientes, atendendo às fases de projeto definidas na portaria 701-H/2008 [3], e foca-se na troca de informação.

3. Proposta de um mapa de processos para a fase de projeto de um edifício

O Mapa de Processos tem como objetivo explorar as interações entre os diferentes intervenientes assim como as diversas trocas de informação que ocorrem ao longo de cada uma das fases de projeto.

O Mapa de Processos proposto, cujo esquema geral se apresenta na figura 1, está estruturado em “colunas” que representam as fases de projeto e em “linhas” que representam, com exceção da segunda, os intervenientes responsáveis pelas diferentes especialidades consideradas para o projeto em questão. No mapa proposto tentou-se, tanto quanto possível, respeitar a notação BPMN 2.0 [8].

	Trabalhos preparatórios	Programa base	Estudo prévio	Anteprojeto	Projeto de execução	Assistência técnica
Promotor e gestor BIM do empreendimento						
Informação compartilhada						
Coordenador de projeto						
Arquiteto						
Projetista da especialidade (n) de engenharia						
Coordenador de obra						
Gestor de ativos						

Figura 1: Esquema de colunas e linhas do mapa de processos

Para o desenvolvimento do Mapa de Processos, tal como anteriormente referido, foram consideradas as fases sugeridas na portaria 701-H/2008 [3]: programa base, estudo prévio, anteprojeto, projeto de execução e assistência técnica. A montante destas foi considerada uma outra fase denominada de trabalhos preparatórios que pretende fazer a ligação com o processo de contratação.

Os intervenientes considerados para o projeto constituem quatro grupos distintos: promotor, projetistas, construtor e gestor de ativos.

Relativamente à equipa que desenvolve os projetos de especialidades foi considerado o coordenador de projeto, figura central de todo o processo relativo ao projeto, o arquiteto e, de forma genérica, o projetista da especialidade (n) que representa as especialidades de engenharia, uma vez que estas dependem da tipologia do edifício. A razão pela qual se dá ênfase ao arquiteto prende-se com o facto da arquitetura na maioria das vezes ser o suporte e a base de desenvolvimento das outras especialidades. De forma a simplificar o Mapa de Processos, fica implícito um conjunto de interações entre estas, uma vez que entre as especialidades também existe uma sequência natural.

Foi definida também como “linha” a plataforma de gestão e registo de ficheiros. Denominada por ‘informação compartilhada’, esta linha de carácter especial pretende representar o depósito e armazenamento dos diferentes documentos produzidos pelos intervenientes ao longo das fases de projeto. É seguida a sua divisão em quatro zonas principais: “em curso”, “validação”, “em vigor” e “arquivo”, em coerência com o previsto no Guia de Contratação BIM [2]. De ressaltar que as informações produzidas são transitáveis entre fases estando disponíveis para os intervenientes de acordo com as permissões de acesso atribuídas.

O trecho do Mapa de Processos correspondente à fase de trabalhos preparatórios pode observar-se na figura 2.

É nesta fase de trabalhos preparatórios que se desenvolve a reunião de arranque, onde todos os intervenientes que colaboram no projeto estão presentes (incluindo o coordenador de obra e o gestor de ativos, caso já sejam conhecidos à partida). São dados os últimos ajustes relativamente ao PEB, é configurada a plataforma de gestão e registo de ficheiros, são discutidas as condicionantes da obra em função do ponto de vista de cada especialidade. Os dados de entrada da reunião de arranque são: o Contrato, a Adenda Contratual BIM e o PEB Pré-Contrato, provenientes da fase de contratação e em coerência com o Guia de Contratação BIM da CT 197 [2].

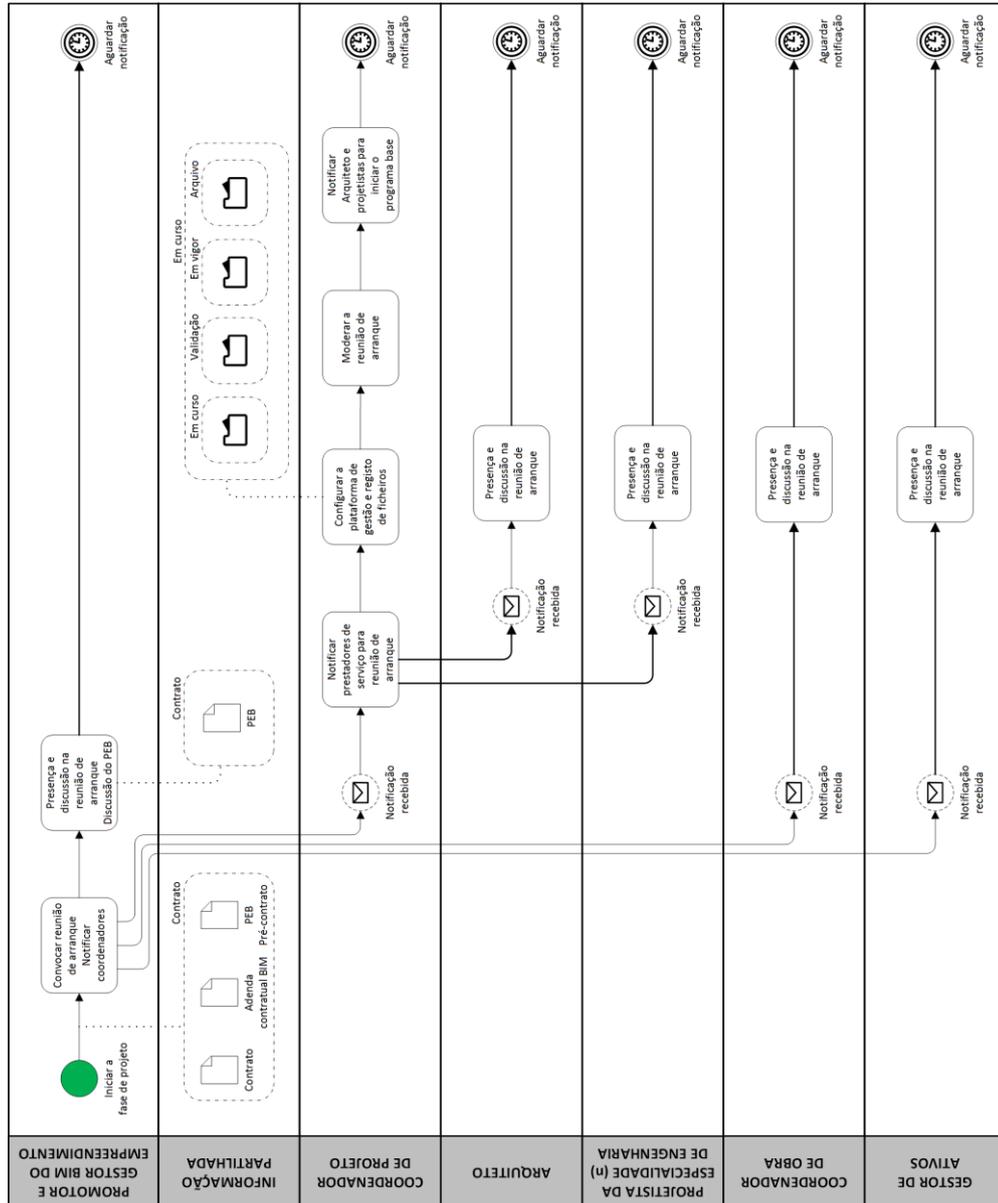


Figura 2: Fase de trabalhos preparatórios

Concluída a fase de trabalhos preparatórios dá-se início às fases de desenvolvimento do projeto. A primeira fase, o programa base, figura 3, inicia com uma notificação do coordenador de

projeto ao arquiteto e aos projetistas. Cada um dos intervenientes fica responsável por desenvolver e partilhar toda a documentação na plataforma de partilha de dados. No final será enviada uma notificação ao coordenador para apreciação dos documentos disponibilizados na pasta “Em curso”. Entretanto é feito um compasso de espera até surgir nova notificação para dar seguimento aos trabalhos.

Desta feita os documentos disponibilizados por cada uma das especialidades serão sujeitos a dois níveis de coordenação para aprovação.

O primeiro nível é efetuado pelo coordenador de projeto e consiste na comparação com os requisitos técnicos do PEB. Uma vez cumpridos os requisitos, o programa base fica aprovado na pasta “Validação” e o fluxo avança para o segundo nível de coordenação. Caso não seja possível a aprovação, o fluxo é retomado num dos momentos anteriores interagindo com as entidades relevantes.

Passado o primeiro nível de coordenação, o coordenador de projeto encaminhará o programa base para o promotor que, junto do gestor BIM do empreendimento, fará o segundo nível de coordenação de acordo com os objetivos propostos. O promotor fará o seu juízo contando com a opinião do coordenador de obra e do gestor de ativos, entidades notificadas anteriormente pelo próprio e que estarão sempre a par dos desenvolvimentos do projeto emitindo sugestões e opiniões relevantes.

Uma vez que os documentos sejam aprovados, estes são transferidos para a pasta “Em vigor”. O programa base encerra com a notificação do coordenador de projeto para o início dos trabalhos referentes à próxima fase.

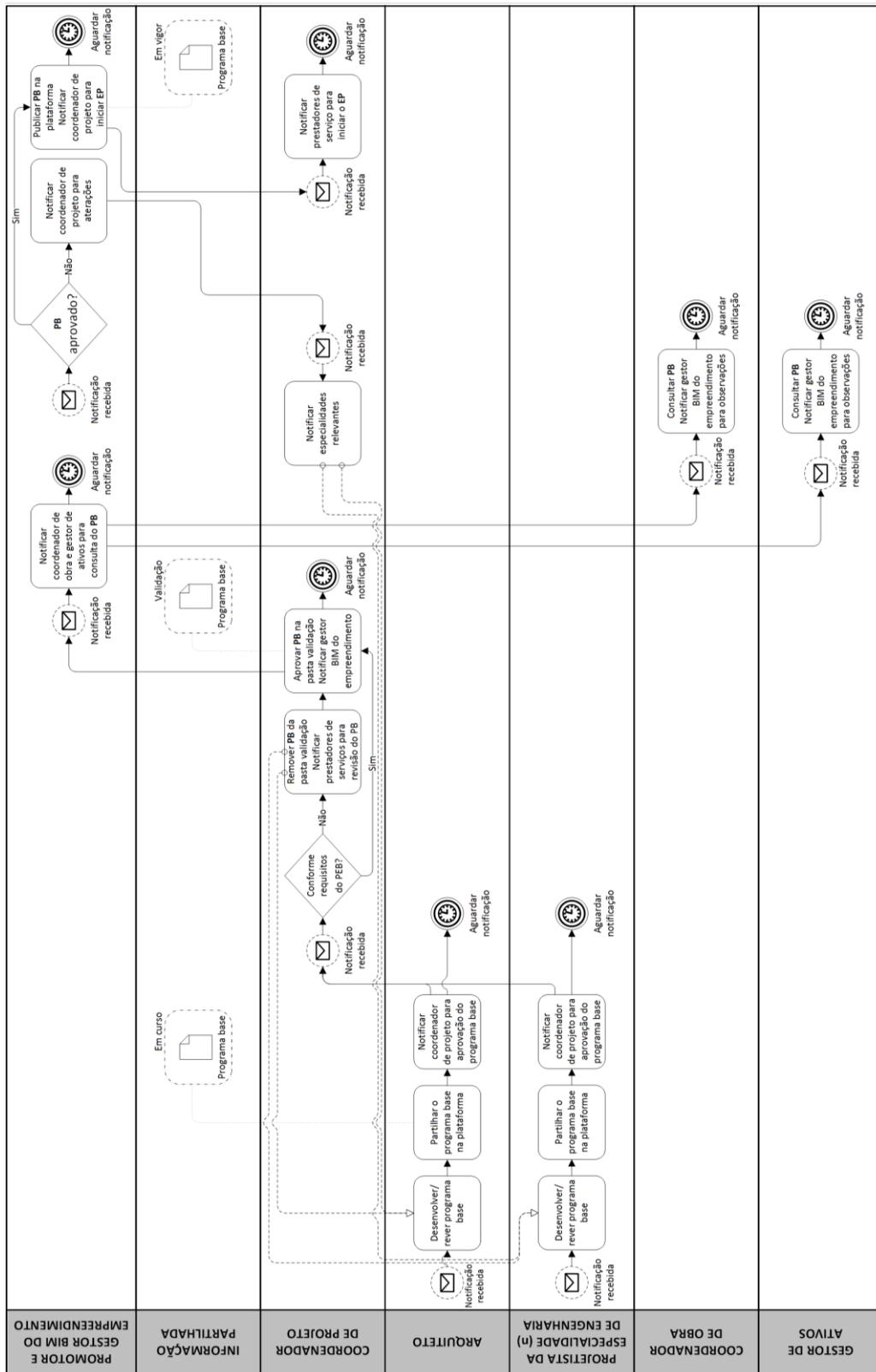
A fase seguinte, o estudo prévio, consiste no estudo da solução que melhor se ajuste aos requisitos do dono de obra, relativamente à conceção geral da obra. São apresentados os modelos BIM, bem como peças escritas e peças desenhadas que transmitam as opções tomadas. Esta fase apresenta interações semelhantes às identificadas na figura 3.

O anteprojecto consiste no desenvolvimento da solução apresentada e aprovada pelo dono de obra, destinado a estabelecer, em definitivo, as bases a que deve obedecer a continuação do estudo sob a forma de projeto de execução. Nesta fase são apresentados os modelos BIM para apreciação do dono de obra, bem como peças escritas e peças desenhadas, que constituem os projetos de licenciamento, para apreciação das entidades responsáveis. Esta fase apresenta também interações semelhantes às identificadas na figura 3, prevendo, no entanto, duas etapas distintas, uma relativa à aprovação do anteprojecto da arquitetura e outra relativa à aprovação do anteprojecto das especialidades.

O projeto de execução consiste na preparação de todos os elementos necessários com vista à execução dos trabalhos de construção. Esta fase apresenta também interações semelhantes às identificadas na figura 3.

A fase que fecha o Mapa de Processos do projeto, denominada por assistência técnica, está representada na figura 4. Esta fase prevê o esclarecimento de dúvidas por parte dos autores do projeto enquanto durar a execução da obra. É despoletada pelo coordenador de obra fazendo o pedido de esclarecimento ou pedido de alteração. O pedido de alteração é encaminhado para o coordenador de projeto que distribui aos projetistas relevantes para análise, comentários e eventuais revisões.

O Mapa de Processos completo pode consultar-se na dissertação com o título de “Guia de implementação BIM em gabinetes de projeto” do autor Paulo Hugo Pereira, para obtenção do grau de mestre, encontrando-se em processo de submissão.



PB-Programa base EP-Estudo prévio

Figura 3: Fase de programa base

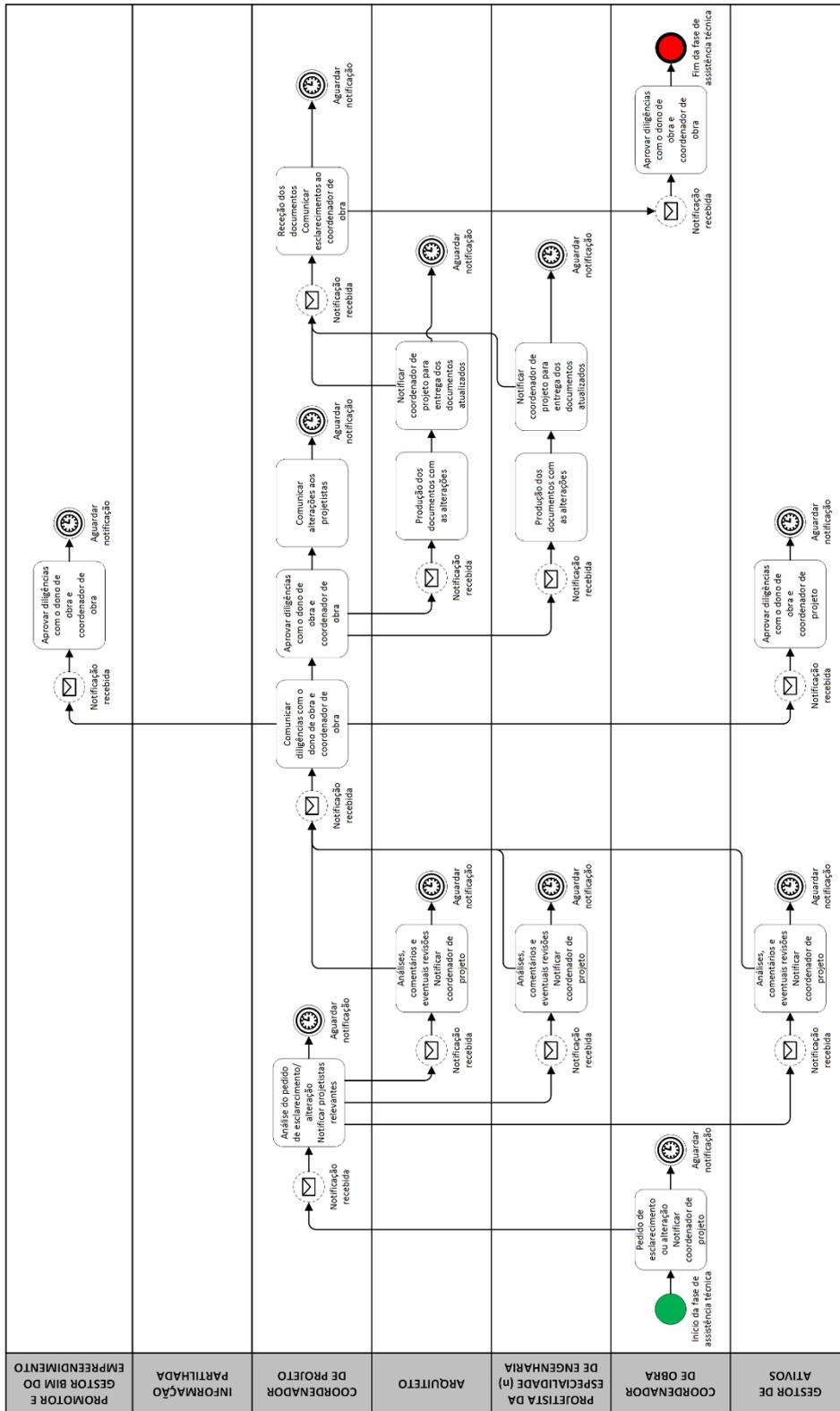


Figura 4: Fase de assistência técnica

4. Conclusões

Em Portugal verifica-se uma demora na adoção generalizada da metodologia BIM muito por falta de normativas e recomendações. Ao nível internacional existem várias normativas e recomendações que têm surgido tanto a partir de entidades governamentais como universidades e empresas do setor privado. A Comissão Técnica 197 (CT197), publicou recentemente o Guia de Contratação BIM [2], um documento de apoio à contratação de serviços BIM, e encontra-se a desenvolver documentação para a elaboração do Plano de Execução BIM.

Os Mapas de Processos constituem uma das ferramentas essenciais previstas no Plano de Execução BIM proposto pelas várias normativas. O Mapa de Processos desenvolvido no âmbito deste trabalho considera as fases estabelecidas na portaria 701-H/2008 [3] com vista à conceção do projeto de licenciamento, com entrega e aprovação do projeto de arquitetura, seguido da entrega e aprovação das especialidades de engenharia, prevendo também a fase relativa à assistência técnica.

O Mapa de Processos proposto foca-se na comunicação entre os vários intervenientes, bem como na informação a partilhar. Assim, para além das fases e entidades intervenientes, o mapa prevê a definição e criação de uma plataforma de partilha de informação que deve cumprir as regras estabelecidas no Guia de Contratação BIM. De modo a facilitar a sua aplicação, o mapa prevê também um conjunto de etapas em cada fase de acordo com as práticas correntes e define o fluxo operacional entre estas.

Considera-se relevante que as entidades governamentais estabeleçam metas e mudanças, para o curto e longo prazo, com vista à adoção gradual e responsável das metodologias BIM, por parte das ENTIDADES interveniente no projeto de construção dos edifícios. Esta estratégia permitirá operar melhorias significativas na indústria da construção civil.

Referências

- [1] *PTBIM, 1º congresso português de building information modelling*, Universidade do Minho, Portugal, 2016.
- [2] A. Costa, D. Drumond, I. Rodrigues, *Guia de Contratação BIM*. Lisboa, Portugal: IST, 2017. [Online]. Disponível em: www.ct197.pt. Acedido em: Feb., 10, 2018.
- [3] Portaria 701-H/2008 de 29 de Julho de 2008. *Diário da República n.º 145/2008, 1º Suplemento, Série I de 2008-07-29*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa.
- [4] "BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.1", Computer Integrated Construction Research Program. 2011. The Pennsylvania State University, 2011.
- [5] "BIM Planning Guide for Facility Owners. Version 2.0", Computer Integrated Construction Research Program. 2013. The Pennsylvania State University, 2013.
- [6] "AEC(UK) BIM Protocol, Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry, Version 2.0", AEC(UK) CAD & BIM Standards for Revit and Bentley Building, 2012.
- [7] "PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling", The British Standards Institution, 2013.
- [8] <http://www.bpmn.org/>, consultado em fevereiro de 2018

Parte II

BIM e o Ambiente Construído

O BIM NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÕES DO HEMOSC UTILIZANDO A CAPTURA DA REALIDADE E O LASER SCANNING

Maria Antunes⁽¹⁾, Lia Bizzo⁽²⁾, Rafael Silva⁽³⁾, Eduardo Cortizo⁽¹⁾, Sidnea Ribeiro⁽¹⁾

(1) UFMG, Belo Horizonte

(2) UFSC, Florianópolis

(3) Secretaria do Planejamento do Estado de Santa Catarina

Resumo

A utilização em larga escala de equipamentos de captura da realidade trouxe para a engenharia e arquitetura novos meios de obter características planialtimétricas fidedignas. Através da nuvem de pontos, gerada por meio da técnica de *Laser Scanning*, tornou-se possível acessar um novo universo de interação com a realidade capturada. O artigo apresenta, como objeto de estudo, a sede do Centro de Hematologia e Hemoterapia de Santa Catarina - HEMOSC, situado na cidade Florianópolis, Brasil. No seu processo de tomada de decisões utilizou-se o *Building Information Modeling* (BIM), atualizando o ciclo de vida da edificação existente. O método aplicado foi a pesquisa construtiva com o objetivo de avaliar o projeto arquitetônico de ampliação do HEMOSC utilizando as ferramentas da plataforma BIM e as informações contidas na nuvem de pontos. Gerou-se a Análise Preliminar de Riscos (APR) e diagnosticou-se que o projeto arquitetônico de ampliação proposto apresenta dificuldades técnicas relevantes na fase de execução da obra, por não haver possibilidade de desocupação parcial da edificação. O artigo contribui demonstrando a importância do uso desta tecnologia aliada ao BIM para as edificações já existentes, inclusive as obras do patrimônio histórico, permitindo-as serem projetadas desde a etapa 3D até a etapa 8D da plataforma.

Palavras Chaves: Nuvem de Pontos. *Laser Scanning*. Realidade capturada. *Building Information Modeling* (BIM). Análise Preliminar de Riscos (APR). Processo de tomada de decisões.

1. Introdução

O hemocentro do estado de Santa Catarina (HEMOSC), está localizado na região central da cidade de Florianópolis, Brasil, com entorno urbano caracterizado por edificações de usos residencial, comercial, misto, hospitalar e institucional. A localização do HEMOSC é beneficiada por duas vias locais, uma via local sem saída e uma via arterial, como ilustra a

Figura 1. Inaugurado em 1971, possui atualmente instalações físicas subdimensionadas à sua demanda atual, necessitando da ampliação de sua sede. Sendo assim, o estado de Santa Catarina contratou o desenvolvimento do projeto arquitetônico de ampliação que foi desenvolvido em Autocad 2D. Para avaliar os riscos na fase operacional de execução da obra, o presente estudo utilizará as ferramentas da plataforma BIM, por meio da técnica de *laser scanning* com o objetivo de fundamentar o processo de tomada de decisões: manter o projeto como proposto, manter o projeto proposto inserindo modificações ou desenvolver um novo projeto arquitetônico.

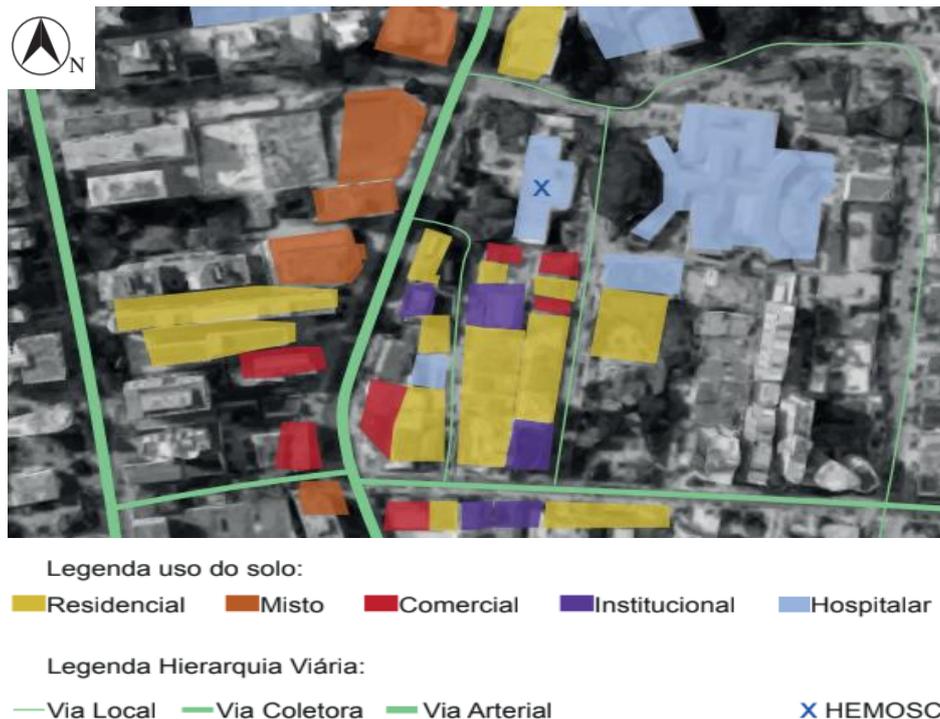


Figura 1: Vista aérea da sede do HEMOSC – Florianópolis/ Santa Catarina/ Brasil [1]

2. Captura da realidade

Uma vez que a edificação existente havia sido concluída na década de 1970 e seu acervo técnico estava desatualizado, o *as built* do estado da arte foi elaborado a partir da captura da realidade por meio da técnica de *laser scanning*. Pode-se dizer, neste momento, que atualizou-se o ciclo de vida da edificação na plataforma BIM, projetando-a para a etapa 3D através da manipulação das nuvens de pontos geradas pela técnica. O nível de detalhamento (*level of development*) determinado para o presente estudo foi o LOD 200.

2.1 Técnica de Laser Scanning

Os aparelhos de laser scanner, são equipamentos emissores de ondas eletromagnéticas que, ao atingirem uma superfície, determinam sua posição espacial [2] (Giacomin e Gonçalves, 2016) gerando a nuvem de pontos que, por sua vez é caracterizada por um conjunto de coordenadas que representam a superfície externa de um objeto real. Os pontos se identificam, em geral,

como coordenadas x, y, z, e representam a superfície de um objeto. Para o registro dessas imagens utiliza-se o *Iterative Closest Point* (ICP), que é um processo iterativo que estabelece uma relação entre as distâncias entre pontos que compõem as imagens [3] (Besl e Mckay, 1992). O algoritmo atua em diversas etapas para encontrar os pontos correspondentes mais próximos entre duas imagens formadas por nuvens de pontos [4] (Rusinkiewicz e Levoy, 2000). O princípio “*time-of-flight*” do aparelho de laser scanner mede o intervalo de tempo entre a emissão do pulso e seu retorno ao mesmo. O feixe do laser é direcionado pelo espelho rotativo, que permite mudanças do ângulo de deflexão em pequenos incrementos. O aparelho utilizado na coleta de dados foi o Trimble TX8 baseado em pulso, com intensidade de retorno de 1.000.000 (pulsos/segundo), sem câmera fotográfica, comprimento de onda de 1,5m, campo de visão de 360° x 317°, espaçamento dos pontos de 11,3 mm e precisão do aparelho menor que 2mm no escaneamento padrão.

2.2 Análise preliminar de riscos

As informações contidas nas nuvens de pontos podem ser utilizadas como um grande banco de dados auxiliando na análise preliminar de riscos (APR) para o processo de tomada de decisões. A APR é um estudo de caráter qualitativo, realizado na fase inicial de um sistema ou processo, com o objetivo de determinar os riscos que podem estar presentes na fase operacional do processo [5] (CICCO; FANTAZZINI, 2003). Assim, torna-se possível o gerenciamento do processo de projeto envolvendo decisões e formulações que visam subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, partindo desde a montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa de necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da produção [6] (FABRICIO, 2002).

3. Metodologia

Diante da necessidade de ampliação das instalações da sede do HEMOSC, um novo projeto arquitetônico com acréscimo de área foi desenvolvido em Autocad 2D, contemplando dois blocos. O primeiro bloco é caracterizado por uma torre de sete pavimentos tipo e um subsolo. O segundo bloco é composto por dois subsolos destinados a garagem de veículos, posicionados sob a edificação já existente. O laboratório de pesquisas BIM de Santa Catarina (LaBIM) [1] tomou o projeto de ampliação, como objeto de estudo, promovendo o gerenciamento de processos de projetos. No primeiro momento, atualizou-se o ciclo de vida da edificação existente através do estado da arte, *as built*, por meio da técnica de *laser scanning*. Foram geradas as nuvens de pontos, obtendo-se um cenário de alta precisão que referenciou todo o seu entorno urbano, a topografia do terreno, a vegetação existente e a infra estrutura local. No segundo momento, desenvolveu-se o modelo arquitetônico 3D da edificação existente e posteriormente, o detalhamento de seus usos internos específicos. Concluiu-se que devido as suas instalações complexas, semelhantes às instalações hospitalares, o hemocentro não teria condições de interromper o seu atendimento a população durante a fase de execução de obras.

O método utilizado nesta pesquisa foi o estudo de caso aliado a pesquisa construtiva uma vez que tomou-se o projeto arquitetônico de ampliação, como objeto de estudo, e ainda não se sabe se será o projeto será executado ou não. Com o objetivo de fundamentar a pesquisa, utilizou-se também, os princípios básicos da engenharia simultânea e o gerenciamento do

processo de projeto, para a análise dos riscos relacionados a fase de execução da obra e suas possíveis consequências para o hemocentro, considerando sua atividade constante.

3.1 Coleta de dados

Realizou-se por meio da técnica de *laser scanning* a coleta de dados da sede do HEMOSC em três dias consecutivos, no período de 05 a 07/04/2016 utilizando cenas referenciadas com *targets*. A condição do tempo era de céu claro, o que facilitou o levantamento, não sendo necessário o retorno da equipe ao local, para esclarecimentos. O equipamento utilizado nas cenas externas, alcançava até 4200 pontos a cada 10cm² [7]. Após a captura da realidade, geraram-se as nuvens de pontos, como ilustra a Figura 2, que posteriormente foram processadas por meio de software BIM, caracterizando o estágio *start* da plataforma, o Pré BIM.

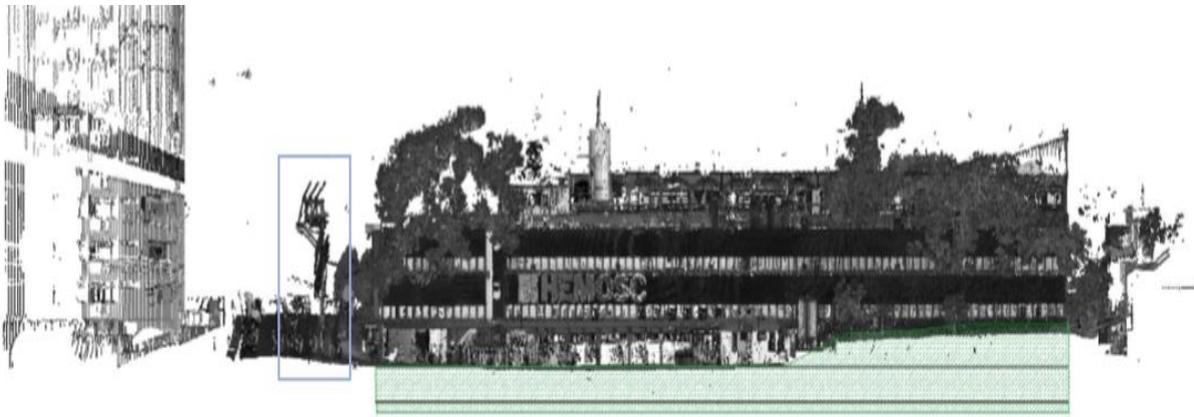


Figura 2: Nuvem de pontos da fachada oeste da sede do HEMOSC [1]

A partir do processamento das nuvens de pontos, desenvolveu-se o modelo arquitetônico *as built* da edificação já existente utilizando o software Archicad 20, como ilustra a Figura 3. Inicia-se, o primeiro estágio da plataforma, o BIM 1, caracterizado pela “Modelagem”.

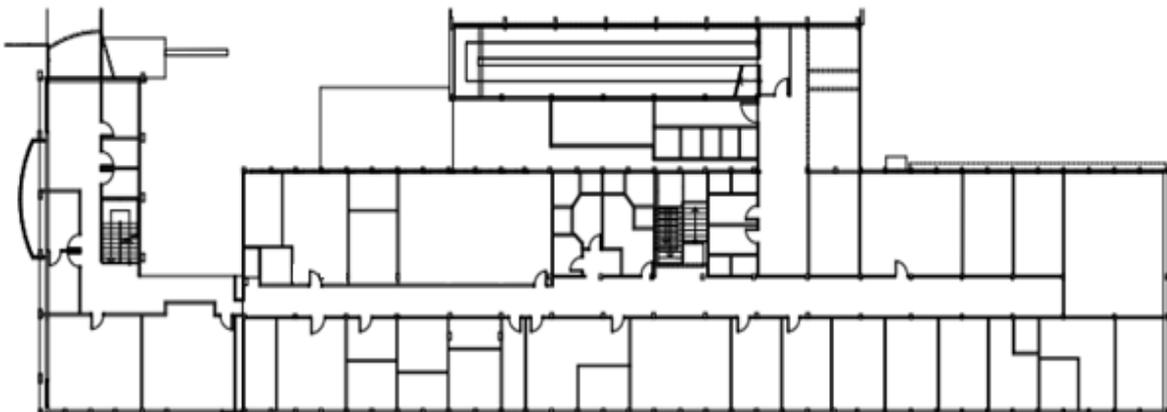


Figura 3: Planta baixa do terceiro pavimento da sede do HEMOSC [1]

Pode-se afirmar que o estado da arte da edificação existente foi projetado para a etapa 3D da plataforma BIM. Neste momento, a “linha do tempo” da edificação que foi concluída em 1971 fica atualizada para 2017 e passa a ter acesso a um novo universo de ferramentas, podendo evoluir para as etapas seguintes da plataforma BIM, como a 6D, 7D e 8D. As nuvens de pontos foram também utilizadas como banco de dados, revelando informações para execução do projeto proposto como: volume de desaterro e suas consequências como contenções e possíveis reforços estruturais, movimento de terra e bota-fora, vegetação de grande porte a ser suprimida, remanejamento de instalações como cilindro de hidrogênio, redes elétricas de baixa e alta tensão, tráfego de veículos e equipamentos de grande porte no canteiro de obra além do entorno urbano (vias públicas e vizinhanças limítrofes), como ilustram as Figuras 4 e 5. Baseando-se nestes dados, desenvolveu-se um questionário para a empresa especializada em fundações. O envolvimento deste novo agente na gestão de processo de projeto se fez necessário, na etapa preliminar de projeto, para avaliar os possíveis impactos causados a edificação já existente por ocasião da execução do novo projeto. Inicia-se então, o segundo estágio da plataforma, o BIM 2 “Colaboração”.

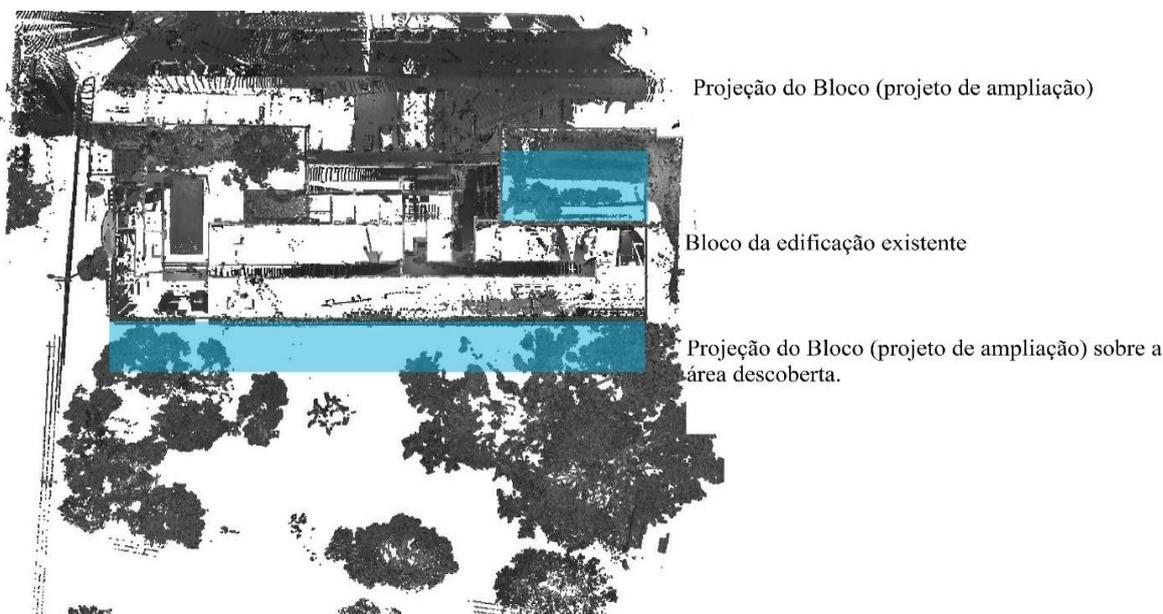


Figura 4: Nuvem de pontos da planta de situação da sede do HEMOSC e as novas projeções propostas pelo projeto arquitetônico de acréscimo de área, indicadas na cor azul [1]

Embora não seja possível estabelecer uma correlação exata com as fases de desenvolvimento tipicamente realizadas no Brasil, a padronização de LOD (*level of development*) amplia o entendimento do conceito [8]. Nessa conformidade, desenvolveu-se o modelo no LOD 200 de acordo com o padrão da AIA (*American Institute of Architects*) [9], constituído por sistemas genéricos com possibilidade de obter quantidades aproximadas, tamanhos, formas, localização e orientação dos principais elementos, como ilustra a Figura 5.

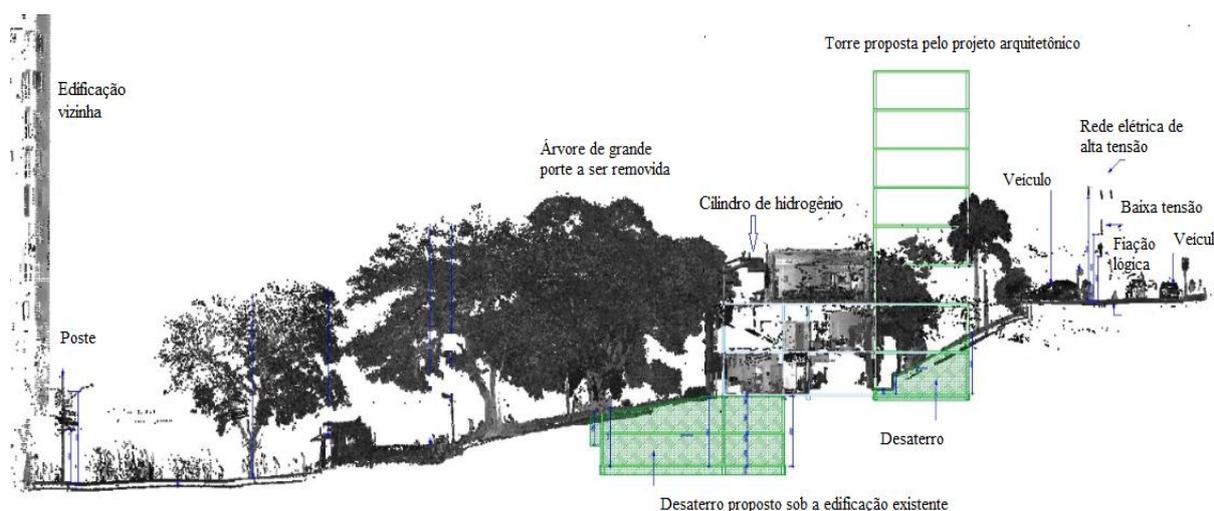


Figura 5: Corte longitudinal da nuvem de pontos do HEMOSC com indicação do desaterro gerado pelo projeto proposto, indicado na cor verde [1]

4. Desenvolvimento

A partir do modelo 3D da edificação existente, as projeções da nova edificação proposta e as nuvens de pontos, formatou-se o cenário de implantação do canteiro de obras para análise preliminar de riscos, APR. A tecnologia BIM aliada aos processos de gestão e as políticas normativas do segmento da saúde, configuram os grupos interloctores.

4.1 Análise dos dados geotécnicos

O questionário enviado juntamente com as nuvens de pontos geradas pela captura da realidade foi respondido pelo engenheiro civil André Lobato de Paula [10] representante da empresa Tecgeo - Sondagens e Fundações, situada em Belo Horizonte/ Minas Gerais- Brasil. Essas respostas do questionário fomentaram o estudo de gerenciamento do processo de projetos do HEMOSC.

Sobre a execução de escavações sob a edificação existente o engenheiro afirma que:

...se faz necessária a execução de refundação do prédio, podendo tornar a solução extremamente onerosa dependendo das fundações existentes. Por questões de segurança, a solução pode se tornar inviável caso as instalações em uso não possam ser desocupadas. [10]

Quanto a movimentação de terra e equipamentos de perfurações o engenheiro destaca que:

Os serviços de movimentação de terra e perfurações envolvem equipamentos pesados, gerando ruídos e suspensão de partículas. Devem ser tomadas medidas para minimizar os impactos gerados, tais como implantação de sistema de vedação do edifício em funcionamento. Para minimizar tais impactos são sugeridos equipamentos de perfuração hidráulicos com baixo nível de ruído e vibração. [10]

4.2 Análise da APR

Baseando-se no laudo, desenvolveu-se a APR (Anexo 1) em seis cenários. Cada um deles referenciando-se das etapas de obras de contenção de terra e fundações, na fase de execução da obra, baseado no projeto proposto. Foram analisados os riscos nesta fase, na escala de quatro níveis (desprezível a crítico) expostos a quatro graus de severidade (I a IV) e combinados a cinco graus de frequência (A a E). O resultado da análise das possíveis combinações é ilustrada no Anexo 1, sendo (4/6) cenários preocupantes, onde dois cenários (2/6) são críticos (grau de severidade III e IV), um cenário (1/6) é sério (grau de severidade III) e um cenário (1/6) é moderado (grau de severidade I). Com esse resultado optou-se por um estudo mais profundo dos setores em atividade do hemocentro. Desenvolveu-se um mapeamento detalhado por pavimento da edificação existente, avaliando as respectivas representatividades percentuais por setor de atividade, como ilustram as Figuras 6 e 7. Desta forma, torna-se possível diagnosticar as consequências geradas para cada atividade do hemocentro, além de identificar soluções e fundamentar eficientemente, o processo de tomada de decisões.

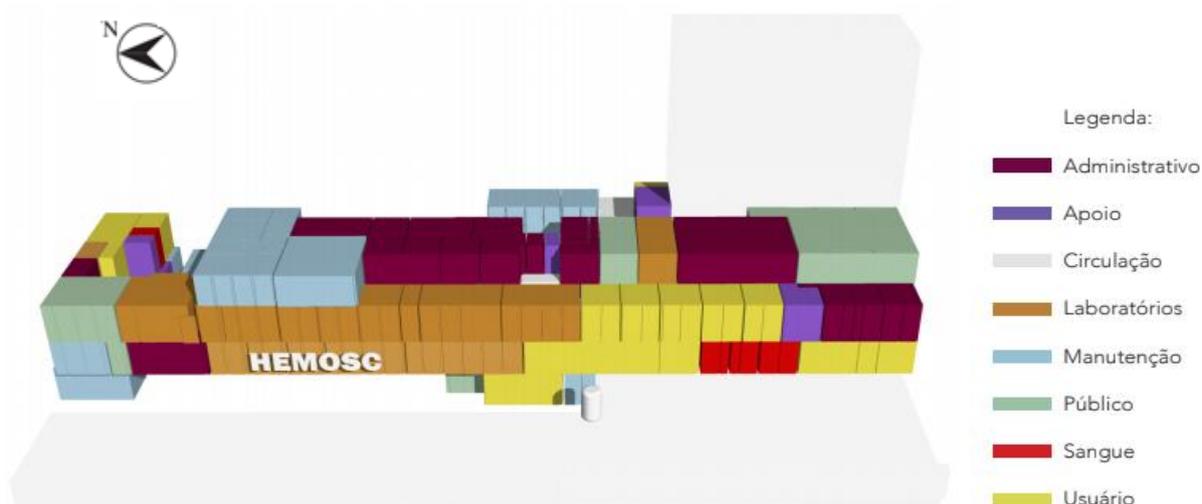


Figura 6: Mapeamento das áreas em uso e suas funções na sede do HEMOSC [1]

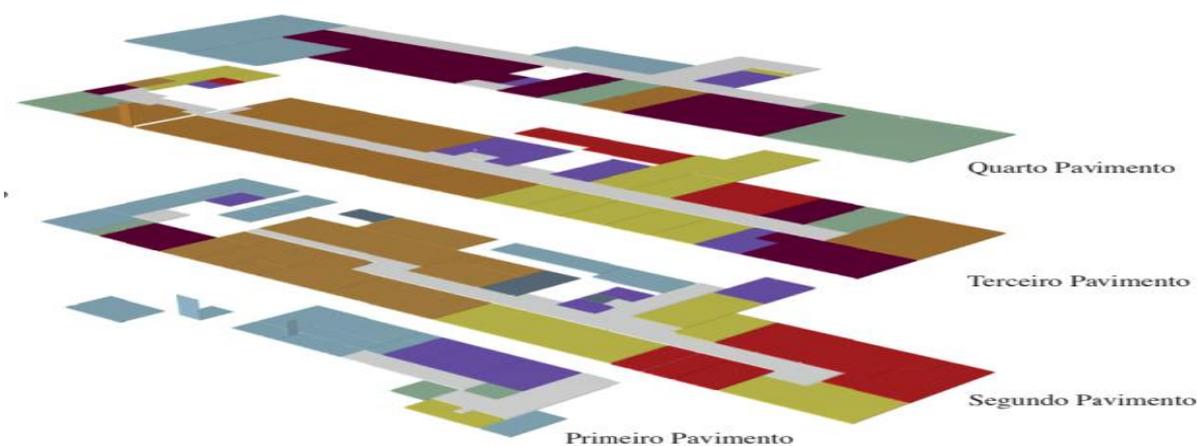


Figura 7: Mapeamento isométrico na sede do HEMOSC, por pavimento [1]

A partir do mapeamento da edificação em uso, foram somadas as áreas de mesma categorias, que seriam afetadas pela execução do projeto arquitetônico de acréscimo de área proposto. Como ilustrado na Figura 8, as áreas destinadas ao usuário representaram (26%), coleta de sangue (19%), atendimento ao público (12%) e laboratórios (7%). Desta forma, 64% da área total da sede representam atividades vitais para o funcionamento do hemocentro.

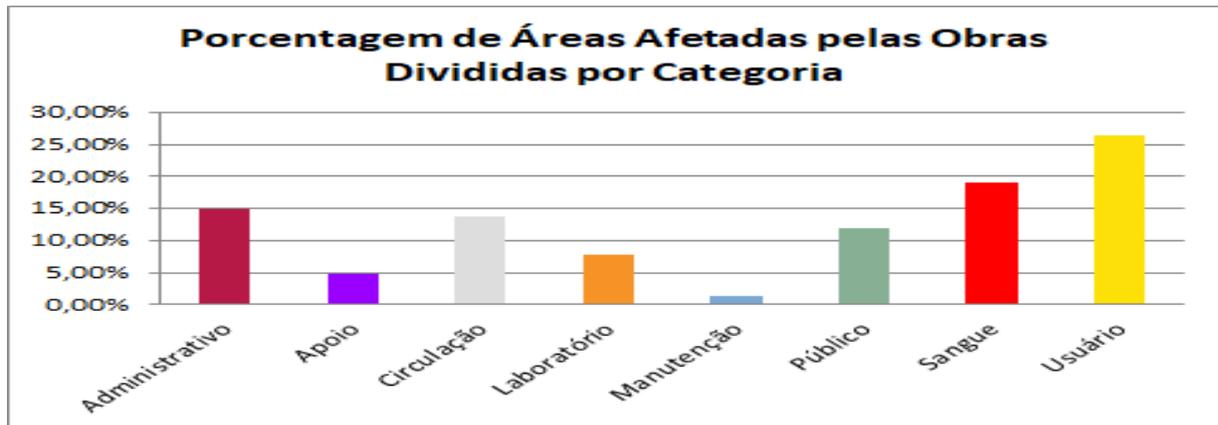


Figura 8: Porcentagem das áreas do HEMOSC de acordo com o uso afetadas pelas obras de fundação [1]

O mapeamento de atividades aliado ao modelo classifica o nível de detalhamento LOD 200 ao objeto de estudo, como ilustra a Figura 9.

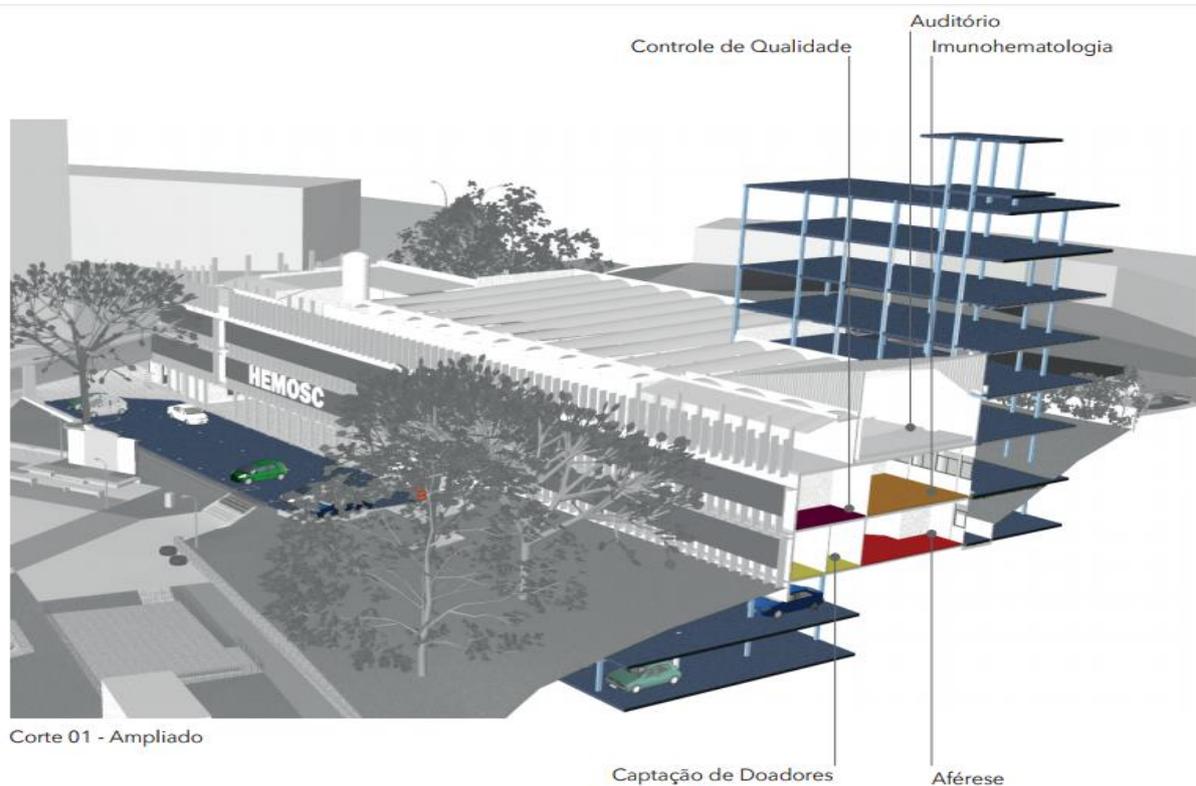


Figura 9: Corte longitudinal do modelo 3D desenvolvido no LOD 200 [1]

5. Conclusão

Após o processamento das informações contidas nas nuvens de pontos e gerenciamento de processo de projetos com a inclusão dos agentes envolvidos, devidamente fundamentados nas respostas do questionário da empresa especializada em fundações e APR, concluiu-se que seria prudente abortar o projeto arquitetônico de acréscimo de área proposto por representar elevado risco de acidentes aos usuários do hemocentro na fase de execução de obra, em função do hemocentro não oferecer condições de interromper suas atividades.

A construção do novo bloco destinado aos dois subsolos sob a sede do HEMOSC, geraria um grande volume de escavação e conseqüentemente, contenções e possíveis intervenções de reforço estrutural da edificação em uso. Sem a possibilidade de desocupação provisória do hemocentro, aliado a restrita configuração viária de seu entorno urbano, seria grande a dificuldade para escoamento do bota-fora. Além do desconforto acústico e ambiental causados aos setores da edificação, em uso constante, e para as demais edificações presentes, de uso hospitalar, no entorno do canteiro de obras. Ressalta-se ainda que, a edificação possui grande área descoberta remanescente sugerindo uma possível solução, com a implementação de um novo projeto de acréscimo na fachada norte da sede do HEMOSC. Neste caso, menos impactante pelo fato desta fachada ser limítrofe sobretudo, as áreas de uso administrativo e de manutenção da edificação existente.

Referências

- [1] SANTA CATARINA (Estado). Secretaria do Estado do Planejamento - LaBIM. HEMOSC Projeto de Ampliação: Florianópolis, 2017.
- [2] GIACOMIN, Isabella, GONÇALVES, Fátima - "Da captura da Realidade a Gestão: Soluções em laser scanner - Trimble", Segundo Seminário Regional Sul de BIM (2016), disponível em <<http://www.spg.sc.gov.br/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-obras-publicas/seminario-bim/739-laser-scanner-trimble/file>> Acesso em 31 janeiro 2018
- [3] BESL, Paul J. ; MCKAY, Neil D. (1992) Method for registration of 3-D shapes
- [4] RUSINKIEWICZ, S.; LEVOY, M. Third International Conference on 3D Digital imaging and Modeling, 2011 Quebec City / Quebec - Canada
- [5] CICCIO, Francesco; FANTAZZINI, Mário L. Tecnologias consagradas de gestão de riscos. 2 ed. São Paulo: Risk Tecnologia Editora, 2003
- [6] FABRICIO, Marcio M. "POR UM PROCESSO DE PROJETO SIMULTÂNEO" (2002)
- [7] TRIMBLE INC., Disponível em <<https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions>> acessado em 17 ago. 2017
- [8] CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Fundamentos BIM - Parte 1: Implantação do BIM para construtoras e incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção.- Brasília: CBIC, 2016.
- [9] AIA (2013) Level of development specification version: 2013. Disponível em <<http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>>
- [10] PAULA, André L. (TECGEO Sondagens e Fundações, Belo Horizonte/MG). PDFs do HEMOSC [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <andre@tecgeo.com.br> em 17 ago. 2017.

Anexo 1: Tabela de Análise Preliminar de Risco (APR) na etapa de execução de obras de terra e fundações [5]

Obras de Contenção de Terra e Fundações																																																			
Etapa do Processo	Perigo	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Categorias			Recomendações	Nº do Cenário																																										
					Frequência	Severidade	Risco																																												
Inserimento das máquinas no canteiro, escavamento do bota fora	Atropelamento	Impugnância do motorista; Excesso de velocidade; Falhas mecânicas; Destacção dos pedestres	Análise visual das vias de transportes; sinalização e níveis de velocidade dos veículos;	Danos Materiais; Perdas de Equipamentos; Lesões Físicas aos Trabalhadores; Parada do Processo; Etc.	E	III	Critico	Sinalizar bem as vias; Orientar, tanto os motoristas quanto os demais trabalhadores quanto a atenção durante todo o processo; Inspeções regulares nos veículos; etc	1																																										
Inserimento das máquinas no canteiro do cabeamento	Rompimento do cabeamento	Cabeamento aéreo de cota baixa	Medição da distância entre o cabeamento e o chão	Falta de serviço de internet no entorno	C	I	Desprezível	Fazer levantamento do cabeamento por equipe especializada	2																																										
Manutenção das máquinas no canteiro	Atolamento de máquinas	Solo pouco resistente / chuvas prolongadas	Avaliação da sondagem do terreno	Impedimento das máquinas circularem no terreno	B	I	Desprezível	Fazer adaptações no terreno para as máquinas circularem com facilidade	3																																										
Comêço das escavações da TORRE	Desatamento de solo	Escavação de grande volume de terra em área íngreme	Avaliação da topografia e da sondagem do terreno	Rompimento de canos subterráneos e danos na rua Irmã Benwarda	D	III	Sério	Execução de estruturas de contenção devido ao desatemo	4																																										
Comêço das escavações da GARAGEM	Danos na estrutura do edifício	Escavação de grande volume de terra sob edificação existente	Avaliação das fundações em relação à área escavada	Comprometimento da segurança do prédio	E	IV	Critico	Execução de retundação do prédio	5																																										
Durante toda a obra	Interrupção das atividades no HEMOSC	Execução da obra em horário comercial	Planejamento da obra	Falta de distribuição/transfusão de sangue no Estado	E	I	Moderado	Realizar as obras fora do horário comercial	6																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Categorias de Frequência dos cenários da APR</th> <th colspan="3">Categorias de Severidade dos cenários da APR</th> </tr> <tr> <th>Categoria</th> <th>Denominação</th> <th>Descrição</th> <th>Categoria</th> <th>Denominação</th> <th>Descrição / Categorias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Extremamente Remota</td> <td>Extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação</td> <td>I</td> <td>Desprezível</td> <td>Não ocorrem mortes ou lesões de funcionários, de terceiros (não funcionários) ou de pessoas extra muros (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Remota</td> <td>Não deve ocorrer durante a vida útil da instalação</td> <td>II</td> <td>Marginal</td> <td>Lesões leves em funcionários, terceiros e/ou em pessoas extramuros</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Improvável</td> <td>Pouco provável que ocorra durante a vida útil da instalação</td> <td>III</td> <td>Critica</td> <td>Lesões de gravidade moderada em funcionários, em terceiros e/ou em pessoas extramuros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros); exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Provável</td> <td>Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação</td> <td>IV</td> <td>Catastrófica</td> <td>Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (em funcionários e/ou em pessoas extramuros);</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>Frequente</td> <td>Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Categorias de Frequência dos cenários da APR			Categorias de Severidade dos cenários da APR			Categoria	Denominação	Descrição	Categoria	Denominação	Descrição / Categorias	A	Extremamente Remota	Extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação	I	Desprezível	Não ocorrem mortes ou lesões de funcionários, de terceiros (não funcionários) ou de pessoas extra muros (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor	B	Remota	Não deve ocorrer durante a vida útil da instalação	II	Marginal	Lesões leves em funcionários, terceiros e/ou em pessoas extramuros	C	Improvável	Pouco provável que ocorra durante a vida útil da instalação	III	Critica	Lesões de gravidade moderada em funcionários, em terceiros e/ou em pessoas extramuros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros); exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe	D	Provável	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação	IV	Catastrófica	Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (em funcionários e/ou em pessoas extramuros);	E	Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação			
Categorias de Frequência dos cenários da APR			Categorias de Severidade dos cenários da APR																																																
Categoria	Denominação	Descrição	Categoria	Denominação	Descrição / Categorias																																														
A	Extremamente Remota	Extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação	I	Desprezível	Não ocorrem mortes ou lesões de funcionários, de terceiros (não funcionários) ou de pessoas extra muros (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor																																														
B	Remota	Não deve ocorrer durante a vida útil da instalação	II	Marginal	Lesões leves em funcionários, terceiros e/ou em pessoas extramuros																																														
C	Improvável	Pouco provável que ocorra durante a vida útil da instalação	III	Critica	Lesões de gravidade moderada em funcionários, em terceiros e/ou em pessoas extramuros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros); exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe																																														
D	Provável	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação	IV	Catastrófica	Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (em funcionários e/ou em pessoas extramuros);																																														
E	Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação																																																	

PROCESSOS DIGITAIS HBIM-FFF PARA A REPRESENTAÇÃO FÍSICA DO PATRIMÓNIO | O CASO DE ESTUDO DO PALÁCIO NACIONAL DE SINTRA

Inês Rita⁽¹⁾, Jessica Rocha⁽¹⁾, Afonso Francisco⁽¹⁾, Ana Tomé⁽¹⁾

(1) CERIS – DECivil – IST – UL, Lisboa

Resumo

Pretende-se demonstrar como o uso da metodologia HBIM associada à impressão 3D por FFF (Fused Filament Fabrication) permite uma compreensão sistematizada do desenvolvimento formal do edificado histórico arquitetónico e tornar a sua comunicação evidente.

HBIM permite a criação de um base de dados do património edificado, centralizando fontes, modelação, informação não geométrica e simulação. Esta confluência permite validar os modelos, e enriquecer a sua interpretação formal, correspondendo aos Princípios de Sevilha [1]. No entanto as ferramentas disponíveis, limitadas à interação digital, não facilitam a compreensão de objetos complexos.

Propomos integrar a impressão 3D no *workflow* HBIM como ferramenta de análise e de comunicação, como suporte ao estudo de edifícios formalmente complexos. A perceção do objeto físico à escala permite a sua apreensão cinética e tátil, criando outros níveis de apreensão do mesmo que outros interfaces não permitem. Sendo a complexidade formal do património arquitetónico reflexo da sua complexidade construtiva e histórica, tal clarificação poderá constituir uma base facilitadora de interpretações em âmbitos multidisciplinares.

Como caso de estudo adotou-se o Palácio Nacional de Sintra, exemplo de um edifício histórico de geometria complexa. Esta metodologia permitiu compreender e analisar o desenvolvimento orgânico das suas distintas fases construtivas ao longo de quatro séculos.

1. Introdução

O conceito Heritage Building Information Modeling (HBIM) surgido no fim da década de 2000, refere-se à aplicação de ferramentas e processos BIM a património arquitetónico, como meio de apoiar a sua conservação, reabilitação e reutilização sustentáveis, preservando o seu valor cultural e estético, memória e significado [2].

Esta abordagem procura a criação de uma base de dados para objetos patrimoniais permitindo: 1) validar o modelo geométrico associando-lhe fontes de informação de diversa natureza; 2) ensaiar hipóteses quando as fontes não são conclusivas e, posteriormente, adicionar nova informação; 3) concentrar a informação relativa ao processo de modelação e suas opções; 4) facilitar o acesso e cruzamento dos dados. Permite assim, idealmente, transpor o sétimo princípio da Carta de Sevilha [1] para a investigação sobre património arquitetónico. Este preconiza que toda a visualização assistida por computador deve ser transparente, i.e., que o alcance das conclusões produzidas por esta via, depende do seu reconhecimento por outros investigadores. HBIM explora também ferramentas de apoio à decisão para ponderar e validar opções de intervenção na construção, caso da integração da simulação energética com BIM [2, cap. 14 e 16].

As ferramentas BIM estão mais vocacionadas para o projeto de edifícios novos e menos para a reconstrução de edifícios existentes. A sua operacionalização torna-se mais difícil quando a geometria destes edifícios é complexa. Sendo a base das ferramentas BIM a parametrização, fruto de uma construção industrializada com objetivos de aumento da produtividade, a sua adaptação para o propósito da reconstrução digital de património arquitetónico não é linear. A lógica de reconstrução passa por modelar objetos de natureza única, muitas vezes de formas complexas e cuja parametrização, quando possível, é mais complexa do que na construção corrente atual [2]. No entanto estas ferramentas têm um enorme potencial para o fim de gestão da informação geométrica e não geométrica do património arquitetónico.

Encontram-se também dificuldades técnicas pela necessidade de gerir elevadas quantidades de informação, tanto ao nível de gestão dos modelos no *software* como do hardware utilizado.

Destaca-se a utilização de nuvens de pontos (fotogrametria; *laser scanning*) como fonte para a modelação BIM. Investigações em curso visam a criação de: 1) bases de dados para gerir e manipular as nuvens mais eficazmente [3] 2) bibliotecas e processos de gramática de formas que automatizem parcialmente o processo de modelação de estruturas complexas [4].

Consequência da sua vocação para a construção corrente de geometria regular, o interface entre utilizador e modelo é baseado em projeções ortogonais, como no desenho técnico tradicional (i.e., plantas, alçados e cortes). A modelação tridimensional é apoiada na relação ortogonal entre partes. Os objetos são construídos a partir das suas projeções tornando a sua geração dependente delas. No Revit a própria visualização “3D” do modelo está limitada pelo seu modo de seccionamento com base numa caixa paralelepípedica. Quando a relação entre as suas partes é insuficientemente demonstrável por estas visualizações, a compreensão do modelo é dificultada. Nestes casos, as visualizações resultantes da manipulação do modelo digital através do monitor tornam-se insuficientes para a compreensão do objeto.

Experiências com realidade virtual imersiva [5][6] ou a representação física dos objetos à escala favorecem a sua perceção, permitindo uma compreensão que o modelo digital não permite.

A realidade virtual imersiva permite uma visão estereoscópica do modelo, e uma experiência de visualização cinestésica, simulando o posicionamento do corpo em relação ao modelo, podendo circular dentro dele ou olhando-o como um todo alterando a escala de visualização. No entanto, as dimensões sensoriais excluindo a visão, não são ainda conseguidas de forma realista com as ferramentas disponíveis.

O desenvolvimento das tecnologias de prototipagem rápida, indissociável da modelação digital, mais especificamente a impressão 3D, permite a criação de modelos tridimensionais formalmente rigorosos, de modo mais rápido e a baixo custo. Esta tecnologia desenvolveu-se desde a década de 50, comercializada desde a década de 80 do séc. XX com a criação da 3D

Systems e tornada acessível ao público desde o início do século XXI com a criação do projeto REPRAP (impressora auto-replicante)[7][8].

Os modelos físicos produzidos a partir de modelos de património arquitetónico digital permitem uma experimentação visual, cinestésica e tátil real do objeto à escala pretendida. O conhecimento construído deste modo cria uma consciência física através da relação entre corpo e objeto mais compreensiva do que a mera perceção visual do modelo digital[9][10].

Na área da impressão 3D da reconstrução digital de património arquitetónico destacam-se o Projecto Palmyra[11] e Tooteko[7].

No entanto, a ligação entre HBIM e a reconstrução física do património edificado como meio de o estudar formal e construtivamente, numa abordagem holística, não está ainda explorada.

Pretende-se com esta abordagem que as mais-valias obtidas no modelo HBIM sejam transpostas para o modelo físico produzido por FFF. Para isso consideramos a fase de produção do modelo como parte integrante da metodologia a adotar considerada na continuidade do *workflow* de modelação HBIM [2].

O recurso à impressão 3D *low-cost* (por FFF – Fused Filament Fabrication) no *workflow* de reconstrução digital revelou-se uma importante mais-valia, permitindo alargar a perceção do objeto, num processo de desconstrução/reconstrução em que a experiência do modelo assume um importante papel na compreensão e comunicação do caso de estudo.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito de um protocolo de colaboração técnico-científica entre o Instituto Superior Técnico (IST) e a empresa Parques de Sintra Monte da Lua (PSML) sobre a avaliação da segurança sísmica do Palácio Nacional de Sintra. O grupo de investigação multidisciplinar reúne várias áreas científicas (sísmica, materiais, sistemas de informação geográfica e arquitetura) e neste âmbito surge a necessidade de desenvolver um estudo-piloto sobre modelação HBIM-FFF com dupla valência: 1) integração do conhecimento adquirido no âmbito da investigação e 2) a sua disponibilização futura ao público (especialista e não especialista).

O artigo encontra-se dividido em quatro partes: a primeira considera o enquadramento teórico do tema e os desenvolvimentos sobre a aplicação dos processos digitais à representação do património arquitetónico; a segunda descreve o *workflow* HBIM-FFF no seu âmbito geral; a terceira aprofunda as questões da anterior e especifica esse *workflow* aplicado ao caso de estudo; e a última parte reflete sobre os resultados obtidos, sintetiza as principais conclusões deste estudo e projeta desenvolvimentos futuros.

2. O processo HBIM-FFF: visão geral

O método ideal corresponderia a uma sistematização do processo com relação direta entre fontes e objetos produzidos, fruto da sua interpretação, e ainda à possibilidade de introdução de novos *inputs* a meio do processo, segundo um *workflow* linear, i.e. um processo mono ferramenta. No entanto, na prática, os constrangimentos tecnológicos implicam normalmente a necessidade de aglomerar tipos de informação e formatos de natureza diversa cuja conversão e integração obriga a recorrer a distintas ferramentas motivando desvios ao ideal de linearidade do processo, convertendo-o em não linear.

O processo HBIM-FFF proposto foi sistematizado em três fases: 1) Documentação e registo; 2) Interpretação e modelação 3D; 3) Prototipagem e comunicação (Figura 1).

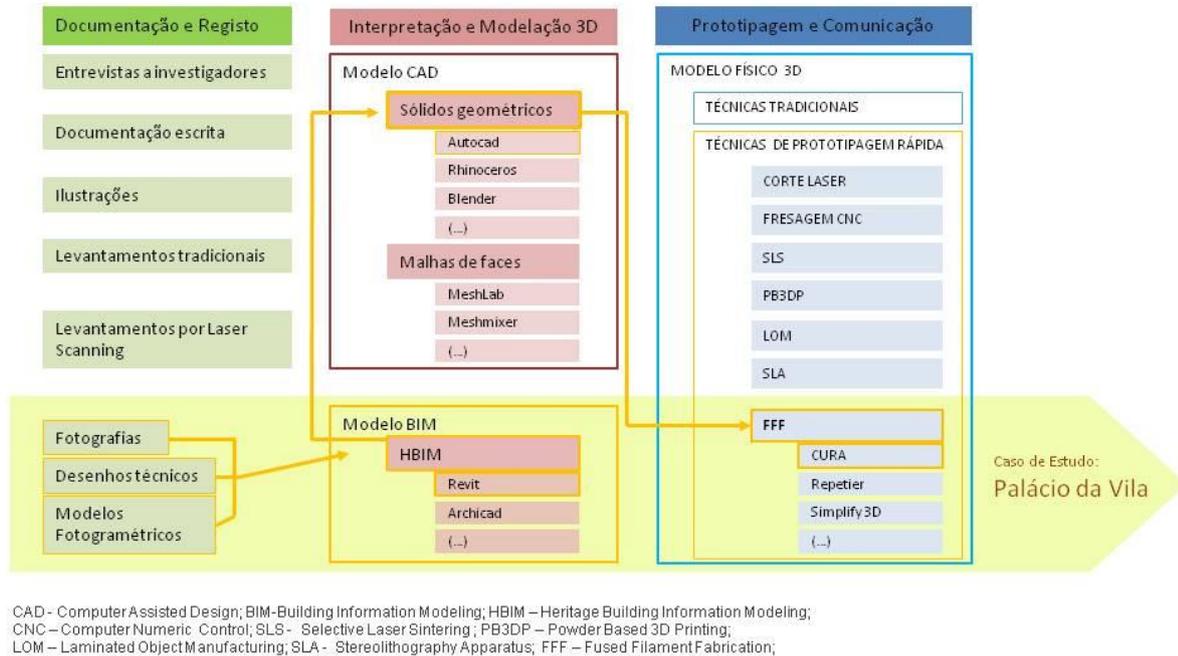


Figura 1: Processo HBIM-FFF: visão geral e *workflow* específico do caso de estudo (linha cor-de-laranja).

A documentação e registo referem-se às fontes de informação suporte do modelo. Podem ser de naturezas diversas: 1) entrevistas a investigadores, 2) documentação escrita; 3) ilustrações, 4) levantamentos tradicionais, 5) fotografias, 6) desenhos técnicos, 7) modelos fotogramétricos, 8) levantamentos por *laser scanning*. Fontes de diversas naturezas podem ser utilizadas de forma complementar. É importante que a correlação entre a geometria do modelo e a fonte de origem seja clara, permitindo a sua reanálise posterior.

A modelação pode seguir processos CAD ou BIM. Os modelos CAD podem ser criados: 1) por sólidos geométricos compostos ou 2) por malhas de faces modeladas habitualmente a partir de nuvens de pontos produzidas por *laser scanning* ou fotogrametria. Estes modelos não incorporam outro tipo de informação além da sua geometria. Já os modelos BIM permitem incorporar informação relativa às fontes utilizadas, associando-a a cada elemento construtivo.

A interpretação das fontes e a modelação têm como objetivo evidenciar características formais do edifício a materializar pela impressão. Tais características condicionam a escala de impressão, a precisão e os detalhes modelados. Nesta abordagem importará o LOD (Level of Detail) como nível de detalhe e não como nível de desenvolvimento (Level of Development) [12], pois o foco corresponderá às características formais dos elementos construtivos.

Ao exportar os dados para o formato utilizado no processo de impressão é necessário assegurar que o detalhe à escala de impressão seja ligeiramente superior à capacidade de replicação da impressora 3D. A exportação pode ser direta ou indireta. Será direta ao utilizar ferramentas internas do *software* de modelação para transformar o modelo paramétrico em malha de faces (STL ou OBJ). Estas ferramentas podem ser internas ou *plugins/add-on* dedicados. A exportação indireta implica transformar o modelo geométrico HBIM em CAD. Poderá ser utilizada quando for necessário produzir alterações ao modelo paramétrico para viabilizar a sua

impressão, alterações que não são passíveis de operacionalizar com as ferramentas BIM utilizadas.

A criação do modelo físico recorre a diversos processos isolados ou combinados i.e.: técnicas tradicionais, tecnologias de prototipagem rápida como corte laser, fresagem CNC ou impressão por: SLS, PB3DP, LOM, SLA ou FFF(Figura 1) [7 e 8]. Neste caso, o processo explorado foi a impressão 3D por FFF, com recurso a impressoras *low-cost* o que torna a sua replicação acessível. Esta abordagem permite criar um modelo de formas irregulares mais rapidamente do que com as técnicas tradicionais.

Como em qualquer processo, a FFF *low-cost* possui características que condicionam a forma como o modelo é criado e implicam estratégias para garantir o objetivo inicial. Nesta tecnologia destacamos a definição condicionada pela altura das camadas e pelo extrusor utilizado, e o volume de impressão, normalmente 200x200x200mm. Existem impressoras que utilizam mais do que um tipo de material simultaneamente, mas as típicas impressoras FFF apenas imprimem com um tipo de filamento.

Resumidamente, o processo de impressão constitui-se por uma cabeça extrusora que se desloca no plano horizontal (xy) e é alimentada pelo filamento. Este é fundido e depositado pelo extrusor, em camadas horizontais sobrepostas. Ao ser depositado, o filamento arrefece e solidifica. A base e/ou a própria cabeça de impressão deslocam-se em z, permitindo a deposição vertical das camadas de filamento. O caminho que a cabeça faz, velocidades e temperatura de fundição do filamento são definidos no software de fatiamento que transforma o ficheiro STL ou OBJ num código (*G-code*) que dará as instruções de impressão à impressora. Ao ser inserido na máquina o restante processo de impressão é automático. Pode ser necessário, uma fase de pós processamento para retirar elementos de suporte criados automaticamente, no *software* de fatiamento.

3. O caso de estudo do Palácio Nacional de Sintra

O Palácio Nacional de Sintra (PNS) é património arquitetónico de raiz árabe e testemunho de marcantes fases construtivas que se entrecruzam [13]. Construído sobre um maciço rochoso, desenvolveu-se de forma complexa e justaposta dificultando a sua compreensão e comunicação sobre meios 2D. Os registos documentais da sua evolução construtiva são escassos, limitados a indicações de ordens de trabalhos ou a ilustrações do exterior e a uma única planta de 1850. Existem vestígios das várias intervenções de ampliação e manutenção nos sucessivos reinados dispersos pelos vários corpos não sendo possível uma datação inequívoca destes corpos enquanto unidade. Assim a subdivisão do modelo foi adotada com base na sua volumetria resultando em sete corpos, nos quais é possível identificar as salas principais (Figura 2). Os corpos foram nomeados de acordo com as atuais designações dos compartimentos que contêm ou com a sua posição no conjunto. A Figura 2 indica o corpo do palácio escolhido para teste do processo HBIM-FFF. Correspondeu aquele cuja informação disponível apresentava maior coerência.

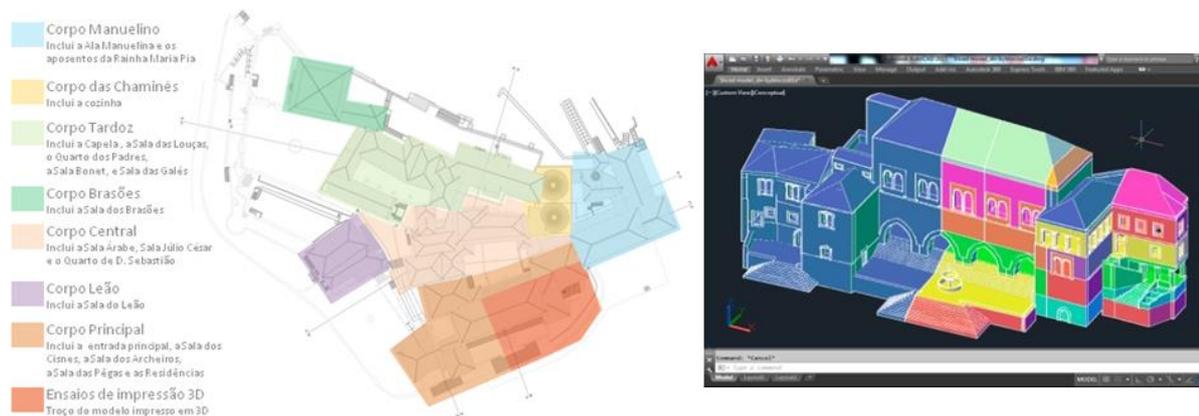


Figura 2: Subdivisão 2D dos corpos do palácio (sob planta disponibilizada pela PSML) (esq.); subdivisão 3D dos corpos no ambiente Autocad (dir.).

3.1 Objetivos de comunicação e processo HBIM-FFF

No âmbito do referido protocolo pretende-se criar um modelo arquitetónico digital simplificado do palácio, para compreender o seu desenvolvimento formal, e constituir base de trabalho e compêndio da informação recolhida nas várias disciplinas envolvidas. O objetivo específico do modelo foi o esclarecimento da estratificação do palácio. Esta constitui uma das suas mais marcantes características com o seu desenvolvimento em dezanove níveis e sub-níveis, descritos por onze plantas distintas. A dificuldade de interpretação/orientação espacial introduzida por esta densa estratificação é notória por quem visita o palácio tendo a própria equipa de investigação experienciado essa dificuldade nas visitas de campo iniciais.

As fontes utilizadas foram: 1) desenhos técnicos (1:100) datados de 1998, produzidos pelo IPPAR (Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico) no âmbito do projeto de beneficiação e reabilitação do PNS, 2) fotografias maioritariamente obtidas a partir do modo Street View do site Google Maps, e 3) modelo fotogramétrico disponível no modo vista satélite 3D também do Google Maps.

Existem cada vez mais ferramentas de modelação BIM no mercado, das quais ressaltamos o Autodesk REVIT e o Archicad. Neste caso foi utilizado o Revit por ser o software disponível. Apenas os desenhos técnicos foram importados para o Revit. As imagens do Street View foram consultadas de forma contínua e cruzada entre si para esclarecer detalhes. A sua tradução para outro suporte e a incorporação no modelo seria demorada. O modelo fotogramétrico foi também consultado de forma paralela dado não ser possível a sua exportação a partir do site de origem. O primeiro passo foi a preparação do *template* do ambiente Revit, inserindo níveis para cada uma das plantas e colocando-os na cota mais baixa correspondente. Todos os objetos foram associados aos níveis principais, de forma direta ou por relação de *offset* (Figura3).

Para operacionalizar a modelação foi necessário alterar as características visuais dos elementos nas vistas 2D, permitindo assim uma mais fácil identificação dos elementos modelados em vista *versus* elementos em corte versus desenhos técnicos importados. Foram criados *templates* de vistas para este efeito.

Ao sobrepor os desenhos detetaram-se incoerências entre si. Elementos construtivos que deviam ser coincidentes entre várias plantas não o eram. Sobrepondo-os a partir das linhas de corte evidenciavam desacertos. Para minimizar tais erros optou-se por alinhar os desenhos por um dos vértices da escadaria principal. Foram definidas várias regras gerais de modelação para

fazer face à incoerência das fontes e irregularidade geométrica do PNS. Ao modelar as paredes exteriores foi definido um plano de referência na linha onde se verifica uma maior sobreposição das paredes dos vários níveis na vista “site”. Este plano foi usado como referência para desenhar todas as paredes complanares, seguindo a *exterior line*.

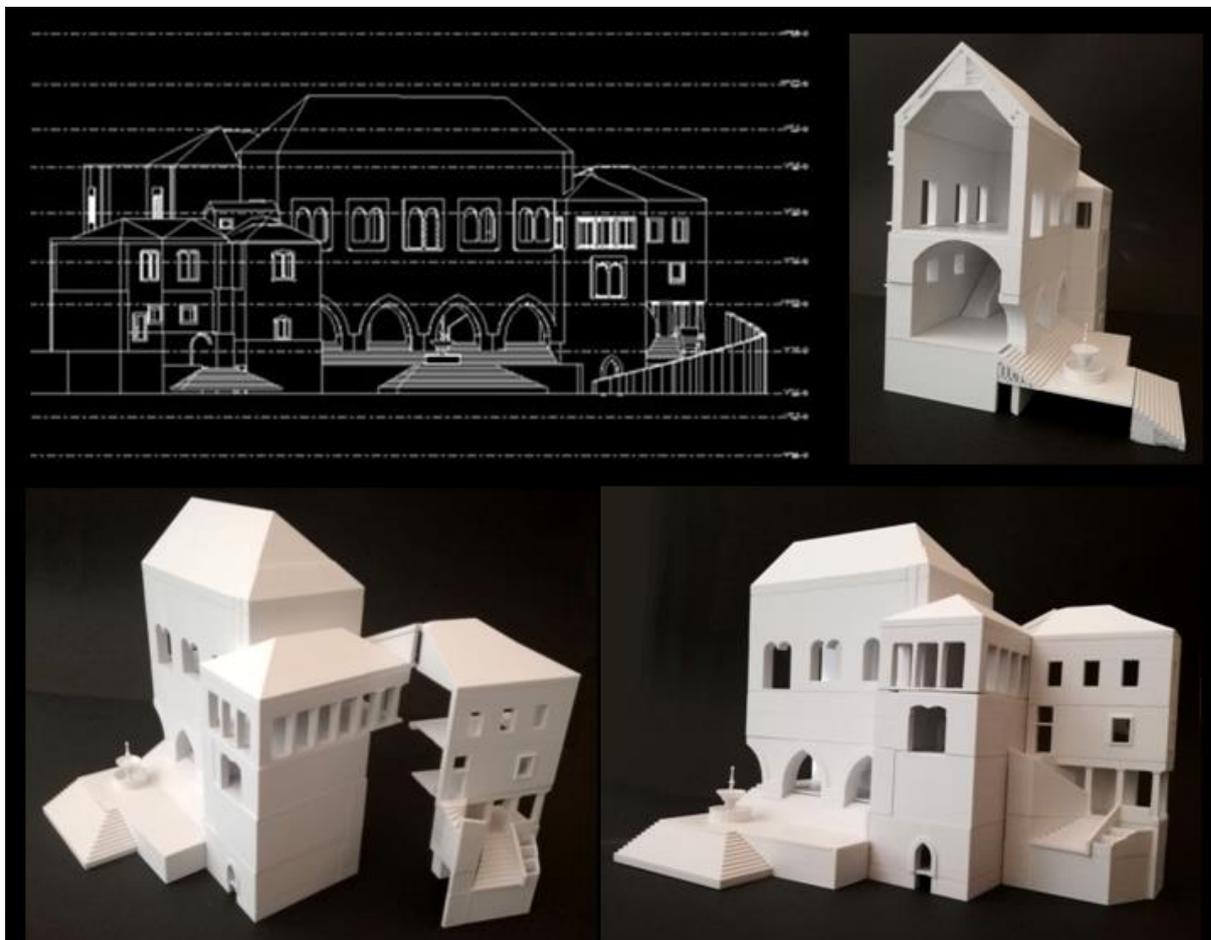


Figura 3: Níveis principais no modelo Revit (alçado sul) (cima esq); visualização das geometrias de tetos e escadaria exterior (cima dir.); decomposição e relação entre volumes (baixo. esq.); conjunto volumétrico (orientação sul) (baixo. dir.)

Em outras situações, como paredes da base mais largas do que paredes acima, foi necessário cruzar plantas, alçados e visualizações Google Maps. Quando esta variação ocorreu em socalcos, i.e. diferia de piso para piso, bastou variar os tipos de parede a partir da biblioteca de objetos disponíveis. Quando a variação era suave, como um contraforte, estávamos perante um *Component – Model in-place* o qual foi modelado como uma massa. Variações mínimas de espessura das paredes foram desprezadas e usadas as paredes do sistema. Quando esta variação era acentuada optou-se pela sua modelação como massa, como na situação de contraforte. Os vãos de portas e janelas foram inicialmente simplificados definindo famílias apenas com a forma do vazio. Tal permitiu uma maior agilidade na compreensão do modelo geral e posteriormente acrescentar elementos de cantaria.

Os pavimentos do palácio são muito diversos não existindo à partida informação sobre a sua quantidade por tipos construtivos. Para uma maior adaptabilidade, para cada compartimento foi criado um tipo de pavimento, cujo nome correspondeu à numeração do compartimento.

Para salas de geometria mais regular o teto inclui-se no pavimento, alterando-se a sua espessura em conformidade. Quando o teto apresentava uma geometria característica (i.e. Sala dos Cisnes com teto de caixotão) este foi modelado como uma entidade específica.

Uma vez que os dados técnicos de base descreviam o modelo à escala 1:100 foi esta a escala definida para impressão do modelo físico.

Após a modelação geral procedeu-se à partição do modelo (Figuras 2 e 3) para feitos de impressão permitindo que este fosse visualizado interiormente depois de impresso e que as partes produzidas ocupassem, à escala 1:100 o volume útil máximo da impressora 3D utilizada (Blocks One), 200x200x200mm. Devido à irregularidade geométrica dos elementos construtivos não foi possível utilizar a ferramenta *section box* para a sua segmentação. Se o PNS fosse mais regular, bastaria segmentá-lo com esta ferramenta e exportar as várias partes diretamente para STL recorrendo ao *add-in* “STL exporte for Revit”. A *section box* é um paralelepípedo de dimensões variáveis mas indeformável, tornando-se inútil para este fim.

Em alternativa, adotou-se um procedimento de exportação indireto. O modelo foi exportado para um formato CAD, para que pudesse ser seccionado de acordo com a estratégia definida. Utilizou-se o Autocad da Autodesk para esta etapa. A exportação direta para o formato dwg foi infrutífera pois a maior parte dos elementos ficavam desconstruídos em superfícies, impedindo operações booleanas no modelo. Foi adotado o formato SAT ASCII pois os elementos construtivos são exportados como sólidos, permitindo isolá-los, efetuar cortes e operações booleanas. A estratégia de seccionamento do modelo seguiu o seu desenvolvimento geométrico, procurando pôr em evidência: 1) os níveis, 2) a volumetria, 3) os compartimentos, 4) os elementos construtivos e 5) os detalhes (Figura 3).

3.2 Organização colaborativa

A estratégia de modelação colaborativa adotada passou pela separação do modelo em partes lógicas, condicionadas pela volumetria do edifício. Cada parte foi modelada num ficheiro REVIT individual, partindo dum mesmo *template*. Os ficheiros foram associados num ficheiro base através de hiperligações. Consequentemente a modelação tornou-se mais ágil e a edição mais rápida.

Após a definição dos *templates* base onde constavam os níveis definidos e os desenhos técnicos importados, foi definida a ordem de modelação dos elementos e uma nomenclatura para os elementos construtivos comum à equipa.

Foram ainda produzidos relatórios sobre as dificuldades, incoerências detetadas e opções de modelação, e registo das fontes fotográficas e fotogramétricas utilizadas nos casos mais dúbios. Complementarmente, foi produzido um relatório paralelo com a indicação do mapa de vãos associando o registo visual ao nome da família de janela e porta respetiva, facilitando a identificação dos tipos de vãos no modelo.

4. Conclusão e desenvolvimentos futuros

O modelo físico obtido por impressão 3D FFF permitiu obter uma descrição tridimensional credível do corpo principal do PNS, i.e. reconhecível como tal, quer quanto à sua volumetria

exterior quer quanto à leitura da sua organização espacial interna. Tanto quanto é do conhecimento dos autores, esta terá sido a primeira vez que foi desenvolvida uma representação física à escala do edifício contemplando a descrição do espaço interno. O modelo permite uma leitura compreensível dos níveis que estruturam o palácio pois estes são evidenciados pelas juntas de separação visíveis mesmo quando o modelo se encontra “fechado” (Figura 3). Esta informação introduz um grau de abstração no modelo desviando-o de uma leitura mais realista mas, por outro lado, contribui para a clarificação dessa estratificação interna complexa. As seções do modelo nem sempre asseguram a leitura mais direta de cada compartimento isolado, o que permite questionar a necessidade de modelos complementares (eventualmente a outras escalas) para descrições de natureza mais local.

Por outro lado, a segmentação do modelo para impressão permite responder mais facilmente a necessidades de alteração em partes isoladas, derivadas de novas informações ou interpretações. Estas partes podem ser remodeladas e novamente impressas não sendo necessário reimprimir a totalidade do modelo.

O processo HBIM-FFF testado permitiu gerar um modelo físico do palácio que contribuiu para a compreensão da sua complexidade formal. Apesar das incoerências identificadas nas fontes documentais essa incoerência não comprometeu o reconhecimento do objeto tendo sido possível atingir os objetivos de comunicação pretendidos.

A ligação HBIM-FFF apresenta algumas dificuldades as quais se prendem essencialmente com a necessidade de maior flexibilidade na partição do modelo digital. A sistematização do trabalho colaborativo constituiu um fator essencial para o sucesso da abordagem desenvolvida permitindo deduzir que a extensão dos métodos colaborativos em ambiente de modelação BIM deveria absorver as especificidades de um processo HBIM-FFF tais como a possibilidade de antever o seu seccionamento em *add-ins* próprios o que melhoraria a linearidade do processo, além de facilitar a partição dos modelos.

O desenvolvimento futuro de um modelo global do palácio, dada a sua complexidade formal, recorrerá a levantamentos *laser scanning* e fotogrametria. No entanto, pretende-se estabelecer análises comparativas entre os resultados dos levantamentos automáticos 3D sem contacto e os levantamentos tradicionais visando avaliar quantitativa e qualitativamente os desvios entre ambos.

Sendo a datação dos elementos construtivos uma clara evidência das intervenções que cada corpo sofreu, e que marcam os tempos históricos do palácio, esta característica pode ser facilmente transposta para o modelo impresso (por exemplo, atribuir cores por época) permitindo uma visão geral do desenvolvimento construtivo histórico do objeto.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte da investigação doutoral da Mestre Arqt^a Inês Rita (Bolsa FCT SFRH/BD/122510/2016); foi desenvolvido no âmbito do projeto de investigação coordenado pelo IST e promovido pela empresa PSML visando a avaliação da segurança sísmica do Palácio Nacional de Sintra. A PSML é uma empresa de capitais públicos responsável pela gestão de património do Estado. Foi criada em 2000, sequentemente ao reconhecimento da Paisagem Cultural de Sintra pela UNESCO.

Referências

- [1] Forum Internacional de Arqueología Virtual, Los Principios de La Arqueologia Virtual, Disponível em: <http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2016/06/PRINCIPIOS-DE-SEVILLA.pdf> [Consult.22 dezembro de 2017] (2011)]
- [2] Arayici, Y., Counsell, J., Mahdjoubi, L., Nagy, G. A., Hawas, S., Dweidar, K., “Heritage Building Information Modelling.”, London: Routledge,(2017)
- [3] Quattrini, R. et al. “From t1s to hbim. high quality semantically-aware 3d modeling of complex architecture”, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 40(5W4), pp. 367–374. (2015) doi: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-367-2015.
- [4] Danielová, M., Kumke, H. and Peters, S. “3D Reconstruction and Uncertainty Modelling Using Fuzzy Logic of Archaeological Structures: Applied to the Temple of Diana in Nemi, Italy”, Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 51(3), pp. 137–146. (2016) doi: 10.3138/cart.51.3.3160.
- [5] Murteira, H., Câmara, A. G., Rodrigues, P.S., Sequeira, L., “Lost Cities as a Virtual Experience: The Example of Pre-Earthquake Lisbon” in Memories of a City, Department of Conservation, University of Gothenburg, Chapter: 3, January 2017
- [6] Fassi, F. et al. “VR for Cultural Heritage A VR-WEB-BIM for the Future Maintenance of Milan’s Cathedral”, Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, 9769, pp. 139–157 (2016) doi: 10.1007/978-3-319-40651-0.
- [7] Balletti, C., Ballarin, M., Guerra, F., ‘3D printing: State of the art and future perspectives’, Journal of Cultural Heritage. Elsevier Masson SAS, 26, pp. 172–182. (2017)doi: 10.1016/j.culher.2017.02.010.
- [8] Berchon, M., Luyt,B. La Impresión 3D – Guia definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en geral, Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona (2016)
- [9] M. Knapp, R. Wolff, H. Lipson “Developing printable content: a repository for printable teaching models”, in: Proceedings of the 19th Annual Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin TX, USA, (2008)
- [10] Pallasmaa, J., The eyes of the skin- Architecture and the senses, John Wiley & Sons, Lda, England (2005)
- [11] New Palmyra. Disponível em: <http://www.newpalmyra.org/> [Consult.10 abril de 2018]
- [12] BIMForum, ‘Level of Development Specification’, BIM Forum, (2015) pp. 12.
- [13] Parques de Sintra – Monte da Lua, “Palácio Nacional de Sintra – História”, in:<https://www.parquesdesintra.pt/parques-jardins-e-monumentos/palacio-nacional-de-sintra/historia/> [Consult. 10 de Jan. de 2018] (2018)

TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO LASER SCANNER - APLICABILIDADE AO CONTEXTO DOS EDIFÍCIOS

Luís Sanhudo⁽¹⁾, João Poças Martins⁽¹⁾, Nuno Ramos⁽²⁾, Ricardo Almeida⁽²⁾⁽³⁾, Eva Barreira⁽²⁾, Maria Lurdes Simões⁽²⁾, Vítor Cardoso⁽²⁾

(1) CONSTRUCT-GEQUALTEC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto

(2) CONSTRUCT-LFC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto

(3) Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu

Resumo

Apesar dos recentes avanços tecnológicos na eficiência energética da construção nova, para que os objetivos internacionais da indústria da Construção sejam atingidos, a reabilitação do stock existente deve ser considerada, apresentando-se, aliás, como uma das soluções mais eficazes. Assim, com a progressiva necessidade de uma aquisição expedita e eficiente de dados geométricos *in-situ*, as técnicas de *laser scanning* têm vindo a crescer em importância e prática dentro da indústria da Construção.

Este artigo pretende expandir o conhecimento sobre estas técnicas, executando para isso múltiplos ensaios práticos seguidos da sua análise. As conclusões retiradas destes ensaios são depois postas em prática através do levantamento *laser scanner* do Laboratório de Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. É ainda possível demonstrar possíveis ligações entre o *laser scanning* e o Building Information Modelling, apontando vários benefícios e futuros usos desta ligação.

1. Introdução

No seguimento do projeto SUDOE STOP CO2, a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) foi incumbida de realizar e documentar o levantamento geométrico da estação de autocarros “24 de Agosto”, Porto, utilizando para isso técnicas de *laser scanner*. Assim, o presente artigo desenvolve esta premissa, demonstrando o trabalho realizado na preparação deste levantamento e identificando as principais conclusões retiradas ao longo da aquisição da nuvem de ponto da estação.

Assim, o presente artigo segue a seguinte estrutura. A Secção 2 corresponde à revisão bibliográfica do tópico “levantamento *in-situ* de informação geométrica”, focando-se principalmente na pesquisa bibliográfica referente a trabalhos científicos relacionados com *laser scanner*. Na Secção 3 é descrita a metodologia aplicada neste artigo. A Secção 4 apresenta

os testes de laboratório para a identificação das capacidades do *laser scanner* e respetivo *software*. Na Secção 5 é realizado o levantamento do Laboratório de Construções da FEUP e são analisadas possíveis aplicações da nuvem de pontos. Finalmente, na Secção 6 são apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

2. Levantamento *In-Situ* de Informação Geométrica

Nos últimos anos, o aumento da eficiência energética de edifícios é um dos principais focos de investigação na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Com o recente apoio de estratégias internacionais [1, 2], é possível identificar um incremento substancial do número de projetos de reabilitação nesta indústria. De facto, apesar dos recentes avanços tecnológicos relacionados com a construção nova, atualmente, devido ao enorme volume de construção existente, a reabilitação é considerada uma das melhores soluções para o alcance dos atuais objetivos da indústria da AEC, especialmente no que diz respeito à eficiência energética e às emissões de CO₂ [3-5].

No entanto, apesar da urgência associada a este problema, existem ainda múltiplos obstáculos ao correto desenvolvimento deste processo. Estas dificuldades, frequentemente associadas à ausência de conhecimento sobre as condições atuais do edifício, advêm principalmente da inadequada ou inexistente atualização da informação referente ao estado do edifício, agravada pelo inevitável envolvimento de vários profissionais ao longo da vida deste [5, 6].

Assim, estes obstáculos traduzem-se na ausência de documentação adequada para o apoio à equipa de projeto, que se depara com a tarefa de encontrar informação sobre o edifício que possa estar desatualizada ou até mesmo incompleta, em múltiplos formatos e vinda de múltiplos profissionais com intervenções prévias no edifício.

Com o objetivo de superar estes obstáculos, recentes desenvolvimentos tecnológicos permitem a recolha detalhada e não destrutiva da geometria do edifício, bem como a geração de representações tridimensionais (3D) das condições atuais deste, possibilitando assim à equipa de projeto uma rápida análise do edifício [7]. Estas representações 3D tendem a ser de fácil interpretação, permitindo uma clara passagem de informação a outros membros da equipa de projeto e até mesmo a pessoas sem formação na área da AEC. O *laser scanning*, a fotogrametria, a videogrametria, a triangulação ótica, entre outros, são exemplos destes métodos de levantamento. Uma análise detalhada destes métodos [6, 8-12], indica que estas tecnologias exigem equipamento frágil e dispendioso, bem como operadores formados e, em alguns casos, longos períodos de levantamento.

Entre estes métodos, o *laser scanning* distingue-se dos restantes sendo identificado como um do foco de investigação nos domínios de conhecimento *Building Information Modelling* (BIM) [13-15]. De facto, a capacidade do *laser scanning* de realizar rápidas medições automáticas de distâncias e ângulos (mais de um milhão de pontos por segundo [17]), combinada com a elevada precisão (pode alcançar uma precisão de 0,6 milímetros a 10 metros [7, 17]) com que captura geometrias complexas e minuciosos detalhes, distingue esta tecnologia das restantes alternativas [7, 12, 17]. Adicionalmente, o desenvolvimento de programas informáticos especializados em nuvens de pontos, como o *Leica CYCLONE*, *Meshlab* e *Autodesk ReCap*, permitem o rápido processamento das nuvens, permitindo a eliminação de porções indesejadas, o alinhamento e unificação das nuvens e a sua conversão para formas geométricas [6].

Contudo, o *laser scanning* pode apresentar algumas limitações. Conforme mencionado anteriormente, Bhatla [8] indica restrições associadas ao custo de aquisição do equipamento e à necessidade de formar operadores qualificados. Além disso, conforme visto em [3, 7, 18, 19], múltiplas estações podem ser necessárias para a aquisição de uma geometria, caso existam obstruções ao campo de visão do *scanner*.

3. Metodologia

Para a correta realização deste trabalho foi inicialmente elaborada uma metodologia a seguir. Esta metodologia tinha como objetivo estruturar o trabalho a ser efetuado, auxiliando os autores na preparação e execução do levantamento. Assim, dividiu-se o trabalho em 4 partes distintas:

- Realização de múltiplos testes para familiarização dos autores com o *hardware* e *software laser scanner* a empregar nos casos de estudo, bem como para a identificação das suas capacidades;
- Tendo por base os ensaios teste realizados, preparação e realização do levantamento do Laboratório de Construções da FEUP;
- Identificação de possíveis aplicações BIM das nuvens de pontos;
- Conclusões relativas ao trabalho efetuado.

No que diz respeito ao *hardware* e *software* utilizado, a ligação entre o *laser scanner ScanStation P20* (Figura 1) e o *software* de nuvem de pontos *Cyclone 9.1*, ambos da Leica, permitiram uma rápida aquisição e análise das nuvens de pontos obtidas. Adicionalmente, os programas *Autodesk Revit* e *Unity 3D* permitiram a análise de possíveis aplicações destas nuvens.



Figura 1: *Laser scanner ScanStation P20*.

4. Ensaios em Laboratório

Com o objetivo de identificar as capacidades e limitações do *laser scanner*, bem como compreender a influência dos seus parâmetros no estado final da nuvem de pontos, foram realizados múltiplos ensaios em ambiente de laboratório. Estes ensaios consistiram na aquisição

de várias nuvens de pontos, sendo que o posicionamento do *scanner* e as condições da envolvente se mantiveram idênticas. No entanto, os parâmetros de seguida apresentados foram alterados entre ensaios:

- Resolução – Dita a distância (em milímetros) entre os pontos capturados, tanto na vertical como na horizontal, a uma distância de 10 metros medidos a partir da posição do *laser scanner*. Quanto maior a distância, menores serão a precisão e a densidade de pontos capturados;
- Qualidade – Relaciona-se com a precisão com que os pontos são adquiridos. Maior qualidade traduz-se num maior tempo de rotação do aparelho, resultando numa captação mais precisa;
- *White Balance* – Permite uma melhor captação dos tons brancos e a correção geral da cor da fotografia. Existem quatro definições: *Sunny*; *Cloudy*; *Cold Light*; e *Warm Light*. Os dois primeiros são usados caso predomine luz natural, enquanto os restantes são utilizados para luz artificial;
- Resolução da Imagem – Define o número de *pixels*, tanto na vertical como na horizontal, das fotografias. Uma maior resolução traduz-se numa maior qualidade de imagem, com menos desfocagem, mas incrementa também a duração do levantamento e o tamanho do arquivo;
- *High Dynamic Range* (HDR) – Usado para obter, em maior detalhe, zonas expostas a pouca/muita luminosidade. As fotografias são tiradas com diferentes velocidades do obturador, resultando em diferentes níveis de brilho devido à porção de luz que atravessou a lente. Assim, após junção das fotografias, estas zonas ficam mais perceptíveis.

No que diz respeito à localização dos ensaios, estes foram realizados dentro da câmara de chuva do Departamento de Engenharia Civil da FEUP. As suas condições isoladas juntamente com os detalhes oferecidos pelos recipientes das amostras e a grelha disposta no chão da câmara criaram condições favoráveis à realização dos 38 ensaios laboratoriais exibidos na Tabela 1. De realçar que os ensaios 9, 15, 34 e 38, marcados com um asterisco, foram realizados sob condições de luminosidade mínima na câmara.

Tabela 1: Ensaios em laboratório com o *scanner ScanStation P20*

Teste	Resolução do Scan	Qualidade do Scan	White Balance	Resolução de Imagem	HDR	Tamanho Ficheiro	Tempo Estimado
1		1		960		150 MB	6min 26s
2	50.0mm@10m	2	Cold Light	960	No	154 MB	6min 26s
3		3		1920		572 MB	7min 50s
4		1		960	No	168 MB	6min 39s
5		2		960	No	171 MB	6min 39s
6	25.0mm@10m	3	Cold Light	960	No	168 MB	7min 4s
7		4		1920	No	591 MB	9min 5s
8		4		1920	Yes	605 MB	12min 2s
9*		4		1920	Yes	321 MB	12min 2s

Teste	Resolução do Scan	Qualidade do Scan	White Balance	Resolução de Imagem	HDR	Tamanho Ficheiro	Tempo Estimado
10	12.5mm@10m	1	Cold Light	960	No	251 MB	7min 4s
11		2		960	No	228 MB	7min 55s
12		3		960	No	231 MB	9min 36s
13		4		960	No	231 MB	12min 58s
14		4		960	Yes	256 MB	15min 27s
15*		4		960	Yes	172 MB	15min 27s
16	6.3mm@10m	1	Cold Light	960	No	464 MB	8min 1s
17		2		960		465 MB	9min 36s
18		3		960		466 MB	12min 58s
19		4		960		467 MB	19min 43s
20	3.1mm@10m	1	Cold Light	640	No	1336 MB	9min 25s
21		1		960		1416 MB	9min 36s
22		1		1920		1837 MB	10min 46s
23		2		960		1419 MB	12min 58s
24		3		960		1418 MB	19min 42s
25		4		640		1338 MB	33min 0s
26		4		960		1419 MB	33min 11s
27		4		1920		1845 MB	34min 22s
28	1.6mm@10m	1	Cold Light	960	No	5236 MB	19min 45s
29		2		960		5240 MB	33min 16s
30		3		960		5237 MB	1h 0min 19s
31	0.8mm@10m	1	Cold Light	640	No	20397 MB	1h 0min 8s
32		1		960	No	20478 MB	1h 0min 18s
33		1		1920	No	20904 MB	1h 1min 29s
34*		1		1920	Yes	20908 MB	1h 4min 26s
35		2		640	No	20407 MB	1h 54min 12s
36		2		960	No	20488 MB	1h 54min 23s
37		2		1920	No	20914 MB	1h 55min 33s
38*		2		1920	Yes	20914 MB	1h 58min 30s

Como é possível constatar por análise da Tabela 1, os parâmetros escolhidos influenciam significativamente o tempo necessário para o levantamento e o tamanho do ficheiro obtido.

De facto, destes ensaios foi possível concluir que quanto maior for a resolução do *scan* e da imagem, maior será o tempo necessário para efetuar o levantamento, bem como o tamanho do ficheiro no qual a nuvem de pontos está contida. É ainda possível concluir que apesar da qualidade do *scan* aumentar substancialmente o tempo necessário, o mesmo não pode ser sempre dito no que diz respeito ao tamanho do ficheiro. Adicionalmente, pode ser ainda concluído que o HDR aumenta significativamente o tempo necessário, apesar do tamanho do ficheiro parecer estar dependente da luz do compartimento. Finalmente, é de realçar que apesar de tanto a resolução do *scan* como da imagem influenciarem o tempo estimado e o tamanho do ficheiro, o primeiro apresenta uma maior influência que o segundo. De facto, ao longo dos ensaios é possível averiguar que as mudanças na resolução da imagem incitam pequenas variações tanto no tamanho do ficheiro (aproximadamente 100-400 MB) como do tempo estimado (aproximadamente 1 minuto), quando comparadas com as variações devidas às mudanças na resolução do *scan* (podem atingir aproximadamente 15 GB e 40 minutos). Nos Gráficos 1 e 2 é possível visualizar o crescimento exponencial associado às alterações acima mencionadas, usando para isso as médias dos resultados obtidos na Tabela 1.

Estes gráficos demonstram claramente os possíveis aumentos em termos de tamanho de ficheiro e tempo de levantamento que um *scan* pode exibir face à utilização de maiores resoluções. Estes resultados enfatizam a importância deste estudo, uma vez que a escolha da resolução adequada para o levantamento pode beneficiar o utilizador tanto no tempo despendido com o levantamento como nos requisitos impostos ao *hardware* de trabalho.

Por último, com os resultados destes ensaios foi possível desenvolver a Tabela 2, onde múltiplos *scans* são comparados em termos de resolução e qualidade. Esta comparação teve como objetivo identificar a influência destes parâmetros na capacidade da nuvem de pontos reproduzir a forma geométrica de um edifício. Os parâmetros resolução da imagem, HDR e *white balance* foram excluídos desta comparação, visto não apresentarem qualquer influência neste tópico.

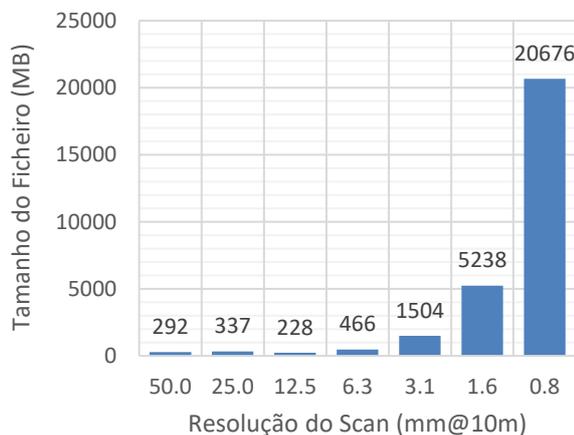


Gráfico 1: Valores médios do tamanho do ficheiro para as respetivas resoluções.

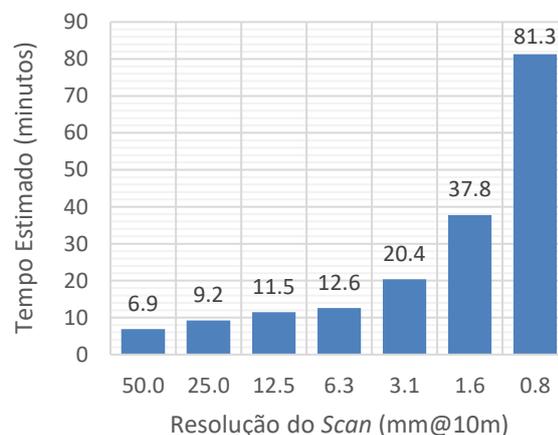


Gráfico 2: Valores médios do tempo estimado para as respetivas resoluções.

A Tabela 2 inclui 12 *scans* representativos da sua respetiva resolução e qualidade, obtidos a uma distância de 5 metros da parede da câmara de chuva. Ao analisar estes *scans*, é possível concluir que a modificação na qualidade não se traduz em diferenças visíveis no que diz respeito à capacidade da nuvem de pontos reproduzir a geometria de um edifício. Pelo contrário, a resolução do *scan* produz um impacto significativo no rigor geométrico da nuvem de pontos,

sendo que uma resolução de 25.0mm@10m oferece menor informação geométrica que uma resolução de 1.6mm@10m. Contudo, também é claro que à distância de 5 metros, resoluções superiores a 3.1mm@10m resultam num reduzido ganho de detalhe observável.

5. Levantamento do Laboratório de Construções e possíveis aplicações desta tecnologia

Com o objetivo de colocar em prática os conhecimentos obtidos através dos ensaios em laboratórios, foi realizado o levantamento do Laboratório de Construções da FEUP. O levantamento contou com um total de 9 estações nas quais foram utilizadas 3 resoluções de 3.1mm@10m, de 6.3mm@10m e de 12.5mm@10m. A escolha das resoluções teve em conta a envolvente das estações e as observações presentes na secção 4, sendo que as primeiras foram aplicadas nos espaços mais abertos do laboratório e, por oposição, as últimas em espaços mais restritos. Não foi necessária a utilização de HDR uma vez que a iluminação no interior da nave é relativamente uniforme. A qualidade selecionada para todos os *scans* foi de 2. No que diz respeito ao *white balance*, foi utilizada a opção *warm light* devido aos focos amarelos predominantes no laboratório. A nuvem de pontos é apresentada nas Figuras 2-5, sendo a primeira uma vista exterior e as restantes vistas interiores da nuvem.

Nas Figuras 2 e 3 são visíveis duas possíveis aplicações das nuvens de pontos, respetivamente no auxílio da criação de modelos e na sua exploração em ambiente de realidade virtual. Outras aplicações incluem inspeções da qualidade de edifícios, monitorização estrutural, atualização de plantas, deteção de choque entre elementos construtivos, topografia, entre outros.

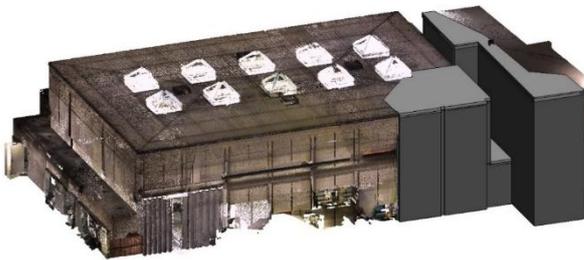


Figura 2: Modelação BIM a partir da nuvem de pontos.

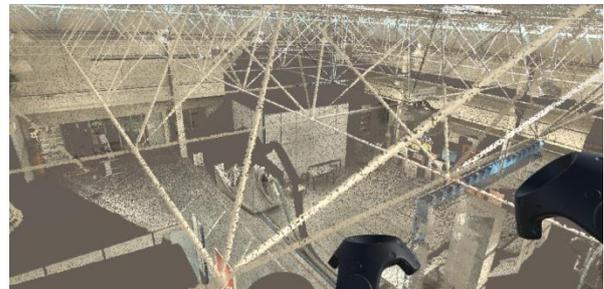


Figura 3: Visualização da estrutura metálica em ambiente de realidade virtual.



Figura 4: Visualização da nuvem de pontos com cores reais capturadas.

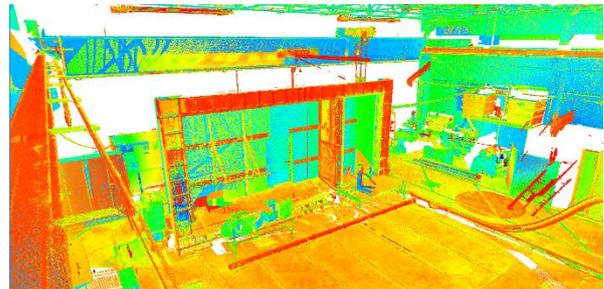


Figura 5: Visualização da nuvem de pontos com os níveis de intensidade da nuvem.

Tabela 2: Scans representativos, obtidos dos ensaios visíveis na tabela 1.

Resol. scan	Qualidade		
	Q1	Q2	Q3
50.0mm@10m			
25.0mm@10m			
12.5mm@10m			
6.3mm@10m			
3.1mm@10m			
1.6mm@10m			

6. Conclusões

Os ensaios realizados em laboratório permitiram uma maior compreensão sobre a utilização dos parâmetros do *scanner*, nomeadamente no que diz respeito ao impacto destes na qualidade da nuvem de pontos, nos tempos de levantamento e nos tamanhos dos ficheiros adquiridos. Desta forma, os resultados apresentados no presente artigo permitem um melhor planeamento de um levantamento *laser scanner*.

Como comprovado pelo levantamento do Laboratório de Construções da FEUP e pelas possíveis aplicações da nuvem de pontos apresentadas, esta é uma tecnologia com múltiplos usos que, na opinião dos autores, demonstra elevado potencial para desenvolvimento futuro.

Reconhecimentos

Este artigo foi desenvolvido a partir dos resultados obtidos no âmbito do projeto SUDOE Stop CO2 e do projeto CONSTRUCT, bem como pelo financiamento da FCT pela Bolsa de Doutoramento SFRH/BD/129652/2017.

O SUDOE Stop CO2 (SOE1 / P3 / E0032) é um projeto co-financiado pelo Programa Interreg Sudoeste através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

O projeto POCI-01-0145-FEDER-007457 - CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construção é financiado por fundos do FEDER através do COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) - e por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Referências

- [1] E. Recast, "Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)," *Official Journal of the European Union*, vol. 18, p. 2010, 2010.
- [2] T. E. Commission. (2016, 05 June). *2020 climate & energy package | Climate Action*. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en
- [3] S. Lagüela, L. Díaz-Vilariño, J. Martínez, and J. Armesto, "Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes," *Automation in Construction*, vol. 31, pp. 230-240, 2013.
- [4] G. Verbeeck and H. Hens, "Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable?," *Energy and buildings*, vol. 37, pp. 747-754, 2005.
- [5] Z. Ma, P. Cooper, D. Daly, and L. Ledo, "Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art," *Energy and buildings*, vol. 55, pp. 889-902, 2012.
- [6] Ö. Göçer, Y. Hua, and K. Göçer, "A BIM-GIS integrated pre-retrofit model for building data mapping," in *Building Simulation*, 2016, pp. 513-527.
- [7] S. Lagüela, L. Díaz-Vilariño, J. Armesto, and P. Arias, "Non-destructive approach for the generation and thermal characterization of an as-built BIM," *Construction and Building Materials*, vol. 51, pp. 55-61, 2014.

- [8] A. Bhatla, S. Y. Choe, O. Fierro, and F. Leite, "Evaluation of accuracy of as-built 3D modeling from photos taken by handheld digital cameras," *Automation in construction*, vol. 28, pp. 116-127, 2012.
- [9] Z. Zhu and I. Brilakis, "Comparison of optical sensor-based spatial data collection techniques for civil infrastructure modeling," *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 23, pp. 170-177, 2009.
- [10] P. Arias, C. Ordóñez, H. Lorenzo, and J. Herraiez, "Methods for documenting historical agro-industrial buildings: a comparative study and a simple photogrammetric method," *Journal of Cultural Heritage*, vol. 7, pp. 350-354, 2006.
- [11] P. Henry, M. Krainin, E. Herbst, X. Ren, and D. Fox, "RGB-D mapping: Using depth cameras for dense 3D modeling of indoor environments," in *the 12th International Symposium on Experimental Robotics (ISER)*, 2010, pp. 22-25.
- [12] C. Fröhlich and M. Mettenleiter, "Terrestrial laser scanning—new perspectives in 3D surveying," *International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, vol. 36, p. W2, 2004.
- [13] X. Li, P. Wu, G. Q. Shen, X. Wang, and Y. Teng, "Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM): A bibliometric approach," *Automation in Construction*, vol. 84, pp. 195-206, 2017.
- [14] X. Zhao, "A scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization," *Automation in Construction*, vol. 80, pp. 37-47, 2017/08/01/ 2017.
- [15] R. Santos, A. A. Costa, and A. Grilo, "Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015," *Automation in Construction*, vol. 80, pp. 118-136, 2017/08/01/ 2017.
- [16] P. Tang, D. Huber, B. Akinci, R. Lipman, and A. Lytle, "Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques," *Automation in construction*, vol. 19, pp. 829-843, 2010.
- [17] L. Geosystems, "Leica ScanStation P30/P40 product specifications," *Heerbrugg, Switzerland*, 2016.
- [18] T. Gao, B. Akinci, S. Ergan, and J. Garrett, "Constructing as-is BIMs from progressive scan data," *Gerontechnology*, vol. 11, p. 75, 2012.
- [19] B. Giel and R. Issa, "Using laser scanning to access the accuracy of as-built BIM," in *Computing in Civil Engineering (2011)*, ed, 2011, pp. 665-672.

A RECOLHA DE DADOS PARA INTEGRAÇÃO EM BIM

Bruno Baptista⁽¹⁾, Gonçalo Inocentes⁽¹⁾, Mário Encarnação⁽¹⁾

(1) GEOTRILHO – Topografia, Engenharia e Projecto

Resumo:

Sendo o BIM (Building Information Management) um sistema de organização estrutural da informação que acompanha todo o ciclo de vida de uma construção, instalação ou estrutura, estes sistemas têm uma importância extrema quando toda a sua informação reflete a realidade existente. A recolha e a atualização de todos os dados relativos aos diferentes elementos construtivos, são das etapas mais importantes na construção e atualização dos BIM.

A recolha de dados tridimensionais georreferenciados e de precisão, tem importância prática na interoperabilidade de um BIM, na confrontação dos dados recolhidos com o projeto, na relação do projeto com a implantação no ambiente real, e na manutenção ou eventual alteração em fase de exploração.

Nesta apresentação pretende-se fazer um enquadramento da tecnologia Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) na sua aplicação à engenharia civil, mecânica, arquitetura e a outras. Serão apresentadas diferentes metodologias de recolha e processamento da informação e dos diferentes produtos extraídos, uteis para a integração em BIM, desde o desenho técnico em CAD (Computer Aided Design), aos “As-Built” e principalmente aos modelos tridimensionais.

Será apresentado um caso prático em todo o seu desenvolvimento, desde a recolha de dados, à elaboração de um modelo tridimensional com informação estruturada e à inclusão num sistema de informação e localização de equipamentos. Serão apresentados exemplos do controlo na fase construtiva, que poderá e deverá ser feito pela confrontação de dados Laser (Nuvens de pontos) com o projeto BIM.

1. Introdução

A Geotrilho – Topografia, Engenharia e Projecto, fundada em 2001, é uma empresa especializada na prestação de serviços nas áreas da construção civil, indústria e obras públicas. Nas especialidades de Topografia, Monitorização, Engenharia, Projecto, Cartografia, Geodesia, Laser Scanner, Modelação 3D, Fotogrametria e UAVs (Unmanned air vehicle). A empresa Geotrilho tem vindo a crescer de forma sustentada permitindo a desmultiplicação num grupo de várias empresas. Após a criação da empresa Geosurvey, projeto dedicada ao mercado Africano, recentemente desenvolveu a empresa Laser Dynamics, projeto dedicado à Digitalização, Modelação 3D, Engenharia Inversa e Controle Dimensional de todos os tipos de objetos, equipamentos e estruturas.

Nas últimas décadas a tecnologia LIDAR (Light Detection And Ranging) usada em plataformas aerotransportadas foi miniaturizada ao ponto de permitir a sua fácil portabilidade e o estacionamento terrestre, dando origem aos chamados Laser Scanner Terrestres (TLS - Terrestrial Laser Scanning). Estes permitem a determinação, em poucos minutos, de conjuntos de coordenadas de milhões de pontos, designados por nuvens de pontos. Estas nuvens de pontos podem ser coloridas com informação pictórica recolhida com sensores RGB (Red, Green, Blue) acoplados ao próprio sistema Laser (Figura 1), ou mesmo, coloridas com a Intensidade de reflectância (I), que é a relação entre o fluxo de radiação que incide numa superfície e o fluxo de radiação que é refletido (Figura 2).



Figura 1: Exemplo de nuvem de pontos colorida

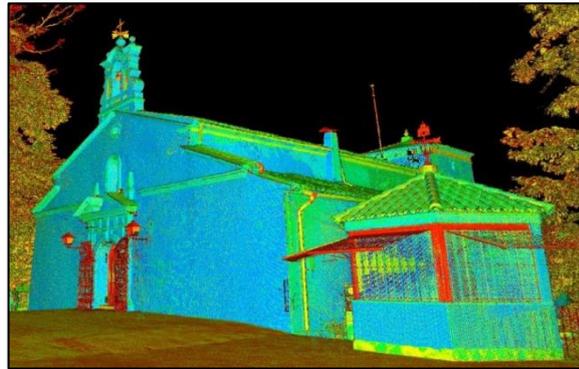


Figura 2: Exemplo de nuvem de pontos com intensidade de reflectância

A fusão da informação radiométrica, proveniente de imagens digitais, com a informação geométrica proveniente dos *Laser Scanners*, proporciona o que poderemos designar como uma fotografia 3D, com qualidade métrica. A aplicação que se pode fazer destas "fotografias 3D", no campo da indústria, da arquitetura, da arqueologia e das diversas engenharias, está só limitada pela imaginação. A sua utilização permite rentabilizar todas as fases da vida de uma estrutura, desde o projeto até à sua conclusão, passando por fases intermédias como a reabilitação, a exploração, a monitorização ou mesmo, como base para alterações de projeto. A par dos TLS foram igualmente desenvolvidos sistemas de Laser Scan Móvel (MLS - *Mobile Laser Scan*) e de sistemas Laser Scan aerotransportados, nomeadamente equipamentos UAV's com sistemas Laser acoplados.

Estes sistemas permitem a recolha de dados para, em gabinete, fazer todo o tipo de projeto de alteração, de restauro ou de remodelação de estruturas, pois será uma base sólida do estado da arte e reflete com rigor e detalhe o seu estado atual.

Este artigo descreve a utilização da tecnologia Laser Scan na recolha de dados para a integração em sistemas BIM (*Building Information Management*).

2. Sistemas Laser Scan

Nos diversos trabalhos executados com os TLS, de um modo geral, a metodologia utilizada na aquisição e processamento de dados é muito idêntica. Pode-se considerar que o fluxo de trabalho começa pela implementação de uma rede de apoio topográfico, implementada com métodos taqueométricos, ou via observações GNSS (*Global Navigation Satellite System*), que servirá de sistema de apoio ao varrimento laser. Após a recolha das nuvens de pontos, são executadas tarefas de pré-processamento (coloração dos pontos, transformação de coordenadas e concatenação das diferentes nuvens de pontos), de processamento (filtragem, reamostragem e edição dos dados) e de pós-processamento (produção de modelos digitais de superfície, modelação 3D em formas paramétricas e produção de documentação CAD). As nuvens de pontos recolhidas são previamente editadas com o propósito de eliminar todo o tipo de objetos que não são do interesse do trabalho proposto. São executados procedimentos de limpeza automática e manual das respetivas nuvens. Executam-se também em gabinete, rotinas que permitem o melhor ajustamento entre nuvens recolhidas dos diferentes pontos de estacionamento do TLS. Nesta fase elaboram-se relatórios de controlo de qualidade sobre o sistema de coordenadas tridimensional.

Segue-se a fase que se designa por “Modelação 3D”, visando sintetizar a enorme riqueza de informação geométrica e radiométrica adquirida, para gerar documentos de engenharia úteis para os diversos intervenientes. A modelação 3D consiste na geração de formas paramétricas para a representação de objetos ou de estruturas. Nestes casos, e dada a tridimensionalidade da representação, só são devidamente fruídos quando projetados dinamicamente e com alguma interação em sistemas computacionais. Em alguns dos trabalhos, produz-se também o Modelo Digital de Superfície (MDS) representado como uma superfície triangulada (*Mesh*) (Figura 3), e aplica-se a estas superfícies uma coloração real com base em fotografia digital. Noutros trabalhos aplica-se sistemas e processos de engenharia inversa (Figura 4) para representar as estruturas ou objetos em formas paramétricas. Obtém-se assim produtos tridimensionais para integrar em sistemas BIM e dar apoio a diversas análises.

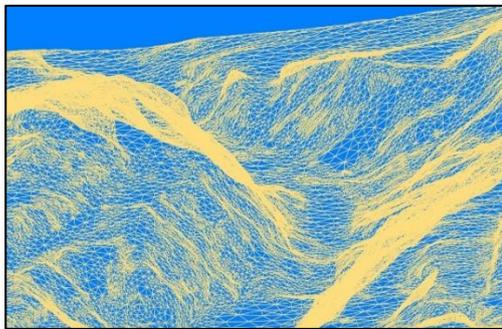


Figura 3: Exemplo de MDS representado como uma superfície triangulada (*Mesh*)



Figura 4: Exemplo de representação de estruturas em formas paramétricas

Os documentos de engenharia tradicionalmente usados para sintetizar a informação podem ser produzidos em tempo útil para facilitar, ao longo da vida da obra, a decisão do projetista, do dono de obra, da fiscalização, da autoridade e do utilizador. Além dos documentos tradicionais em engenharia, outros novos documentos podem ser produzidos, tais como ortoimagens, PDFs 3D (*Portable Document Format*), desenhos 3D, modelos tridimensionais com textura e animações audiovisuais, além dos sistemas BIM, sistemas estes que potencializam ao máximo o uso que se faz da reconstrução tridimensional.

A partir da modelação 3D podem-se produzir, automaticamente, e com alguma rapidez, uma série de documentos tradicionais de engenharia, sintetizando em 2D a informação 3D coligida. Ficamos então em condições de produzir documentação CAD, como Vistas, Plantas, Perfis, Cortes transversais e longitudinais, e de extrair Curvas de Nível e Pontos Cotados. A modelação dos dados provenientes dos TLS pode igualmente ser executada de forma a ser integrada em sistemas de BIM. (Figura 5 e Figura 6)



Figura 5: Exemplo de modelação para BIM arquitetónico

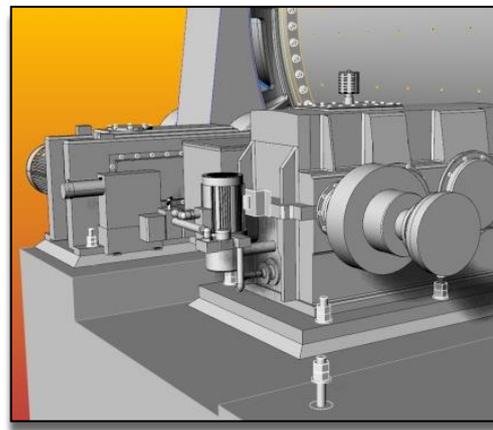


Figura 6: Exemplo de modelação para BIM industrial

3. O caso da Irlanda

Neste artigo apresentamos um exemplo de um trabalho elaborado pelo Geotrilho na Mina de Lisheen, Republica da Irlanda. Neste trabalho a Geotrilho esteve a desenvolver um sistema BIM para ser implementado em Cuba por um cliente Espanhol.

3.1 Problema

A Mina de Lisheen entrou em exploração no ano de 2000 e terminou a sua exploração a 31 de Dezembro de 2015. A empresa EMINCAR (*Empresa Mineira del Caribe*) comprou todas as estruturas do processo mineiro da Mina de Lisheen, pretende-se então que estas estruturas sejam desmontadas e desmanteladas de forma a serem transportadas para Cuba para serem montadas sobre a estrutura de betão armado projetada para o efeito.

Antes de começar os trabalhos de desmontagem a Geotrilho ficou responsável por identificar todas as estruturas, fazer o Laser Scan e a respetiva modelação, para depois integrar esta modelação tridimensional num sistema de BIM, que permita desenvolver o projeto e possibilite a montagem na Mina de Santa Lúcia, Cuba.

3.2 Rede de Apoio Topográfico

Antes de qualquer trabalho de digitalização, e por norma na Geotrilho, todos os dados recolhidos e digitalizados são devidamente georreferenciados. É então definido e materializado no terreno uma Poligonal de Apoio. Esta serve para a georreferenciação de todas as estações Laser Scan e consequentemente a georreferenciação de todas as nuvens de pontos recolhidas.

O volume de informação recolhida, no caso do trabalho de Lisheen, ultrapassou as 500 estações laser scan e os 500 Gb de dados originais, num emaranhado de estruturas onde a georreferenciação se demonstrou essencial num trabalho desta natureza.

O sistema de referência implementado, foi decidido ser coincidente com o sistema de alinhamentos definido pelos pilares de super-estrutura existente, e que naturalmente foi o sistema projetado para implementar no projeto de Cuba. Sendo um sistema local, não depende da localização geográfica do projeto.

3.3 Levantamento de Dados

Ao longo de mais de um mês efetuou-se a digitalização de todas as estruturas da Mina recorrendo a um *Laser Scanner Leica HDS C10* e um *HDS P40*. Desde a Sala de Compressores, a zona de Células de Flutuação, passando pelo Trituração, pela Moagem, pelos Filtros, pelos Espessadores, pelos Floculantes, pelos Concentrados e pela Planta de Pasta, recolheram-se dados de todas as estruturas existentes (Figura 7).

Simultaneamente foi implementado um sistema de codificação para a identificação de cada estrutura e equipamento desmontado (Figura 8). Cada peça solta tinha um código que identificava a Área, o Tipo, a Posição e a Ordem a que a peça se encontrava antes de ser desmontada. Depois de cada peça ser reparada e pintada é colado um Código de Barras que a identifica na Base de Dados de estruturas. Esta Base de Dados contém informação sobre as características da peça, como por exemplo: a sua localização por Área, o tipo de perfil (HEB, HEA, etc.) peso, dimensões, cor, reparação efetuada, etc..

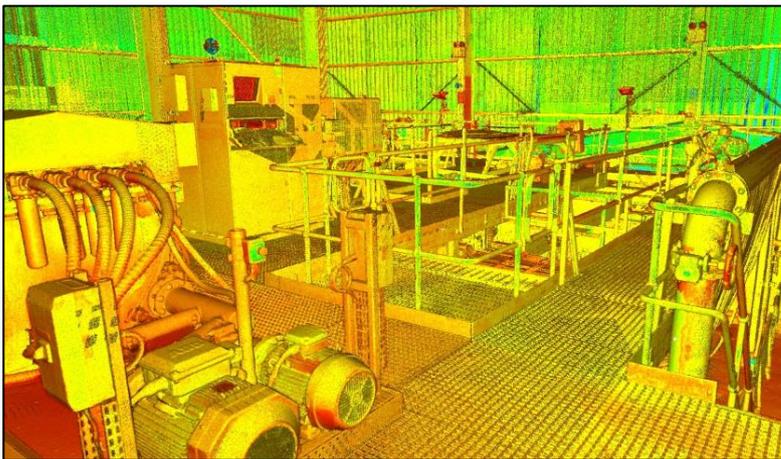


Figura 7: Exemplo do tipo de estruturas digitalizadas

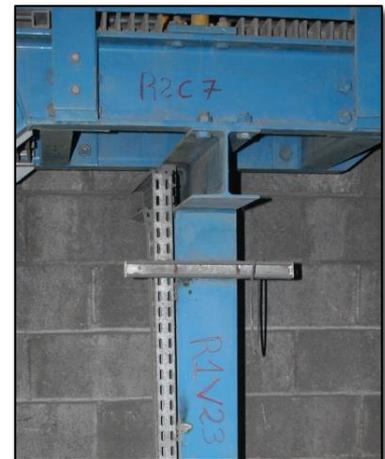


Figura 8: Exemplo do sistema de codificação de estruturas

3.4 Processamento

Nesta fase dos trabalhos foram efetuadas rotinas para um melhor ajustamento das nuvens de pontos e um controlo de qualidade posicional, recorrendo ao *software Leica Cyclone*. Foram efetuados trabalhos de limpeza de nuvem de pontos, de objetos que não são do interesse para o trabalho proposto. Determinadas áreas foram digitalizadas com alta resolução, como o caso dos Moinhos, dada a sua complexidade e pela necessidade de fazer a sua modelação com grande rigor (Figura 9).

Foram feitos outros trabalhos paralelos como a modelação exata de algumas estruturas com o objetivo de avaliar a sua deformação, ou os trabalhos de contagem de elementos a substituir, como por exemplo os parafusos existentes em todas as estruturas (Figura 10).

Passamos então à fase de modelação 3D dos objetos e da estrutura digitalizada.

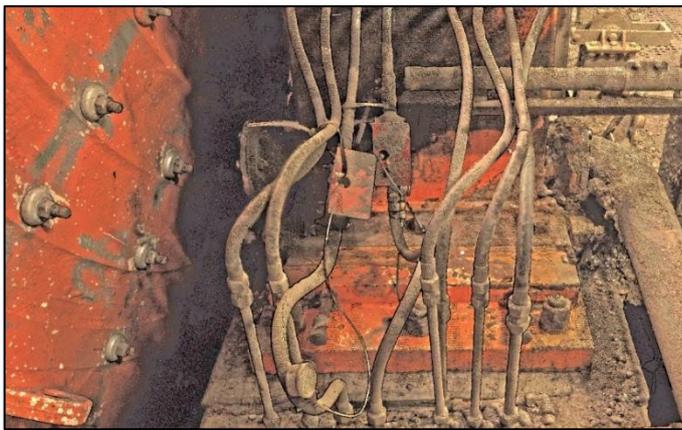


Figura 9: Exemplo de digitalização de alta resolução



Figura 10: Contagem de parafusos

3.5 Modelação para BIM

Após o Processamento da nuvem de pontos, entramos na fase de Modelação tridimensional de objetos e de estruturas. Foram modelados os objetos e as estruturas organizadas por camadas (*Layers*) com o seu tipo de perfil (Figura 11).

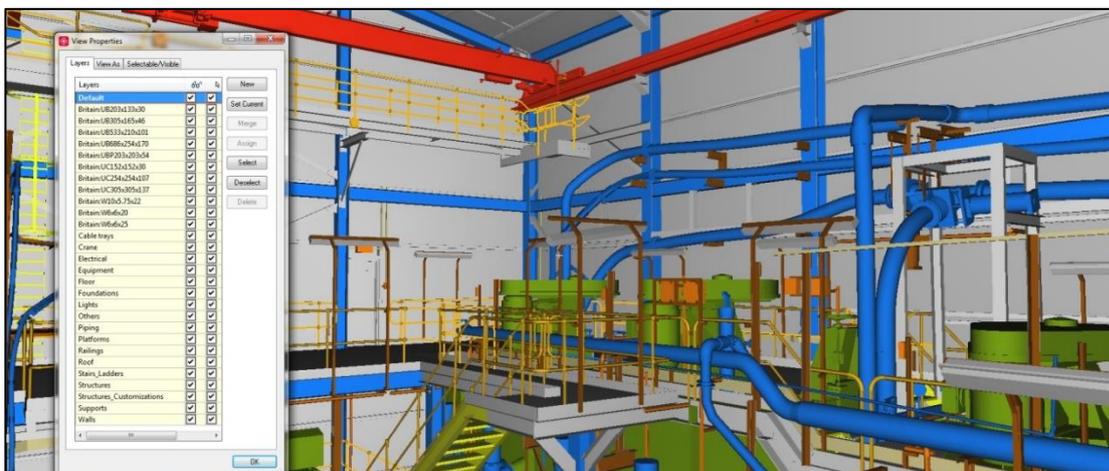


Figura 11 – Exemplo de modelação tridimensional organizada em camadas

A esta modelação tridimensional é igualmente associado o respetivo código de barras, de modo a que seja feita a ligação entre o objeto modelado e a Base de Dados de elementos. Esta identificação foi feita em 70% de toda a área mineira e em mais de 90% na área da Lavaria, uma das zonas mais importantes do processo industrial mineiro (Figura 12).

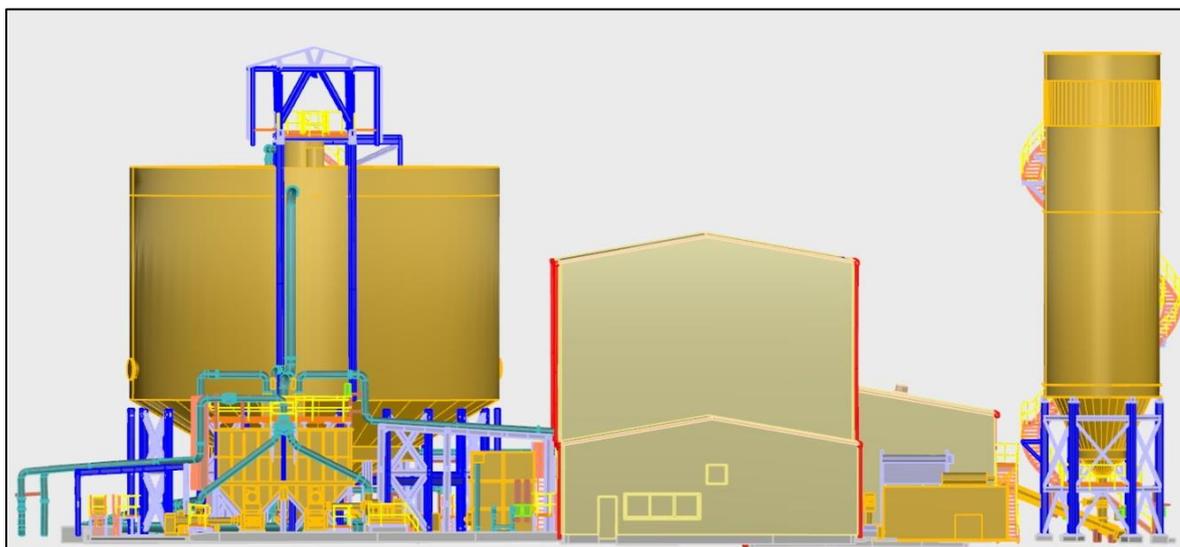


Figura 12: Identificação de uma das áreas - Lavaria

3.6 SILE

O SILE, Sistema de Informação e Localização de Equipamentos, foi desenvolvido em ambiente Web e pretende sintetizar toda a informação recolhida sobre os objectos existentes na Mina de Santa Lucia, Cuba.

É uma base de dados que servirá a manutenção e conseqüentemente as operações mineiras. Destina-se essencialmente a facilitar a localização de equipamentos e dos seus documentos, tais como manuais, certificados, registo de intervenções, registo de peças suplentes, etc. Permite ainda programar e registar os atos de manutenção preventiva e correctiva, numa base de acesso comum. (Figura 13 e Figura 14).

Esta plataforma permite procuras por localização geográfica do equipamento e/ou procuras pela área de localização e pelo sistema de TAG's. O TAG é o nome exclusivo (geralmente formado por um código alfanumérico) que é atribuído a cada equipamento, tubo, válvula, equipamento em linha, instrumentação, cabo ou prédio.

O sistema é organizado por diferentes áreas e, de acordo com o tipo de usuário, serão dadas as respectivas permissões para aceder a conteúdos na plataforma. De acordo com o início da sessão do perfil, os utilizadores terão permissões diferentes para consultar ou editar as informações no sistema. O login do administrador pode editar todos os campos, links e informações no sistema. Este sistema está desenvolvido em PHP e HTML, é suportado pelo base de dados SQL e corre em HTML nos mais usuais navegadores de Internet.

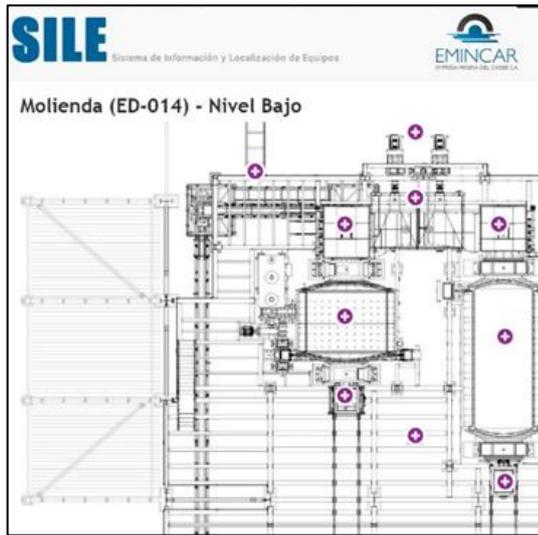


Figura 13: Exemplo de área no SILE

Manuales:
1. SD-050_MANUAL_SECADOR AIRE PARKER ZANDER VVM 40-1450.pdf
Actuaciones Ensayos:
1. SD-050_ACTUACIONES_SECADOR AIRE PARKER ZANDER VVM 40-1450.pdf
Certificados:
1. SD-050_CERTIFICADOS_SECADOR AIRE PARKER ZANDER VVM 40-1450.pdf
2. SD-050_GARANTIA_SECADOR AIRE PARKER ZANDER VVM 40-1450.pdf
Repuestos:
SD-050_REPUESTOS_SECADOR AIRE PARKER ZANDER VVM 40-1450.pdf
Planos:

Figura 14: Exemplo de ficha de um objeto

4. Conclusões

Os TLS têm sido largamente aplicados em BIM. O crescente número de sensores e a diversidade de técnicas para processamento e interpretação de imagens têm viabilizado a expansão desta área na pesquisa, desenvolvimento e em aplicações relacionadas com BIM.

Só por si, a recolha de nuvens de pontos na fase construtiva permite a verificação dos padrões de qualidade com o projeto BIM. A recolha de dados devidamente georreferenciados demonstra ser o procedimento correto para a confrontação destes dados.

Em edifícios e estruturas que já terminaram a sua fase construtiva, e nos quais não foram aplicados sistemas BIM, verifica-se que os sistemas Laser Scan serão um das melhores tecnologias de recolha de dados georreferenciados para o desenvolvimento de sistemas BIM.

O detalhe e densidade dos dados obtidos, é ajustável a cada projeto e às necessidades dos utentes da informação, sendo que a nuvem de pontos pode ter diferentes níveis de modelação, da mesma nuvem poderemos gerar diferentes estruturas de dados BIM.

A modelação, a interpretação dos modelos gerados e a atribuição da codificação para integração em BIM, são tarefas subsequentes ao uso da tecnologia Laser Scan, que dela dependem, não só no realismo e verdade da informação como na facilidade de uso e visualização.

Referências

- [1] Atkinson, K.B. (2001). *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing, Roseleigh House, Latheronwheel, Caithness KW5 6DW, Scotland, U.K. Págs.9-51.
- [2] Baptista, Bruno Baeta. (2017). *Modelação 3D da Barragem do Cabril por Varrimento LASER Terrestre e Fotogrametria Digital – Relatório de Mestrado em Engenharia Geográfica*. FCTUC, Coimbra.

- [3] Caprioli, M.; Minchillib, M.; Scognamiglio, A.; Strisciuglio, G. (2003). *Using Photogrammetry and laser scanning in surveying monumental heritage: Le Grotte di castellana*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIV, Part 5/W12.
- [4] Kersten, Thomas. (2006). *Combination and Comparison of Digital Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning for the Generation of Virtual Models in Cultural Heritage Applications*. HafenCity University Hamburg, Department Geomatics, Hebebrandstrasse 1, 22297 Hamburg, Germany.
- [5] Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., Harley, I. (2006). *Close range photogrammetry: Principles, methods and applications*. Whittles.
- [6] Vosselman, G.; Maas, H-G. (2010). *Airborne and Terrestrial Laser Scanning*. Whittles Publishing, Dunbeath, Caithness KW6 6EY, Scotland, UK.

ESTUDO DE CASO: UTILIZAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA PARA GERAÇÃO DE BIM'S

Lucas Gonçalves⁽¹⁾, Jean Gagliardo⁽¹⁾

(1) Centro Universitário Adventista de São Paulo, Engenheiro Coelho

Resumo

O registro é primordial para a humanidade, tanto nas áreas científicas, como em matérias sociais aplicadas, a fim de relatar a realidade dos fatos ou situação de um objeto, preservando sua historicidade. Este trabalho visou a realização do registro da Capela do UNASP – EC com técnica de fotogrametria digital de curta distância, partindo da premissa de ser, a fotogrametria, uma ferramenta com precisão adequada para a elaboração documental da arquitetura, utilizando-se representação gráfica dentro da plataforma BIM. Propondo o uso da técnica de fotogrametria para obter informações métricas do objeto, foram feitas tomadas de fotos da Capela em diferentes ângulos com diferentes equipamentos, usando a técnica de fotogrametria digital de curta distância, reconstituindo o objeto de estudo de forma tridimensional virtual com auxílio de softwares de processamento em *cloud computing*, para que através dos dados obtidos, fossem retiradas informações geométricas da arquitetura para a elaboração do *as built*. Com a nuvem de pontos da fotogrametria importada dentro de ambiente de representação gráfica, foi criado o modelo com o auxílio do Autodesk Revit® 2017. Após levantamento e análise dos dados, bem como, comparação numérica e gráfica, notou-se que as diferenças de medidas não eram significativas, seguindo com a composição do modelo BIM para as informações de materiais e outros dados importantes para a documentação da Capela. Portanto, o uso da fotogrametria foi relevante para elaboração do registro de arquitetura da Capela resultando em um modelo BIM com nível de detalhamento que condiz com o construído.

1. Introdução

O registro é primordial tanto nas áreas científicas, como em matérias sociais aplicadas já que, possui a função de relatar a realidade dos fatos ou situação de um objeto. Conforme Houaiss, registro é: “ação de registrar ou o seu feito; livro em que anotam ocorrência, documento,

certidão, indicação gráfica do funcionamento de máquinas, fixação de um fato, por escrito, imagem e lembrança” [1].

Referente a área de registros em engenharia civil, o *as built*, surge como a figura de representação do objeto como construído, regulado no Brasil pelas normas da ABNT NBR (Associação de Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira) 14645 [Elaboração do “como construído” (*as built*) para edificações]. O *as built* em definição é um levantamento - que determina no seu desenvolvimento com exatidão adequada, o posicionamento espacial das bases de assentamento e dos detalhes específicos da configuração espacial da construção considerada em relação a pontos visíveis existentes *in locu* [2].

A importância do projeto *as built*, segundo Manchini é “a manutenção, conservação, reforma e futuras ampliações do objeto entregue” afirma ainda que para tais objetivos “o *as built* será de extrema importância” [3]. Assim, para o desenvolvimento do “como construído- *as built*” a fotogrametria está como uma opção para elaboração desta documentação.

A fotogrametria derivada das palavras gregas: *photos*, *gramma* e *metron*. Significando a descrição da medida de luz. No século XIX o militar e engenheiro francês Aimé Laussedat, realizou os primeiros estudos na área citada, sendo considerado o pai da fotogrametria. [4].

Esta técnica amplamente desenvolvida com o advento de câmeras fotográficas de alta resolução e dos computadores de alto desempenho, permitiu que a fotogrametria fosse conceituada pela *International Society of Photogrammetry and Remote Sensing* (ISPRM), como: “a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis a partir de imagem e outros sistemas ou sensores sem contato com o objeto” [5].

De tal maneira que representa fielmente as dimensões do objeto em estudo. Segundo Hassine a fotogrametria de curta distância tem seus prós e contras; podendo ressaltar alguns pontos favoráveis como o curto período de trabalho de campo, custo-efetivo baixo, precisão, não intrusivo, dados de textura e cor, equipamentos portáteis baratos, processador em software *CAD* comum, facilidade de gerar um arquivo. Contudo, deve-se considerar pontos desfavoráveis como a necessidade de planejamento e pré-planejamento adequado para a fotografia ideal, influenciada pela precisão e resolução da câmera, alguns obstáculos que limitam a integridade da precisão e exigência de alta qualificação do operador para processamento de dados [6].

No Centro Universitário Adventista de São Paulo há uma edificação que possui grande importância histórica na trajetória de seu desenvolvimento. A “capelinha”, como é comumente conhecida, passou por várias fases integrantes no desenvolvimento da instituição, acolhendo diversas atividades, em destaque eventos socioculturais e religiosos. Portanto, trata-se de um patrimônio relevante, devido suas histórias e evoluções, fazendo parte da memória do coletivo local, sendo descrita como “suas paredes guardam memórias e retratos de uma linda trajetória onde o passado e o presente se encontram” [7].

Tendo como base tais premissas, vislumbrou-se a importância da realização e utilização da ferramenta de fotogrametria para a elaboração do *as built* em BIM da capela do UNASP-EC. Partindo da hipótese que a fotogrametria é uma ferramenta confiável para o levantamento das dimensões da Capela e, objetivando a elaboração de seu registro arquitetônico, já que não possuía.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho além de documentar a arquitetura do edifício em BIM, através do projeto *as built*, da Capela do UNASP EC (registro), será avaliar o uso da ferramenta de fotogrametria para a criação deste BIM.

2. Objetivo

O objetivo do estudo neste trabalho é utilizar a fotogrametria para a criação de um *as-built* da antiga Capela do Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP), em BIM. Situada no Brasil, no estado de São Paulo, município de Engenheiro Coelho com coordenadas -22°30'23'', 47°9'41''. A data de sua construção é incerta, porém de acordo com pioneiros da instituição ela data muitos antes da compra do que era uma fazenda, em 1983. A capela não possui documentação de arquitetura ou de instalações.

3. Metodologia

A técnica fotogramétrica utilizada é a *structure from motion*. A fotogrametria clássica o faz em função de pares de fotos, já a baseada na SFM (*structure from motion*) o faz com os mesmos princípios, mas com algumas diferenças. Segundo Westoby "a diferença está que na resolução automática da cena sem a necessidade de especificar uma rede de alvos com posições conhecidas"[8]. Para tal técnica ser efetiva, depende de um alto grau de sobreposição do conjunto de imagens capturadas a partir de uma ampla gama de posições espaciais, por isso o nome da técnica, estrutura do movimento, pois as coordenadas dos pontos são trianguladas e calculadas de acordo com o movimento das várias imagens capturadas [8].

De acordo com Westoby, o reconhecimento desses pontos depende da textura da imagem e resolução para maior quantidade de resultados, e os fatores de densidade, nitidez resolução do conjunto de fotos junto com a textura da cena ajudam na qualidade da “nuvem de pontos” [8]. O processo de trabalho para a aplicação da técnica e elaboração do modelo em BIM pode ser facilmente compreendido na Figura 1.

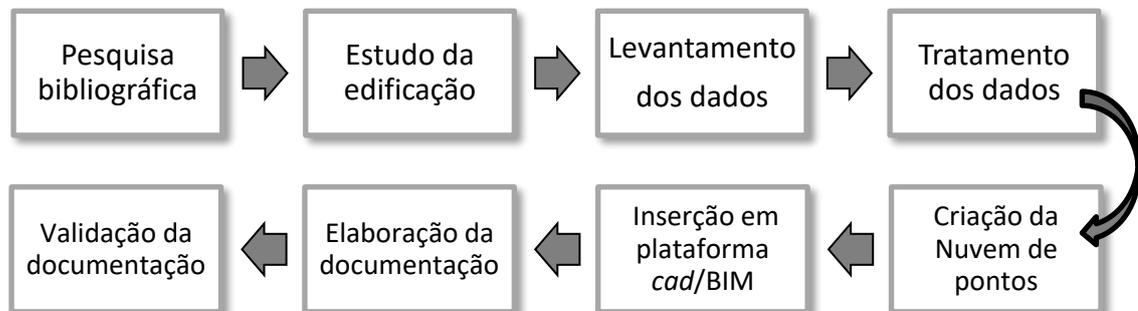


Figura 1: Diagrama do fluxo da pesquisa.

A pesquisa bibliográfica foi utilizada para fazer um levantamento dos softwares existentes no mercado e assim tomar uma decisão de qual usar, sendo utilizado para fins de pesquisa o Pix4D® e o Autodesk Recap®, por terem processamento em *cloud computer* e assim não exigirem um hardware mais específico do que o disponível. Na pesquisa também foram levantadas informações de como fazer o levantamento fotográfico e de como cada software funcionava, sendo assim utilizados os procedimentos e as recomendações respectivas de cada software. Na pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: notebook (MSI-GE70 2oe), trena curta de aço 5 metros Vonder, trena laser Bosch GLM 30 profissional, estação total RTS-

822R³X Ruide, câmara fotográfica Sony α 6500, câmara Canon EOS Rebel t5, celular iphone SE, iphone 7 plus, drone Parrot Bebop; software de representação gráfica Autodesk Revit[®]; softwares de fotogrametria como PIX4D[®] e o Autodesk Recap[®].

Para a criação do modelo BIM, foi usada a concepção de CAMPBELL em que o BIM ainda não possui uma única definição amplamente aceita, mas, para que possa constituir um modelo ele deve conter 6 características fundamentais, devendo ser: digital, espacial, mensurável, abrangente, acessível e durável [9].

Segundo o NIST o BIM pode ser definido como uma representação digital das características físicas e funcionais ao longo do ciclo de vida de uma instalação [10], no qual segundo ESTMAN o BIM pode cooperar em áreas como otimização, gerenciamento e manutenção de instalações utilizando o modelo *as-built*, e até mesmo para futuras reformas e ampliações [11]. O que se encaixa no caso da Capela, por ser uma edificação que precisa de uma documentação que possibilite a sua manutenção e restauro quando necessários.

4. Caso de estudo

Realizado os levantamentos fotográficos, e processamento pelos softwares já citados foram notadas certas dificuldades quanto ao levantamento das fotos para gerar um modelo satisfatório, como o exemplo da Figura 2 em que embora respeitada os procedimentos dos softwares o modelo de nuvem de pontos sofreu distorções, para isso foi realizado outro levantamento e usadas diferentes câmeras fotográficas a fim de se obter um modelo satisfatório. Outra dificuldade encontrada foi a visibilidade da edificação, ao lado da Capela havia uma vegetação que influenciou a nuvem de pontos do modelo, que pode ser vista circulado na Figura 3.



Figura 2: Modelo distorcido.

Seguido do levantamento fotográfico também foram levantadas as informações métricas com o uso da trena e de uma estação total, porém os dados encontrados com a estação total foram descartados pois o diâmetro da haste do prisma fez com que os valores obtidos não fossem condizentes com o real, ficando apenas com os dados de medição da trena para comparação posterior. Por se tratar de uma edificação de pequenas dimensões a trena se tornou uma boa opção quando comparada a estação total em termo de facilidade do levantamento.



Figura 3: Capela e vista lateral respectivamente.

A fim de se ter alguns pontos de controle para comparação posterior, foi estabelecida em uma das fachadas da edificação, pontos de interesse para a elaboração do *as built* conforme a Figura 3. As distâncias entre esses pontos de interesse foram enumeradas de 1 a 10 e fazem parte das principais medidas para a elaboração do *as built* e para pontos de controle e comparação. As nuvens de pontos vindas dos programas antes de serem importadas dentro do Autodesk Revit® 2017, foram tratadas e excluídos os pontos não importantes, o que pode ser visto comparando as Figuras 4 e 5.



Figura 4: Capela nuvem de pontos no Autodesk Recap® processadas no PIX4D®.

Feito este procedimento surgiu a proposta de usar uma solução da Faro, o PointSense, para automatizar ou facilitar o processo de nuvem de pontos para modelo 3D, contudo essa solução só seria possível de se utilizar, se os dados de nuvem de pontos fossem de um laser scanner e não da fotogrametria, sendo assim, foi utilizado processo manual para a composição do modelo virtual com base na nuvem de pontos.



Figura 5: Esquerda: Camera Sony Alpha processada com PIX4D[®] no ambiente de visualização do Recap[®]. Direita: Camera IPHONE SE processada e visualizada no Recap[®].

Na Figura 7 está apresentada a nuvem de pontos juntamente com o modelo tridimensional modelado no Autodesk Revit[®] 2017. Porém para a elaboração completa do modelo em BIM, foram necessários dados que a fotogrametria sozinha não poderia prover, como por exemplo especificação de materiais, especificação de objetos, instalações embutidas e outras informações que foram posteriormente adicionadas ao modelo. Com o modelo finalizado foi realizada a parte documental da arquitetura conforme a Figura 8.

A fim de se ter parâmetros de precisão do levantamento realizado e se as informações métricas eram aceitáveis foi confeccionada a Tabela 1 com as medidas dos pontos de controle. Uma comparação gráfica pode ser vista na Figura 6 onde a nuvem de pontos se sobrepõe as medidas tiradas *in locu* com ferramentas tradicionais de medição.

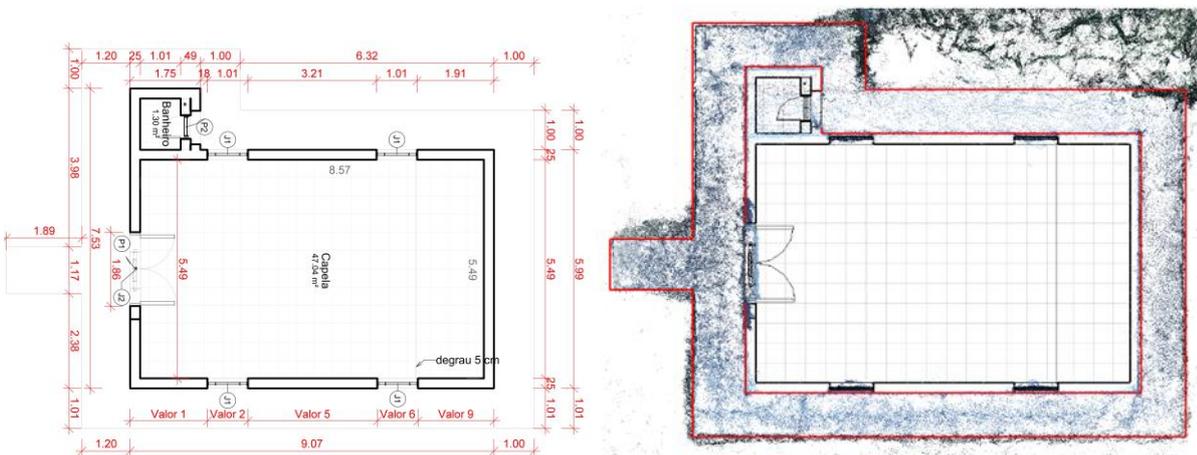


Figura 6: Planta baixa - ao lado esquerdo a planta baixa cotada da Capela, ao lado direito em vermelho as medidas da trena sobreposta a nuvem de pontos.



Figura 7: Nuvem de pontos e modelo 3D dentro do Autodesk Revit®.

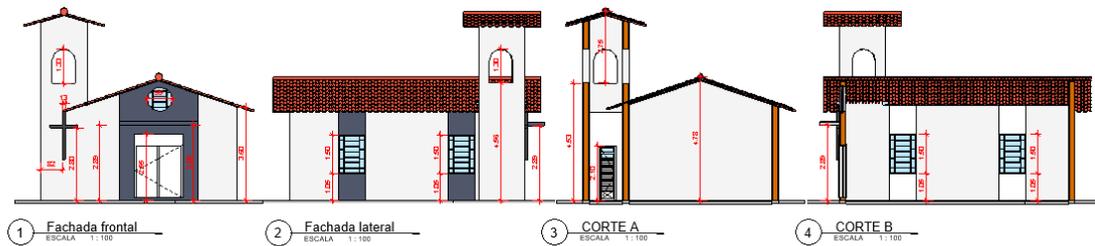


Figura 8: Documentação arquitetónica da Capela.

Tabela 1: Comparação numérica das distâncias de referência.

Ferramentas		Distâncias medidas (metros)									
Software	Equipamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Trena	1.88	1.03	1.50	1.10	3.26	1.02	1.50	1.09	1.88	3.80
PIX4D®	Canon EOS Rebel t5	1.82	1.00	1.51	1.10	3.19	0.97	1.47	1.09	1.83	3.56
	Drone Parrot bebop	1.89	1.03	1.52	1.09	3.25	1.01	1.50	1.10	1.89	3.53
	IPHONE 7 plus	1.88	1.03	1.51	1.10	3.27	1.02	1.50	1.09	1.90	3.55
	IPHONE SE	1.87	1.03	1.50	1.10	3.26	1.02	1.51	1.08	1.88	3.51
Recap®	Canon EOS Rebel t5	1.86	1.04	1.51	1.09	3.25	1.03	1.50	1.08	1.88	3.53
	Drone Parrot bebop	1.87	1.02	1.50	1.09	3.26	1.02	1.51	1.09	1.89	-
	IPHONE 7 plus	1.88	1.02	1.51	1.09	3.27	1.02	1.50	1.09	1.89	3.55
	IPHONE SE	1.85	1.02	1.50	1.10	3.27	1.02	1.49	1.07	1.88	3.52
	Sony Alpha 6500	1.86	1.03	1.49	1.09	3.22	1.02	1.49	1.07	1.87	3.52

"-" = dados sem medida

Os menores erros encontrados foram do conjunto câmara e software do IPHONE SE processado no PIX4D[®], sendo estes escolhidos para gerar o modelo final. Na Tabela 2 estão as informações comparativas entre os comprimentos da trena e do IPHONE SE. Das diferenças aferidas a maior encontrada foi de 0,667% sendo em valor real o comprimento de 0,01 metro. Assim, comparando os resultados pelo qui-quadrado, foi encontrado num nível de significância de 5% o χ^2 calculado de 0,1308 sendo menor que o crítico de 15,507 obtido com um grau de liberdade 8 e nível de significância de 0,05 através da tabela de Levine [12] que pode ser visto na Tabela 3. Por isso aceitou-se a hipótese nula de que não há diferença entre os levantamentos em um nível de significância de 5%, rejeitando assim a hipótese alternativa. O valor-p calculado com o uso da ferramenta de análise do MICROSOFT[®] EXCEL[®] 2016 de 0,999 corrobora com o resultado anterior. O valor de R² foi maior que 0,999 mostrando um alto nível de aproximação, havendo uma forte associação entre as medições avaliadas, validando positivamente o levantamento. A diferença observada nas medidas de controle é estatisticamente insignificante, por isso o modelo foi aceito.

Tabela 2: Medidas do IPHONE SE.

Distância controle	Trena (m)	IPHONE SE (m)	Erro absoluto	% do erro	do χ^2
6	1.020	1.020	0	0.000%	0.000
2	1.030	1.030	0	0.000%	0.000
8	1.085	1.080	0.005	0.461%	0.023
4	1.095	1.100	0.005	0.457%	0.023
3	1.500	1.500	0	0.000%	0.000
7	1.500	1.510	0.01	0.667%	0.067
1	1.875	1.870	0.005	0.267%	0.013
9	1.880	1.880	0	0.000%	0.000
5	3.264	3.260	0.004	0.123%	0.005
Média			0.003	0.219%	Σ 0.131
Desvio padrão			0.003	0.216%	
Máximo			0.01	0.667%	

Tais resultados não foram conseguidos em um primeiro instante, os primeiros levantamentos resultaram em diferenças de 10 centímetros, porém com a prática e otimização das tomadas de fotos e os cuidados tidos com as condições de luminosidade, visibilidade, foco, nitidez, ângulos de visibilidade e número de fotografias foram essenciais para aumentar a qualidade da nuvem de pontos, além da ferramenta de medição da PIX4D[®] que contribuiu para a medição entre os pontos para aquisição das distâncias de forma mais precisa. As outras medições realizadas com

os outros equipamentos e softwares embora descartadas para este estudo, serão utilizadas num próximo trabalho, a fim de avaliar a correlação entre estes e de se investigar os fatores de suas diferenças, se estas forem averiguadas como significativas.

Tabela 3: Valores da análise do Qui-quadrado.

G.L.	8
χ^2 <i>calc</i>	0.131
χ^2 crítico	15.507
p-value ($\alpha=0.05$)	0.999

Na Figura 10 ao lado direito há a nuvem de pontos dentro do ambiente de representação gráfica e ao lado esquerdo o modelo finalizado, a nuvem de pontos no lado esquerdo foi a base para a modelagem da geometria, facilitando grandemente a elaboração do *as built*.

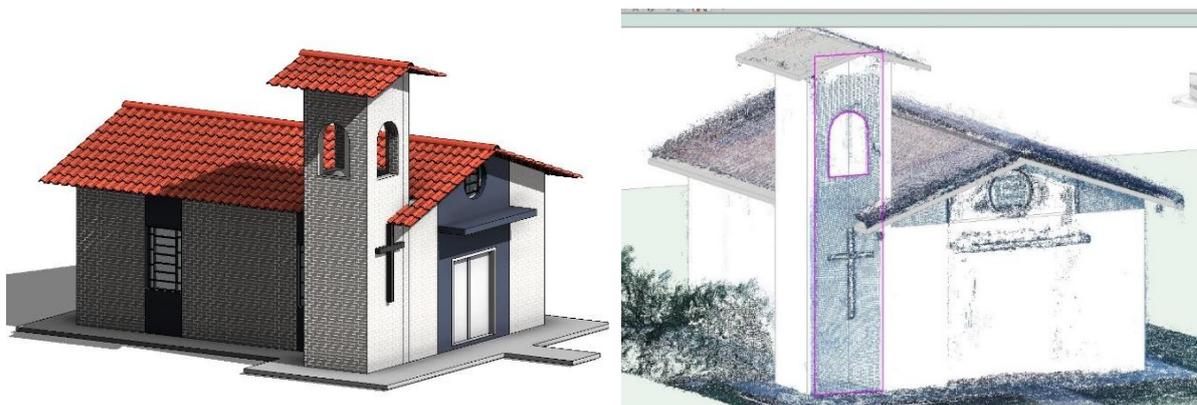


Figura 10: Modelo: parte da criação e parte final.

5. Considerações finais

Ainda que a fotogrametria exija por parte do operador um grau de entendimento considerável do uso da técnica para chegar num resultado satisfatório, o uso das ferramentas mais tradicionais de medição está limitado a apenas os pontos visados, enquanto a fotogrametria produz uma nuvem de pontos que pode se obter um número muito maior de medições com um esforço menor. Assim, no uso da ferramenta para geração do modelo em BIM houve uma facilidade muito maior de gerar o modelo tridimensional com base na nuvem de pontos da fotogrametria, obtendo não apenas um registro de suas medidas, mas também da textura da superfície e das cores, ressaltando essa facilidade para as medidas obtidas da torre e de sua abertura, da janela circular da fachada frontal como também da altura total da edificação, que com uma trena haveriam dificuldades e um maior tempo para realizar o levantamento com assim o foi constatado *in locu*. Em contrapartida, dificuldades encontradas por causa da iluminação, obstáculos como vegetação e outros podem impedir o uso da técnica ou diminuir sua precisão, outra questão importante para o desenvolvimento de futuros trabalhos é analisar

as distinções dos diferentes modelos gerados pelos programas e máquinas fotográficas, verificar as possíveis causas das diferenças em distintas circunstâncias e se essas diferenças são significantes para a causa proposta. Outro ponto negativo é que embora a fotogrametria, neste caso, proveu boa base para a modelagem da Capela ela não é suficiente para a geração do modelo, no qual informações complementares para a criação do BIM precisaram ser adquiridas por outros meios. Portanto, embora a técnica fotogramétrica não crie o modelo BIM, permite que este possua suas bases para a modelagem, provendo 3 das 6 características de Campbell para o modelo ser BIM, resultando assim, na documentação do objeto de estudo, a Capela.

Referências

- [1] Houaiss, Minidicionário Houaiss da língua portuguesa. Objetiva, Rio de Janeiro, p. 666, 2018.
- [2] NBR 14645-1, "Elaboração do 'como construído' (*as built*) para edificações- Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com áreas até 25000 m², para fins de estudo, projeto e edificação-procedimentos" Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001.
- [3] Manchine. Formação de projeto básico/executivo: Obras e serviços de engenharia: elementos necessários e grau de precisão do orçamento. Controladoria Geral do estado, 2014.
- [4] Photogrammetry | cartography, Encyclopedia Britannica, 2018. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/photogrammetry>. [Accessed: 12- Mar- 2017].
- [5] International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Isprs.org, 2018. [Online]. Available: <http://www.isprs.org>. [Accessed: 12- Mar- 2017].
- [6] F. Hassani, "Documentation of cultural heritage; techniques, potentials, and constraints", ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. -57, pp. 207-214, 2015.
- [7] BOLOGNA, "UNASP Digital", Unaspdigitalpp.blogspot.com.br, 2018. [Online]. Available: <http://unaspdigitalpp.blogspot.com.br/2015/05/>. [Accessed: 07- Mar- 2017].
- [8] M. Westoby, J. Brasington, N. Glasser, M. Hambrey and J. Reynolds, "'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications", Geomorphology, vol. 179, pp. 300-314, 2012.
- [9] CAMPBELL, "Modeling Rules", Architecture Week, 2018. [Online]. Available: http://www.architecture-week.com/2006/1011/tools_1-1.html. [Accessed: 05- Jan- 2018].
- [10] NIST, National Building Information Modeling Standard Version 1 Part 1 Overview, Principles, and Methodologies. National Institute of Building Science, 2007.
- [11] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2008.
- [12] D. Levine, M. Berenson and D. Stephan, Statistics for managers using Microsoft Excel, 2nd ed. New Jersey, 1999, p. E-9.

METODOLOGIA BIM NA AVALIAÇÃO PATRIMONIAL DE IMÓVEIS

David Rodrigues⁽¹⁾, Paula Couto⁽²⁾, Maria João Falcão Silva⁽²⁾, Pedro Silva⁽¹⁾

(1) Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

Resumo

O presente trabalho visa dar a conhecer e desenvolver a utilização de um método automatizado para o cálculo do valor patrimonial de imóveis, recorrendo às metodologias *Building Information Modelling* (BIM). O conceito BIM, embora existente há algum tempo, tem vindo a crescer num aspeto de modernização para vários campos de aplicação, onde a introdução das metodologias BIM oferece grandes vantagens e possibilidades para uma indústria mais simplificada e eficiente. No presente trabalho recorreu-se a um enquadramento do mercado imobiliário, das metodologias BIM, dos métodos automáticos de cálculo do valor patrimonial e a casos de estudo escolhidos. Neste sentido, é apresentada uma noção muito genérica da avaliação patrimonial de imóveis, que tem sido uma atividade revestida de mudanças, nomeadamente no que se refere ao cálculo para efeitos de cobrança do imposto sobre o património. No âmbito do trabalho é desenvolvido um método automático de abordagem relativamente à obtenção do valor patrimonial dos casos de estudo, aproveitando os benefícios das metodologias BIM. Assim, será realizada a análise de dois modelos tridimensionais digitais dos casos de estudo, elaborados de forma parametrizada, com extração de quantidades, para a obtenção do valor patrimonial de imóveis de habitação. Os métodos escolhidos, baseados no Código do Imposto Municipal sobre Imóveis (CIMI), foram parametrizados para ir ao encontro do cálculo automático do valor patrimonial. O resultado do trabalho é a definição de métodos automáticos para a avaliação patrimonial a partir dos modelos BIM. Uma possível extensão deste trabalho será a aplicação destes métodos à avaliação imobiliária em geral.

1. Introdução

A Avaliação Patrimonial de Imóveis sempre foi uma atividade revestida de alguma polémica, em especial quando se trata de obter o valor patrimonial do imóvel para efeitos de cobrança do imposto sobre o património. Os métodos desenvolvidos para o efeito tendem a ser bastante complexos. O método existente atualmente na legislação portuguesa para o cálculo do Imposto

Municipal de Imóveis (IMI), necessita de diversos parâmetros relacionados com o imóvel para se poder obter o seu valor patrimonial.

As metodologias *Building Information Modelling* (BIM) têm vindo a ser cada vez mais utilizadas na modernização no setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), que tem inovado nos seus métodos de projetar, construir e operar através da sua implementação. O BIM apresenta como principal mais-valia a possibilidade de uma representação precisa da geometria dos elementos constituintes de um empreendimento de construção, com integração de informação e de dados organizados em diversas dimensões. A utilização de modelos digitais é muito importante, pois permite otimizar a visualização e o detalhe, dando suporte a diversas atividades do setor AECO, e estando disponível para todos os intervenientes no processo.

O presente trabalho pretende aproveitar as mais-valias dos modelos BIM para obter o valor patrimonial dos empreendimentos de construção, nomeadamente através da identificação automática dos parâmetros necessários à fórmula usada para o respetivo cálculo. No âmbito do trabalho está previsto o desenvolvimento de métodos de abordagem desta questão e ainda a aplicação dos métodos propostos a casos de estudo de imóveis para habitação e com outras funções. Para o efeito serão utilizados imóveis com modelos BIM desenvolvidos e já estudados no âmbito de outros trabalhos com outras finalidades.

2. O Setor Imobiliário

2.1 Mercado Imobiliário

O Mercado Imobiliário compreende qualquer promoção, negociação e transação de um terreno, bem como de qualquer elemento construído nele ou que subsequentemente venha a ser construído no terreno adquirido, sendo o bem (terreno ou terreno+construção) designado por imóvel. As entidades atuantes no mercado podem ser, entre outros, as imobiliárias ou fundos de investimento imobiliário, que operam na mediação de venda ou arrendamento de diversos tipos de imóveis, bem como procedem à administração de imóveis arrendados, bancos que concedem créditos hipotecários e créditos de risco, advogados especializados em direito imobiliário, órgãos públicos envolvidos no registo de imóveis e na manutenção do cadastro predial e notários que formalizam juridicamente a vontade das partes envolvidas numa compra/venda de imóvel. Os imóveis residenciais englobam as moradias, os apartamentos e os condomínios, enquanto que os não residenciais dizem respeito a escritórios e edifícios de negócios, fábricas, armazéns, hotéis e propriedades institucionais, como por exemplo hospitais e universidades.

O Mercado Imobiliário tem estado em crise mundial, desencadeada em 2008 com hipotecas de alto risco, concebidas a sujeitos que não estavam de forma alguma viáveis a obter esse crédito, o que levou a alimentar uma bolha especulativa. A crise tem então raízes em profundas distorções que incluíram um longo período de baixas taxas de juro, bolhas nos preços dos ativos, alavancagens maciças e desequilíbrios na poupança e no comércio externo, nomeadamente entre os países com excedentes externos (China e países petrolíferos) e países com défices (EUA) [1]. Nos últimos anos tem-se verificado uma recuperação efusiva do mercado, agregada pela recuperação da Europa, que tem sido uma das tendências globais mais animadoras, sobretudo o aumento da procura interna na zona euro. A retoma em 2015 foi visível em todos os membros da União Europeia (UE), onde nenhum registou decréscimo. Contudo, existem

ainda grandes divergências de crescimento, baseadas em características estruturais e dinâmicas económicas diferentes [2].

Nas últimas décadas em Portugal, o mercado de habitação tem vindo a caracterizar-se por uma maior inclinação para o mercado de habitação própria em relação ao mercado de arrendamento. O peso excessivo da construção nova levou a este desequilíbrio, quando comparado com o investimento na reabilitação. Os problemas crónicos do mercado nacional resultam também numa crescente degradação dos centros históricos das cidades. Os edifícios que se encontram nestas zonas contêm, na sua grande maioria, alojamentos com valores de renda muito baixos relativamente aos valores médios encontrados no mercado, impossibilitando os senhorios de realizarem obras de manutenção e renovação dos imóveis. Isto prejudica a salubridade e segurança destes edifícios, assim como a imagem das cidades, afetando a qualidade de vida dos cidadãos e diminuindo a atração turística [3].

Relativamente ao ano de 2017, o setor teve melhorias que já as tinha demonstrado no ano anterior, com um incentivo externo bastante acentuado e positivo. No primeiro trimestre as vendas no setor da habitação duplicaram face ao mesmo período do ano passado, o que faz prever mais um ano de muitas transações neste setor. Os programas dos Golden Visa e dos Benefícios Fiscais para os Residentes Não-Habituais continuam a contribuir para a dinâmica do mercado, cuja diversidade da origem dos compradores internacionais tem sido cada vez maior, com destaque para o Médio-Oriente, Ásia e recentemente Reino Unido. No mercado de arrendamento de longa duração, a procura também é maior que a oferta, principalmente nos centros das cidades de Lisboa e Porto, onde os proprietários dão preferência ao arrendamento de curta duração (turístico).

A aquisição de casa mantém-se a opção favorita dos portugueses, uma vez que o arrendamento é escasso e caro e a banca apresenta condições cada vez mais atrativas na concessão de crédito à habitação, pelo que os compradores nacionais estão cada vez mais ativos. Em Lisboa, a velocidade de vendas continua muito rápida, com quase todos os projetos a serem comercializados em planta, principalmente nas zonas mais procuradas, como a Avenida da Liberdade, Chiado, Baixa e Príncipe Real. As zonas centrais são as mais caras, nas quais o intervalo dos valores prime está cada vez mais estreito, devido ao aumento do limite mínimo. A oferta diferencia-se consoante o cliente alvo de cada projeto. Os promotores estão muito focados na otimização das áreas e estão cada vez mais criativos na oferta, quer na arquitetura, quer nos serviços ainda pouco usuais em Portugal [4].

2.2 Avaliação Imobiliária

Segundo as *Normas Internacionales de Valuación* [5], o valor de mercado é definido como o valor estimado a que um imóvel poderia ser transacionado na data da avaliação, entre um comprador disposto a comprar e um vendedor disposto a vender, numa transação livre após uma comercialização adequada, em que as partes tenham atuado com informação suficiente, de forma prudente e clara e sem qualquer tipo de coação ou interesse. As *Normas Europeas de Valoración* [6] entendem que a definição anteriormente apresentada é a que melhor espelha o conceito de valor de mercado [7].

Em Portugal, o custo de substituição e o método comparativo são os mais utilizados, mesmo quando os preços de venda são quase confidenciais. O valor de mercado por comparação é o valor usado preferencialmente, quando é possível a sua obtenção, nas avaliações de garantia hipotecária e investimentos externos, nas avaliações de provisões técnicas para companhias de seguros, nas avaliações de fundos e sociedades de investimento imobiliário e nas avaliações de

fundos de pensões. O valor de mercado por comparação é o único valor utilizado no mundo financeiro e empresarial e nas relações comerciais entre particulares, sendo assim utilizado para [8]: 1.Compra e venda (quando o bem está livre e disponível); 2.Liquidação de empresas; 3.Divisão de quotas, fusões e absorções de empresas; 3.Divisão ou segregação de ativos. Na prática, para as avaliações cuja finalidade tenha relação com alguma destas atividades, sugere-se que sejam determinadas através do valor de mercado [9]. Os métodos de avaliação mais adequados para analisar, definir e determinar os valores dos diferentes tipos de imóveis são os seguintes:

- **Método comparativo ou de mercado** - Fundamenta-se sobretudo no conhecimento do mercado local e dos valores pelos quais se têm vindo a transacionar e/ou arrendar os imóveis análogos aos que se pretende avaliar; Neste método, o valor do imóvel ou valor de rendas é determinado por comparação com outros semelhantes, de que são conhecidos os valores de oferta ou transação no mercado imobiliário [10];
- **Método de rendimento** - Determina-se o valor de um imóvel a partir dos rendimentos futuros que ele gere, ou possa vir a gerar, e de uma taxa de capitalização ou atualização que traduza a rentabilidade esperada do capital investido; As situações onde deverá ser aplicado são em imóveis que fornecem um rendimento, em regra periódico, imóveis que irão gerar rendimentos diferenciados em períodos diferenciados, valores de traspases e valores de direito de superfície;
- **Método de custo** – Determina-se o presumível valor de transação (PVT) de um imóvel baseando-se no conceito de valor intrínseco - aferição de valor da construção / promoção / investimento, ou seja, é o “custo” necessário para a execução de um bem semelhante ou igual ao em apreço, afetado de um fator que traduza a depreciação física e funcional.

Cada avaliação tem um objetivo específico, pode ser solicitada por qualquer uma das partes envolvidas e o resultado final vai depender do tipo de valor pretendido. Estes aspetos estão relacionados da seguinte forma: o tipo de valor a obter depende do objetivo a alcançar com a avaliação, o objetivo da avaliação depende do interveniente que a solicita; no entanto, para a avaliação de uma propriedade em que se pretenda um determinado tipo de valor, o resultado final deve ser o mesmo, seja qual for a parte envolvida a solicitar a avaliação [11].

A relevância do conteúdo e da apresentação do relatório de avaliação, o último passo do processo de avaliação, assenta no diálogo e divulgação do valor final ao cliente. Assim sendo, este relatório visa registar as instruções pedidas na avaliação, explicando a forma como se realizou a sua condução, agregado os requisitos legais, o tipo de imóveis e a natureza de complexidades deste. O relatório de avaliação deve ter um conteúdo que cumpra certos requisitos e tenha um mínimo de informação [11].

2.3. Valor Patrimonial Tributário

O valor patrimonial de um imóvel, calculado de acordo com o Código do Imposto Municipal sobre Imóveis (CIMI), não tem apenas o objetivo do cálculo para efeitos de cobrança do imposto sobre o património, sendo já utilizado em diversas outras situações. A determinação do valor patrimonial tributário (artigo 38.º e seguintes do CIMI), dos prédios urbanos para habitação, comércio, indústria e serviços, resulta da seguinte expressão:

$$V_t = V_c \times A \times C_a \times C_l \times C_q \times C_v$$

onde:

V_t=Valor Tributário; V_c=Valor base dos prédios edificados (valor por m²); A=Área bruta de construção mais a área excedente de implantação; C_a=Coeficiente de afetação; C_l=Coeficiente de localização; C_q=Coeficiente de qualidade e conforto; C_v=Coeficiente de vetustez (idade).

Relativamente ao cálculo da área A, área bruta de construção do edifício ou da fração mais a área excedente de implantação do terreno, deve ser aplicada, segundo o artigo 40.º do CIMI, a seguinte expressão:

$$A = (A_a + A_b) \times C_{aj} \times A_c \times A_d$$

onde:

A_a = área bruta privativa; A_b = áreas brutas dependentes; C_{aj} = coeficiente de ajustamento de áreas; A_c = área do terreno livre até ao limite de duas vezes a área de implantação; A_d = área do terreno livre que excede o limite de duas vezes a área de implantação.

Estes fatores de caracterização do imóvel para efeito do cálculo do seu valor patrimonial tributário, estão devidamente definidos e os seus valores determinados na legislação [12], devendo o cálculo conduzir a um valor aproximado o mais possível do valor de mercado. Assim, para evitar questões de subjetividade, o valor é calculado com base em poucos parâmetros como a área, a localização, o destino do imóvel, a antiguidade, com elementos majorativos ou minorativos, com referências bem delineadas nos elementos mais subjetivos, com certas infraestruturas que valorizem ou desvalorizem o imóvel.

3. Metodologia BIM

O *Building Information Modelling* (BIM) é um conceito / metodologia / tecnologia emergente que permite a construção virtual dum edifício num modelo digital que apoia os arquitetos, os engenheiros e os construtores a melhor projetarem e planearem a sua construção e operação. O conceito BIM surge pela primeira vez em 1975, num artigo de Eastman [13], sob a forma de Building Description System, onde são apresentadas algumas ideias de como realizar uma modelação de forma paramétrica, na utilização de modelos tridimensionais para o desenvolvimento de desenhos e quantidades de materiais, agregada a uma resolução automática de conflitos entre as diferentes especialidades neles inseridas. Contudo, e apesar de não ser um conceito recente, não se pode afirmar que a definição de BIM seja consensual entre os vários intervenientes da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) (ver Figura 1) [14].

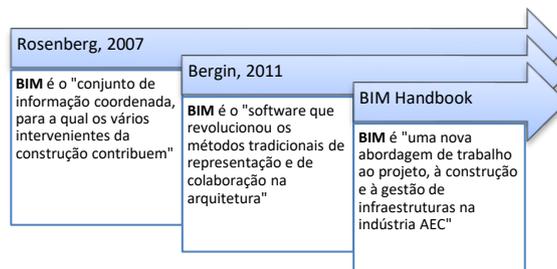


Figura 1: Desenvolvimento do conceito BIM.

O principal fundamento subjacente ao conceito BIM é a modelação orientada por objetos dos elementos construtivos, permitindo a sua fácil parametrização, modelação e armazenamento de informação complementar em bases de dados indexadas à geometria (características técnicas, planeamento, custos, gestão da operação, entre outras). Estas informações são incorporadas no modelo por fases na forma de dimensões: 3D-Modelo Colaborativo, 4D-Planeamento, 5D-Orçamentação, 6D-Sustentabilidade, 7D-Manutenção [15], e podem depois ser extraídas ou visualizadas facilmente a partir do modelo em causa.

A capacidade de intercâmbio de dados bidirecional, entre os vários *softwares*, é o que se designa por Interoperabilidade. Este aspeto é essencial para o estabelecimento de metodologias de trabalho BIM eficazes, sendo que quanto maior for o nível da capacidade da interoperabilidade, menor é a perda de conhecimento entre as diferentes fases do empreendimento, menor é o dispêndio de recursos na reprodução de informação, e há uma maior segurança na partilha de dados entre utilizadores. Sem um elevado nível de capacidade de interoperabilidade, a reprodução de alterações impostas ao projeto nos elementos e documentos a jusante não é garantida, criando problemas de consistência. Nos últimos anos, tem existido um esforço que vai no sentido de criar uma linguagem comum para a construção, que visa dar resposta a problemas relacionados com as organizações, os regulamentos, e as práticas de trabalho atuais. A padronização da informação é um desafio a nível técnico e organizacional a ser superado, tendo surgido como resposta um modelo de informação de produtos da construção *standard*, que possibilita a permuta de informação entre diferentes aplicações BIM, que é o modelo IFC (*Industry Foundation Classes*) (ver Figura 2) usado para o planeamento da construção, projeto, construção e operação, permitindo que múltiplos programas possam contribuir para um mesmo trabalho [16].

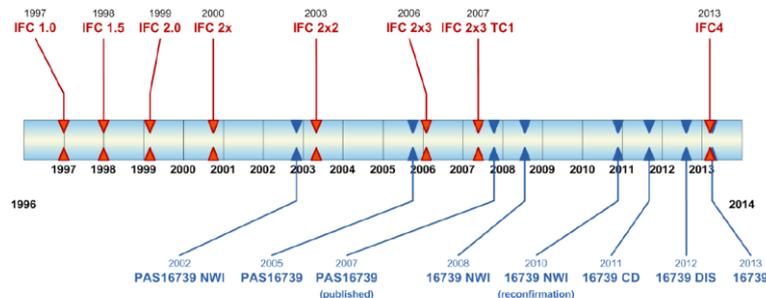


Figura 2: Cronologia do padrão IFC.

4. Proposta de Método Automático

O método proposto remete para a automatização do cálculo do valor patrimonial tributável de qualquer tipo de imóvel, desde que exista um modelo digital BIM, já criado ou previamente executado para outros fins. Esta proposta consiste num processo, envolvendo várias etapas de parametrização, para desenvolver uma tabela de forma automatizada, com todos os elementos e coeficientes associados à fórmula descrita no CIMI. O processo para aplicação do método proposto baseia-se nos seguintes passos, que pretendem dar uma ideia de como se desenvolveu esta metodologia:

1.º Passo - Definição das Áreas - Identificação das áreas associadas ao cálculo, com a definição de ambientes através dos objetos criados na modelação BIM, que resulta de

uma extração de dados do modelo, guardados numa tabela; Assim é possível a criação de tabelas parametrizadas e automatizadas diretamente a partir do modelo que, em caso de alterações no modelo, os dados da tabela modificam-se automaticamente;

2.º Passo - Cálculo das Áreas - Após a obtenção na tabela das áreas a partir do modelo BIM, será realizado um processo de cálculos simples, em função das definições e extrações de áreas associadas aos ambientes do modelo, para que se torne possível obter todos os componentes da Área A; Deste modo é possível a obtenção do valor da Área (A) em função de todos os elementos associados no modelo e os parâmetros associados no cálculo, como por exemplo o coeficiente de ajustamento de áreas (Caj);

3.º Passo - Inserção dos Coeficientes - Os coeficientes da fórmula de cálculo do valor patrimonial tributário, que não existem no modelo digital do imóvel, têm que ser inseridos na tabela, manualmente ou através de um módulo informático; A colocação dos coeficientes manualmente e diretamente na tabela, requer a consulta do CIMI e/ou outra legislação onde os mesmos são definidos, enquanto o módulo informático associado ao *software* BIM, pode conter as regras de definição dos coeficientes e obtê-los através de perguntas ao utilizador;

4.º Passo - Cálculo do Valor Patrimonial Tributário - O último passo é o simples cálculo do valor patrimonial tributável de acordo com a fórmula do CIMI; Assim, o método proposto permite o cálculo a partir de qualquer modelo digital BIM e de uma forma automática.

Considera-se que o método desenvolvido permite o cálculo do valor patrimonial tributável de qualquer imóvel a partir de do modelo tridimensional BIM do mesmo, de uma forma mais rápida e fácil, dada a complexidade das áreas a obter, e também com uma maior fiabilidade no resultado final, pois consegue evitar mais os erros do que no método tradicional.

5. Casos de Estudo

O primeiro caso de estudo – Casa da Eira, corresponde a uma moradia unifamiliar situada no concelho de Ribeira de Pena em Vila Real. Trata-se de uma habitação composta por dois pisos e um edifício de apoio adjacente ao edificado. A fração autónoma é de tipologia T3, com garagem, arrumos e adega no piso 0 e uma sala de jantar e de estar, cozinha, três quartos em que dois deles são suites, e duas casas de banho no piso 1. No exterior ainda possui uma zona de lazer com acesso a jardim e piscina (ver Figura 3).



Figura 3: Casa da Eira em BIM.

O segundo caso de estudo – Edifício da Rua Saraiva de Carvalho, corresponde a um edifício situado em Lisboa. Trata-se de um edifício remodelado, composto por 6 pisos, com estacionamento exterior e zona de lazer exterior, complementada pelo acesso ao tardo do edifício. As frações interiores encontram-se divididas em duas por piso, sendo que no último piso, a fração é única. Ainda de salientar que existe uma varanda por fração, uma arrecadação por fração e várias áreas dependentes associadas (ver Figura 4).



Figura 4: Edifício da Rua Saraiva de Carvalho em BIM.

Ambos os casos de estudo foram estudados em função das áreas brutas privativas medidas sempre ao eixo da parede, conforme o artigo 40.º do CIMI. As áreas foram identificadas por ambientes no modelo BIM e extraídas para tabelas onde se apresentam os espaços existentes e as áreas correspondentes. Como exemplo apresenta-se a divisão por ambientes do Piso 0 do segundo caso de estudo na Figura 5, as áreas desse edifício na Tabela 1 e os coeficientes na Tabela 2.

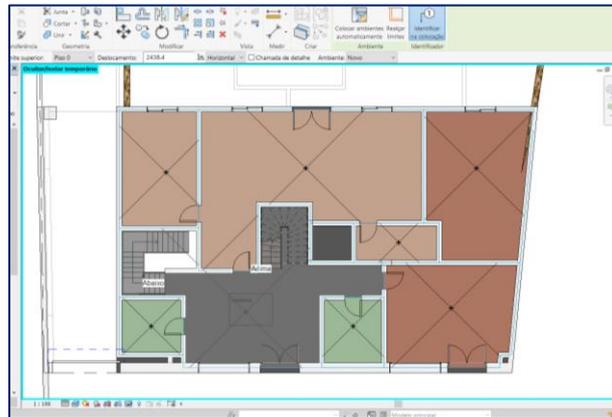


Figura 5: Marcação e identificação dos ambientes em BIM.

Tabela 1: Espaços e áreas associadas do edifício da Rua Saraiva de Carvalho.

<Valor patrimonial>											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Ambientes	Área	Área de Implantação	Área Bruta Privativa	Área terreno	Áreas Ambientais				Caj	Área Ajustada	Área (A)
Fração					Aa	Ab	Ac	Ad			
Área Dependentes	261 m ²	0	261	0	261	78.3	13.03	-0.07	0	0	
Fração A	151 m ²	317	151	1044	151	78.3	7.55	36.50	1	235	279
Fração B	176 m ²	317	176	1044	176	78.3	8.81	52.16	1	264	325
Fração C	163 m ²	317	163	1044	163	78.3	8.15	46.94	1	249	304
Fração D	161 m ²	317	161	1044	161	78.3	8.04	52.16	1	248	308
Fração E	338 m ²	317	338	1044	338	78.3	16.89	62.56	1	427	507
Fração F	188 m ²	317	188	1044	188	78.3	9.39	67.81	1	278	355
Fração Loja	69 m ²	317	69	1044	69	78.3	3.43	10.42	1	148	162
Fração Restaurante	96 m ²	317	96	1044	96	78.3	4.82	15.64	1	177	197
	1602 m ²		1602		1602		80.12	344.12		2026	2438

Tabela 2: Coeficientes relativos ao edifício da Rua Saraiva de Carvalho.

M	N	O	P	Q	R
Localização (coordenadas)	Vc	Ca	Cl	Cq	Cv
		0			
38.7212600708008,-9.14834690093994	603.0€	1	3.1	1.17	0.9
38.7212600708008,-9.14834690093994	603.0€	1	3.1	1.17	0.9
38.7212600708008,-9.14834690093994	603.0€	1	3.1	1.17	0.9
38.7212600708008,-9.14834690093994	603.0€	1	3.1	1.17	0.9
38.7212600708008,-9.14834690093994	603.0€	1	3.1	1.17	0.9
38.7212600708008,-9.14834690093994	603.0€	1	3.1	1.17	0.9
38.7212600708008,-9.14834690093994	603.0€	1	3.1	1.17	0.9

Face ao exposto é possível obter-se o valor patrimonial tributável por aplicação da fórmula do CIMI, de uma forma automatizada, sem grande dificuldade, na medida em que o método proposto é possível de aplicar por qualquer utilizador, mesmo com conhecimento não muito desenvolvido ao nível das metodologias BIM.

6. Considerações finais e desenvolvimentos futuros

O artigo proposto teve por objetivo a apresentação de uma proposta preliminar de método para incorporação das metodologias BIM na avaliação patrimonial de imóveis, ainda em desenvolvimento no âmbito de uma dissertação de mestrado. De facto, o método proposto apresenta vantagem para o cálculo expedito do valor patrimonial tributário para qualquer imóvel existente e/ou projeto a ser desenvolvido tendo em conta os diversos fatores que geralmente influenciam o valor de um imóvel: i) localização (incluindo o piso, a vista, orientação solar e acessibilidades); ii) terreno; iii) tipologia e disposição do imóvel; iv) qualidade da construção; v) acabamentos e equipamentos disponíveis; vi) data de construção; vii) estado de conservação; viii) mercado (a procura e a oferta); ix) existência de estacionamento, piscina, elevador, espaços verdes. Caso exista um modelo tridimensional previamente realizado para outros fins, o método proposto permite uma avaliação de investimento mais fidedigna, e mais adequada em termos comparativos com os métodos existentes.

Como perspetivas de desenvolvimento futuro, e tendo por base a otimização e operacionalização dos resultados de avaliação, regista-se a promoção das trocas de informação e o aumento da informação disponibilizada nos modelos BIM com base nos IFC, tanto ao nível da clarificação de critérios individuais bem como ao nível dos próprios métodos de avaliação a incorporar nos modelos BIM.

Referências

- [1] Amaral, L. (2009). A crise financeira e a economia Portuguesa – A perspetiva dos engenheiros”, Ordem dos Engenheiros – Comissão de Engenharia e Gestão Industrial, Banco BIC, Lisboa, 12 de Maio de 2009.
- [2] JLL Portugal (2017). Portugal Market Pulse – Relatório de Research, Primeiro trimestre do ano.
- [3] Borges, A. (2011). O Enquadramento Legal do Arrendamento Urbano e o Mercado de Arrendamento”. Associação dos Industriais da Construção de Edifícios.
- [4] Alexandre, F., Conraria, L., Bação, P. (s/d) Observador On Time, S.A. [Online]. Disponível em <http://observador.pt/especiais/crise-castigo-longa-estagnacao-da-economia-portugal/>.
- [5] Normas Internacionales de Valuacion (2005). Normas Internacionales de Valuación, Asociación Profesional de Sociedades de Valoración de España (ATASA) y Unión Panamericana de Asociaciones de Valuación (UPAV).
- [6] Normas Europeas de Valoracion (2003). Normas Europeas de Valoración, Asociación Profesional de Sociedades de Valoración de España (ATASA).
- [7] Bruggerman, W., Fisher, J., (2001), Real Estate Finance and Investments. McGraw-Hill Irwin, New York.
- [8] Topete, M., Pita, D., Saur-amaral, I. (2009). Documentos de Trabalho em Gestão Working Papers in Management Gestão do Conhecimento para a Inovação, Universidade de Aveiro.
- [9] Nebreda, P., Padura, J., Sanchez, E. (2006), La Valoración Inmobiliaria. Teoría y Práctica. Editora La Ley, Madrid, 2006.
- [10] Vasques, F. (2016). Documentos de apoio à Unidade Curricular de Avaliação Imobiliária. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- [11] Couto, P. (2007). Avaliação Patrimonial de imóveis para Habitação. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- [12] Decreto - Lei n.º 287/2003 (alteração produzida pela Lei n.º 42/2016, de 28 de Novembro). Código do Imposto Municipal sobre Imóveis.
- [13] Eastman, C. (1975). The use of computers instead of drawings in building design – Publicação, AIA Journal.
- [14] Serra, P. (2015) Análise da Implementação de Processos BIM Aplicados ao Projeto de Estruturas Engenharia Civil, Tese de Mestrado, IST-Universidade de Lisboa, Lisboa.
- [15] Autodesk, (s/d.), BIM e o futuro da AEC, [Online]. Disponível em <https://www.autodesk.com/solutions/bim>, [acedido em 2017].
- [16] Eastman, C. et al. (2011). BIM Handbook, a guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, John Wiley & Sons Inc..

Parte III

BIM na Arquitetura e Engenharia

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA BIM NO ÂMBITO DE PROJETOS DE REGULARIZAÇÃO FLUVIAL. OS CASOS DE DÍLI E DE PANTE MACASSAR EM TIMOR-LESTE.

Luís Ribeirinho⁽¹⁾, Ana André⁽¹⁾

(1) TPF - CONSULTORES DE ENGENHARIA E ARQUITETURA, S.A., Lisboa

Resumo

A elaboração de projetos de regularização fluvial recorrendo à metodologia tradicional apresenta diversas dificuldades, nomeadamente: trabalho moroso de desenho e de verificação; garantia da coerência entre as peças desenhadas ao longo do processo de cálculo iterativo; definição discreta da obra; extração de quantidades de forma manual e baseada na definição discreta. No sentido de superar estas dificuldades foram introduzidas alterações ao processo de trabalho, demonstradas aqui através de 2 casos de estudo, onde se recorre ao Civil 3D como ferramenta BIM para o desenvolvimento do trabalho. No primeiro, foi possível marcar em planta de forma automatizada as escavações e grande parte dos aterros e extrair os volumes de terra associados, mas os desenhos ainda foram exportados de Civil 3D para AutoCAD onde foi trabalhado o grafismo. No segundo caso de estudo, houve avanços significativos em relação ao anterior, nomeadamente com a introdução de *Data Shortcuts*, recurso ao Subassembly Composer e desenvolvimento de *templates* para controlar o aspeto gráfico e a informação dos desenhos. Isto permitiu uma definição mais fina da obra e a extração expedita das quantidades dos materiais, para além de reduzir muito o volume de trabalho de desenho.

1. Introdução

De acordo com o relatório de 2017 publicado pela Dodge Data & Analytics [1], que avalia o valor do BIM para as infraestruturas na indústria da construção (AECO), a utilização de BIM em projetos de infraestruturas de transporte sofreu um aumento significativo nos dois anos que antecederam a publicação. Este estudo contou com dados recolhidos nos Estados Unidos, no Reino Unido, em França e na Alemanha. Nestes países, a percentagem de utilizadores com níveis avançados de implementação passou de 20% em 2015 para 52% em 2017.

Na primeira edição deste estudo, em 2012, uma das principais constatações era a de que a utilização do BIM nas infraestruturas tinha um atraso de cerca de três anos em relação ao setor

dos edifícios. Este atraso parece estar a esbater-se, impulsionado em parte pelas solicitações dos donos de obra. O estudo de 2017 revela que já é exigida a utilização da metodologia BIM em cerca de um terço dos projetos de infraestruturas de transportes nos países referidos.

Esta falta de interesse do setor das infraestruturas pelo BIM explica em parte as dúvidas que se colocam no que diz respeito à legitimidade de ferramentas como o Autodesk AutoCAD Civil 3D para desenvolver projetos em BIM [2]. Apesar de ambos terem surgido na década de 80, o Civil 3D não foi desenvolvido a pensar na metodologia BIM. O Civil 3D é um software utilizado para conceber, executar e gerir projetos de engenharia civil, fundamentalmente nas áreas de terraplanagem, água e transportes. O conceito de modelo terá estado presente desde o início, mas as questões relacionadas com a interoperabilidade só foram desenvolvidas mais recentemente. A capacidade de extrair sólidos de entidades específicas do programa como os corredores, juntamente com a capacidade de lhes acrescentar propriedades, só foi disponibilizada na versão 2014 [3] e o formato IFC só passou a ser suportado na versão 2016 [4].

Na nossa opinião, com a introdução das capacidades referidas, a ferramenta passou a estar totalmente capacitada para desenvolver projetos em BIM, ainda que o sucesso da sua aplicação dependa naturalmente da forma como é utilizada. Todas as ferramentas do AutoCAD estão disponíveis no Civil 3D, tornando possível a utilização do Civil 3D sem o recurso a metodologias BIM. De igual forma, seria possível utilizar o Revit para desenvolver um projeto com recurso exclusivamente a linhas 2D (*detail lines*).

Neste artigo são apresentados dois casos de aplicação da metodologia BIM, com graus de implementação distintos, em projetos de regularização fluvial. Os projetos de regularização fluvial, apesar de se inserirem no setor das infraestruturas, não pertencem ao segmento dos transportes, que é o maior segmento do setor e o motor do mesmo, motivo pelo qual o relatório citado de 2017 se focou apenas nesse segmento. As ferramentas dedicadas a infraestruturas permitem o desenvolvimento de projetos de regularização fluvial, ainda que obriguem a um esforço significativo de customização.

Uma regularização fluvial pode definir-se como uma intervenção no leito principal de um rio aluvionar na procura de assegurar o escoamento eficiente e seguro de cheias [5]. Ao restringir a zona inundável em caso de cheia, permite-se que as populações se possam instalar nessas zonas sem que de tempos a tempos as suas casas fiquem inundadas, ou sejam arrastadas pela violência das águas, como aconteceu em 2010 nas cheias da Madeira.

2. O processo e a metodologia tradicional

A definição de uma estrutura de regularização fluvial, segundo a metodologia tradicional, consiste num processo iterativo que combina o modelo digital do terreno, a geometria da regularização, o cálculo da capacidade hidráulica e o impacto da execução da obra à superfície (por exemplo, conflitos com construções existentes). O modelo digital do terreno é obtido a partir de elementos topográficos, como por exemplo: curvas de nível; pontos cotados; nuvens de pontos. Por geometria da regularização, entende-se o traçado em planta, perfil longitudinal e secção transversal.

De um modo geral, o processo inicia-se com o traçado em planta e perfil longitudinal, com recurso ao software, prossegue com o pré-dimensionamento da secção transversal, desencadeando o processo iterativo da verificação hidráulica e ajuste da geometria do canal

fluvial, até se chegar a uma solução que corresponda a um bom compromisso entre funcionamento hidráulico, custo da obra e impacto da sua execução.

Sob esta metodologia, a utilização do software consiste no desenho do traçado em planta, do perfil longitudinal e depois de cortes transversais com um afastamento regular, e em pontos notáveis como alargamentos ou estreitamentos, mudança de declive, ou de secção transversal. Note-se que a TPF já utiliza o Civil 3D como ferramenta auxiliar para a modelação do terreno desde 2008. Contudo, todas as peças desenhadas da obra eram desenvolvidas em AutoCAD.

Esta forma de trabalhar traduz-se em diversas dificuldades, nomeadamente na manutenção da coerência entre peças desenhadas ao longo do processo de cálculo interativo, trabalho moroso de desenho e de verificação e extração de quantidades de forma manual e baseada numa definição discreta.

3. Caso de estudo 1: Plano Diretor de Saneamento e Drenagem de Díli

3.1 Descrição do projeto

Todos os anos, a cidade de Díli é afetada pela ocorrência de inundações, não só devido à crescente impermeabilização da cidade, decorrente do aumento significativo de população, mas também devido a deficiências do sistema de drenagem [6].

Díli é uma cidade muito plana, confinada entre as montanhas e o mar, atravessada por seis rios que se estendem desde a zona montanhosa até ao mar, e onde a precipitação é caracterizada por chuvadas intensas, de curta duração e com variabilidade altimétrica.

Com o aumento das áreas impermeáveis e a densificação da ocupação urbana, aumentou também a magnitude dos caudais afluentes à zona urbana e o conseqüente impacto das inundações.

Por essa razão, entre 2010 e 2012, numa cooperação entre o Governo de Timor Leste e entidades australianas, foi elaborado um Plano Diretor de Saneamento e Drenagem para Díli onde foi definido um plano faseado de medidas a implementar para mitigar a ocorrência de inundações e minimizar o seu impacto.

Nessas medidas, incluía-se a regularização fluvial de cinco dos rios que atravessam a cidade numa extensão total de 11 km e que se identificam na Figura 1.

As obras de regularização fluvial foram dimensionadas para garantir o escoamento da cheia correspondente ao período de retorno de 100 anos.

Teoricamente, o aumento da capacidade de transporte dos rios pode ser conseguido, ou por alargamento da secção, ou por aprofundamento do leito.

No caso de Díli, devido à intensa ocupação urbana, alargar a secção de escoamento dos rios não seria uma solução viável, tendo em conta os constrangimentos da ocupação urbana e, por essa razão, optou-se pelo aprofundamento do leito. Assim, definiram-se secções de escoamento de geometria retangular com largura de rasto constante ao longo de toda a linha de água e leitos cujo declive vai progressivamente reduzindo para jusante.

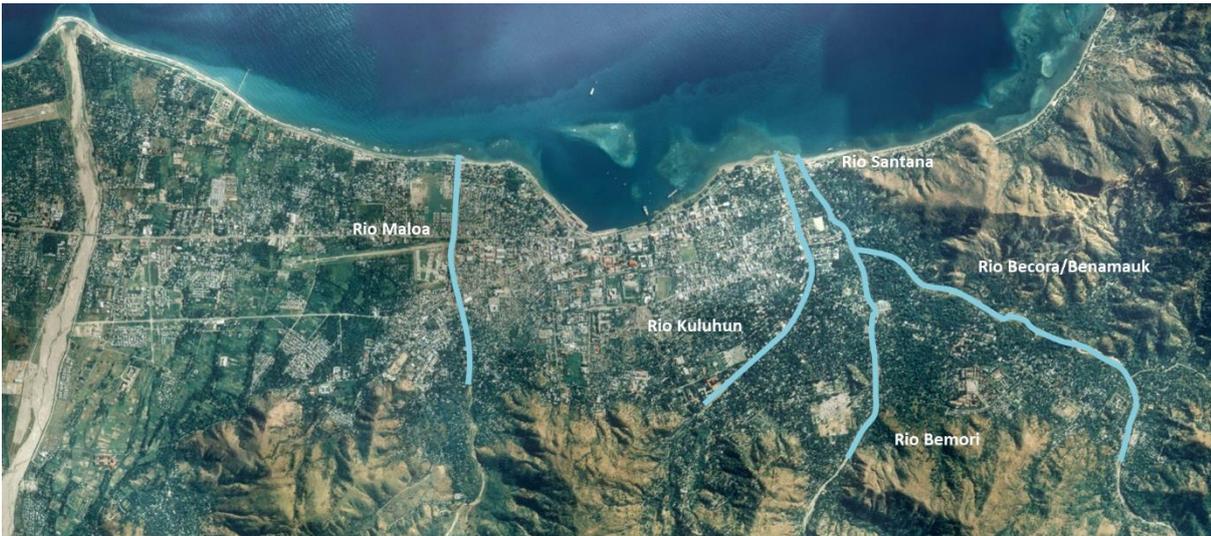


Figura 1: Identificação dos cinco rios intervencionados ao longo das áreas urbanas de Díli.

A largura de rasto constante será garantida por muros verticais de betão armado, que podem ser de dois tipos:

- Muros de suporte clássicos, de betão armado, com as fundações para o interior do leito, de forma a reduzir a escavação lateral (Figura 2 e Figura 3);
- Muros de suporte especiais, do tipo Berlim, que não exigem escavações laterais.

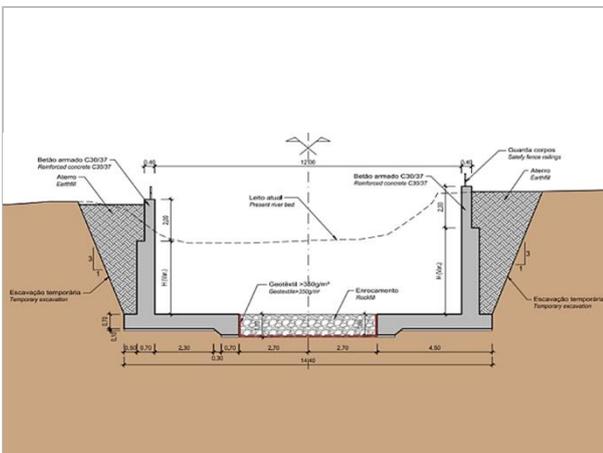


Figura 2: Corte transversal tipo com muros de contenção clássicos.



Figura 3: Fotografia de uma das zonas a aplicar o corte tipo da Figura 2.

O revestimento do leito será misto. Lateralmente, o revestimento será o betão liso das sapatas dos muros de contenção. Na faixa central, cuja largura é variável consoante o rio, o leito será revestido com gabiões. A cada 3.0 m, a faixa central será cruzada por vigas de betão, que irão unir as sapatas das paredes, umas contra as outras, para travamento dos muros.

3.2 Modelação no Civil 3D

Neste primeiro caso de estudo recorreu-se ao conceito de modelo único através da entidade *corridor*. Estas entidades resultam do varrimento de um determinado corte tipo, designado de *assembly*, ao longo de uma diretriz e de um perfil. O *assembly*, por sua vez, reúne o conjunto dos *subassemblies* que lhe são acoplados. Neste caso, os *subassemblies* utilizados foram *generic links*. Os *links* são as linhas que unem os pontos do corte tipo. O Civil 3D dispõe de uma biblioteca de *links* genéricos que, em teoria, permitem modelar qualquer geometria. Alguns desses *links* permitem encontrar automaticamente os pontos desejados do corte tipo, com recurso à definição dos alvos a atingir. Por exemplo, no caso do *assembly* de escavação (Figura 4), definiu-se como alvo a superfície do terreno existente, enquanto que no *assembly* de aterro (Figura 5), a superfície alvo definida foi uma superfície composta pelo talude de escavação e o terreno existente.



Figura 4: *Assembly* de escavação

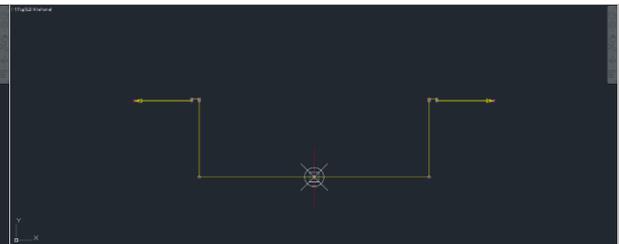


Figura 5: *Assembly* de aterro

Apesar do avanço significativo que o recurso aos *corridors* trouxe à metodologia tradicional, o recurso aos *generic links* pecava pelo número de regiões que obrigava a criar. Sempre que se alteram as condições, quer seja mudança de *subassembly*, ou alteração do alvo, por exemplo, é necessário criar uma nova região correspondente à extensão do *corridor* onde essas condições se mantêm. Houve rios em que foi necessário criar mais de 100 regiões.

No que diz respeito às medições associadas aos volumes de terra, tornaram-se bastante mais expeditas, uma vez que a extração desses valores é automática a partir do momento em que a obra está modelada (Figura 6).

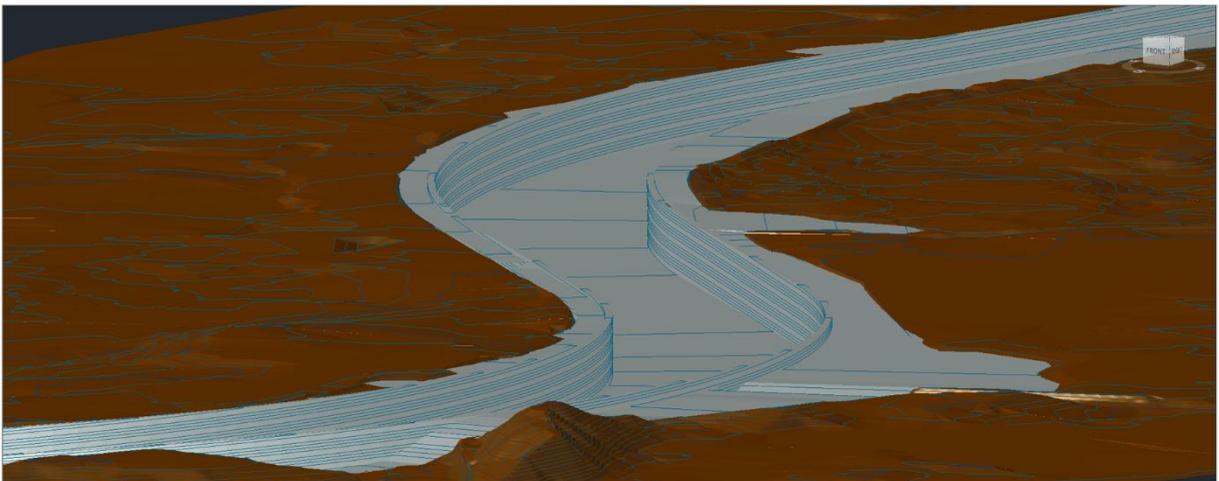


Figura 6: Vista 3D do modelo da regularização fluvial.

Em relação à documentação do projeto, a geometria e a informação, por exemplo o preenchimento dos pentes ou a marcação dos aterros em planta, foi desenvolvida no Civil 3D, mas todo o grafismo dos desenhos foi trabalhado em AutoCAD, onde também se acrescentaram as vigas de travamento dos muros, devido ao seu caráter pontual. No total foram produzidos 258 cortes com um espaçamento de 50 m.

4. Caso de estudo 2: Plano Diretor de Drenagem de Pante Macassar

4.1 Descrição do projeto



Figura 7: Identificação dos seis rios intervencionados em Pante Macassar.

Pante Macassar é a capital do enclave do Oé-cusse, em Timor Leste, e é atualmente uma cidade pequena, com baixa densidade populacional.

Com a criação das Zonas Especiais de Economia Social de Mercado de Timor Leste (ZEESM TL) e da Região Administrativa Especial de Oé-cusse Ambeno (RAEOA), a administração regional de Timor Leste pretendeu constituir um veículo promotor do desenvolvimento económico da região, explorando o seu potencial turístico e atraindo investimento externo para ajudar ao crescimento da economia social de mercado.

Nesse sentido, foram definidos planos de investimento para a construção de infraestruturas básicas na cidade e assim criar condições locais que potenciem o desenvolvimento pretendido. Por atualmente se tratar de uma cidade com reduzida ocupação urbana, as inundações que ocorrem em Pante Macassar não representam um problema de grande magnitude, nem têm um impacto significativo na população. Contudo, com a densificação da ocupação urbana expectável com o desenvolvimento da região, este fenómeno terá tendência para se agravar.

Antecipando este cenário, foi elaborado o Plano Diretor de Drenagem de Pante Macassar [7], que preconiza a criação de infraestruturas de drenagem, incluindo a regularização fluvial de seis linhas de água que atravessam a cidade, numa extensão total de 7 km, e que se apresentam na Figura 7.

Uma das premissas da ZEESM TL e da RAEOA para o desenvolvimento da região era a criação de soluções sustentáveis e integradas no contexto local.

No caso particular da regularização fluvial, a disponibilidade de espaço físico permitiu a criação de soluções predominantemente naturalizadas, com exceção dos rios Meokana e Kaeh para os quais, devido ao elevado caudal de ponta de cheia e a condicionamentos impostos pela rede viária, foram definidas secções de betão armado.

As soluções naturalizadas correspondem a secções trapezoidais, revestidas com colchões reno e com terra vegetal a proteger os taludes (Figura 8).

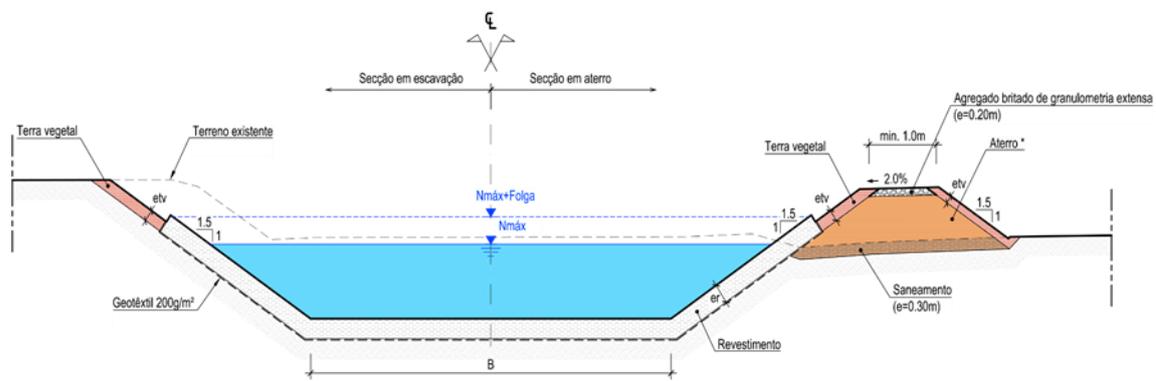


Figura 8: Corte transversal tipo. Secção trapezoidal.

4.2 Modelação no Civil 3D

A solução de regularização adotada neste caso de estudo, apesar de mais vantajosa do ponto de vista hidráulico e económico, caracteriza-se por uma definição em projeto muito mais complexa do que a apresentada no primeiro caso. Por esse motivo, houve um investimento redobrado na exploração das funcionalidades da ferramenta que ainda não tinham sido incorporadas nos procedimentos da equipa de projeto.

Uma das inovações introduzidas neste caso foi a utilização de *Data Shortcuts* para representar o modelo digital do terreno existente. Os *Data Shortcuts* são referências a objetos noutros desenhos. Esta medida teve um impacto significativo na produção, uma vez que a superfície era muito extensa (englobava a totalidade da cidade), o que se traduziu em ficheiros muito pesados. O facto de as referências terem permissões exclusivamente de leitura torna a manipulação dos ficheiros mais ágil. Uma outra consequência do recurso aos *Data Shortcuts* é o desenvolvimento de um modelo único do terreno, partilhado com todos os elementos da equipa, sem duplicação da informação. As alterações ao ficheiro que está a ser referenciado desencadeiam alertas nos ficheiros que o referenciam e dessa forma contribui para a coerência das diferentes peças do projeto.

Não obstante, a novidade com maior impacto no procedimento de trabalho foi a criação dos *subassemblies* utilizados no projeto por recurso ao Subassembly Composer, que é o editor de programação gráfica do Civil 3D. Na prática este programa serve para, como o próprio nome indica, criar *subassemblies*, sem ter de recorrer aos *generic links*, com a vantagem da introdução

dos processos de decisão (Figura 9), que permitem reduzir significativamente o número de regiões.

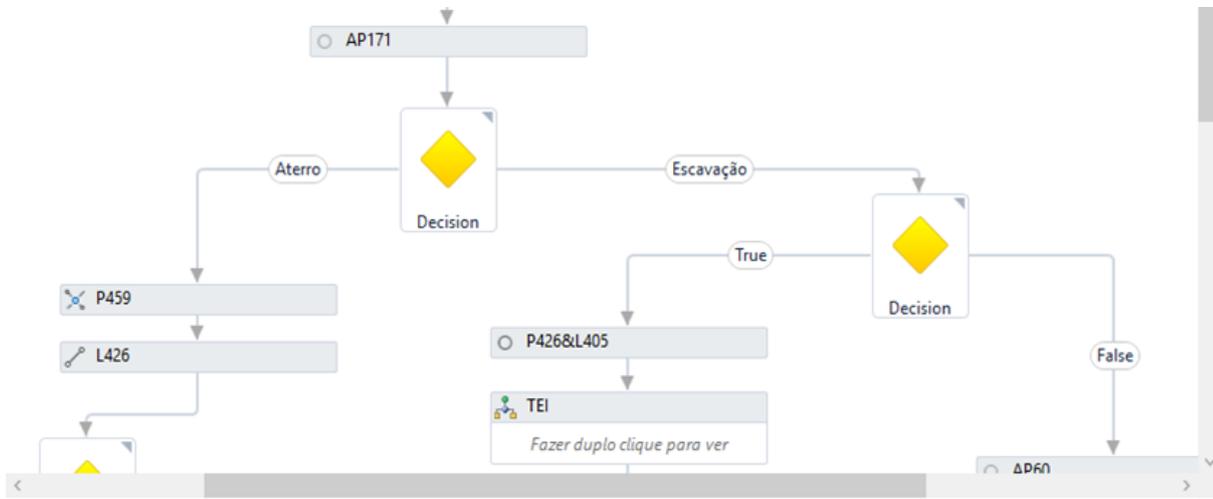


Figura 9: Processo de decisão. *Flowchart*

A título de exemplo, um dos processos de decisão introduzidos consiste em definir a solução de aterro ou de escavação em função da posição do terreno (Figuras 10 e 11).

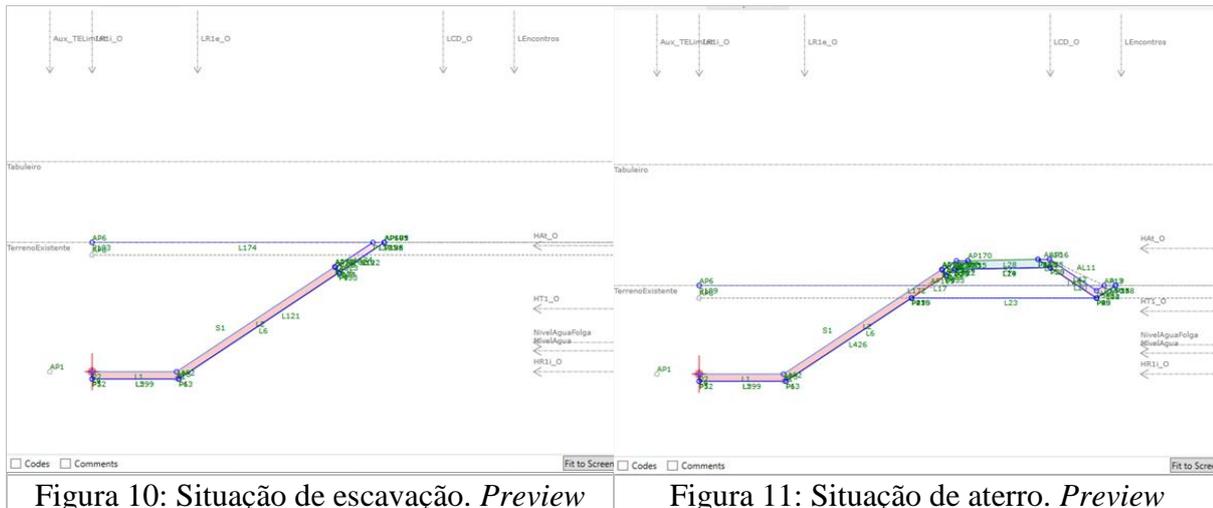


Figura 10: Situação de escavação. *Preview*

Figura 11: Situação de aterro. *Preview*

Quando inserido no Civil 3D o aspeto deste *subassembly* é o que se apresenta na Figura 12. Trata-se de um corte tipo muito mais desenvolvido do que os do caso anterior, totalmente paramétrico, com informação, cores e tramas pré-definidas. Para alcançar esse objetivo, contudo, foi necessário um tempo de aprendizagem longo e que representa a maior percentagem do tempo investido na exploração da ferramenta, ainda que não haja registos do tempo afeto exclusivamente a esta tarefa. Uma parte dessa aprendizagem passou pela experimentação, ou seja, um processo tentativa-erro em que o *subassembly* era desenvolvido, aplicado, testado, identificavam-se os problemas, corrigia-se o *subassembly*, este voltava a ser aplicado e assim

sucessivamente, até se encontrar uma solução que respondesse adequadamente aos requisitos do projeto.

Além da redução do número de regiões, a utilização de *subassemblies* desenvolvidos no Subassembly Composer tem outras vantagens, nomeadamente ao nível do grafismo e da medição de quantidades dos materiais. A nível gráfico, passa a ser possível controlar todo o aspeto dos objetos e das legendas através de estilos. O terceiro grande marco deste caso de estudo foi a configuração dos estilos com o objetivo de evitar a exportação para AutoCAD, reduzindo assim de forma significativa o volume de trabalho. Esta redução permitiu diminuir para 25 m o espaçamento entre cortes transversais, em vez dos 50 m do 1º caso de estudo, definindo de forma mais fina a obra. No total foram apresentados 413 cortes transversais.

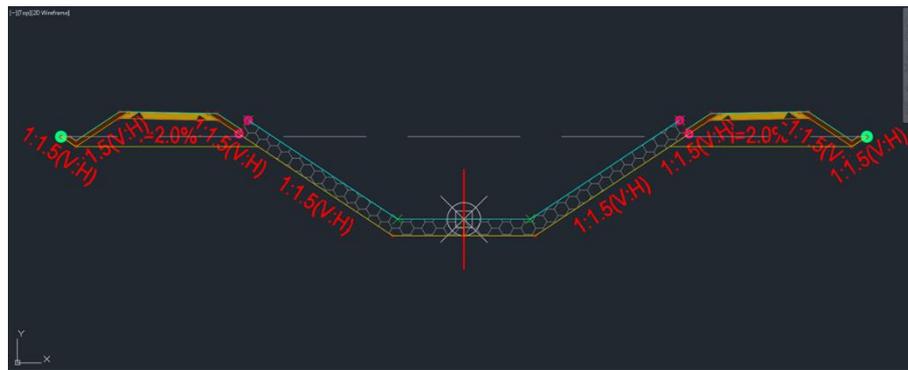


Figura 12: *Assembly* da secção trapezoidal.

Na prática não se evitou apenas a exportação e a configuração manual dos desenhos, tendo sido ainda possível melhorar a apresentação. Um dos exemplos que ilustra essa situação é o amplo uso das tramas nas plantas e nos perfis. Um outro correspondeu à cotagem dos cortes em forma de pente, o que facilitou a leitura do desenho.

Ao contrário do que se passou com os *subassemblies*, o tempo de aprendizagem de manipulação dos estilos foi relativamente reduzido, ainda que a criação de todos os estilos necessários tenha sido morosa.

Associado ainda ao desenvolvimento do *assembly* e dos estilos, foi possível introduzir a medição automática de materiais, como por exemplo os gabiões, a terra vegetal e o agregado britado de granulometria extensa. No primeiro caso de estudo, só foi possível medir diretamente do Civil 3D os volumes dos movimentos de terras.

Contudo, há ainda desenvolvimentos pendentes no que diz respeito à aplicação desta ferramenta a regularizações fluviais. A modelação da obra, por oposição a uma definição discreta, obriga à definição de todas as zonas, mesmo as mais complicadas, como é o caso das confluências de rios. Nestas zonas, o fundo é inclinado transversalmente, o que não foi previsto nos *subassemblies*, originando por isso alguns erros que tiveram de ser corrigidos manualmente.

5. Conclusões e desenvolvimentos futuros

A apresentação destes dois casos de estudo procurou demonstrar o avanço significativo que houve na TPF ao nível da implementação de metodologias BIM em projetos de Regularização Fluvial. Contudo, esse avanço exigiu um investimento avultado na preparação dos estilos e dos

subassemblies. Ainda assim, estamos convictos de que esta abordagem é a melhor forma de responder com qualidade aos prazos impostos atualmente.

Note-se que, em ambos os casos apresentados, a opção por uma metodologia BIM partiu de necessidades internas e focou-se na transmissão de informação durante a fase de projeto. A transmissão ao cliente dos elementos produzidos durante essa fase foi feita de forma tradicional. Não foi criada uma plataforma colaborativa, nem houve uma partilha do modelo desenvolvido. Os donos de obra de infraestruturas armazenam, na maior parte dos casos, a informação relativa aos seus ativos em SIG. Uma forma de envolver os donos de obra e minimizar as perdas de informação no ciclo de vida da infraestrutura consiste na exportação do modelo de Civil 3D em formato IFC, uma vez que este formato pode ser convertido em entidades SIG.

Neste trabalho não se explora a ligação a outros *softwares*, mas o Autodesk InRoads poderá ser uma boa aposta para as fases conceptuais do projeto, pela facilidade com que se estudam alternativas e se lhes confere um aspeto apelativo. Por esse motivo, e pela integração que existe com o Civil 3D, onde o projeto poderá continuar a ser desenvolvido, a sua exploração e aprendizagem será um dos próximos investimentos do Núcleo de Inovação da TPF.

Quanto à potencial utilização do Autodesk Revit, julgamos que a sua utilização seria adequada para obras pontuais que pudessem existir, como obras de entrada, por exemplo, ou para definição de armaduras em estruturas de betão armado. Nesse caso, continuaríamos a definir a geometria da obra em Civil 3D e depois exportaríamos essa geometria para Revit. Os casos de estudo abordados não contemplavam a definição das armaduras, mas temos trabalhado nesse *workflow* a propósito de outros projetos, recorrendo ao *Corridor Points Report* do Civil 3D e ao Dynamo.

Referências

- [1] Dodge Data & Analytics, «The Business Value of BIM for Infrastructure 2017». 2017.
- [2] «BIM and Civil 3D - Fact or Fiction? | AUGI - Autodesk User Group International». [Em linha]. Disponível em: <https://www.augi.com/articles/detail/bim-and-civil-3d-fact-or-fiction>. [Acedido: 19-Fev-2018].
- [3] «AutoCAD Civil 3D 2014 New Feature: Extract Corridor Solid - EnvisionCAD | MicroStation, InRoads, OpenRoads, AutoCAD and Civil 3D Services». [Em linha]. Disponível em: <https://envisioncad.com/tips/autocad-civil-3d-2014-new-feature-extract-corridor-solid/>. [Acedido: 19-Fev-2018].
- [4] «Does Civil 3D support .ifc file format? | AutoCAD Civil 3D | Autodesk Knowledge Network». [Em linha]. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad-civil-3d/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/Does-Civil-3D-support-ifc-file-format.html>. [Acedido: 19-Fev-2018].
- [5] A. H. Cardoso e L. V. da Cunha, *Hidráulica fluvial*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1998.
- [6] TPF, «Ministérios das Obras Públicas, Secretaria de Estado da Água, Saneamento e Urbanização, Direção Geral de Água e Saneamento, Direção Nacional de Saneamento Básico (Timor Leste). Implementação do Plano Director de Saneamento e Drenagem de Díli – Fase 2». 2014.
- [7] TPF, «Zonas Especiais de Economia Social de Mercado de Timor-Leste (Timor Leste). Plano Director de Drenagem Pluvial de Pante Macassar». 2017.

METODOLOGIA DE PROJETO EM EDIFÍCIOS NZEB - A OTIMIZAÇÃO MULTI OBJECTIVO INTEGRADA EM BIM NO DESENHO DA FACHADA

Pedro Santiago⁽¹⁾

(1) Universidade Fernando Pessoa, Porto

Resumo

Para efetivamente desenhar um edifício zero energia (nZEB), a avaliação do desempenho energético nas fases iniciais do projeto através de simulação é um procedimento imprescindível e incontornável, ainda que exigente e complexo. Ao longo de várias décadas, foram desenvolvidas diversas ferramentas e métodos para abordar questões de desenho relacionadas e articuladas com o desempenho, usando maioritariamente Algoritmos de Otimização Multi-Objetivo. Os avanços tecnológicos revolucionaram a forma como os arquitetos projetam e pensam, automatizando tarefas complexas e permitindo a avaliação de múltiplas variantes em simultâneo. As metodologias BIM e as linguagens de programação visual abriram um leque muito alargado de ferramentas de desenho e análise permitindo ao arquiteto tomar decisões informadas baseadas em dados extraídos dos modelos. Neste artigo, é proposta uma metodologia e fluxo de trabalho de desenho nZEB, integrando o BIM em articulação com algoritmos evolutivos e sistemas de simulação energética, explorando as suas capacidades, vantagens e limitações a partir do desenho da fachada do edifício, nomeadamente das suas aberturas e respetiva otimização.

1. Introdução

O desafio de projetar edifícios com um desempenho ambiental otimizado representa geralmente um objetivo que reúne parâmetros conflituosos e muitas vezes concorrentes para o arquiteto. As decisões iniciais de desenho influenciam significativamente o desempenho final de um edifício e os arquitetos não conseguem explorar um grande número de alternativas formais e materiais em relação aos critérios de desempenho estabelecidos para o projeto. Os requisitos cada vez mais exigentes que chegarão ao ponto do edifício zero energia (NZEB), carecem de metodologias de projeto mais informadas por dados, resultando em volumes e formas que respondem também a estas condicionantes.

Conforme temos presenciado pelo aumento do recurso por parte das equipas de projeto e construção, aos programas e metodologias BIM nos últimos anos, este campo relacionado com o edificado está sempre à procura de estratégias otimizadas para melhorar os processos de tomada de decisão e gestão de sistemas. O projeto representa o ponto de partida desta abordagem que pretende responder a níveis de exigência cada vez maiores. Os edifícios e a sua construção representam desafios cada vez mais complexos com o objetivo de garantir melhor qualidade de vida ao ser humano, e todo o processo parte da equipa de projeto.

A física do edifício presta especial atenção à investigação e à implementação de novas abordagens para economizar tempo, otimizar as características de construção e satisfazer estas necessidades cada vez mais exigentes [1].

Para atingir estes objetivos, os arquitetos tentaram desde sempre introduzir novas ferramentas para responder a uma ampla gama de problemas. Os programas de simulação, disponíveis há décadas, têm melhorado progressivamente a sua disponibilidade, facilidade de utilização, custo e velocidade de cálculo. Além destes fatores, e numa realidade mais recente, as questões energéticas que passam pela iluminação natural baseada no clima local e pelas métricas de conforto térmico adaptativo estão a alterar a forma como o arquiteto aborda critérios de desempenho bioclimático/natural ou ambiental e tomam decisões de desenho, especialmente sobre estratégias passivas [4].

No entanto, as ferramentas disponíveis não representam ainda o paradigma como utensílios de projeto, embora a maioria delas seja baseada em mecanismos de simulação validados e confiáveis, que já são comumente usados na prática típica de física de construção.

Este artigo mostra uma aplicação de algumas dessas ferramentas para o desenvolvimento de um estudo paramétrico preliminar com o objetivo de otimizar o desempenho geral da fachada de um prédio de habitação a partir de dados físicos.

A abordagem otimizada proposta combina análises paramétricas, uma linguagem de programação visual e algoritmos generativos, enquanto a norma é ainda baseada em iterações manuais.

A ideia de usar a intuição - em vez de dados - na tomada de decisões na arquitetura baseia-se numa metodologia individual, com a participação de um único interveniente. Essa dependência de indivíduos torna-se problemática num momento em que o projeto depende de equipas integradas para resolver problemas pluridisciplinares e complexos que abordam conhecimentos específicos de várias áreas do saber. As decisões irão ser baseadas na intuição de que indivíduo? Este método é arriscado e muito vulnerável ao erro.

2. Metodologia

O método descrito neste capítulo é aplicado a um edifício que será o nosso caso de estudo, situado num contexto urbano consolidado da cidade de Matosinhos, na freguesia da Senhora da Hora. O lote é de gaveto, o que permite uma exposição solar que abrange os quatro quadrantes.

A envolvente direta representa um edifício a sul com apenas um piso e um edifício de 3 pisos a nascente. A cobertura do primeiro é inclinada de quatro águas e do segundo é plana. A orientação da parcela é sobre o eixo norte-sul, representando uma orientação pouco favorável do ponto de vista dos ganhos e controlo solar, dada a predominância de sol com um ângulo baixo correspondente a nascente e poente a par do volume edificado maior bloquear o quadrante nascente. O número de horas de exposição na fachada voltada para o interior da parcela é assim escasso por estes dois fatores: orientação e envolvente direta conforme se pode verificar na figura 1.



Figura 1: Implantação do edifício - fonte autor

As fachadas voltadas para os arruamentos de acesso correspondem aos quadrantes poente e norte, sendo a primeira a que apresenta maior potencial de exposição. A fachada norte praticamente não tem acesso a radiação solar direta. A área da implantação é de aproximadamente 550 m² sendo que os alinhamentos são extremamente rígidos dada a regulamentação local. Apesar da volumetria geral ser pouco flexível as fachadas podem corresponder a soluções de vãos que permitam uma diversidade considerável.

Propõe-se neste estudo um método para gerar envolventes solares que consideram requisitos multidirecionais de acesso a ganhos solares diretos em ambientes urbanos complexos e consolidados. Este método é desenvolvido para a avaliação e otimização das potencialidades naturais em articulação com as construtivas de desenho, integrando cálculos de acesso direto solar a partir de simulações computacionais ambientais, geração de envolventes solares usando desenho paramétrico e cálculos de otimização.

O modelo urbano a integrar a proposta foi construído recorrendo à metodologia BIM, no programa Archicad que permite a conexão em tempo real com a ferramenta de programação visual Grasshopper3d onde foi desenvolvido o algoritmo. A ferramenta de simulação ambiental

utilizada para o cálculo das horas de exposição solar direta no Grasshopper é o Ladybug [2], com base no seu componente sun-path Radiance, uma ferramenta validada para simulação de radiação solar [2]. O plugin de otimização multiobjectivo utilizado é o Octopus [3] que permite aplicar os princípios de otimização evolutiva no Grasshopper3d. A avaliação energética, neste caso e mais concretamente, avaliação térmica é feita no Archicad com o EcoDesigner Star.

Numa primeira fase foi realizado um estudo do potencial solar e térmico, respetivamente do local e do edifício no período de um ano no caso da radiação e em quatro datas do ano correspondentes aos equinócios e solstícios, no caso do comportamento térmico.

O desenho evidente ou tradicional de concordâncias de alinhamentos e geometria gerou um volume que foi também submetido a análise para referencia, base e comparação de resultados. As formas e volumes gerados em ambiente BIM, em resposta à regulamentação, são exportadas para o Grasshopper3d onde são efetuadas as análises a partir da construção de um algoritmo. Qualquer alteração pode ser reintroduzida no Archicad, o que permite o acrescentar de informação e não a sua perda ao longo do processo.

No volume original, e para o âmbito desta investigação, são considerados 4 compartimentos a estudar, correspondentes aos quadrantes principais, sendo esta solução extrapolada para as restantes áreas de fachada. O piso selecionado é o terceiro, uma vez que tem a maior exposição solar.

Em termos construtivos os sistemas utilizados foram os descritos em seguida.

A laje é constituída por 25cm de laje maciça de betão com isolamento térmico de 6 cm, camada de regularização de 5 cm e acabamento vinílico, conforme se pode verificar na figura 2.

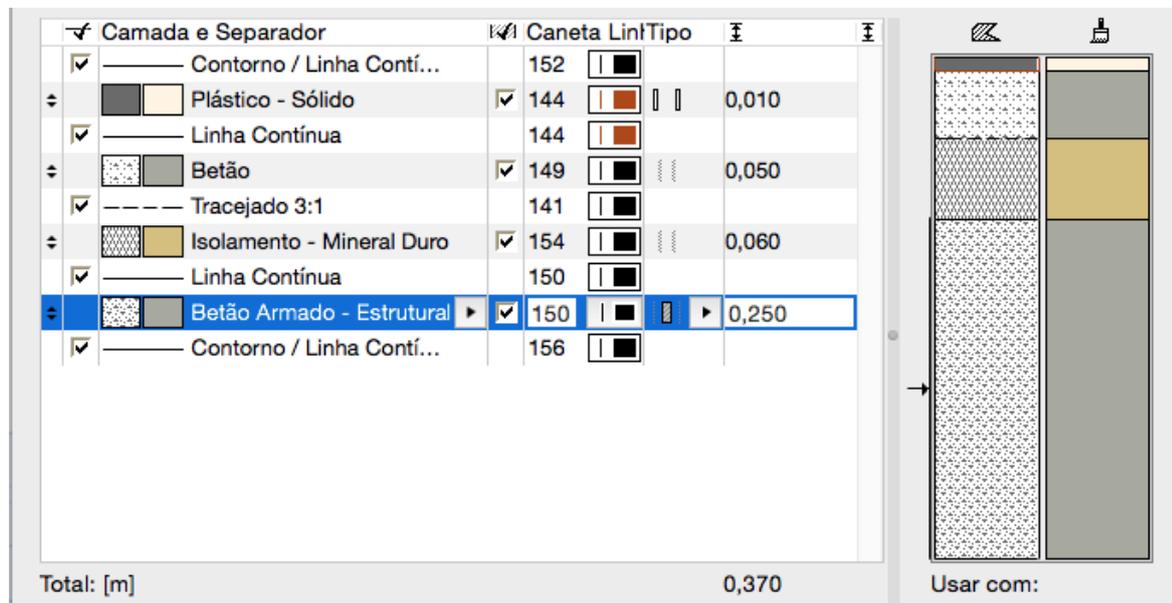


Figura 2: constituição do piso – fonte autor

Este sistema apresenta um valor U de 0,54 W/m²K.

A parede correspondente à fachada é constituída por um sistema de isolamento pelo exterior rebocado cujo suporte é um bloco térmico de leca rebocado pelo interior conforme figura 3.

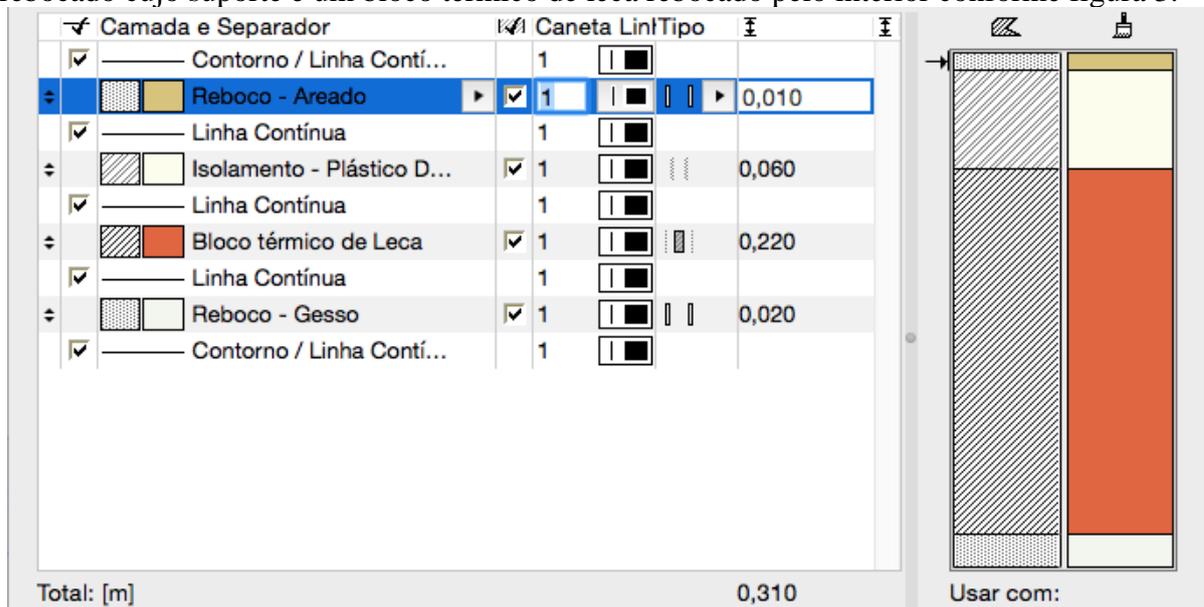


Figura 3: constituição da parede exterior – fonte autor

Este sistema apresenta um valor U de 0,26 W/m²K.

A laje de cobertura consiste numa laje de betão de 25cm isolada superiormente, em suporte de um teto falso em gesso cartonado com uma caixa-de-ar, conforme figura 4.

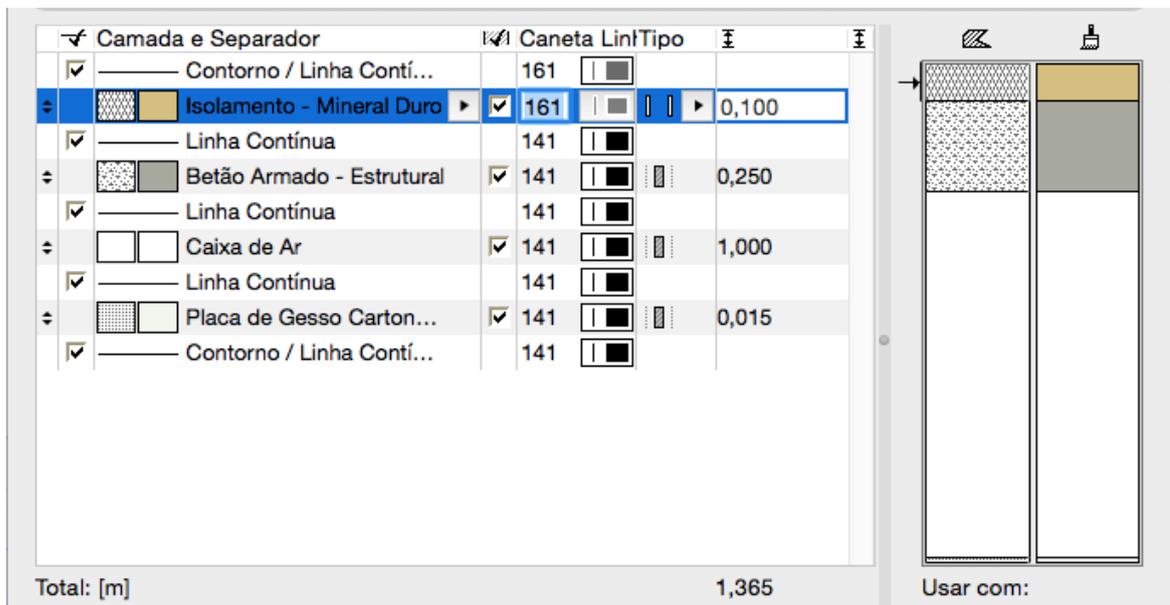


Figura 4: constituição da laje superior – fonte autor

Este sistema apresenta um valor U de 0,10 W/m²K.

As paredes laterais e interiores são constituídas por gesso cartonado como acabamento com isolamento térmico e acústico pelo interior, conforme figura 5.

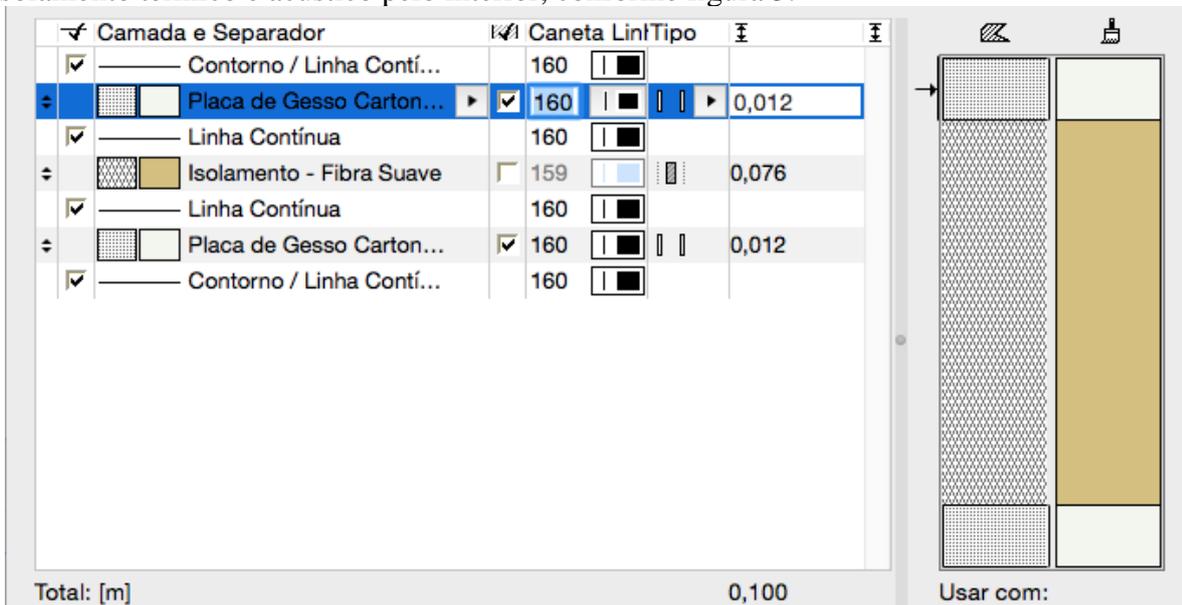


Figura 5: constituição das paredes interiores – fonte autor

Este sistema apresenta um valor U de 0,43 W/m²K.

Para os vãos envidraçados foram considerados caixilhos metálicos em alumínio com corte térmico correspondente à nomenclatura “premium” e um vidro duplo sem qualquer factor solar, conforme se pode verificar na figura 6. Este sistema apresenta um valor U de 2,05 W/m²K.

Foram criados pontos de construção de parede e vãos, pontos estes manipuláveis a partir de valores variáveis dentro de limites máximos e mínimos e direção. A união destes últimos gera linhas cuja união gera por sua vez superfícies. Uma vez que o sistema não é estático permite um grande grau de liberdade e combinações dentro dos alinhamentos impostos pelas normas urbanísticas. Este sistema pretende criar caixas que contêm os vãos envidraçados permitindo alterar o seu ângulo em relação à incidência solar. Permitem também alterar a sua dimensão, podendo ser otimizado de acordo com as necessidades e quadrantes solares respetivos. Durante todo o processo estes elementos estão conectados com os elementos nativos do Archicad ainda como elementos do algoritmo permitindo a simbiose dos sistemas de trabalho.

A otimização multiobjectivo é baseada na radiação incidente em cada vão considerando-se dois períodos do ano correspondentes à estação de verão e às restantes estações com o objetivo de obter o máximo de exposição solar nos meses temperados e frios e ter a situação oposta nos meses quentes do ano. A solução de otimização incidirá no ângulo e dimensão do vão em cada quadrante do edifício proposto.

A leitura de temperaturas será a partir do ecodesigner star, sem qualquer sistema atribuído a cada compartimento, ou seja de forma absolutamente natural/bioclimática.

Tipo	Valor U[W/m²K]	TST %	DST %
Envidraçado - duplo - básico			
▼ Envidraçado - duplo - standard			
Trama de ar - nítido	1,7000	77,0000	61,0000
Trama de ar - nítido -baixo E	1,5000	53,0000	42,0000
Trama de ar - colorido	1,7000	43,0000	34,0000
Trama de ar - colorido -baixo E	1,5000	36,0000	28,0000
Trama de ar - escuro	1,7000	42,0000	31,0000
Trama de ar - escuro -baixo E	1,5000	29,0000	24,0000
Trama de argon - nítido	1,5000	77,0000	61,0000
Trama de argon - nítido -baixo E	1,3000	53,0000	42,0000
Trama de argon - colorido	1,5000	43,0000	34,0000
Trama de argon - colorido -baixo E	1,3000	36,0000	28,0000
Trama de argon - escuro	1,5000	42,0000	31,0000
Trama de argon - escuro -baixo E	1,3000	29,0000	24,0000
▶ Envidraçado - duplo - premium			
☐ Selecciono o melhor item opaco correspondente do catálogo:			
Tipo	Valor U[W/m²K]	Valor-psi...	Infiltração [l/sm]
▶ Moldura - madeira			
▶ Moldura - plástico			
▼ Moldura - metal			
Aço - básica	7,2500	0,6100	2,6900
Alumínio - básica	3,8200	0,3400	1,3800
Alumínio - standard	2,4200	0,1800	0,6700
Alumínio - premium	1,8600	0,1300	0,2300
Alumínio - definitiva	0,7800	0,1000	0,0800
▶ Porta de entrada			
▶ Porta de garagem			

Figura 6: características dos vãos envidraçados – fonte autor

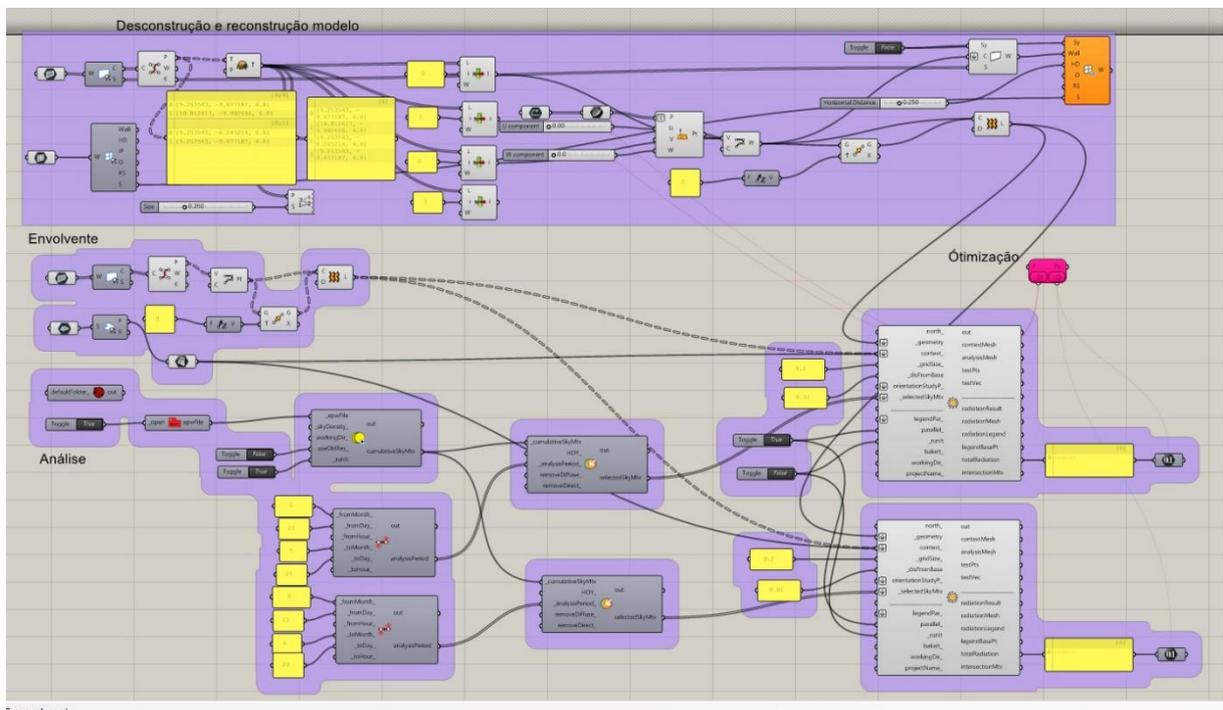


Figura 7: Algoritmo – fonte autor

3. Resultados

A solução base apresenta uma oscilação de temperaturas ao longo do dia e dos vários períodos de análise bastante significativa. O contraste entre as temperaturas estimadas nas várias estações é considerável, podendo ultrapassar os 10°C nos quadrantes sul e poente na estação do verão. Considerando como limites inferior e superior os valores de 18°C e 26°C, podemos concluir que numa percentagem de 62,5% os valores estão fora deste alcance.

A solução proposta pelo resultado dos cálculos do algoritmo apresenta uniformização de temperaturas por quadrante e um diferencial muito menor entre os valores.

Tabela 1: Temperaturas interiores

	Temperatura interior base média (°C)	Temperatura interior média otimizada (°C)	Diferencial (°C)
21 Dez. Norte	9,42	13,6	4,18
21 Março. Norte	12,3	15,22	2,92
21 Junho. Norte	14,55	19,85	5,3
21 Set. Norte	13,5	16,47	2,97
21 Dez. Sul	15,2	17,4	2,2
21 Março. Sul	21,64	23,91	2,27
21 Junho. Sul	35,95	26,1	-9,85
21 Set. Sul	25,0	25,86	0,86
21 Dez. Nascente	14,57	20,89	6,32
21 Março. Nascente	15,32	19,4	4,08
21 Junho. Nascente	25,48	24	-1,48
21 Set. Nascente	22,24	24,62	2,38
21 Dez. Poente	14,82	20,92	6,1
21 Março. Poente	18,46	19,45	0,99
21 Junho. Poente	30,17	24,06	-6,11
21 Set. Poente	23,10	24,6	1,5

Dentro da mesma baliza de temperaturas de conforto, verificamos que apenas o compartimento sul no solstício de verão ultrapassa o limite superior, no entanto por apenas 0,1°C.

4. Conclusões

As ferramentas e metodologia apresentada, oferecem ao arquiteto um acesso melhorado e mais claro aos resultados de otimização multiobjectivo a par da capacidade de classificar, filtrar, compreender o aspeto formal da solução, considerando o desempenho geral do projeto. O Archicad forneceu uma plataforma comum para funcionalidades adicionais no desenvolvimento do desenho do edifício pela combinação de múltiplos domínios diferentes através da conexão ao Grasshopper3d e aos seus sub produtos como o Octopus, de acordo com as preferências e habilidades cognitivas do arquiteto. Quando o Grasshopper3d alterar a sua plataforma para suportar computação a 64 bits e processamento paralelo, aumentará o desempenho destes processos que se revelam lentos.

O potencial do fluxo de trabalho descrito é significativo no início do desenvolvimento do projeto que pode ainda ser mais eficiente, inteligente e flexível. A intenção é permitir que o arquiteto consiga lidar com um campo de complexidade cada vez mais exigente de forma clara e visual, sempre baseada em dados e desenho.

Um dos principais objetivos da pesquisa descrita neste artigo foi reduzir a distância e o erro inerente à migração de informação entre várias plataformas do ciclo de projeto através da integração de ciclos de desenho paramétrico em tempo real, otimização multiobjectivo, simulação e retorno. Ao integrar de forma holística os programas e automatizando o fluxo de trabalho usando uma plataforma comum, foram evitados alguns dos problemas de interpretação e troca de dados encontrados frequentemente.

Conforme demonstrado neste caso de estudo, os modelos sugeridos não só oferecem boas soluções, mas também contribuem para uma melhor compreensão dos problemas de desenho. A possibilidade de examinar o mesmo conjunto de dados com diferentes esquemas de avaliação permite encarar e repensar os sistemas e metodologias inerentes aos problemas de desenho de arquitetura. Em outras palavras, os modelos de otimização são um ponto de partida promissor para o desenvolvimento de ferramentas de desenho generativo ou que permitem a exploração de soluções informadas e estabelecer novas relações entre o arquiteto e o computador e ajudam a gerar e visualizar o conhecimento de desenho sob a forma de modelos informados por dados concretos.

Referências

- [1] Konis K., Gamas A. and Kensek K. (2016), “Passive performance and building form: an optimization for early-stage design support”. *Solar Energy*: vol. 125.
- [2] Sadeghipour, M. and Smith, A., Ladybug: a parametric environmental plugin for Grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design, *Proceedings of BS2013: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, 2013, p. 3128-3135.
- [3] Yi, Y. K. and Hyoungsub, K., Agent-based geometry optimization with Genetic Algorithm (GA) for tall apartment’s solar right, *Solar Energy*, vol.113, 2015, p. 236-250.
- [4] Mardaljevic J. (2000), *Daylight Simulation: Validation, Sky Models and Daylight Coefficients*. Tese de Doutoramento, De Montfort University, Leicester, UK.

BIM-BASED LCA APPROACH APPLIED ON A CASE STUDY

Kamar Aljundi⁽¹⁾, Fernanda Rodrigues⁽²⁾, Armando Pinto⁽¹⁾, Ana Cláudia Dias⁽³⁾

(1) Nacional Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal

(2) RISCO, Civil Engineering Department, University of Aveiro, Aveiro, Portugal

(3) CESAM, Department of Environment and Planning, University of Aveiro, Aveiro, Portugal

Abstract

Construction sector has been growing since the industrial revolution, contributing increasingly to negative environmental impacts that cannot be ignored any longer. Therefore, sustainability could be the last claim to decrease the pressure of the construction sector on the planet. For that purpose, this work mainly aims to figure out more sustainable solutions by analysing the environmental aspect of the sustainable construction and calculating the environmental impacts using Life Cycle Assessment (LCA) methodology.

At the same time, construction industry is recently being challenged with a new way of managing its information, through Building Information Modelling (BIM). BIM can provide a flexible methodology where architects and engineers can cooperate in the same environment and since the early design step. Thus, this work objective is basically analysing the potential environmental impacts of three structural solutions of a case study building of the University of Aveiro, using two sustainable approaches: (i) LCA traditional approach using SimaPro; and (ii) BIM-based LCA using Tally. However, analysing the two approaches would allow comparing them regarding their results, advantages and restrictions. Finally, this comparison can conclude how BIM can facilitate integrating LCA in the construction sector, permitting architects and engineers to do sustainable analysis since the early design phase.

1. Introduction

Buildings sector is largely contributing to negative environmental impacts and to serious increase in the bio-capacity of the planet. In fact, the actual ecological footprint of the planet Earth was estimated in 1.6 planets and it is still increasing, a value that is not sustainable in the long-term having to be controlled and reduced [1]. For this purpose, predicting the environmental impacts of construction materials in the design stage can play a crucial role in

reducing the environmental impacts of materials and sustaining the consumption of limited natural resources [2].

According to these facts, this prediction process needs to be based on Life Cycle Assessment (LCA) methodology which performs an important task in calculating the essential impacts of the construction materials and processes, such as global warming, during the entire buildings' life cycle [3].

1.1 BIM and LCA integration

LCA has been widely used to measure the environmental impacts of materials and products, contributing to achieve important results in the searching for more sustainable and efficient materials and buildings. However, its utility and capability could be improved once it is integrated in other tools such as Building Information Modelling (BIM).

BIM methodology is also looking forward for sustainability and integrating LCA in BIM tools can make it more available and more likely to be applied in the construction sector [4, 5]. In fact, BIM gives a great potential of applying LCA studies more practically in buildings, throughout the integration with LCA. Furthermore, these two tools have bilateral prospects toward achieving higher efficiency and resilience in construction [4].

When BIM and LCA are cooperating and/or are integrated in the same environment, it is possible to evaluate all the alternative solutions and correct possible problems of the building in the very early stages of the design, increasing the capability of achieving a much more sustainable final construction solution [6]. Figure 1 depicts the Scopus statistic data showing that studies integrating LCA in BIM have been recently growing, which can emphasize and point out the actuality of the research done in this work.

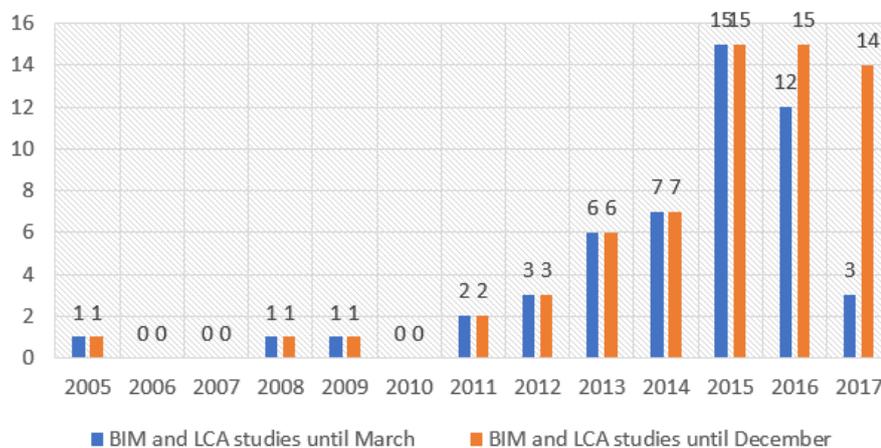


Figure 1: BIM and LCA studies increment (source: Scopus database).

As far as Portugal is concerned, LCA applications have obstacles that constrain it to be spread out in the construction sector. One of these obstacles is related to the fact that conventional project teams do not have the necessary skills to its application. Therefore, LCA is not being applied in most of the projects [7].

However, since BIM methodology is being involved in the mapping methodology of the construction industry in Portugal, this could facilitate implementing LCA by managing the bank of information that is required to assess the environmental impact. Furthermore, integrating

LCA with BIM environment could move LCA from the hands of experts to the hands of architects and engineers creating a manageable environment of work between all of the previous mentioned stakeholders [4].

However, despite the lack of construction sector stakeholders' LCA skills and the insufficient interoperability between software, there are lots of advantages of integrating BIM with LCA that should be considered during the development process of these two tools such as [4], [8],[9]:

- Integrating LCA with BIM, the source of information is assured using BIM tools. Even though, it is possible to add information when it is not available in the model and assure a better quality of the BIM model. Moreover, since the information is modelled in BIM, there is no need to re-enter it for LCA, and the designer has easy access to this information for decision-making;
- LCA-based BIM helps LCA avoiding shifting environmental problems from one phase to another when the whole life cycle of the building is considered by BIM-based LCA tool (e.g. Tally software [10]);
- Environmental assessment is effectively implemented (e.g. regarding decision-making), since it is being performed in early design phases;
- Comparing the potential environmental performance with real performance is becoming possible when BIM is cooperating with LCA, especially in the conceptual design stage.

Although the Technical community is facing difficulties applying BIM in the construction sector, these advantages highlights the necessity to cooperate with the Research community to spread BIM application and consequently implement sustainability using LCA methodology.

2. Case study building

2.1 Characterization of the case study

The case-study is the most recent building of Art and Communication Department of Aveiro University, which aims to provide a creative educational environment for its students and professors throughout its halls, auditorium and classrooms. It was selected since it intends to be an example of a scholar sustainable building.

With a plan area of 1600 m², it is a building with four floors, one below the ground and three above the ground level. Its main facade has a northeast orientation with an area of 244 m² with around 57% of glazing. The percentage of glazing area of the other facades is between 50% and 60%, which allows it to have a very good level of natural daylighting along the year.

The underground floor is composed by backstage rooms situated below the auditorium.

The ground floor has two distinct parts: an auditorium with all its supporting areas, such as the toilets, halls and circulations; and a scholar part with 7 classrooms and laboratories.

The first floor consists on the rest of the auditorium and their supporting rooms and circulations, which vertically occupies the same area as in the ground floor. Like the ground floor, there is also a scholar part with 2 classrooms, 1 studio, 2 laboratories and 2 offices, with an open zone between them.

The second and the last floor is only dedicated to scholar purposes. It has a big room for the researchers and the PhD students and 12 classrooms for design, a students' room and offices. Figure 2 indicate the real location of the case study building and its structural 3D model developed with Autodesk Revit 2016 [11].

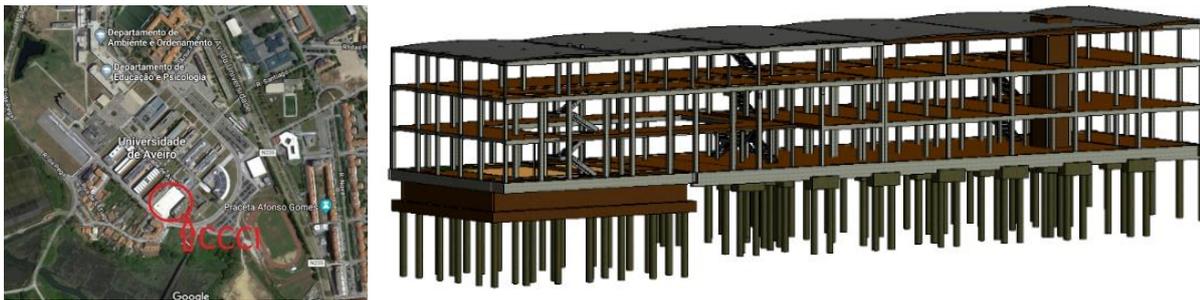


Figure 2: 3D Revit model of alternative 1 (real case study) with its location in Aveiro University Campus.

3. Work methodology

3.1 LCA goal and scope definition

This work analyses the three most common alternatives of structural solutions used in Portugal (the existing one, a mixed structure, a steel structural solution and a reinforced concrete solution) named as alternative 1 (Figure 2), 2 (Figure 3) and 3 (Figure 3). This analysis aims to identify the most sustainable one in terms of environmental impacts by using LCA calculation of its structural materials.

The steel and the concrete equivalent solutions were manually pre-designed, respecting the former structural design of the case study and using pre-dimension equations according to the Eurocode. Timber was not analysed, because it is not a common solution in Portugal.



Figure 3: 3D Revit model of alternative 2 (on the left) and alternative 3 (on the right).

The case study is a department of the Aveiro University, which was designed for education purpose for 50 years life span considering the Portuguese standards. However, it is expected to have longer life span in addition to its importance that justifies considering a 100 years' life span for such type of buildings. Thus, an initial life span of 100 years was considered for all the solutions respecting the specifications recommended in LNEC E 464 [12], which implies using higher class of concrete in the 100-years life span. Therefore, during a 100 years life cycle the alternatives with 50 years life span will be object of maintenance twice while the alternatives with 100 years life span will be maintained once.

On the other hand, this work also intends to discuss whether BIM can help LCA to become more commonly used in the construction sector particularly in the design phase. For that purpose, two approaches are assumed to study the three alternatives LCA, which are (i) Traditional approach and (ii) BIM-based one. The Traditional one uses SimaPro [13] as LCA advanced software to calculate the potential environmental impacts of the structural solutions,

whereas the BIM-based one uses Tally add-in of Revit. The two approaches will use the quantities extracted from the 3D BIM model to compare the impacts produced by different LCA tools (SimaPro and Tally). Thus, the obstacles that could face the integration between LCA and BIM tools will be discussed in terms of database, standards and interoperability. Table 1 describes the three alternatives explained before.

Table 1: Description of alternative solutions assessed

Alternative Name	Alternative Description	Service-life span		LCA Approach	
1.	Real case-study structure	1.1.	50 years	1.1. (S)	Traditional approach
				1.1. (B)	BIM-based approach
		1.2.	100 years	1.2. (S)	Traditional approach
				1.2. (B)	BIM-based approach
2.	Steel structure solution	2.1.	50 years	2.1. (S)	Traditional approach
				2.1. (B)	BIM-based approach
		2.2.	100 years	2.2. (S)	Traditional approach
				2.2. (B)	BIM-based approach
3.	Only reinforced concrete structure solution	3.1.	50 years	3.1. (S)	Traditional approach
				3.1. (B)	BIM-based approach
		3.2.	100 years	3.2. (S)	Traditional approach
				3.2. (B)	BIM-based approach

The quantities of the structural materials of the real case-study solution were calculated automatically in Revit by MTO (Material Take-Off) and they are described in Table 2. However, since the real quantities of the building were known by the contractor's bill of quantities, a validation of the results obtained by Revit is also done in this table.

Table 2: Structural materials' quantities of Alternative 1.1 (Real structure)

Elements and their functional units	Bill of quantities	Revit quantities	Difference
Steel columns and beams (kg) ⁽¹⁾	389482	379437	2.5 %
Reinforced concrete piles (m)	1059	1030	2.82 %
Reinforced concrete elevator box (m ³)	17.81	17.91	-0.55 %
Reinforced concrete in columns (m ³)	3.86	3.68	4.66%
Reinforced concrete bearing walls (m ³)	177.97	187.31	-4.98 %
Reinforced concrete in collaborative slabs (m ³) ⁽²⁾	328.97	345.93	-4.90%
Haircol 59S steel part of the collaborative slabs (kg) ⁽²⁾	21959	23092	-4.90%
Reinforced concrete in solid slabs (m ³)	389.59	407	-4.27%
Formwork (m ²) ⁽³⁾	N.A.	Foundations: 2458.11	N.A.
		Beams: 1231	
		Slabs: 1275	
		Columns: 41	
Painting (m ²)	7617	8048	-5.35%

(1) In the BIM model, the connections between the steel elements were neglected and their weight was assumed as 12% of the steel structure weight, which is the real ratio that could be obtained from the contractor's bill of quantities of the case study.

(2) Contractor's bill of quantities only has collaborative slabs' area, so its steel weight was indirectly calculated from that area of 2530.5 m².

(3) Contractor's bill of quantities has no value for formwork. Therefore, it is impossible to do a validation for this value.

Since the quantity of reinforced steel was not given in the contractor's bill of quantities, CYPE database was used to estimate the probable density of the reinforcement in each structural element. The density of the reinforcement for each element was estimated multiplying each constructive element steel density by its volume (CYPE Ingenieros, no date): Columns: 120 kg/m³; Beams: 150 kg/m³; Piles: 5.65 kg/m; Beam foundations: 60 kg/m³; Isolated foundations: 50 kg/m³; Slabs: 21 kg/m² (solid slab), 1 kg/m² (mixed slab) and 3 kg/m² (Earth slab).

3.2 Life Cycle Inventory Analysis

The building was modelled using Autodesk Revit as a BIM tool, considering its real and constructed design. However, since there are differences between the real construction materials and the database used whether in SimaPro, which is Ecoinvent [14], or in Tally, which is Gabi database [15], it is necessary to summarise the assumptions and the real information that are applied in LCA models and processes used throughout this work, see Table 3.

Table 3: LCA inventory analysis

Material name	Designed material	Material in SimaPro	Material in Tally
Concrete in collaborative slabs	C20/25, XC3+XS1	C20 with a density of 2335 kg/m ³	C20/25, XC3+XS1 with a density of 2181 kg/m ³
Concrete in solid slabs	C35/45, XC4+XS3+XA2	C35 with a density of 2315 kg/m ³	C35/C45, XC4+XS3+XA2 with a density of 2220 kg/m ³
Concrete in foundations	C35/45, XC4+XS3+XA2	C35 with a density of 2315 kg/m ³	C35/C45, XC4+XS3+XA2
Concrete for 100 years design	C45/50, XC4+XS3+XA2	C50 with a density of 2300 kg/m ³	C50 with a density of 2280 kg/m ³
Steel	Hot rolled Steel	Steel, hot rolled, low alloyed steel	Hot rolled steel S275
Wood	Plywood	Plywood, outdoor use	Exterior grade plywood, US
Painting	Epoxy with zinc Acrylic	Only zinc coating Acrylic	Only epoxy Acrylic

3.3 Life Cycle Impact Assessment

Following the standards [16, 17], the impact categories must be defined after collecting the data. The environmental impacts are calculated by TRACI method, since it exists in both of the tools used SimaPro and Tally. The impact categories considered in this study are: (i) Global warming (kg CO₂ eq); (ii) Ozone depletion (kg CFC eq); (iii) Acidification (kg SO₂ eq); (iv) Eutrophication (kg NO_x eq) and (v) Smog potential (kg O₃ eq). In fact, these impact categories are the most harmful impacts, a reason why they are normally assessed in LCA. Table 4 represents the calculation method of the alternatives' environmental impacts.

Table 4: Calculation method of life cycle impact assessment

Material name	Reference unit	Category indicator per reference unit	Impact total value
Concrete in all the elements except piles	m ³ m for piles	Category indicator value per 1 m ³ Category indicator value per 1 m	Quantity (m ³) x Category indicator value per 1 m ³ Quantity (m) x Category indicator value per 1 m
Steel	kg	Category indicator value per 1 kg	Quantity (kg) x Category indicator value per 1 kg
Painting	m ²	Category indicator value per 1 m ²	Quantity (m ²) x Category indicator value per 1 m ²
Formwork	m ²	Category indicator value per 1 m ²	Quantity (m ²) x Category indicator value per 1 m ²

The sum of all environmental impacts of each material gives the global environmental impacts of the alternative, which represents the global functional unit of this LCA: 1 building.

3.4 LCA results interpretation phase

This work has been discussing various materials with different reference units, such as steel (kg), concrete (m³), painting (m²) and plywood (m²). Therefore, the environmental impacts of each alternative in relation to the functional unit were calculated using SimaPro as a traditional LCA tool and in Tally as a BIM-based one, as depicted in Table 5.

Table 5: Total environmental impacts in each alternative regarding each impact category

	1.1. (S)	2.1. (S)	3.1. (S)	1.1. (B)	2.1. (B)	3.1. (B)	1.2. (S)	2.2. (S)	3.2. (S)	1.2. (B)	2.2. (B)	3.2. (B)
kgCFC-11 eq	0.22	0.24	0.16	0.03	0.035	0.027	0.21	0.22	0.13	0.029	0.034	0.026
kgCO ₂ eq	2.73 x10 ⁶	2.95 x10 ⁶	2.14 x10 ⁶	3.05 x10 ⁶	3.12 x10 ⁶	2.89 x10 ⁶	2.72 x10 ⁶	2.84 x10 ⁶	2.04 x10 ⁶	3.04 x10 ⁶	3.10 x10 ⁶	2.76 x10 ⁶
kgO ₃ eq	1.71 x10 ⁵	1.86 x10 ⁵	1.16 x10 ⁵	1.83 x10 ⁵	1.82 x10 ⁵	1.79 x10 ⁵	1.67 x10 ⁵	1.77 x10 ⁵	1.02 x10 ⁵	1.82 x10 ⁵	1.79 x10 ⁵	1.71 x10 ⁵
kgSO ₂ eq	1.47 x10 ⁴	1.63 x10 ⁴	6.89 x10 ³	1.30 x10 ⁴	1.28 x10 ⁴	1.33 x10 ⁴	1.46 x10 ⁴	1.58 x10 ⁴	6.48 x10 ³	1.30 x10 ⁴	1.26 x10 ⁴	1.27 x10 ⁴
kgNO _x eq	1.32 x10 ⁴	1.58 x10 ⁴	5.29 x10 ³	7.99 x10 ²	7.98 x10 ²	4.01 x10 ²	1.31 x10 ⁴	1.50 x10 ⁴	4.85 x10 ³	7.45 x10 ²	7.48 x10 ²	3.79 x10 ²

The previous table is important to globally compare the results of the different alternatives in this study. However, since these results are specifically regarding this case study, that table does not allow the comparison with other buildings and studies. Therefore, the validation step of LCA was also performed in this study. In a building context, it is common to compare buildings due to their results per m² of constructed area. In this case study, the total constructed area is 4704 m², so all the results provided in Table 5 were divided by this value to calculate the environmental impacts per m² as depicted in Table 6.

Table 6: Total environmental impacts per area (m²)

	1.1. (S)	2.1. (S)	3.1. (S)	1.1. (B)	2.1. (B)	3.1. (B)	1.2. (S)	2.2. (S)	3.2. (S)	1.2. (B)	2.2. (B)	3.2. (B)
kgCFC-11 eq/m ²	4.65 x10 ⁻⁵	4.99 x10 ⁻⁵	3.46 x10 ⁻⁵	6.37 x10 ⁻⁶	7.44 x10 ⁻⁶	5.74 x10 ⁻⁶	4.38 x10 ⁻⁵	4.65 x10 ⁻⁵	2.76 x10 ⁻⁵	6.16 x10 ⁻⁶	7.22 x10 ⁻⁶	5.52 x10 ⁻⁶
kgCO ₂ eq/m ²	5.79 x10 ²	6.26 x10 ²	4.54 x10 ²	6.48 x10 ²	6.64 x10 ²	6.14 x10 ²	5.78 x10 ²	6.04 x10 ²	4.33 x10 ²	6.47 x10 ²	6.59 x10 ²	5.86 x10 ²
kgO ₃ eq/m ²	3.64 x10 ¹	3.95 x10 ¹	2.46 x10 ¹	3.88 x10 ¹	3.87 x10 ¹	3.81 x10 ¹	3.54 x10 ¹	3.77 x10 ¹	2.16 x10 ¹	3.87 x10 ¹	3.81 x10 ¹	3.63 x10 ¹
kgSO ₂ eq/m ²	3.12	3.46	1.46	2.77	2.71	2.82	3.10	3.35	1.38	2.76	2.69	2.69
kgNO _x eq/m ²	2.81	3.36	1.12	1.70 x10 ⁻¹	1.70 x10 ⁻¹	8.52 x10 ⁻²	2.78	3.19	1.03	1.58 x10 ⁻¹	1.59 x10 ⁻¹	8.21 x10 ⁻²

Table 6 shows that the two approaches agree that the concrete alternative has less environmental impacts than the steel and the mixed structure alternatives. However, comparing the results in the previous table with the results of similar studies, can be verified the reliability of the results

of the two approaches. For example, [18] in his studies showed that the global kg CO₂ eq emissions per m² are almost 470 for a concrete building and 780 for a steel framed building. In this study, the concrete alternative is responsible for 454 and 433 kg CO₂ eq per m², which are very close to [18] results. Moreover, the steel structure impacts calculated using SimaPro were closer to the results of other studies that used the same software than Tally results. For instance, in this study the steel structure has 626 kg CO₂ eq per m², a value which has the same order of magnitude of other studies, such as [18] - 780 kg CO₂ eq per m²- and [19] - 640 kg CO₂ eq per m². Concluding, this work results can be considered validated, since they are generally close to the average results of the studies analysed in the literature review.

4. Differences between the two approaches

The comparison includes various points of view which are listed below:

- Although, SimaPro uses Ecoinvent database which considers the European countries and, Tally uses Gabi database considering the American information of materials and processes, the two tools showed the same conclusion. They both agree that the Alternative 2 (Steel structure) contributes to the largest impacts, followed by Alternative 1 (Mixed structure) and finally by Alternative 3 (Concrete structure).
- Both of the tools conclude that the 100-year design can compensate the 50-year design regarding the three alternatives studied, which means that maintaining a higher class concrete once during 100 years life cycle can compensate maintaining twice a lower class of concrete.
- The use of BIM technology provided LCA study in the both approaches with all the needed quantities of different materials without the necessity of a manual measurement of the materials' quantities, which is in fact a time-consuming process.
- Another difference between SimaPro and Tally is the fact that the second uses the quantities extracted directly from the 3D model in each element and normally calculates the reference unit as 1kg of each material. To compare the different datasets of the two software databases, the datasets from Tally were transformed in order to be expressed in the same reference units as in SimaPro. SimaPro units are more common in the construction sector, reason why they were chosen as reference units (for instance, it is much easier to analyse and to measure 1 m³ of concrete than 1 kg of concrete).
- However, in both situations, BIM was indispensable to easily design the different equivalent alternatives which are the steel and the reinforced concrete alternatives. The design process of those was respecting the Eurocode. This design process could not be done in a completely traditional way due to the difficulty, not only in measuring all the different solutions, but also in drawing them in such a complex building design as the case study here analysed.
- Therefore, this work contributes to demonstrate that cooperating BIM with LCA and integrating them together could minimise the errors, economise time and costs needed to do LCA analysis and to select the information and the measurements of the construction elements. This is why LCA tools are expensive and calculating LCA is a time-consuming process, especially when LCA is used to choose the best sustainable solutions among several under analysis.

5. Conclusions

This work began highlighting the need to achieve more sustainable buildings, since they largely contribute to important environmental impacts, such as global warming and ozone depletion, in addition to their significant impacts on the limited natural resources and the bio-capacity of Earth. Thus, these factors culminate with the necessity of LCA calculation in the construction sector since the early stage of design when it is possible to choose more sustainable materials and design.

In order to solve this obstacle, it is imperative to integrate LCA with other tools and methodologies. For that purpose, this work was an attempt to simplify LCA application by cooperating LCA with BIM methodology. In fact, this study concludes that BIM can play a crucial role in LCA calculations by providing a database directly based on the real case study information. However, to spread the use of LCA in the Technical Community, not only tools are needed, but also good quality data to perform the calculations. And, as far as this point is concerned, the comparison between BIM-based LCA and traditional LCA methods emphasised the differences between the two databases used in the two tools, which influenced their results. In fact, the variance between the two databases is normal, since each tool uses values based on different factories and countries, which affects their materials' and processes' environmental impacts.

Those differences highlighted the uncertainty issue of LCA calculations. The first uncertainty is related to the database itself, since there is an absolute uncertainty between the information and the averages values of the database and the real materials that are used in each construction and also an uncertainty about the actuality of the data (although this problem could be solved by annual updates of the collected data). Those factors highlight the need to create a national database based on the real construction processes and factories, in order to be able to predict real LCA impacts of the construction sector. This national database can help defining more sustainable designs and solutions with lower impacts, particularly once it is involved in the tools that are locally calculating LCA.

Thus, future work is required and desired to analyse the uncertainty of LCA database and its effects on the results. Moreover, a practical cooperation is required and purposed to integrate real and local database in BIM tools aiming to produce more sustainable solutions.

References

- [1] WWF (2016). Living planet report. Risk and resilience in a new era. Gland, Switzerland. Available at: http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_2016_full_report_low_res.pdf
- [2] Coelho, A., & de Brito, J. (2012). Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. *Waste Management*, 32(3), 357–358.
- [3] R. Ghattas, J. Gregory, M. Noori, R. Miller, E. Olivetti, and S. Greene, "Life Cycle Assessment for Residential Buildings: A Literature Review and Gap Analysis", MIT Concrete Sustainability HUB, October 2016.
- [4] Antón, L. Á., & Díaz, J. (2014a). Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*, 8(5), 1356–1360.

- [5] Oti, A. H., & Tizani, W. (2015). BIM extension for the sustainability appraisal of conceptual steel design. *Advanced Engineering Informatics*, 29(1), 28–46. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2014.09.001>
- [6] Dowsett, R., & Harty, C. (2013). Evaluating the Benefits of Bim for Sustainable Design—a Review. 29th Annual ARCOM Conference, 13–23. Retrieved from http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2013-0013-0023_Dowsett_Harty.pdf
- [7] Bragança, L. and Mateus, R. (2012) Life-Cycle Analysis of Buildings: Environmental impact of building elements.
- [8] Kulahcioglu, T., Dang, J. and Toklu, C. (2012) ‘A 3D analyzer for BIM-enabled Life Cycle Assessment of the whole process of construction’, *HVAC&R Research*, 18:1-2(October 2014), pp. 37–41.
- [9] Jade, A., & Jalaei, F. (2013). Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage. *Building Simulation*, 6(4), 429–444. <https://doi.org/10.1007/s12273-013-0120-0>
- [10] Tally (2016). A joint development project from KT Innovations, thinkstep, and Autodesk KT Innovations. Available at: <http://choosetally.com/>
- [11] Autodesk Revit (2016). Available at: <https://www.autodesk.com>
- [12] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) (2007) Especificação E464 Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 e de 100 anos face às ações ambientais.
- [13] SimaPro 2.3. PRé Sustainability. Available at: <https://simapro.com/>
- [14] Eco-invent database. Available on: <http://www.ecoinvent.org/database/database.html>.
- [15] PE International (2010) ‘Handbook for Life Cycle Assessment (LCA) Using the GaBi Education’, pp. 1–66.
- [16] International Organization of Standards ISO (1997) ‘Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework’.
- [17] International Organization of Standards ISO (2006) ‘Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines’.
- [18] Ngo, T., Mirza, A., Gammampila, R., Aye, L. and Crawford, R. (2009) ‘Life cycle energy of steel and concrete framed commercial buildings’, 1–10.
- [19] Kaziolas, N. D., Zygomas, I., Baniotopoulos, C. C., and Eleftherios, S. G., (2013) ‘Life Cycle Assessment of a Steel-Framed Residential Building’, The Fourteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering. doi: 10.4203/ccp.102.152

A VALIDATION STUDY OF A SEMI-AUTOMATIC BIM-LCA TOOL

Rúben Santos⁽¹⁾, António A. Costa⁽²⁾, José D. Silvestre⁽²⁾, Lincy Pyl⁽¹⁾

(1) Department of Mechanics of Materials and Constructions, Vrije Universiteit Brussel (VUB), Pleinlaan 2, BE-1050 Brussels, Belgium

(2) CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1 - 1049-001 Lisboa, Portugal

Abstract

The growing concerns of global society on the consequences of climate changes and how to address them are shaping the way of living. In the construction industry, one of the greatest contributors to the total environmental impacts, this issue is particularly relevant.

In this sense, the potential of Building Information Modelling (BIM) on sustainable construction is being increasingly acknowledged by society and in business-to-business relationships. BIM stores and analyses the project's information, being a unique tool with potential to perform several types of analysis, e.g. environmental sustainability analysis.

In this study, the authors validate an existing tool for a semi-automatic BIM-LCA (Life Cycle Assessment): Tally (Revit's plugin). In order to perform this validation, the authors use a simplified building assembly consisting of external walls with environmental information (LCA based on site-specific data and Environmental Product Declarations - EPD) and compare these results with Tally's. By doing so, the authors answers the questions: i) do existing BIM-LCA tools offer an accurate environmental assessment of the projects?; ii) If not, how should that problem be addressed?

In the end, this study contributes to the valuation of existing environmental sustainability tools integrated with BIM and estimates/judges/shows how suitable they are to answer the needs of the construction industry.

1. Introduction

Currently, the building sector accounts for 40% of the energy consumption and 36-38% of CO₂ emissions in the European Union (EU) and in the United States (US) [1-3]. It is also responsible for 20% of the total energy consumed worldwide, with the residential sector growing between 1.4% and 2.1% per year on average [4]. With the building sector as the main contributor to greenhouse gas emissions and consumer of half of raw materials in the EU and US [1, 5], it is

extremely important to develop adequate regulations to support more sustainable construction, in order to achieve the Kyoto emission targets and the recent Paris Agreement goals [6].

Currently, several authors are studying the potential of the integration between Building Information Modelling (BIM) tools with environmental Life Cycle Assessment (LCA) methodology. On one hand, there is the digital representation of a model (BIM model) that contains parametric objects enriched with semantic information of the full life cycle of the building to facilitate the design, construction and operations processes [7, 8]. On the other hand, there is a method that assesses the environmental impact of the building over its life cycle, and which application in the construction industry has increased greatly in the past years due to its inclusion in certification schemes such as BREEAM and LEED [9, 10]. The BIM-LCA integration is currently a new trend in the construction industry [11, 12], as many authors have pointed out that limitation of LCA methodology could be reduced using BIM tools, particularly due to its automatic quantity take-off [10, 13]. By automatically extracting the quantities of the materials used in the construction, designers “only” have to connect that data with the environmental and economic impacts of the corresponding materials.

In that sense, some BIM-LCA tools were developed in the past years as Tally, IMPACT, eveBIM-ELODIE, Arquimedes, and One-Click LCA [14]. Amongst these, Tally (Revit’s plugin) is probably the best integrated within a BIM environment as it recognises the type (i.e. walls, doors, windows, floors) and the number of layers (i.e. materials) in each element. It does not, however, recognise the chosen materials in the Revit project. To obtain the LCA of the building, the user must make the correspondence between Revit’s materials and the ones in Tally, which environmental data is fed by GaBi, an LCA database [11]. Additionally, the users cannot insert new materials or edit existing ones in Tally’s database. This limitation can compromise the accuracy of the LCA results, as users may have to select a similar solution. Furthermore, they probably do not know which solution is most similar to their proposed solution. To know that, it would be necessary to compare all technical characteristics of Tally’s materials with the ones of the solutions used in the project.

In this paper, the authors propose to answer the following questions: (i) do existing BIM-LCA tools offer an accurate LCA of the building projects?; and (ii) if not, how should that problem be addressed? By conducting a case study using external walls and site-specific data and EPD as the source of environmental information, the authors aim to quantify the differences between Tally’s results and the environmental impact of each solution. Hence, the hypotheses that shall be tested in the present paper are: (i) existing BIM-based tools do not offer a precise environmental assessment of the building projects; and (ii) the integration of environmental information in the objects offers more accurate results and enables automatic environmental analysis. The paper is structured as follows. In Section 2, the authors briefly overview existing literature on Tally’s role in the BIM-LCA integration. In Section 3, the adopted methodology is described, and in Section 4 the case study used to compare the environmental information from site-specific data and EPD with the results of an existing BIM-LCA tool is presented. Finally, Section 5 focuses on the development of a plug-in to assist in the LCA using BIM and Section 6 presents the concluding remarks of the study.

2. Revit's Tally on BIM-LCA integration

Regarding the exploratory studies on the use of Tally, Santos and Costa [11] used it to conduct and compare the LCA results between a multi-family house and a single-family house. In this study it was highlighted that, although Tally offers a semi-automatic LCA of the building project, the obtained results might not be representative of the real project due to Tally's non-flexible database, a limitation also pointed out in [15]. Schultz et al. [15] conducted a comparative software analysis between Tally and Athena Impact Estimator. The authors verified discrepancies in the outputs of both tools, namely in the quantity take-off, in default replacement periods, and in LCI databases, which led to differences of more than 60% in some environmental impact categories. Another limitation was indicated in another journal paper [16], with the authors arguing that Tally's database is based on products more common in the US market and not applicable to other countries. Tally was also used in other research studies [17] to reduce the environmental impacts of structural systems, and also to determine the full life cycle environmental impacts of buildings in Iraq and Brazil [18, 19].

As it is possible to observe, the literature on Tally fails to show the difference between the available environmental information within Tally's database and the environmental information of a specific building component (e.g. an external wall) provided by site-specific research studies or EPD. The validation of Tally's accuracy is extremely important if designers want to use this tool to conduct the LCA of their projects. Hence, this study aims to fill that gap by testing the Tally plug-in with a case study.

3. Methodology

In order to answer the research questions and goals, a quantitative methodology based on a case study method will be used. To select a suitable case study the authors initially conducted a collection and analysis of data on construction products with environmental information. In Figure 1, the research methodology proposed by the authors is visualised. After the case study is selected and opened/modelled in Revit, the authors will use Tally plugin to conduct the LCA study of it. The declared unit used in the study will be the Environmental Impacts for the production of the materials per square meter of external wall. Since there are several materials available in Tally's database, the authors will select the most similar options to the materials used in the case study. If the results are not comparable with the case study, the authors propose to incorporate the environmental information of the building components directly in the project (i.e. in the objects). For that purpose, site-specific data and EPD can be used, developed in accordance with EN 15804:2011 [20]. EPD provide manufacturers with a single scheme to structure and harmonise their product's information. As EPD usually only includes a product's environmental impact until its manufacturing phase, only the "Cradle-to-Gate" approach will be considered in this study, i.e., the embodied environmental impacts (modules A1-A3 of the LCA framework). Regarding the environmental impact assessment method, EPD uses the *Centrum voor Milieuwetenschappen* (CML-IA) method. Therefore, a BIM-based object, which represents a product, should contain the embodied impacts in the following environmental categories: Acidification Potential (AP); Global Warming Potential (GWP); Eutrophication Potential (EP); Abiotic Depletion Potential – elements (ADPE); Photochemical Ozone Creation Potential (POCP); Ozone Depletion Potential (ODP); and Non-renewable Energy (PE-NRe).

However, the environmental impact assessment method used by EPD and by Tally is not the same. As mentioned above, European EPD use CML-IA, but Tally only allows users to use the *Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts* (Tracy 2.1) method. Although CML-IA and Tracy 2.1 methods differ, some of the categories are based on the same scientific models and methods. The GWP is based on the characterisation model of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); ODP is based on the World Meteorological Organization (WMO); and AP in Tracy 2.1 is based on a hydrogen ion (H+) while CML-IA converts H+ into SO₂ eq, but Tally's plugin displays the result in SO₂ eq as well. In the case of Non-renewable Energy (PE-NRe), both CML and Tally cover the Primary Energy Demand (PED) indicators, with the same units. For the Eutrophication Potential, Tracy 2.1 unit is the Nitrogen (kg N eq) while in CML the unit is phosphate (kg PO₄³⁻ eq). Despite both methods have different units, it is argued in the literature [21] that it is possible to convert one unit to another, with 1 kg N being equal to 0.42 kg PO₄³⁻ eq. The remaining categories cannot be compared, as Smog Formation (Tracy 2.1) was specifically developed for the US context, based on Maximum Incremental Reactivity (MIR) method, while CML uses Photochemical Ozone Creation Potential (POCP) method, with both methods having different units.

Additionally, a tool will be developed in Dynamo, a Revit's add-in, that could read the environmental information inserted in the objects and export it to Excel (a common format that allows users to visualise the results and use it in other tools). Hence, if companies have LCA specialists to incorporate environmental data in BIM-based projects (or if BIM objects already include that information) and if designers used a tool similar to the one developed in this research, it would be possible to conduct an LCA study based on the actual products used in the construction.

Question 1: Do Tally offer an accurate LCA of the projects?

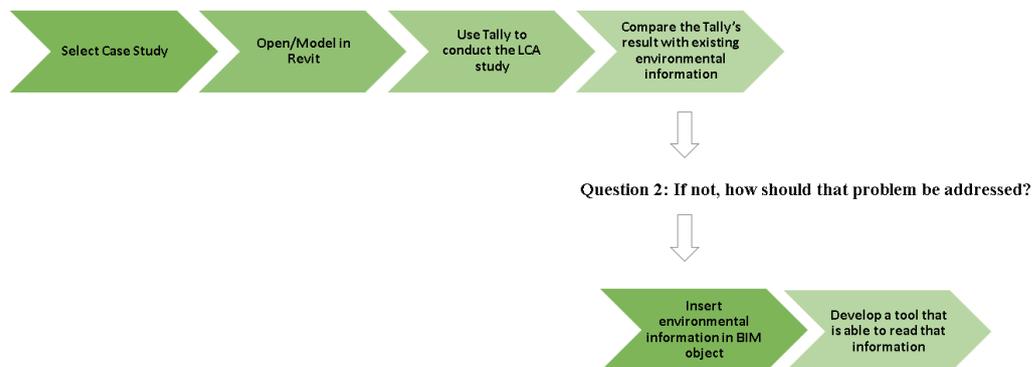


Figure 1: Methodology

In the first approach, a search for EPD and BIM-based objects in free databases was conducted. In order for the environmental modelling of the object to be more precise, the authors wanted to select an EPD and a BIM-based object of the same product. This task showed to be quite challenging. Not only free environmental databases (e.g. ECOPlatform, IBU, EPD International System, etc.) have a low number of building components' EPD, but also, when compared with the digital products' databases (e.g. Autodesk seek, Revit City, Bimobject, etc.), the cases where the same manufacturers were found are very rare. This means that the stakeholders (manufacturers) that are concerned with the environment are usually not the same ones that are

investing in the digitalisation of their products. This will hinder the incorporation of environmental information (outcome of EPD) in the respective BIM objects. Considering this hindrance, the authors changed the approach and created their own BIM object with environmental information. For that purpose, (i) a building element with environmental information was selected; (ii) that element was modelled in a BIM-based program (i.e. Revit); and (iii) the environmental indicators were added.

4. Case Study

The selected building element is an external wall and four different solutions will be analysed and compared (W1, W27, W37, and W41), which were studied in [22] and whose details are in Table 1. This selection was based on the importance of external walls for the building's envelope and because these walls already had environmental information (i.e. site-specific information and EPD). The authors then modelled this building assembly in Revit (Figure 2) and used Tally to perform the LCA study of these walls (Figure 3 and Table 2), obtaining the results shown in Table 3 and Table 4 (for the A1-A3 modules).

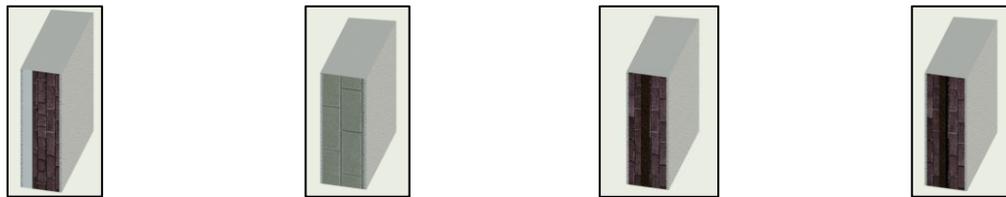


Figure 2: External walls (left to right: W1; W23; W37; W41)

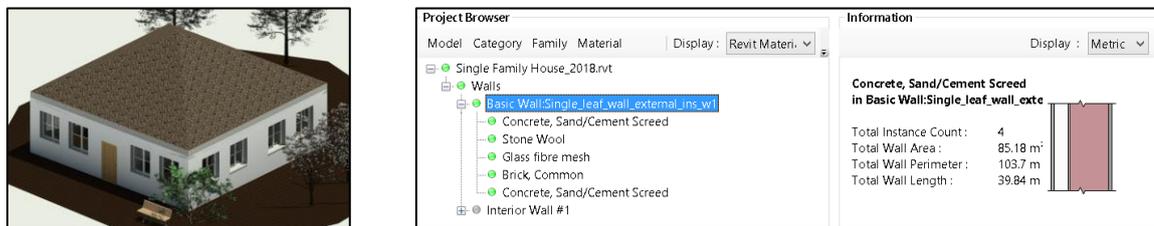


Figure 3: Case Study model (in Revit and Tally)

Table 1: External walls details

Wall solutions/Layers	Description	Thickness
W1	Single-leaf wall – External Insulation	
External cladding	Render adhesive (10 mm); Stone Wool (80 mm); cement-based rendering mortar (20 mm) plus glass fibre mesh and water-based paint	110 mm
Elements of the wall structure	Ceramic Hollow Brick (CHB) plus stabilised masonry mortar	220 mm
Internal coating	Cement-based mortar (20mm) and water-based paint	20 mm

W23 Single-leaf wall - No insulation		
External cladding	Cement-based mortar (20mm) and water-based paint	20 mm
Elements of the wall structure	Lightweight concrete blocks vertically perforated (LCB) as the element of the wall structure, plus stabilised masonry mortar	380 mm
Internal coating	Cement-based mortar (20 mm) and water-based paint	20 mm
W37 Cavity wall - Thermal insulation completely filling the cavity		
External cladding	Cement-based mortar (20mm) and water-based paint	20 mm
Elements of the wall structure	CHB (cavity wall - 0.15+0.11, plus stabilised masonry mortar and internal 20 mm render)	280 mm
Insulation	Lightweight Expanded Clay Aggregate (LWA)	80 mm
Internal coating	Cement-based mortar (20 mm) and water-based paint	20 mm
W41 Cavity walls - Thermal insulation partially filling the cavity		
External cladding	Cement-based mortar (20 mm) and water-based paint	20 mm
Elements of the wall structure	CHB (cavity wall - 0.15+0.11, plus stabilised masonry mortar and internal 20 mm render)	280 mm
Insulation	Stone Wool	60 mm
Internal coating	Cement-based mortar (20 mm) and water-based paint	20 mm

Table 2: External walls in Tally

Layers	Description	Wall solutions
External cladding	Stucco, Portland Cement	W1;W23;W37;W41
	Paint, exterior acrylic latex (Brillux EPD) with default coverage rate	W1;W23;W37;W41
	Mineral wool, board, generic (high density, 80mm);	W1
	Mineral wool, board, generic (low density, 80mm);	W37
	Mineral wool, board, generic (high density, 60mm);	W41
	Glass fibre reinforced plastic panelling	W1
Elements of the wall structure	Generic brick grouted (mortar type N with 10 mm joints)	W1; W37; W41
	Hollow-core Concrete Masonry Unit (CMU), grouted (12x8x16 inches, mortar type N with 10 mm joints)	W23
Internal coating	Stucco, Portland Cement	W1;W23;W37;W41
	Paint, interior acrylic latex with default coverage rate	W1;W23;W37;W41

Table 3: Comparison between Tally’s results (A1-A3 modules) with the EI of the selected examples (i.e. with EPD and site-specific information as source) (absolute values per m²)

EI Category	W1		W23		W37		W41	
	Tally	EPD	Tally	EPD	Tally	EPD	Tally	EPD
ADPE (kg Sb eq/m ²)	-	0.34	-	0.58	-	0.20	-	0.28
AP (kg SO ₂ eq/m ²)	0.72	0.25	0.58	0.46	0.44	0.30	0.49	0.26
EP (kg PO ₄ ³⁻ eq/m ²)	3.75E-02	0.04	7.80E-03	0.05	8.27E-03	0.03	8.61E-03	0.03
GWP (kg CO _{2e} q/m ²)	246.50	68.17	154.80	73.79	184.80	54.53	192.40	67.22
ODP (kg CFC-11 eq/m ²)	6.00E-07	8.05E-06	7.25E-07	1.10E-05	2.87E-07	6.86E-06	4.88E-07	7.78E-06
SF (kg O ₃ eq/m ²)	8.99	-	8.20	-	5.81	-	6.02	-
POCP (kg C ₂ H ₄ eq/m ²)	-	5.75E-03	-	1.96E-02	-	5.97E-03	-	4.83E-03
PE-NRe (MJ/m ²)	3425.00	1914.14	838	1234.39	2418.00	697.73	2498.00	683.74

Table 4: Difference between Tally and EPD/site-specific environmental information values

Environmental Impact Category	W1	W23	W37	W41
AP	191.6%	24.7%	45.4%	89.7%
EP	-4.0%	-83.5%	-67.7%	-75.3%
GWP	261.6%	109.8%	238.9%	186.2%
ODP	-92.6%	-93.4%	-95.8%	-93.7%
PE-NRe	78.9%	-32.2%	246.6%	265.3%

As observed, there is a considerable difference between Tally’s result and the environmental information of the examples selected for the case study. Not only because some of the materials used in the case study examples do not exist in Tally’s database (e.g. the LCB had to be replaced by hollow-core CMU, the CHB by generic grouted brick, and LWA by generic mineral wool, the insulation material closest to LWA) but also because the materials in Tally’s database are mostly generic (i.e. a single material that represents all similar materials). This means that the sum of the environmental impacts of all layers of each wall will hardly be the same as in the case study, which is confirmed in Table 3 and Table 4. As mentioned before, it was only possible to compare the environmental impact categories that are identical in Tally (Tracy 2.1) and in the case study examples (CML-IA), i.e. the AP, EP, GWP, ODP, and PE-NRe (Table 4). A considerable discrepancy in the results of all solutions was observed (AP: 24.7%-191.6%, EP: 4.0%-83.5%, GWP: 109.8%-261.6%, ODP: 92.6%-95.8%, PE-NRe: 32.2%-265.3%). According to the results, there is not a single impact category that can be comparable between Tally and the EPC/site-specific information. For example, based on the GWP, Tally identifies W23 solution with the least CO₂ emissions (154.8 kg CO_{2e} q/m²), however, if site-specific information is used, the best solution would be W37 (54.53 kg CO_{2e} q/m²). Another category that is misleading is the non-renewable energy, with Tally identifying W1, W37, and W41 as

the worse solutions, mostly because of the structural material used in these (i.e. ceramic brick). However, site-specific information shows otherwise, with W1 and W23 being the worse solutions. These results indicate that Tally is not a suitable tool to be used for an LCA study of a project.

5. Proposed BIM-LCA integration: inclusion of information in objects

In order to perform a suitable environmental analysis, it is necessary to (i) integrate environmental information in objects (described in section 3) and (ii) design a tool to extract that information from the model. For that purpose, the authors included the environmental results of the studied external walls (Table 2) in the corresponding objects using Revit's Shared Parameters (Figure 4).

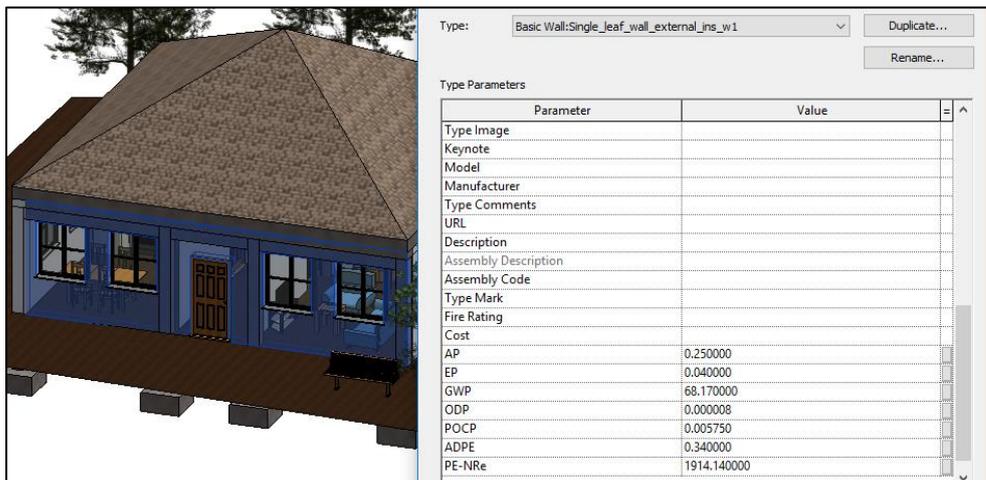


Figure 4: Environmental Impacts incorporated in walls using Shared Parameters

Afterwards, the Dynamo plug-in was used to develop a tool able to read the environmental information and then extract it into a XLS file. This tool can assist the decision-making process, as designers are able to visualise the environmental information in a spreadsheet (Figure 5) and, based on that, select the most environmental friendly objects (i.e. building assemblies).

Walls Name	Basic Wall:Single_leaf_wall_external_ins_w1	Basic Wall:Cavity_wall_ins_partially_w41	Basic Wall:Cavity_wall_ins_filled_w37	Basic Wall:Single_leaf_wall_external_w23
Area	23.3524	20.1713	22.2124	19.268
ADPE/m2	0.34	0.28	0.2	0.58
ADPM/m2	0	0	0	0
AP/m2	0.25	0.26	0.3	0.46
EP/m2	0.04	0.03	0.03	0.05
GWP/m2	68.17	67.22	54.53	73.79
ODP/m2	8.00E-06	8.00E-06	7.00E-06	1.10E-05
POCP/m2	0.00575	0.00483	0.00597	0.0196
PE-Re/m2	0	0	0	0
PE-NRe/m2	1914.14	683.74	697.73	1234.39
ADPE total	7.939816	5.647964	4.44248	11.17544
ADPM total	0	0	0	0
AP total	5.8381	5.244538	6.66372	8.86328
EP total	0.934096	0.605139	0.666372	0.9634
GWP total	1591.933108	1355.914786	1211.242172	1421.78572
ODP total	0.000186819	0.00016137	0.000155487	0.000211948
POCP total	0.1342763	0.097427379	0.132608028	0.3776528
PE-Re total	0	0	0	0
PE-NRe total	44699.76294	13791.92466	15498.25785	23784.22652

Figure 5: LCA results exported to a spreadsheet

6. Conclusions

Environmental awareness in the construction industry is increasing lately, with several academics and professionals studying buildings' performance and how to automatize its evaluation. To assist designers in the field of Building Information Modelling and environmental Life Cycle Assessment (BIM-LCA) integration, some tools have already been developed, such as Tally, IMPACT, etc., but little study has been done to validate their usefulness. With that in mind, the authors intended to answer the following questions: (i) do existing BIM-LCA tools offer an accurate LCA of the projects?; and (ii) if not, how should that problem be addressed?

Hence, the authors tested the hypothesis mentioned in Section 1 by using the case study method, with external walls and EPD as the source of environmental information. The goal was to check the differences between Tally's results (a BIM-LCA tool) and the embodied environmental impact (A1-A3 modules) of each building assembly. Based on the obtained results, it was possible to verify that Tally might not offer an accurate LCA analysis of the projects, mainly due to the lack of different materials, because most materials are generic, and it is not possible to edit the materials' information. The same type of product (e.g. ceramic brick) can have very different impacts, depending on how and where they were manufactured. Furthermore, Tally plugin only allow users to assess the environmental impacts of the project based on Tracy 2.1, a method specifically developed for the US market. Thus, the obtained results differed substantially between Tally and the case study solutions (AP: 24.7%-191.6%, EP: 4.0%-83.5%, GWP: 109.8%-261.6%, ODP: 92.6%-95.8%, PE-NRe: 32.2%-265.3%).

To address this issue, the authors included the LCA information of each external wall in the objects using Revit's Shared Parameters and developed a tool using Dynamo, a visual programming interface, that extracted that information into a spreadsheet. By using this tool, designers are now able to visualise the impacts of their solutions and, based on those impacts, select the most suitable one. Furthermore, as it is possible to exchange objects between projects, as long as the shared parameters are the same in all projects, it is only necessary to include the information once. Nonetheless, this tool also has limitations, as the precision of the numerical values of the indicators (Revit only allows a precision of E-6), designers must include the environmental impacts of the building assemblies (although this only needs to be done once), and the tool and study was only designed for the external wall cases.

References

- [1] G. Ozcan-Deniz and Y. Zhu, "Multi-objective optimization of greenhouse gas emissions in highway construction projects," *Sustainable Cities and Society*, vol. 28, pp. 162-171, 1// 2017.
- [2] European Commission. (2016, February). *Buildings*. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- [3] EIA. (2016, February). *How much energy is consumed in residential and commercial buildings in the United States?*
- [4] EIA, "International Energy Outlook 2016," U.S. Energy Information Administration 2016
- [5] European Commission. (2016, February). *Sustainable buildings*. Available: <http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>

- [6] Conference of the Parties (COP), "Adoption of the Paris Agreement. Proposal by the President.," United Nations Office at Geneva 2015, vol. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1
- [7] C. M. Eastman, C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Wiley, 2011.
- [8] *ISO 29481-1:2016 Building information models -- Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format*, I. O. f. Standardization, 2016.
- [9] B. Goldstein and F. N. Rasmussen, "LCA of Buildings and the Built Environment," in *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*, M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, and S. I. Olsen, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 695-722.
- [10] C. K. Anand and B. Amor, "Recent developments, future challenges and new research directions in LCA of buildings: A critical review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, pp. 408-416, 1// 2017.
- [11] R. Santos and A. A. Costa, "BIM in LCA/LCEA Analysis: Comparative analysis of Multi-family House and Single-family," in *CIB World Building Congress 2016*, Tampere, Finland, 2016, vol. 4.
- [12] R. Santos, A. A. Costa, and A. Grilo, "Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015," *Automation in Construction*, vol. 80, no. Supplement C, pp. 118-136, 2017/08/01/ 2017.
- [13] B. Soust-Verdager, C. Llatas, and A. García-Martínez, "Critical review of bim-based LCA method to buildings," *Energy and Buildings*, vol. 136, pp. 110-120, 2/1/ 2017.
- [14] R. Santos, E. Neves, J. D. Silvestre, and A. A. Costa, "Integração de BIM com Avaliação do Ciclo de Vida: análise do estado da arte e das ferramentas disponíveis," presented at the CINCOS'16, Lisbon, Portugal, 2016.
- [15] J. Schultz, K. Ku, M. Gindlesparger, and J. Doerfler, "A benchmark study of BIM-based whole-building life-cycle assessment tools and processes," *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, vol. 7, no. 3-4, pp. 219-229, 2016/10/01 2016.
- [16] E. Naboni, "The Use of Facade Mockups in LCA Based Architectural Design," *Procedia Engineering*, vol. 180, no. Supplement C, pp. 759-766, 2017/01/01/ 2017.
- [17] S. Eleftheriadis, D. Mumovic, P. Greening, and A. Chronis, "BIM Enabled Optimisation Framework for Environmentally Responsible and Structurally Efficient Design Systems," in *32nd ISARC*, Oulu, Finland, 2015.
- [18] A. Al-Taie, "Life Cycle Assessment Using Revit Software and Tally Application," *International Journal of Research*, vol. 03, no. 18, pp. 285-300, 2016.
- [19] M. Najjar, K. Figueiredo, M. Palumbo, and A. Haddad, "Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of building materials at an early stage of designing a typical office building," *Journal of Building Engineering*, vol. 14, no. Supplement C, pp. 115-126, 2017/11/01/ 2017.
- [20] *BS EN 15942:2011 - Sustainability of construction works - Environmental Product Declarations - Communication format business-to-business*, BSI, 2011.
- [21] W. Klopffer and B. Grahl, *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. Wiley, 2014.
- [22] J. D. Silvestre, J. de Brito, and M. D. Pinheiro, "Life-cycle impact 'cradle to cradle' of building assemblies," in *Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*, UK, 2014, vol. 167, no. 2, pp. 53-63.

BIM NA PORMENORIZAÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO PRÉ-ESFORÇADO

José Granja⁽¹⁾⁽²⁾, Patrícia Silva⁽¹⁾, Miguel Azenha⁽²⁾, José Carlos Lino⁽³⁾, João Flores⁽⁴⁾

(1) Zeta Engineers, Porto

(2) ISISE, Universidade do Minho, Guimarães

(3) NEWTON - Consultores de Engenharia, Porto

(3) Mota-Engil Pré-esforço, Maia

Resumo

Neste artigo são apresentados exemplos práticos da utilização de modelos BIM para a pormenorização de sistemas de pré-esforço com cabos pós-tensionados e das respetivas armaduras de reforço nas zonas de aplicação de cargas concentradas. São discutidos os processos utilizados para a modelação, com especial enfoque para as particularidades trazidas pelos sistemas de pré-esforço. Os modelos obtidos permitem deteção de incompatibilidades assim como auxiliar a preparação de obra, nomeadamente obter mapas de quantidades e dobragem das armaduras de reforço. Deste modo, a informação extraída de um modelo BIM poderá permitir aumentar a produtividade da aplicação destes sistemas.

1. Introdução

As estruturas de betão armado e pré-esforçado apresentam complexidades de execução, normalmente superiores àquelas que são de esperar em estruturas de betão armado, nomeadamente: ao nível da concentração de armaduras de reforço na vizinhança das zonas de ancoragem; pela presença de cabos de pré-esforço com traçados que podem assumir complexidade elevada. Em Portugal, por norma, o projeto de estruturas e o projeto de aplicação de pré-esforço (PAP) são realizados por entidades distintas, e em fases distintas, surgindo por vezes incompatibilidades em obra que obrigam a atenção urgente e ajustes in-situ.

O uso de metodologias BIM na fase de preparação deste tipo de obras pode trazer importantes mais valias, através da visualização do traçado em 3D, avaliação combinada das armaduras ordinárias definidas no projeto e armaduras de reforço definidas no PAP e a possibilidade de planejar o faseamento da montagem dos sistemas, bem como o de aplicação do pré-esforço. Para além disso, o recurso a metodologias BIM também proporciona uma comunicação eficiente e transferência de informações entre todos os atores envolvidos no processo.

O desenvolvimento da modelação de pré-esforço em contexto BIM foi já alvo de investigação em trabalhos científicos, incluindo aplicação a estudos de caso [1, 2]. Existem inclusive em Portugal relatos de projetos de estruturas de betão armado pré-esforçado modelados em BIM, com inclusão explícita das componentes dos sistemas de pré-esforço. Com efeito, no 1º congresso PTBIM, realizado em 2016, este tema foi abordado nos trabalhos desenvolvidos por Lino e Pires [3] e Fernandes *et al.* [4].

No entanto nestes trabalhos não foi explorada a criação de objetos paramétricos dos elementos dos sistemas de pré-esforço necessários à modelação em BIM. Desta forma, neste artigo, desenvolvido em parceria entre a ZetaEngineers, a Newton Consultores e a Mota-Engil Pré-esforço, o principal objetivo é a aplicação da metodologia BIM no projeto de aplicação de pré-esforço em estruturas de betão armado pré-esforçado com especial enfoque na criação de objetos BIM. Primeiramente será realizado o enquadramento do projeto de aplicação do pré-esforço, seguindo os passos tomados para a aplicação da metodologia BIM, assim como os usos BIM neste tipo de projeto.

2. O projeto de aplicação de pré-esforço

O projeto de aplicação de pré-esforço é essencialmente um projeto de preparação de obra através do qual o subempreiteiro responsável pela colocação e aplicação do pré-esforço pormenoriza e especifica os aspetos relativos ao traçado, armaduras de reforço e faseamento construtivo do sistema de pré-esforço. O PAP é realizado a partir de um projeto de estruturas existente a montante que normalmente define a posição/traçado da resultante do pré-esforço pretendido (e áreas de pré-esforço pretendidas), bem como as forças que deverão ser satisfeitas em instantes relevantes do faseamento construtivo e operação. Cabe ao projetista de pré-esforço realizar a definição concreta dos traçados dos cabos reais, bem como a sua divisão em número de cordões, diâmetro de bainhas e outros parâmetros que poderão ser específicos ao sistema de pré-esforço em uso. Conforme referido acima, o PAP inclui a definição das armaduras de reforço a acrescentar às previstas no projeto de estruturas, compatibilizando-as de forma adequada.

Após ser estabelecida uma solução que responda a todos os critérios estabelecidos, são efetuados os desenhos dos elementos estruturais aos quais o pré-esforço irá ser aplicado, representando todas as armaduras de reforço, cabos (bainhas e cordões) e cabeças de ancoragem (passivas e/ou ativas).

Com o objetivo de tirar partido da tecnologia utilizada atualmente e com uma visão para projetos futuros, iniciou-se a realização de PAPs aplicando a metodologia BIM. A plataforma BIM utilizada para a modelação foi o software REVIT®. Por vezes o projeto de estruturas não é fornecido em formato BIM (existindo apenas em CAD), o que dificulta a passagem de informação. Nestes casos, é necessário modelar a estrutura respeitante à parcela do edifício onde se pretende aplicar o pré-esforço (ver dois casos típicos de modelação parcial de edifícios na figura 1). Nas subsecções seguintes será abordado a criação de objetos BIM necessários para

a realização do projeto, assim como as dificuldades que surgiram ao longo do processo de aplicação do cabo e armaduras de reforço.

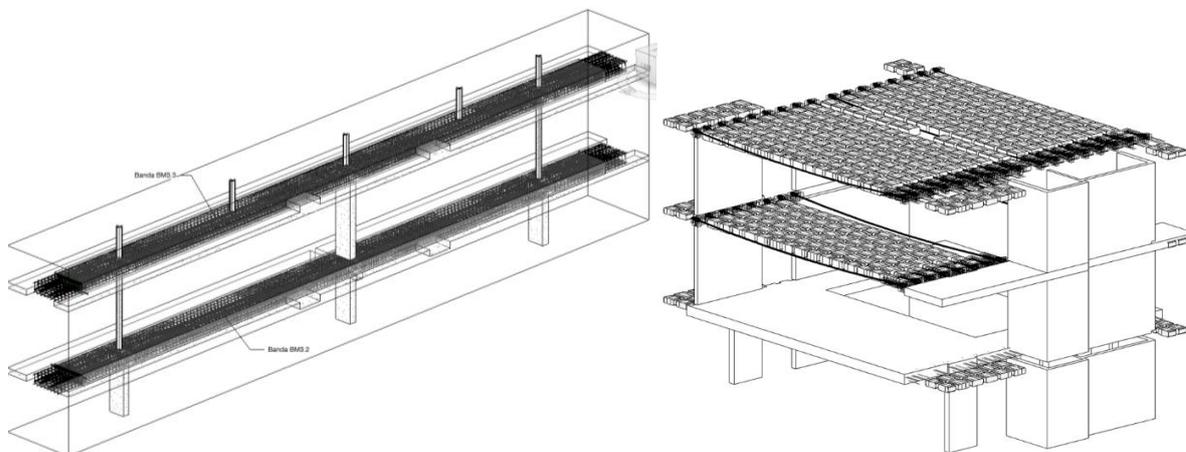


Figura 1: Parcela de dois edifícios constituídos por elementos de betão armado pré-esforçado.

3. Criação de objetos BIM para sistemas de pré-esforço

A modelação da aplicação do pré-esforço implica o recurso a classes de objetos BIM que não constam nas bibliotecas de famílias disponibilizadas no software utilizado, ou em bibliotecas online de classes de objetos, tais como: BIMObject [6] ou NBS [7]. O contacto direto com vários fornecedores de sistemas de pré-esforço permitiu também constatar que não dispunham de tais bibliotecas de objetos, encontrando-se limitados à capacidade de fornecer pormenores CAD dos seus sistemas. Perante esta situação e tendo em vista projetos futuros, optou-se por criar nova biblioteca contendo os objetos necessários para a realização do PAP, através do editor de classes (ou famílias) de objetos disponível no software usado.

Com base nos desenhos CAD enviados e na geometria definida nos catálogos dos sistemas, desenvolveu-se modelos de objetos de ancoragens ativas e passivas. Nos projetos de aplicação de pré-esforço desenvolvidos, optou-se pelos sistemas DYWIDAG® [8]. No primeiro PAP desenvolvido em BIM, foram utilizadas as ancoragens ativas do tipo “*multiplan*” (sistemas DYWIDAG®). As ancoragens passivas, que pertencem também aos sistemas DYWIDAG®, foram do tipo “*bond*” com a utilização de bolbos.

As dimensões da ancoragem ativa variam relativamente ao número de cordões que constituem o cabo. Desta forma, a família foi modelada com base num modelo de estilos existente denominado “modelo genérico métrico com base na face” com o objetivo de uma face da ancoragem estar paralela à superfície onde esta será colocada e com a face do cabo, como se observa no modelo 3D representado na figura 2. A família de ancoragens ativas contém diferentes tipos, sendo estes tipos os discriminados em catálogo, cujo o principal parâmetro é o número de cordões existentes. Apesar da grande complexidade geométrica destas ancoragens a modelação do objeto é relativamente simples, não sendo necessária a utilização de qualquer ferramenta adicional para além do editor de classes/famílias nativo.

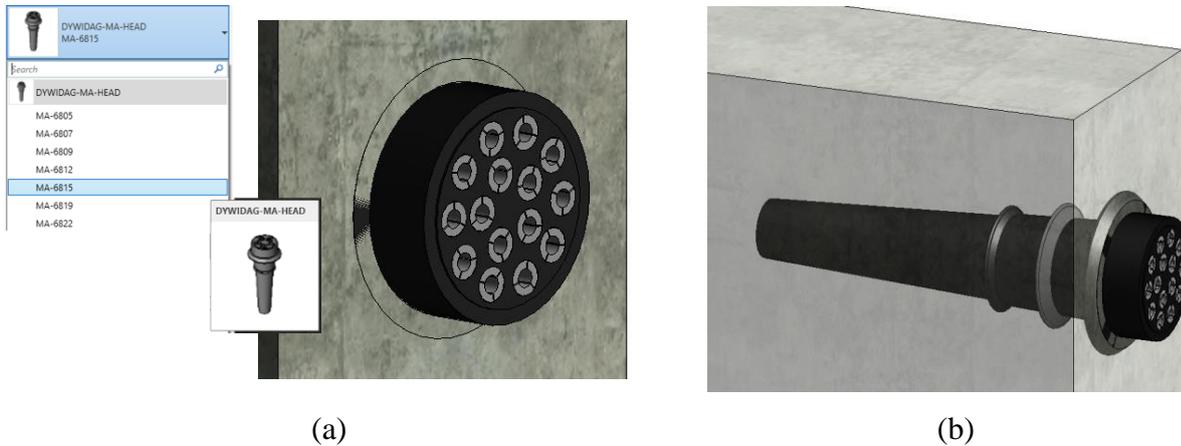


Figura 2: Modelação do objeto BIM – cabeça de ancoragem ativa: (a) zona da ancoragem em contacto com a face; (b) vista da ancoragem na sua totalidade.

A família das ancoragens passivas tipo “*bond*”, representada na figura 3, foi modelada através do modelo de estilos “adaptativo”. Por forma a facilitar a sua introdução no modelo foi colocado o ponto de inserção na ligação entre a ancoragem passiva e a extremidade do cabo de pré-esforço. Esta família varia tendo em consideração: o número de cordões; a disposição e localização dos bolbos dos cordões em secção transversal do cabo (consoante o número de cordões) como recomendado no catálogo do fabricante. Esta família, apresenta já uma complexidade bastante maior do que a anterior. Para criar este tipo de família é necessário modelar os cabos que possuem caminhos tridimensionais, os quais têm de ser modelados com recurso a famílias adaptativas. Para além desta dificuldade adicional, existem também os bolbos com uma geometria bastante complexa. Estes bolbos foram modelados num software de desenho tridimensional e exportados para a família como o objeto genérico, sendo, no entanto, acrescentadas todas as informações ‘não-gráficas’ relevantes.

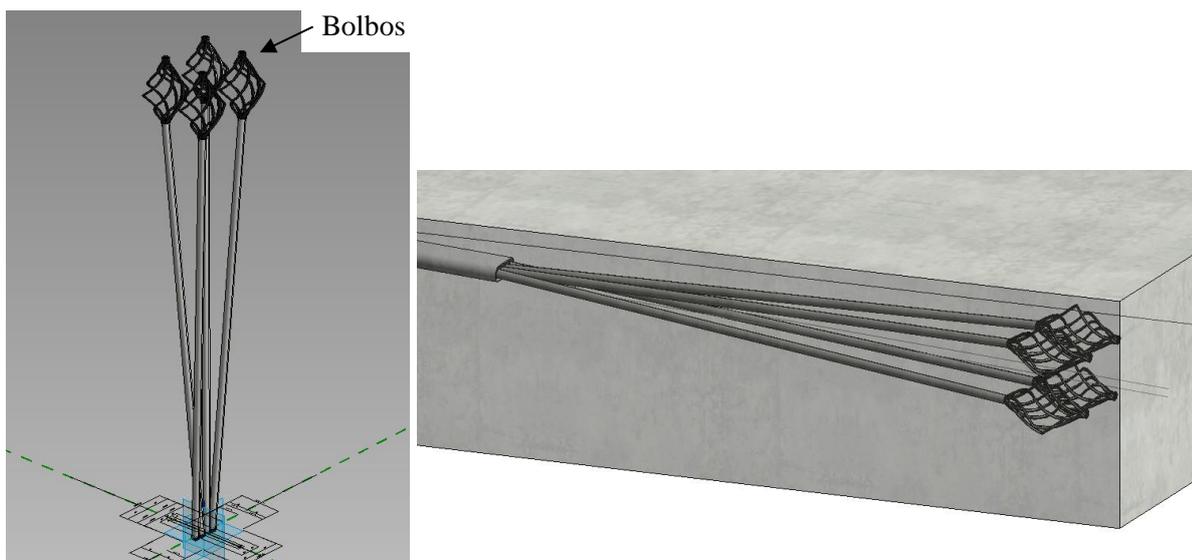


Figura 3: Modelação do objeto BIM – cabeça de ancoragem passiva.

Foi também necessário desenvolver classes de objetos para os nichos onde se inserem as ancoragens ativas tipo “*multiplan*”. Os nichos são modelados com base no modelo de estilos já mencionado anteriormente - “modelo genérico métrico com base na face” - uma vez que os nichos são alojados no elemento estrutural (elemento hospedeiro - elemento base de acolhimento). As dimensões do nicho são dependentes das dimensões das ancoragens que vão suportar e são constituídos por 5 planos com uma inclinação também recomendada no catálogo do sistema de pré-esforço [8]. Na figura 4 observa-se a representação 3D do nicho. Apesar de aparentemente simples, este tipo de família tem uma complexidade adicional devido a inclinação normalmente existente entre o eixo cabo e a superfície do betão que aloja o nicho (é frequentemente diferente de 90°).

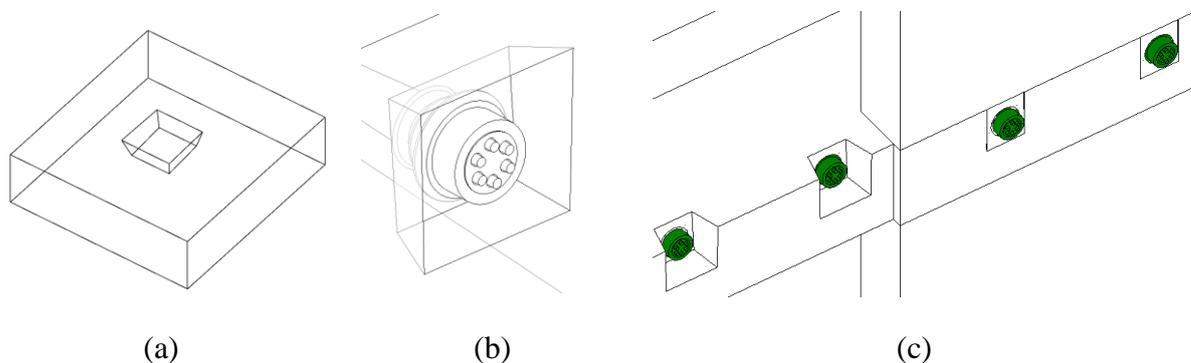


Figura 4: Modelação do objeto BIM –nichos: (a) objeto Nicho; (b) vista do nicho colocado numa viga com a cabeça de pré-esforço ativa; (c) vista após a aplicação do pré-esforço.

Para os cabos de pré-esforço também foi necessário desenvolver novas famílias de objetos BIM. A secção do cabo tem em consideração as dimensões da bainha e forma (circular ou oval) fornecida no catálogo do sistema de pré-esforço usado. O objeto ‘cabo’ pode ser desenvolvido por várias vias distintas. No contexto deste trabalho, foram exploradas três formas, nomeadamente: (i) usando apenas o editor de famílias nativo; (ii) usando a plataforma de programação visual DYNAMO®; e (iii) desenvolvimento de software em Python para gerar os cabos de pré-esforço. Através do editor de famílias (nos modelos genéricos), apenas é possível modelar cabos cujas coordenadas apenas variem em duas dimensões, uma vez que o caminho do cabo é definido recorrendo à importação de uma poli-linha 2D definida em CAD. Uma solução simplificada para quando se pretende desenvolver cabos em que as coordenadas do cabo variam tridimensionalmente, é recorrer ao plug-in de programação visual DYNAMO®. Para isso, é necessário desenvolver uma rotina que envolve: criação de pontos, de uma linha que une esses mesmos pontos e, por último, a criação dos sólidos necessários. Nesta rotina os pontos podem ser importados de um ficheiro externo, o que facilita o manuseamento dos traçados dos cabos. No entanto, os objetos desenvolvidos por este método não podem ser editados diretamente na plataforma BIM utilizada, o que se configura como uma limitação. Por outro lado, um dos principais inconvenientes adicionais é o facto de não ser possível cotar pontos ao longo do traçado do cabo dificultando a criação de peças desenhadas com grande qualidade/quantidade de informação. Por este motivo, foi desenvolvido um software em *Python* na api da plataforma de modelação que permite a partir de um conjunto de coordenadas dos

cabos de pré-esforço gerar os respetivos objetos BIM. Este software, para além de permitir agilizar a criação dos objetos dos cabos de pré-esforço (ver exemplos na figura 5), permite que os objetos sejam reconhecidos como entidades nativas da plataforma de modelação, o que permite a sua manipulação tanto dentro do editor de famílias como no próprio projeto BIM. Desta forma, é possível gerar peças desenhadas contendo toda a informação necessária ao apoio à obra, e proceder a ajustes rápidos de traçado que são automaticamente reconhecidos em todas as peças desenhadas e em toda a informação guardada de forma ‘não-gráfica’.

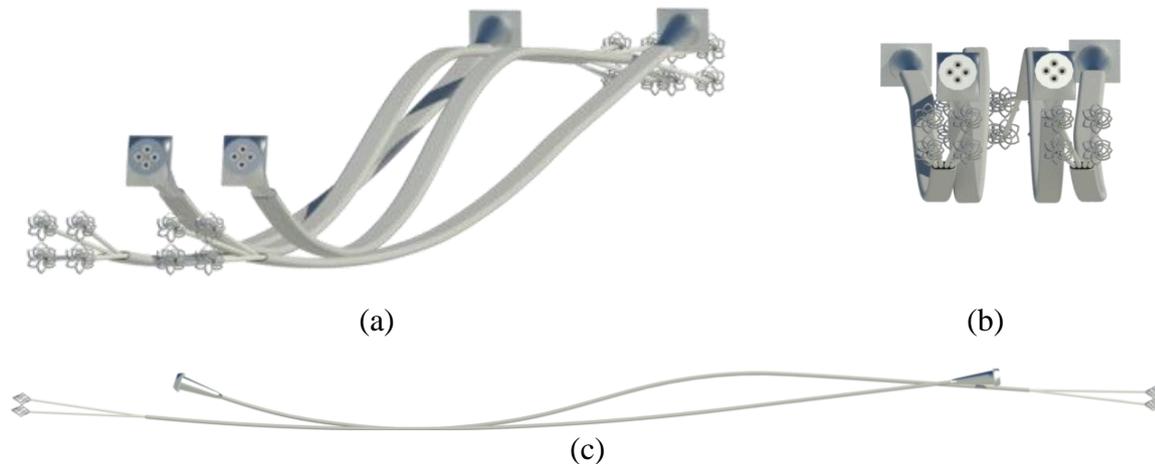


Figura 5: Exemplo de objetos BIM de cabos com traçados tridimensionais: (a) vista 3D; (b) vista de lado; (c) alçado.

4. Modelação das armaduras de reforço

O projeto de aplicação do pré-esforço envolve o dimensionamento de armaduras de reforço de forma a que as zonas onde o sistema de pré-esforço introduz cargas concentradas resistam aos esforços gerados pela tensão aplicada nos cabos. Estas armaduras normalmente são constituídas por cintas de diferentes geometrias para absorverem esforços horizontais e verticais, armaduras longitudinais, um varão em espiral a envolver o betão mais solicitado, e varões colocados à superfície do betão para lidar com trações geradas nessa região. Estas armaduras são modeladas recorrendo às livrarias de objetos existentes na plataforma BIM utilizada.

A modelação em BIM das armaduras de reforço é um processo relativamente complexo devido à grande densidade de armadura (ver figura 6). Os típicos problemas que costumam ser identificados em obra (em situações em que o projeto CAD não permitiu garantir adequada compatibilização de todas as armaduras) são por vezes solucionados de forma imperfeita ao forçar a localização das armaduras com meios mecânicos, introduzindo-lhes deformações e tensões indesejadas. Durante a modelação das armaduras é já possível fazer escolhas de soluções para as armaduras mais eficazes tendo em conta todas as armaduras existentes nos elementos de betão armado.

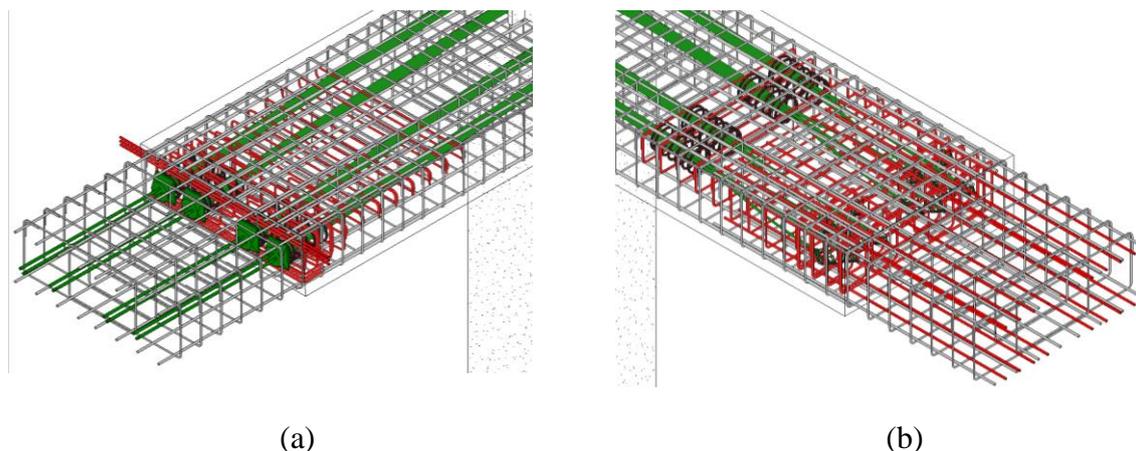


Figura 6: Modelação do objeto BIM –nichos: (a) vista com armaduras de reforço; (b) vista após a aplicação do pré-esforço. Armaduras de reforço a vermelho e ordinárias a cinzento.

Durante o desenvolvimento dos PAPs foram também detetados alguns problemas que se observam neste tipo de softwares quando o nível de detalhe do modelo aumenta. Quando se substitui ou se altera a geometria de algum objeto hospedeiro, a geometria da armadura sofre adaptações automáticas. Desta forma é imperativo que o modelador BIM esteja bastante ciente deste facto e a cada alteração de geometria no modelo BIM faça uma verificação expedita para verificar se não ocorreu nenhum problema relevante.

5. USOS BIM em projetos de aplicação de pré-esforço

Nos últimos anos, o BIM tem mostrado a sua potencialidade em todas as especialidades intervenientes na construção, essencialmente quando todas se encontram integradas no modelo [9]. No caso do projeto de aplicação de pré-esforço é possível tirar grandes vantagens do BIM.

Um dos primeiros usos mais relevantes da aplicação do BIM a um PAP é a compatibilização geométrica de todos os elementos dos sistemas de pré-esforço e das armaduras de reforço com os elementos existentes no projeto de estruturas. Como é possível observar na figura 7 os sistemas de pré-esforço possuem diversos elementos com dimensões consideráveis (cabeças de ancoragem, ancoragens passivas, cabos e nichos das cabeças) que tornam a compatibilização geométrica um trabalho árduo quando apenas se representa os elementos estruturais em desenhos bidimensionais. Para além destes elementos, as armaduras de reforço das zonas de cargas concentradas (extremidades dos cabos de pré-esforço) aumentam ainda mais a complexidade do problema. Assim o BIM através da representação de todos os elementos com a geometria real vem facilitar o processo.

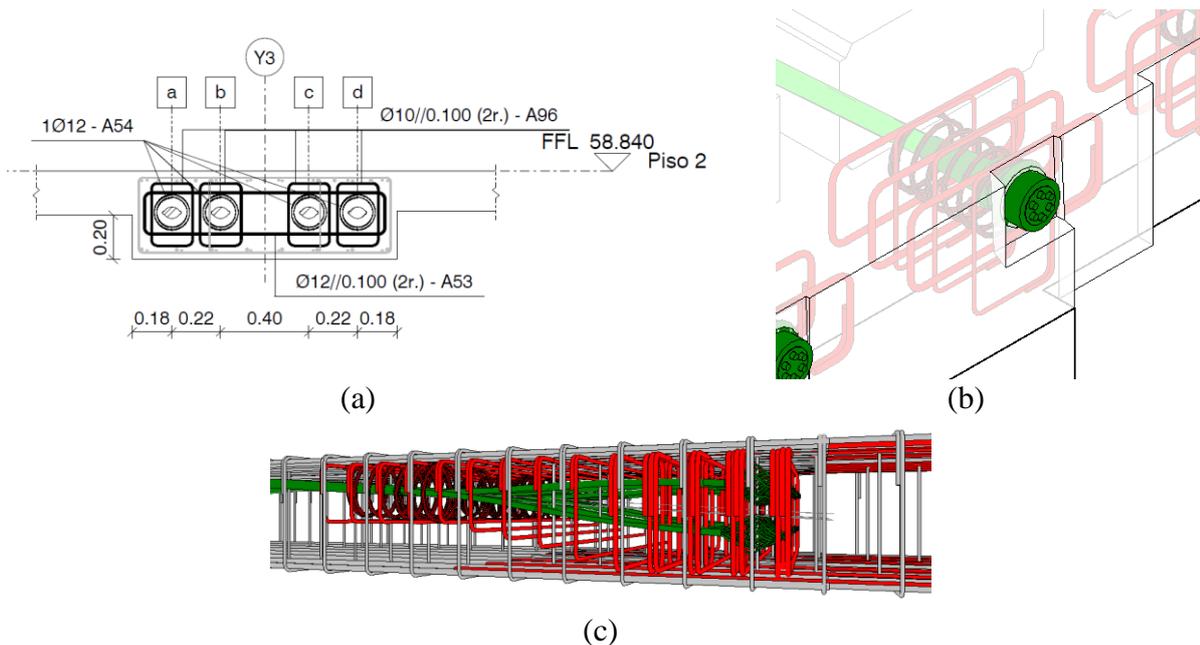


Figura 7: Exemplos de compatibilização geométrica de PAPs em BIM: (a) Compatibilização de armaduras de reforço com existentes do projeto de estruturas; (b) Compatibilização das cabeças de pré-esforço e dos nichos com a geometria dos elementos estruturais; (c) vista 3D da extremidade passiva.

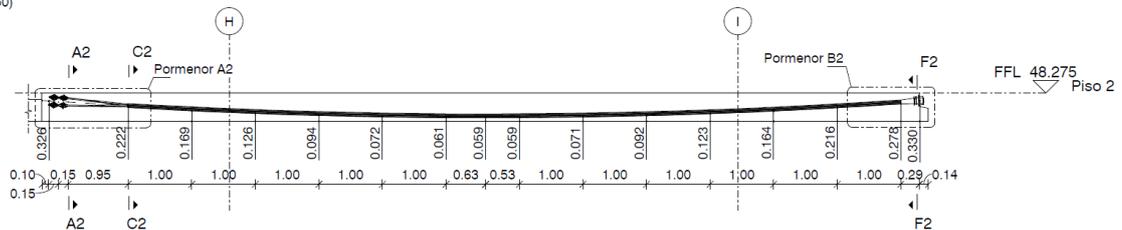
Um outro uso convencional do BIM aplicável no PAP, é no desenvolvimento de informações ao nível da construção, como por exemplo os mapas dobragens e de quantidades das armaduras. Normalmente os PAPs englobam quantidades significativas de armaduras de reforço e com dimensões variáveis. Um exemplo de um quadro de dobragem de armaduras é apresentado na Tabela 1. Estes mapas oferecem um apoio relevante para a preparação de obra com informação de todas as armaduras necessárias assim como a sua forma/geometria. Este tipo de mapas também permite apoiar a estimativa de custos devido às quantidades e comprimentos totais que são calculados.

Tabela 1: Exemplo de parte do mapa de dobragem de armaduras

Mapa de quantidades e de dobragem das armaduras de reforço										
Designação dos varões	Diâmetro do varão	Comprimento de cada varão	Quantidade	Comprimento total	Forma do varão	A	B	C	D	Diâmetro de dobragem
A02	12 mm	1375 mm	66	90.75 m		250 mm	390 mm	100 mm	100 mm	48 mm
A03	16 mm	4175 mm	22	91.85 m		210 mm	50 mm			64 mm
A04	12 mm	5225 mm	39	203.78 m		180 mm	50 mm			48 mm
A05	12 mm	1300 mm	152	197.60 m		345 mm	260 mm	100 mm	100 mm	48 mm

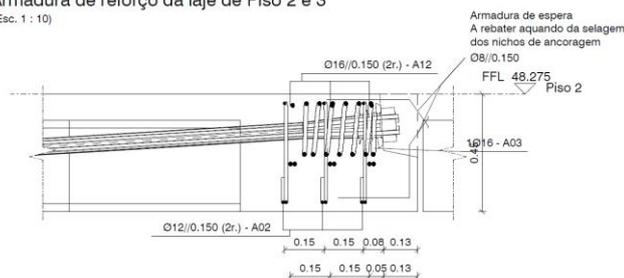
Para além das vantagens já mencionadas, também se salienta o facto de se extraírem peças desenhadas (cortes e vistas) de uma forma mais eficaz e com menos propensão para erros, principalmente quando se executam alterações do modelo. Apresenta-se na figura 8 dois exemplos de peças desenhadas extraídas diretamente do modelo BIM. Como é possível observar, as peças desenhadas apresentam grande detalhe e bastante informação. De salientar ainda que no que toca às armaduras de reforço modeladas, todas elas possuem um código único ligado ao quadro de dobragem das armaduras para que o processo de aplicação em obração seja mais eficiente. Estes desenhos automáticos eliminam também todos os erros potenciais de representação entre os diversos pormenores.

Alçado dos cabos P.a, P.f, P.g, P.h, P.j e P.k do Piso 2 e 3
(Esc. 1 : 50)



a)

Pormenor B2
Armadura de reforço da laje de Piso 2 e 3
(Esc. 1 : 10)



b)

Figura 8: Exemplo de peças desenhadas geradas pelo modelo BIM: (a) alçado de um cabo de pré-esforço; (b) pormenor das armaduras de reforço junto a uma cabeça ativa.

6. Discussão crítica e Conclusões

No presente artigo foram apresentados e discutidos vários desafios e soluções no contexto da preparação de projetos de aplicação de pré-esforço em estruturas de betão armado pré-esforçado aplicando a metodologia BIM.

Um dos primeiros problemas enfrentados pela equipa foi a inexistência de objetos BIM relativos a sistemas de pré-esforço em bibliotecas online, ou no próprio software usado. Por este motivo, foi necessário o desenvolvimento das famílias de objetos para cabeças de ancoragem ativas, ancoragens passivas e para os nichos das ancoragens. A segunda dificuldade surge na inserção do cabo de pré-esforço, cujo o traçado deve seguir devidamente as coordenadas determinadas no projeto de estruturas. A solução pelo desenvolvimento de um software em *Python* para geração automática de objetos nativos com base num conjunto de

coordenadas. Relativamente às armaduras de reforço, praticamente não existiu dificuldade na sua implementação, tendo sido utilizadas as famílias disponíveis de forma nativa no software utilizado.

Após ser atingido o objetivo de aplicar BIM na execução dos PAPs, os usos BIM foram bastante evidentes e satisfatórios, incentivando por isso a continuidade de aplicação desta estratégia no futuro. As peças desenhadas são desenvolvidas de forma mais rápida e com menor propensão para erros nos cortes e vistas, facilitando bastante os trabalhos de revisão de projeto. Para além disso, sendo o PAP um projeto exigente para a preparação de obra, a extração do mapa de dobragens e quantidades para todas as armaduras ordinárias, assim como o próprio modelo 3D, tornam-se mais valias importantes no processo de execução dos trabalhos em obra.

Referências

- [1] S.M.B.d. Silva, "A integração de técnicas BIM nos elementos de projeto de aplicação de sistemas de pré-esforço", in *Departamento de Engenharia Civil*. 2015, Universidade do Minho.
- [2] H. Fontes, "Aplicação das técnicas "Building Information Modelling" (BIM) a estruturas de Engenharia Civil e transmissão de conhecimento", in *Departamento de Engenharia Civil*. 2010, Universidade do Minho.
- [3] J.C.P. Lino, Nuno, "Do modelo à obra - caso internacional de prática colaborativa", in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*. 2016: Universidade do Minho, Guimarães.
- [4] J.L. Fernandes, José Carlos; Santos, Ricardo, "Modelação BIM de armaduras em estruturas de betão armado: possibilidades, desafios e interoperabilidade", in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*. 2016: Universidade do Minho, Guimarães.
- [5] R.R.d.E. de Betão, "Armado e Pré-Esforçado, Dec". Lei.
- [6] BIMObject. "<https://bimobject.com/pt>". 2018.
- [7] NBS. "<https://www.nationalbimlibrary.com/find-bim-objects>". 2018.
- [8] E.T. Approval, "Dywidag Systems. Bonded Post-Tensioning Kit for Prestressing of Structures with 3 to 55 Strands. ETA-13/0815". 2013, Post-Tensioning Systems.
- [9] M. Azenha, J. Poças Martins, and J.L.D. Granja. "1º Congresso Português de Building Information Modelling". in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*. 2016. Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Civil (DEC).

ESTUDO DE VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE KHOLOMBIDZO

Pedro Serra⁽¹⁾, António Amador⁽¹⁾, António Pereira da Silva⁽¹⁾, Carlos Canelhas⁽¹⁾

(1) COBA Consultores de Engenharia e Ambiente S.A., Lisboa

Resumo

O Estudo de Viabilidade do Aproveitamento Hidroelétrico de Kholombidzo no Malawi foi desenvolvido recorrendo a tecnologia BIM, inserido na estratégia de implementação dessa metodologia de trabalho na COBA. Localizado no rio Shire e financiado pelo Banco Africano de Desenvolvimento, o aproveitamento é constituído por uma barragem de betão com perfil de gravidade, com 16,8 m de altura e 265 m de comprimento, um circuito hidráulico com 2,8 km de desenvolvimento e uma central hidroelétrica com uma capacidade de 212,8 MW.

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizada uma abordagem digital, através da conceção de um ambiente de produção centrado no conjunto BIM como a única fonte de informação. Constituído por 14 modelos georreferenciados, este sistema digital permitiu integrar o levantamento topográfico LIDAR, realizar a coordenação entre especialidades, apoiar o dimensionamento, auxiliar a análise financeira, estudar alternativas, e produzir de forma automatizada uma percentagem elevada dos documentos finais entregues ao cliente (desenhos e mapas de medições), facilitando também a apresentação das soluções preconizadas.

A rapidez e precisão com que se obteve a informação dos modelos permitiu alocar mais tempo na resolução dos desafios de conceção e dimensionamento do projeto, estimando-se uma poupança de cerca de 15% em relação a uma abordagem convencional. O sucesso da abordagem desenvolvida levou à nomeação pela Bentley Systems do projeto como um dos três finalistas da categoria “Power Generation” dos prémios “Year in Infrastructure 2017”, evento anual em que participam as grandes empresas internacionais de engenharia. Alicerçado nestes resultados, pretende-se prosseguir os trabalhos de implementação BIM, incrementando a capacidade atual e aumentando o nível de integração com os restantes sectores da empresa.

1. Introdução

A COBA é uma empresa multidisciplinar de Consultoria de Engenharia e Ambiente, desenvolvendo estudos e projetos e assegurando assistência na gestão e supervisão da construção de empreendimentos no domínio do armazenamento e utilização da água para produção de energia, para abastecimento público de água potável, para o desenvolvimento agrícola através da rega, no domínio dos sistemas de drenagem de águas pluviais e do saneamento e tratamento das águas residuais e no domínio das infraestruturas de transporte rodoviárias, ferroviárias e aeroportuárias e da cartografia e cadastro.

Pelas várias áreas de atividade e o elevado número de valências que agrega, a empresa possui um interesse particular relativamente às metodologias BIM, sobretudo no que respeita à gestão centralizada da informação do projeto. Este interesse, aliado ao sucessivo aumento das exigências dos donos de obra na gestão da informação do projeto, desencadeou os trabalhos de implementação BIM. Após uma fase inicial de testes em projetos piloto e de desenvolvimento das capacidades BIM dos colaboradores, esta metodologia começou a ser gradualmente aplicada em projetos reais. O presente documento relata o último desafio BIM da empresa, onde a metodologia foi largamente utilizada para a elaboração do estudo de viabilidade do aproveitamento hidroelétrico de Kholombidzo, localizado no Malawi.

2. Descrição do projeto

Com o objetivo de capacitar a rede elétrica nacional, o governo do Malawi iniciou um programa de desenvolvimento de aproveitamentos hidroelétricos no país, com elevado potencial de produção energética. Enquadrado neste programa foi atribuído à COBA, pelo Ministério de Recursos Naturais, Energia e Minas, o contrato para o desenvolvimento do estudo de viabilidade do aproveitamento hidroelétrico de Kholombidzo. Faziam parte do estudo, entre outros, os seguintes trabalhos:

- Trabalho de campo e análises em laboratório para a caracterização geotécnica do empreendimento;
- Medições de caudais e níveis de água no rio;
- Estudos de base de hidrologia, geologia, geotecnia e sismicidade, hidráulica e ambientais.
- Otimização e pormenorização dos vários componentes do projeto, compreendendo memórias, notas de cálculo e desenhos;
- Especificação e descrição da solução otimizada do empreendimento, incluindo os trabalhos de construção civil, equipamento eletromecânico e ligação à rede elétrica nacional.
- Estimativa de orçamentação, previsão de contingências, e outros custos indiretos;
- Calendarização do projeto;
- Análise financeira com principais indicadores de avaliação do projeto.

Após uma análise preliminar das várias soluções possíveis para o empreendimento, a solução final consistiu num aproveitamento a fio de água composto por duas zonas principais (Figura 1): a barragem a montante, e a central hidroelétrica principal a jusante. A barragem em betão é composta por um perfil de gravidade de 16,8m de altura e 265m de comprimento, equipada

com cinco comportas radiais de 14 x 10 metros. O reservatório tem uma capacidade de 26,7 milhões de m³ e uma área inundada de 21,7 Km². Devido à necessidade de garantir o caudal ecológico, está incorporada na barragem uma central equipada com uma turbina Kaplan, que aproveita este caudal para gerar uma potência elétrica de 6MW. A tomada de água situa-se na margem esquerda e alimenta dois túneis de secção circular com 3Km de comprimento e 8m de diâmetro. A central hidroelétrica principal será equipada com 4 turbinas Francis de 53,2MW, alimentadas por um caudal de 100 m³/s cada (total de 400 m³/s). Duas chaminés de equilíbrio com um diâmetro interno de 38m e uma altura de 38m cada, localizadas 158 m a montante da central, protegem os túneis de variações de pressão.

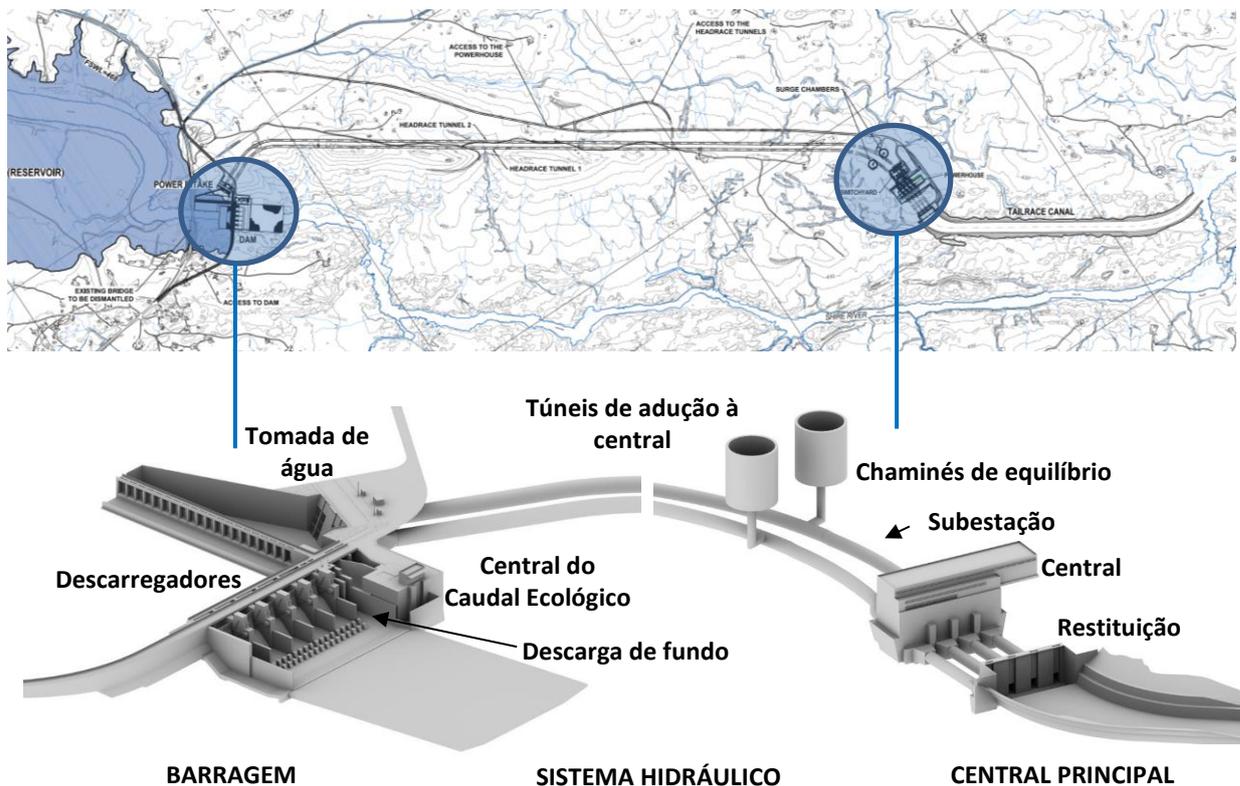


Figura 1: Layout do Aproveitamento e Modelo 3D

O aproveitamento hidroelétrico tem uma queda bruta de 55m e uma potência total instalada de 218,8 MW. O potencial médio de produção energética estima-se nos 138 MW (1212,0 GWh/ano) na central principal, mais 5,3 MW (46,8 GWh/ano) na central do caudal ecológico.

3. Metodologia BIM

Para o desenvolvimento do estudo de viabilidade do aproveitamento hidroelétrico, e para obter a sua solução otimizada, foi criado um ambiente de trabalho digital tendo por base as ferramentas da Bentley – AECOsim Building Designer, Generative Components, Microstation e InRoads. O objetivo para esta abordagem passava por garantir a integração das várias

especialidades, otimizar os vários componentes do projeto e definir um *layout* livre de conflitos para os trabalhos de Civil e Mecânica.

Numa primeira análise foram identificados quatro desafios principais para a implementação de uma metodologia BIM no projeto:

- 1) O projeto de engenharia representava, por si só, um desafio com vários problemas técnicos para resolver das áreas da Hidráulica, Geotecnia, Estruturas, Mecânica e Eletrotécnica com várias restrições impostas por cada uma das especialidades envolvidas.
- 2) Com uma área de implantação elevada e com várias especialidades a desenvolver (Civil, Equipamentos e Topografia) previa-se uma grande quantidade de informação gerada, o que colocava desafios ao nível da sua modelação, manipulação e organização.
- 3) O projeto encontrava-se na fase de estudo de viabilidade, prevendo-se um elevado número de iterações e comparação de soluções alternativas. Esta situação aumentava o trabalho de modelação, e tornava necessário criar rotinas de gestão da informação que permitissem documentar o histórico deste processo de trabalho.
- 4) A necessidade de cumprir os prazos e a calendarização prevista para o projeto tornavam necessário alocar mais recursos à modelação do que os inicialmente disponíveis. Foi então essencial realizar a formação de colaboradores durante o projeto de maneira a capacitá-los a contribuir no imediato para a metodologia de trabalho BIM.

A quantidade e complexidade da informação do projeto, juntamente com o reduzido número de recursos disponíveis para participar no trabalho, obrigavam a uma organização cuidada do ambiente digital de trabalho. Teria de ser definida uma estratégia de modelação que reduzisse os riscos associados aos desafios identificados, fosse simples de implementar, e que adicionasse valor ao projeto.

Ficou decidido à partida que os modelos BIM seriam criados de forma a cumprir três objetivos específicos: (i) obtenção de peças desenhadas, (ii) obtenção de mapas de quantidades, (iii) coordenação entre especialidades. Tendo em conta os aspetos referidos, foi implementado um ambiente de trabalho BIM composto por um total de 14 modelos tridimensionais georreferenciados, desenvolvidos com diferentes níveis de desenvolvimento (LOD).

Relativamente aos níveis de desenvolvimento, importa referir o seguinte. Depois de analisada documentação de referência sobre o tema (PAS1192 [8] e NBIMS-US [9]), optou-se pela adoção de uma linguagem de LODs semelhante à abordagem americana (American Institute of Architects – AIA [10]), devido à sua simplicidade e clareza. Esta opção parece estar alinhada com os organismos nacionais e da EU. A título de exemplo, a CT197 – “*mirror committee do CEN/TC442 e ISO/TC59 e é a entidade delegada pelo Instituto Português da Qualidade como responsável pelo desenvolvimento da normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção*” [5] - lançou em 2017 uma matriz de definição de requisitos BIM [6] onde a definição de LODs da AIA é transposta e traduzida integralmente para Português.

A definição dos requisitos de cada LOD deve, na nossa opinião, estar associada aos objetivos definidos para os modelos BIM. Esta visão parece também ser partilhada pela CT197, [6] e [7], que propõe a definição de objetivos para os modelos como um dos *inputs* para a obtenção dos requisitos de modelação.

Tratando-se de um projeto onde o BIM não traduz uma imposição do cliente, mas antes uma opção interna para incrementar as capacidades da empresa, é necessário destacar que o nível de detalhe alcançado não é determinado pelas normas, mas pela necessidade de obter de forma organizada e através do modelo, informação útil para o projeto. Desta forma, quando se refere que foi alcançado determinado LOD, não significa, como é explícito nas normas sobre o tema, que todos os requisitos do LOD foram satisfeitos, mas antes que, todos os requisitos do LOD relevantes para cumprir os objetivos do projeto, foram cumpridos.

São apresentados de seguida os principais desenvolvimentos e aplicações BIM nas duas zonas principais do empreendimento: a barragem e a central principal. A zona da barragem encontrava-se dividida por 4 modelos diferentes: 1 modelo topográfico para quantificação e documentação dos movimentos de terras, e 3 modelos representativos das 3 principais zonas: o corpo principal da barragem, a central do caudal ecológico e a tomada de água.

Na zona da central principal foram elaborados um total de 8 modelos correspondentes a diferentes zonas da construção e diferentes especialidades, sendo de destacar os modelos criados para estimativa do movimento de terras, para definir a modificação de geometria do canal de restituição, e as especialidades das Estruturas e Arquitetura da Central principal.

Para ultrapassar os desafios apresentados foi necessário articular diferentes abordagens à modelação conforme cada elemento em análise, e as suas especificidades.

3.1 Barragem

A zona da barragem representou um desafio particular devido à complexidade das geometrias modeladas, e à interação entre diferentes sistemas estruturais envolvidos.

A abordagem BIM a esta zona passou pela utilização conjunta das ferramentas de modelação não paramétricas do Microstation e da capacidade do AECOsim em associar esta geometria a um modelo de dados. Esta abordagem permitiu a modelação expedita dos elementos construtivos, e simultaneamente manter uma organização eficaz da informação. Foi assim possível garantir os objetivos de extração automatizada de desenhos e quantidades para documentar o projeto e suportar a tomada de decisão relativamente às opções a estudar.

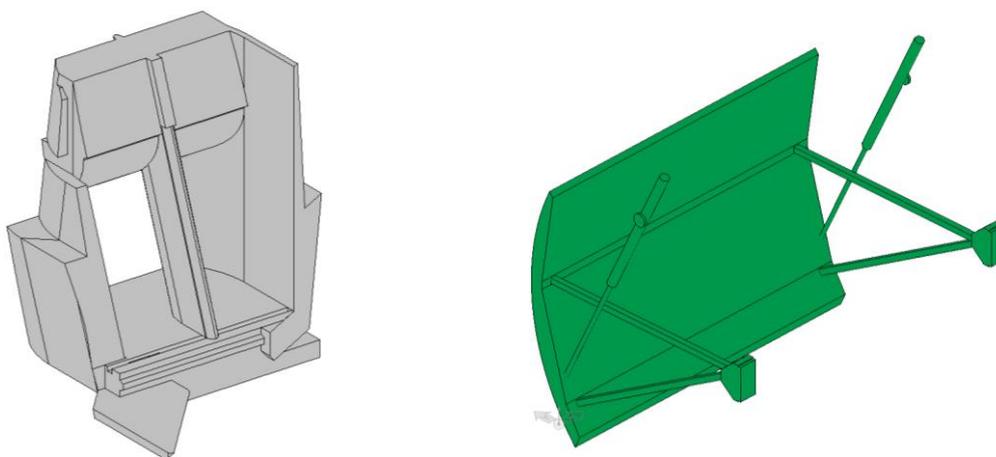


Figura 2: À esquerda, estrutura da tomada de água composta por elementos não paramétricos (LOD300), e à direita objeto da comporta radial (LOD200)

Uma situação onde o modelo BIM foi particularmente importante, foi na definição da Central do Caudal Ecológico implementada na Barragem. A área disponível para a sua implantação era restrita, existindo interações complexas, tanto ao nível estrutural como hidráulico entre os elementos circundantes (tomada de água e corpo da barragem). A utilização conjunta e integrada do modelo BIM entre as especialidades permitiu compreender melhor estas interações, contribuindo para alcançar uma solução adequada. A adição deste elemento teve também impacto relevante na análise financeira do projeto, tendo o modelo BIM contribuído para, de forma expedita, obter a informação necessária a servir como *input* do modelo financeiro.

O facto de este modelo ter uma componente de modelação não paramétrica muito elevada, torna-o atrativo para servir de base de trabalho na formação de modeladores. De facto, a zona da barragem foi utilizada na formação de colaboradores em modelação 3D, sendo introduzidos gradualmente conceitos e rotinas BIM.



Figura 3: Antevisão da zona da Barragem

3.2 Central Hidroelétrica

Devido à calendarização exigente e à limitação a nível de recursos disponíveis, foi necessário alcançar um compromisso na modelação, que não colocasse em causa os objetivos BIM para o projeto (em particular o da coordenação entre especialidades). Este compromisso resultou numa abordagem mista no processo de modelação da Central Hidroelétrica.

Decidiu-se limitar a modelação paramétrica às especialidades de Estruturas e Arquitetura, onde as experiências anteriores tinham sido realizadas com elevado nível de sucesso. Por sua vez, a especialidade da Mecânica foi projetada pela forma tradicional, sobre bases 2D dinâmicas obtidas dos modelos BIM. Estes elementos eram importados de novo para o ambiente de trabalho BIM, mantendo o nível de interatividade e integração da informação. Esta organização do processo, permitiu que todas as especialidades tivessem acesso direto à documentação mais recente do projeto, num compromisso que permitiu reduzir o esforço de modelação, sem descurar a coordenação geométrica entre a Mecânica e as restantes especialidades.

Para os elementos de arquitetura da Central definiu-se como objetivo alcançar um nível de detalhe mais elevado (LOD 350), de forma a aumentar a fiabilidade das estimativas orçamentais, e para desenvolver a capacidade de modelação dos intervenientes para projetos futuros. Para a especialidade de Estruturas atingiu-se em geral um LOD 300, sendo relevante a capacidade de aplicar diferentes taxas de armaduras a sistemas construtivos de betão individualizados, e assim refinar as estimativas de custos para a obra.

Nos projetos anteriores foi identificado elevado potencial na utilização de um objeto paramétrico da turbina Francis, para a produtividade da modelação e do processo de dimensionamento. Este objeto tem vindo a ser desenvolvido pela equipa de I&D da COBA, tendo sido utilizado e validado no presente projeto.

Na Arquitetura foi importante o elevado nível de interatividade entre o AECOsim e o Excel, que permitiu processar as elevadas quantidades de informação que resultaram do LOD escolhido para a modelação. Esta integração com o Excel é uma capacidade que foi identificada como tendo elevado potencial para aumentar o nível de automatização de vários processos que são tipicamente manuais. Neste projeto continuaram a ser aplicados automatismos por esta via, que aumentam o grau de confiança na informação apresentada ao cliente, e reduzem o número de horas de trabalho do projeto.



Figura 4: Antevisão da zona da Central Hidroelétrica

4. Resultados

A utilização de uma abordagem BIM integrada facilitou todo processo de coordenação de modelos, permitindo aos utilizadores concentrarem esforços na modelação e no trabalho de projeto. As ferramentas de modelação do Microstation permitiram construir rapidamente modelos 3D das diferentes alternativas em estudo, mesmo quando a geometria era complexa devido às formas hidráulicas. Utilizando as plataformas inteligentes do AECOsim e Inroads, foi possível complementar estes modelos com informação adicional, de forma a

corresponderem a todos os objetivos BIM definidos inicialmente. Esta constatação vem confirmar a ideia inicial da equipa de trabalho de que, neste tipo de infraestruturas, com formas geométricas complexas, a aplicação de objetos paramétricos é limitada e nem sempre recomendável.

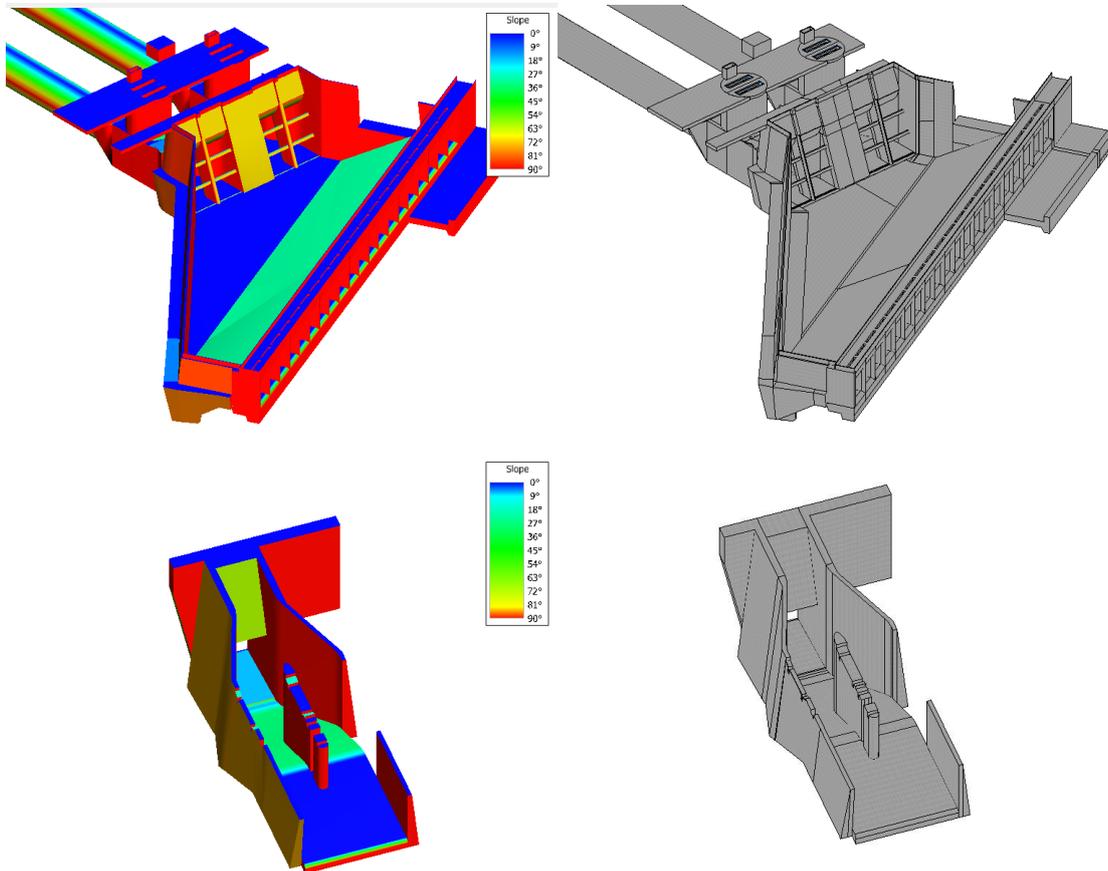


Figura 5: Complexidade das estruturas hidráulicas – Superior: Inclinação das superfícies na Tomada de Água da Barragem; Inferior: Inclinação das superfícies na Tomada da Central do Caudal Ecológico.

A possibilidade de referenciar informação 2D para o modelo BIM já tinha sido identificada. Contudo não tinha sido colocada como possível ferramenta para o dimensionamento e coordenação de especialidades. A sua utilização neste projeto foi extensiva e com resultados muito positivos. Apesar de não ser a solução de trabalho ideal, ela permite aumentar a integração entre as várias especialidades, sem aumentar o esforço de modelação. É também um primeiro passo na introdução do conceito a outros setores na empresa.

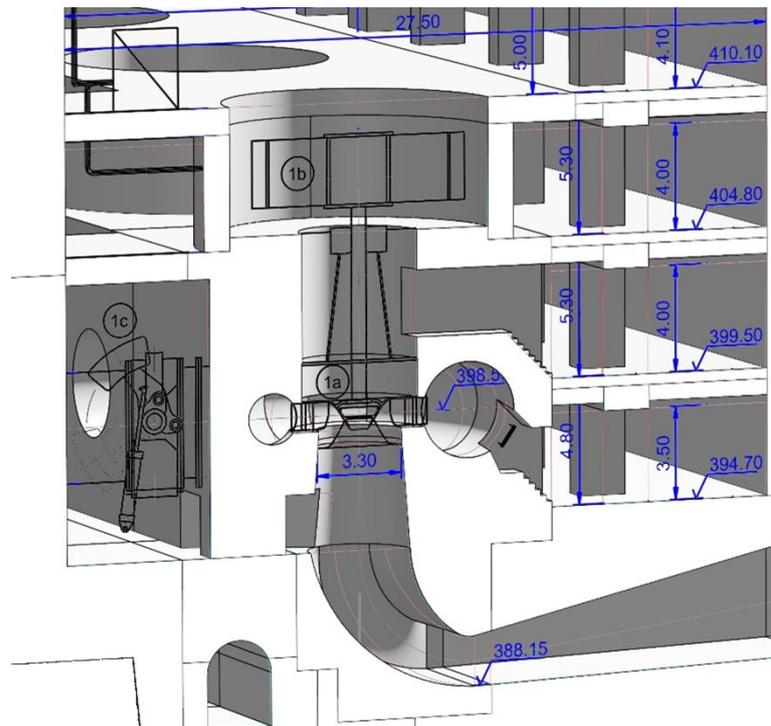


Figura 6: Mecânica 2D em contexto 3D

A integração do levantamento LIDAR e do programa Inroads foi efetuada com sucesso, contribuindo para alargar o âmbito da aplicação BIM.

Sem comprometer o cumprimento dos prazos nem a qualidade dos modelos, foi possível realizar a formação durante o projeto de modeladores, que neste momento estão capacitados para, autonomamente, desenvolver modelos BIM, e realizar os processos de extração de informação mais relevantes ao projeto.

O ambiente de trabalho colocado em prática é relativamente complexo. Foram desenvolvidos um elevado número de modelos, alguns totalmente paramétricos, outros compostos essencialmente por elementos 3D complementados com informação adicional; diferentes especialidades foram desenvolvidas com diferentes níveis de detalhe; foi utilizada informação de diferentes fontes, por exemplo na incorporação do levantamento LIDAR no ambiente BIM; foi sobreposta informação bidimensional e tridimensional no mesmo ambiente para efeitos de coordenação; e foram usadas diferentes plataformas para responder aos vários desafios do projeto. A articulação de toda esta informação foi efetuada com sucesso, em grande parte devido ao formato de trabalho comum (.dgn) entre as plataformas utilizadas, e o sistema de georreferenciação que foi nuclear no processo de coordenação geométrica entre modelos.

Estima-se que a implementação do Sistema digital de trabalho tenha tido um impacto direto no aumento de produtividade de 15% observado no projeto, no que diz respeito à obtenção de desenhos e de quantidades. Nesta estimativa não estão incluídos ganhos relacionados com a coordenação que se considera ter sido mais eficaz devido à utilização dos modelos BIM. Foi ainda possível documentar uma parte importante do projeto. Destaca-se o facto de 87% e 98% dos trabalhos de Civil da Barragem e da Central respetivamente terem sido obtidos diretamente dos modelos.

5. Desenvolvimentos futuros

Este foi, até ao momento, o projeto mais ambicioso no que diz respeito à aplicação do BIM na empresa. Os resultados obtidos foram importantes pois permitiram verificar e validar as vantagens da metodologia para o aumento de produtividade e qualidade dos projetos.

Ao nível das especialidades mais desenvolvidas (Estruturas e Arquitetura) é importante continuar o trabalho de formação de pessoal, tanto ao nível da modelação como da engenharia, de forma a aumentar a capacidade da empresa. A progressão ao longo das fases de um projeto aumenta também o nível de detalhe dos modelos, o que irá colocar desafios diferentes à modelação e gestão da informação. Estas situações terão de ser abordadas gradualmente, como tem vindo a ser feito, aumentando o nível de detalhe dos modelos trabalhados, mesmo que não seja necessário para o respetivo projeto.

Durante a modelação da barragem foi identificado um elevado potencial de produtividade, na utilização de um objeto paramétrico do descarregador de cheias em betão de soleira espessa do tipo WES (Waterways Experiment Station). Pretende-se avançar na parametrização deste elemento de forma integrada com os trabalhos desenvolvidos até ao momento, focado na engenharia e na conceção do projeto.

Pretende-se estender a metodologia aos restantes setores da empresa de uma forma integrada, através da análise das suas necessidades, criando novos processos de trabalho digitais, integrados na metodologia que tem vindo a ser desenvolvida até ao momento.

Referências

- [1] Bentley, *GenerativeComponents V8i Essentials 08.11.08 – Bentley Institute Course Guide*, Bentley Systems Inc, 2010.
- [2] N. Davies, *Practical Architectural Modelling with AECOsim Building Designer*, 1st ed. Pennsylvania: Bentley Institute Press, 2008.
- [3] C. Eastman, *BIM Handbook, a guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, John Wiley & Sons Inc., 2011
- [4] Bentley Systems, Incorporated, "2016 Infrastructure Yearbook " Bentley, 2017.
- [5] <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/apresentacao>, consultado em 01/04/2018
- [6] <https://drive.google.com/drive/folders/0B1hdnRcRR5YHQ3FzSUVLaGxHSkk>, consultado em 01/04/2018
- [7] <http://www.ct197.pt/index.php/subcomissoes/subcomissao-4-modelacao-e-objetos-bim>, consultado em 01/04/2018
- [8] PAS1192-2, disponível em <https://shop.bsigroup.com/Navigate-by/PAS/PAS-1192-22013/r>, consultado em 01/04/2018
- [9] NBIMS-US V3, National BIM Standard – United States Version 3, disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/buildingSMART-alliance-Releases-NBIMS-US-Version-3>, consultado em 01/04/2018
- [10] American Institute of Architects LOD Specification, disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/buildingSMART-alliance-Releases-NBIMS-US-Version-3>, consultado em 01/04/2018

ELABORAÇÃO E GESTÃO DE PROJETO DE UMA ETARI COM RECURSO AO *BUILDING INFORMATION MODELLING*

Francisco Reis⁽¹⁾, Alexander Uzcategui⁽¹⁾, Bruno Maia⁽²⁾

(1) Elemento Finito, Porto

(2) Ambiagua, Vila Nova de Famalicão

Resumo

A indústria do papel em Portugal tem sido uma das mais importantes bases da economia do país. O crescimento desta indústria implica aumentar a sua infraestrutura, nomeadamente a associada ao tratamento dos efluentes industriais produzidos.

O elevado padrão de exigência, procedimentos e controlo na prática desta atividade industrial proporcionou o desafio de implementar, no processo de construção de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais, a utilização da metodologia BIM.

Esta foi implementada desde o Projeto até à Construção, garantindo a introdução de toda a informação, constituindo uma Base de Dados no momento da entrega do modelo ao Dono de Obra que poderá utilizá-la no futuro para a visualização digital de toda a construção consultando não só a sua parte geométrica assim como a informação qualitativa e quantitativa a ela associada.

O presente trabalho apresenta e identifica as vantagens do recurso à metodologia, nomeadamente nas melhorias na capacidade de análise e melhoria de performance durante a elaboração do projeto, no controlo e identificação de quantidades para a gestão de aprovisionamentos, assim como na rápida identificação de alteração de quantidades, uma melhor comunicação e utilização de informação para o desenvolvimento de peças de fabrico praticamente em tempo real e na gestão de projeto.

Conclui-se que a adoção da metodologia BIM poderá ser usada em projetos de Estações de Tratamento de Águas beneficiando e garantindo a perfeita comunicação entre todos os intervenientes do Projeto, potenciando a comunicação e a oportunidade de todos os intervenientes participarem em todo o processo e valorizando o resultado final.

1. Introdução

A indústria de papel em Portugal tem sido uma das mais importantes bases da economia do país. Com o passar do tempo tem-se verificado o crescimento desta indústria, apresentando-se como um setor tecnologicamente avançado e com processos inovadores, com grande foco na eficiência, rentabilidade e inteligência no processo operativo, o que implica a necessidade de aumentar a sua infraestrutura, nomeadamente a associada ao tratamento dos próprios efluentes produzidos.

Com o desenvolvimento tecnológico verificado nos últimos anos e os mercados cada vez mais competitivos, surge a necessidade de a indústria de papel acompanhar os progressos de outras indústrias no que concerne ao aumento de produtividade. Por sua vez, este aumento de produtividade reflete-se num aumento de produção de efluente produzido, o que aumenta, ainda mais, o alerta para a preocupação com o impacte ambiental.

Devido às características (cor muito intensa, odor desagradável, sólidos suspensos finos, pH extremo, alta temperatura, CQO elevada, entre outras) do efluente resultante da indústria de papel, surge a preocupação ambiental, e para com a sociedade, que as próprias empresas têm incutidas nos seus valores internos. Deste modo, nasce a necessidade de se projetar e construir uma Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI) de modo a salvaguardar o meio ambiente e os seus ecossistemas, ao mesmo tempo que se cumpre a legislação em vigor relativa aos valores limites de emissão na descarga de águas residuais.

No processo de elaboração e gestão de projetos é necessário aplicar conhecimentos, competências, ferramentas e técnicas nas atividades do projeto, de modo a cumprir os requisitos do mesmo. Esta gestão tem que equilibrar várias restrições do projeto, como o âmbito, qualidade, prazo, custo, recursos, riscos, entre outros [1]. Na gestão do projeto, visto que o objetivo principal é maximizar a rentabilidade ao mesmo tempo que se diminui o tempo de construção, é necessário controlar ao máximo um conjunto de fatores, como é o caso da execução e a compatibilidade do projeto, o controlo e certeza das quantidades (dos equipamentos, acessórios, tubagens, suportes, entre outros), aprovação dos equipamentos, definição dos suportes e a gestão da construção.

Os fatores mencionados anteriormente e o elevado padrão de exigência, procedimentos e controlo na prática desta atividade industrial proporcionaram o desafio de implementar, no processo de construção da Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais, a metodologia de *Building Information Modelling* (BIM), com o objetivo de se obter um resultado muito eficiente num intervalo de tempo reduzido, uma vez que através desta metodologia é possível obter-se informação real que é automaticamente atualizada em todo o projeto à medida que se vão acrescentando as alterações no modelo.

2. Descrição do Projeto

A elaboração e gestão do projeto da ETARI foram desenvolvidas através de uma parceria composta pelas empresas Ambiagua e Elemento Finito, nas respetivas áreas de intervenção. Foi

utilizada a metodologia BIM como implementação na estratégia de envolvimento das duas empresas, num processo ainda experimental, mas com grande potencial para desenvolvimento futuro.

O projeto desenvolvido corresponde à construção de uma ETARI de uma indústria de papel.

A ETARI apresenta um caudal máximo afluente de 3000 m³/h, o que corresponde em termos de carga orgânica a uma população de 300000 habitantes equivalente.

A ETARI é constituída principalmente por 4 grandes zonas: arrefecimento do efluente, pré-tratamento, tratamento biológico e, por último, o tratamento de lamas.

Na Figura 1 é possível observar a planta geral desenvolvida da ETARI em questão.

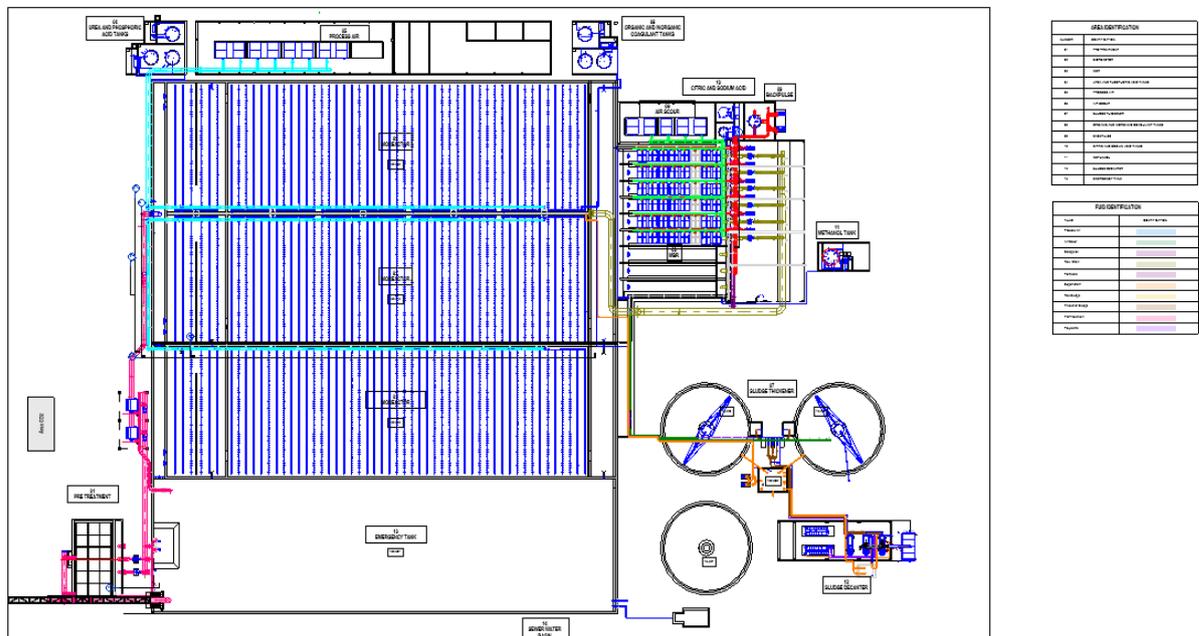


Figura 1: Planta Geral da ETARI.

Relativamente à fase líquida do tratamento, o efluente quando chega à ETARI apresenta uma temperatura muito elevada em comparação com a temperatura compatível com um tratamento biológico eficiente, pelo que é necessário arrefecê-lo. O arrefecimento do efluente é feito através da passagem do efluente por duas torres de arrefecimento.

De seguida, o efluente segue para o pré-tratamento onde passa por dois filtros de malha de 2 mm, na qual ficam retidos os sólidos de maior dimensão, com o objetivo de proteger as membranas do tratamento biológico a jusante.

O tratamento biológico é feito através do sistema ZeeWeed® Membrane Bioreactor (MBR), consistindo num reator biológico integrado com um sistema de ultrafiltração. O licor misto circula através do reator biológico e dos tanques de membrana. As Bombas retiram o efluente

tratado (permeado) das membranas antes da descarga. O tamanho dos poros da membrana (mínimo 0,035 µm e máximo 0,1 µm) rejeita todo o material particulado e também é capaz de reter sólidos dissolvidos com alto peso molecular. Estes sólidos dissolvidos permanecem dentro do reator onde sofrem ainda mais degradação. Os módulos ZeeWeed® consistem num pacote cuidadosamente espelhado de fibra oca reforçada. Os módulos são montados numa armação de aço inoxidável para fazer uma cassete de filtração de membrana, no caso desta ETARI, um ZeeWeed® Cassete 500d. O sistema de filtração consiste em 6 trens de filtração paralelos, cada um equipado com 7 (+ 1 posição vazia) cassetes de filtração, novamente conectadas em paralelo.

Relativamente à fase sólida do tratamento, as lamas são bombeadas por 3 bombas para duas centrífugas, nas quais são desidratadas. Após a desidratação das lamas, estas são transportadas por dois parafusos transportadores, um fixo e um rotativo, para um contentor onde posteriormente serão recolhidas e transportadas para o seu destino final.

3. Elaboração e gestão do projeto da ETARI durante o processo de implementação da metodologia BIM

A elaboração e gestão do projeto com metodologias BIM teve como objetivo servir todas as etapas que intervêm no processo produtivo da instalação.

Com a implementação da metodologia BIM foi verificado que as alterações no planeamento e na execução podem ser simuladas no modelo de construção, numa fase muito precoce do projeto. Isso ajuda todas as partes envolvidas no projeto de construção a ver onde, quando, porquê e quais os custos dos possíveis problemas que possam surgir tanto na fase de planeamento, assim como durante a execução da construção subsequente.

No momento em que uma alteração é realizada, o sistema automaticamente atualiza todo o projeto em tempo real [2]. Essas alterações ao modelo podem ser feitas em planta, num alçado ou num corte pois são automaticamente atualizadas em todo o modelo. Por exemplo, se numa planta se altera a posição de uma válvula, essa mesma válvula aparecerá já na nova posição nos cortes, alçados e no próprio 3D .

Na Figura 2 é possível observar a representação 3D desenvolvida no modelo do projeto de construção da ETARI.

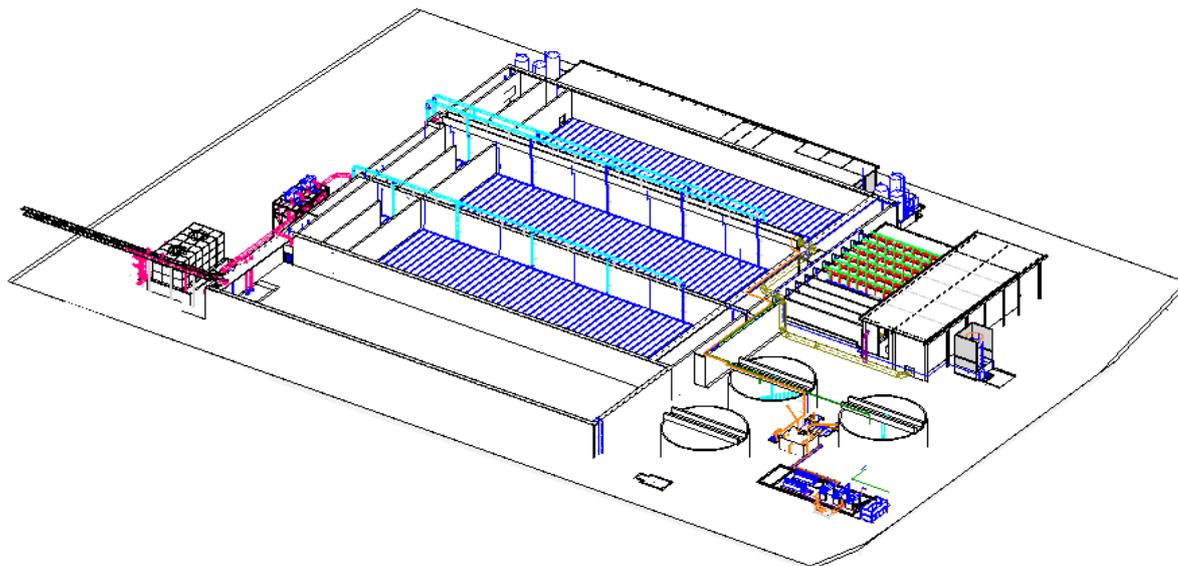


Figura 2: Representação 3D da ETARI.

No momento de gerir um projeto de construção de uma ETARI, é essencial controlar a execução e compatibilização do projeto, controlo das quantidades, aprovisionamento, aprovação e controlo dos equipamentos, fabrico de tubagens, definição de suportes, e a gestão da construção propriamente dita.

A compatibilização do projeto evita que ocorram erros na fase da construção da obra, uma vez que é comum encontrar erros referentes a incompatibilidades entre os projetos de estruturas e instalações, bem como entre os projetos de arquitetura e drenagem, por exemplo [3]. É possível compatibilizar os projetos de diferentes disciplinas com facilidade e agilidade, tanto através do modelo 3D criado automaticamente, ou mesmo pelas plantas, cortes, alçados, entre outros. Isso faz com que os erros de projeto e de obra sejam praticamente inexistentes e deste modo influenciem diretamente o tempo gasto com todo o processo, gerando menos gastos nos projetos e conseqüentemente na construção [4].

Ao longo do processo da elaboração do projeto surge a necessidade de replicar algo similar ao espectável no aspeto produtivo, de controlo, planeamento, certeza de quantidades e comparação de custos. Recorrendo ao BIM é possível controlar todos os aspetos anteriormente referidos, uma vez que este permite extrair listas de quantidades, de acessórios, tubagens e equipamentos, que são criadas automaticamente ao longo que se vão acrescentado os elementos no modelo. No modelo BIM os elementos contêm associados informação, a qual é usada por todas as partes envolvidas na execução e gestão do projeto, desde os empreiteiros ao Dono de Obra. A extração destas listas não só diminui exponencialmente o tempo requerido para o controlo das quantidades como também aumenta a eficácia do processo, isto deve-se ao facto de as listas estarem associadas diretamente aos elementos do modelo, o que diminui a probabilidade de erro associado, refletindo-se assim numa maior eficácia num curto intervalo de tempo.

Na Figura 3 é possível observar parte da lista de quantidades, extraída do Autodesk REVIT, dos equipamentos e acessórios associados ao circuito do backpulse da instalação. Observando a lista verifica-se que esta apresenta os equipamentos e acessórios com a respetiva identificação, o que torna muito eficiente o controlo das quantidades e os respetivos cálculos dos custos associados de modo a que no momento da construção não se ultrapasse inesperadamente o orçamento alocado a esta parte do projeto.

<ZONE BACKPULSE - EQUIPMENT AND ACESSORIES>			
A	B	C	D
MARK	MATERIAL DESCRIPTION	FLUID	BRAND
15 FIT 434	MAGNETIC FLOW TRANSMITTERS DN200	BACKPULSE	E+H
15 LSL 431	PRESSURE GAUGES DN15	BACKPULSE	E+H
15 PI 433	PRESSURE GAUGES	BACKPULSE	WIKA
15 PI 436	PRESSURE GAUGES	BACKPULSE	WIKA
15 PSH 435	PRESSURE GAUGE	BACKPULSE	BETA
15-HV-680	AUTOMATIC BUTTERFLY VALVES DN250	BACKPULSE	BRAY
15-HV-695	AUTOMATIC BUTTERFLY VALVES DN300	BACKPULSE	BRAY
15-HV-696	AUTOMATIC BUTTERFLY VALVES DN300	BACKPULSE	BRAY
15-HV-697	AUTOMATIC BUTTERFLY VALVES DN300	BACKPULSE	BRAY
15-HV-698	AUTOMATIC BUTTERFLY VALVES DN300	BACKPULSE	BRAY
15-V-532	MANUAL BUTTERFLY VALVE DN250	BACKPULSE	BRAY
15-V-546	BUTTERFLY VALVE DN100	BACKPULSE	BRAY
15-V-547	MANUAL BUTTERFLY VALVE DN450	BACKPULSE	BRAY
15-V-550	BALL VALVE AISI	BACKPULSE	Cepex
15-V-551	BALL VALVE AISI	BACKPULSE	Cepex
15-V-552	BALL VALVE	BACKPULSE	Cepex
15-V-553	BALL VALVE AISI	BACKPULSE	Cepex
15-V-554	CHECK VALVE DN300	BACKPULSE	BRAY
15-V-555	BALL VALVE AISI	BACKPULSE	Cepex
15-V-556	BALL VALVE	BACKPULSE	Cepex
15-V-557	BALL VALVE AISI	BACKPULSE	Cepex
15-V-558	BALL VALVE AISI	BACKPULSE	Cepex
15-V-559	CHECK VALVE DN300	BACKPULSE	BRAY
15-V-1010	MANUAL BUTTERFLY VALVE DN250	BACKPULSE	BRAY
152.370	BACKPULSE TANK	BACKPULSE	TADIPOL
153.374	BACKPULSE PUMPS	BACKPULSE	GRUNDFOS
153.375	BACKPULSE PUMPS	BACKPULSE	GRUNDFOS

Figura 3: Parte da Lista de Quantidades dos equipamentos e acessórios referentes ao circuito do backpulse instalação.

É importante realçar que a lista extraída só é eficaz se for aliada a uma correta modelação do projeto, assim como à correta associação de propriedades que foram definidas inicialmente no plano de execução BIM.

Relativamente ao aprovisionamento e controlo de execução, desde o início do projeto conseguiu-se quantificar totalmente todos os materiais e equipamentos que eram necessários aprovisionar para a obra, o que diminuiu exponencialmente a possibilidade de não contabilizar algum deles, refletindo-se numa mais-valia já que o risco é demasiado elevado quando existem prazos de aprovisionamento muito curtos em que é necessário aprovisionar muitos materiais, sendo que alguns deles nem sequer estão em Portugal. Assim, a quantificação rigorosa dos

materiais reduziu significativamente o risco ao mesmo tempo que aumentou a confiança, o que permitiu um maior e melhor controlo da gestão da empreitada.

Com a utilização da metodologia BIM na elaboração do projeto, foi possível controlar os equipamentos, uma vez que esta metodologia permite associar um TAG identificador a cada equipamento, fornecendo informação disponibilizada na hora. A utilização do modelo BIM permitiu que se pudessem fazer reuniões de obra muito mais eficazes e muito mais efetivas dado que o entendimento do processo era muito mais integrado e isso rentabilizou tempo e entendimento principalmente em prazos bastante curtos em que a exigência e o entendimento de todas as partes envolvidas tem que ser claro uma vez que na obra, para além do cliente, intervêm também vários subempreiteiros em que cada um sabe da sua especialidade e às vezes não conseguem ter a visão integrada de todo o processo, algo que o uso da metodologia BIM permitiu.

Na Figura 4 é possível observar o TAG identificador de algumas válvulas e equipamentos na zona do arrefecimento.

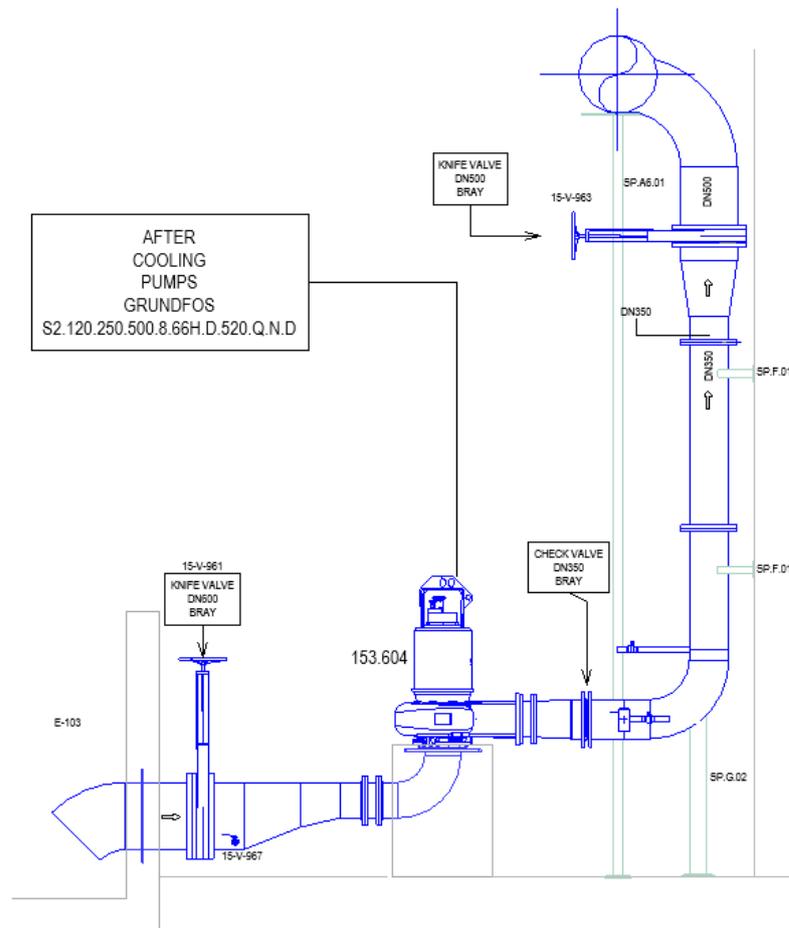


Figura 4: Exemplificação dos TAG identificativos.

No que diz respeito ao fabrico das tubagens, tendo-se recorrido a uma equipa de subempreiteiros que trabalhava na ótica da isometria, a utilização da metodologia BIM permitiu

aproveitar o projeto para que automaticamente fossem representadas as isometrias coincidentes com as tubagens existentes. Assim, ao mesmo tempo que se realizava o projeto, a isometria era algo natural que era adaptado automaticamente, o que resultou numa diminuição do tempo requerido para o fabrico das tubagens, assim como na diminuição dos erros associados à discrepância nas peças desenhadas.

Nas Figuras 5 e 6 é possível observar, respetivamente, o projeto da tubagem de ligação ao reator biológico (representado a vermelho) e a sua representação isométrica, pronto para enviar para fabrico.

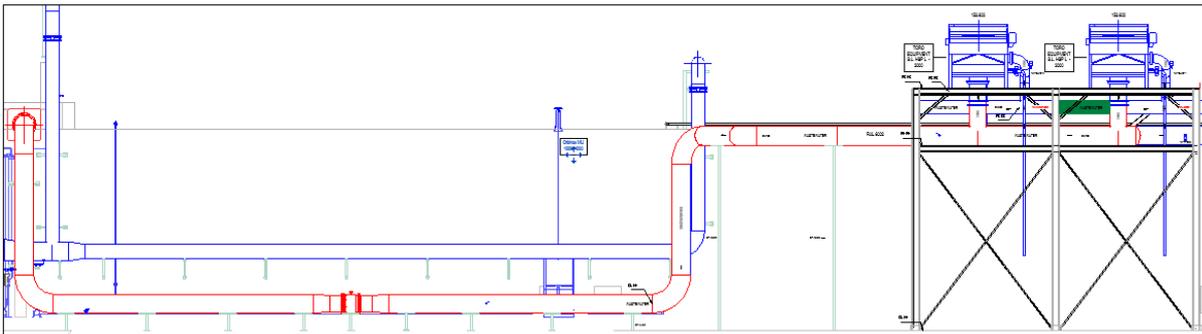


Figura 5: Tubagem de ligação ao reator biológico (representado a vermelho).

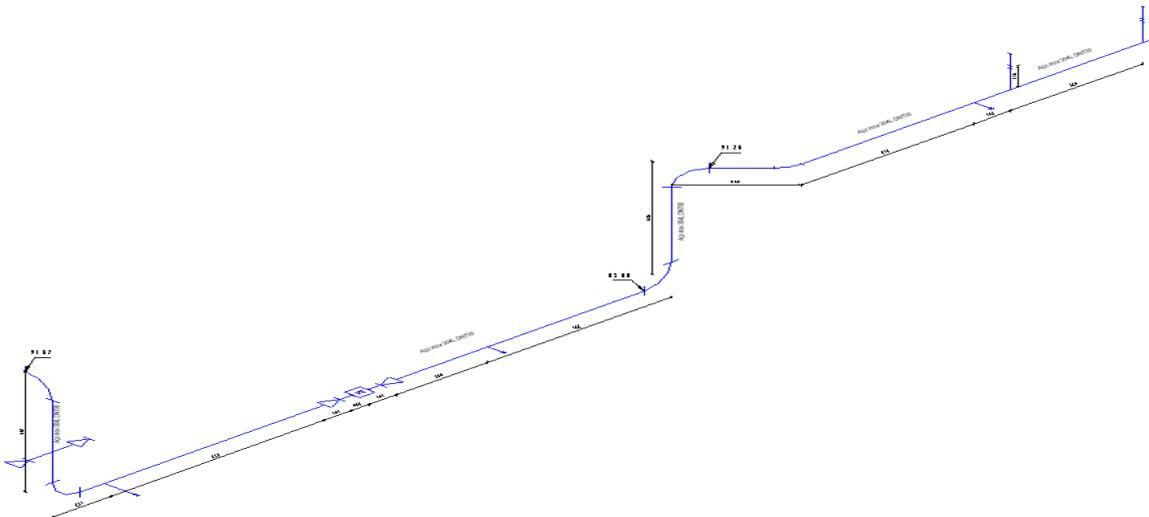


Figura 6: Representação isométrica referente à tubagem representada na Figura 5.

Após coordenação e validação de todas as tubagens, é necessário definir os suportes das mesmas no modelo. Utilizando a metodologia BIM, foi possível modelar um suporte parametrizado, o que se manifesta numa enorme redução do tempo gasto com a replicabilidade dos suportes.

Como se pode observar na Figura 7, o suporte SP.C1.12 e o suporte SP.C1.11 têm alturas diferentes. No entanto, foi fácil representar todos os suportes rapidamente uma vez que o

suporte base foi modelado parametricamente, ou seja apenas foi necessário modificar o valor da altura para se obter as dimensões do novo suporte.

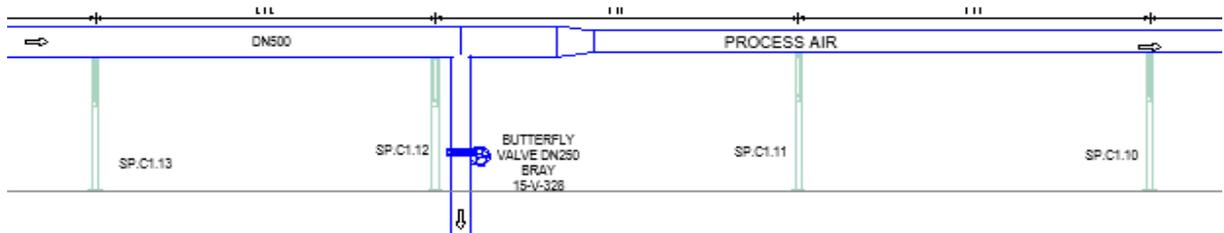


Figura 7: Replicabilidade dos suportes com alturas diferentes.

Por fim, no que diz respeito à gestão da construção, esta resultou num processo eficaz e de fácil execução, uma vez que a elaboração do modelo foi desde o início um processo integrado, exigindo uma baixa taxa de esforço e de preocupação no momento de entrega e produção de telas finais e do modelo do projeto uma vez que este processo consistiu só na confirmação que a obra foi feita de acordo com o modelo. Estas telas finais são muito uteis na medida que o cliente final poderá utilizá-las posteriormente na gestão e monitorização da obra.

Na Figura 8 é possível observar a tela final do processo de decantação das lamas.

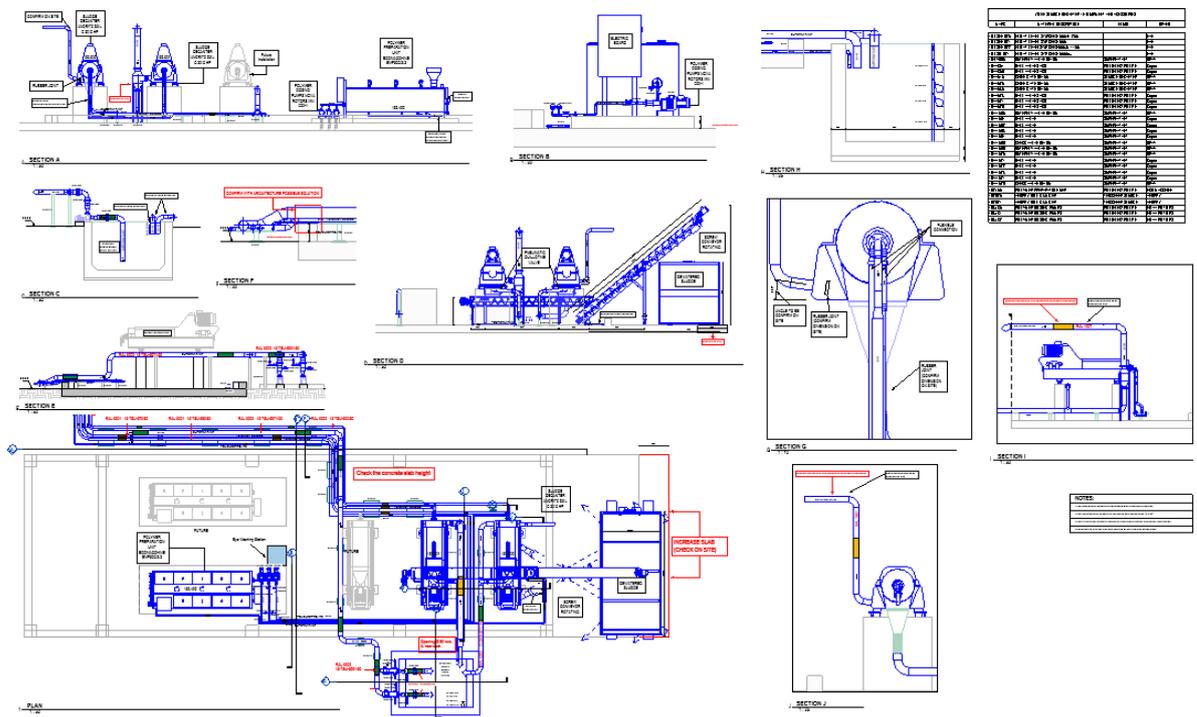


Figura 8: Tela final do processo de decantação das lamas.

3. Conclusão

Após a elaboração e a gestão do projeto de construção da ETARI utilizando a metodologia BIM, foi possível concluir que o uso do BIM proporcionou uma elevada eficácia no processo de gestão da empreitada, uma vez que a adoção deste tipo de metodologia garantiu uma melhor comunicação entre todos os intervenientes da construção potenciando a sua comunicação e a oportunidade de todos os intervenientes participarem em todo o processo, valorizando o resultado final.

Foi possível concluir também que existiu grande facilidade no aprovisionamento e no controlo dos materiais, uma vez que foi possível obter as listas de quantidades (de tubagens, acessórios, equipamentos, suportes) ao mesmo tempo que se associou um código identificativo a cada equipamento.

Verificou-se que os erros e a discrepância entre as diferentes especialidades do projeto foram praticamente inexistentes. Para além disso, conseguiu-se produzir elementos fidedignos baseados na coordenação do projeto, como foi o caso dos fabricos das tubagens e dos suportes. Deste modo, foi possível concluir que o modelo BIM permite a construção virtual do projeto com informações mais confiáveis e consistentes, viabilizando a poupança de tempo e dinheiro.

A melhoria da comunicação durante todo o processo, entre todos os intervenientes, como resultado da aplicação do BIM, introduziu melhorias significativas na eficiência da obra, principalmente em prazos bastante curtos em que a exigência e o entendimento de todas as partes envolvidas tem de ser claro, uma vez que na obra, para além do cliente, intervêm vários subempreiteiros em que cada um domina a sua especialidade e por vezes não conseguem ter a visão integrada de todo o processo, algo que o uso da metodologia BIM permitiu.

Por fim, conclui-se que a metodologia BIM foi implementada desde o projeto até à construção, garantindo a introdução de toda a informação, constituindo uma base de dados no momento da entrega do projeto ao Dono de Obra. Esta base de dados poderá ser utilizada no futuro para a visualização digital de toda a construção, consultando não só a sua parte geométrica como também a informação qualitativa e quantitativa associada à mesma.

Referências

- [1] Project Management Institute, "*A Guide to the Project Management Body of Knowledge, (PMBOK® Guide)*". Fourth Edition, 2008, Pennsylvania, USA.
- [2] Macedo, Eduarda, "Gestão de ativos num projeto de reabilitação urbanística com recurso a metodologias BIM", Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2017.
- [3] Nascimento, Marcos, "A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil", Instituto de Pós-Graduação e Graduação de Goiana, Goiana, Brasil, 2014.
- [4] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, "*BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.*" 2nd Edition. Hoboken, N.J.: Wiley, 2011.

NEW BUGESERA INTERNATIONAL AIRPORT – APLICAÇÃO PRÁTICA

Joel Soares⁽¹⁾, Hugo Marques⁽¹⁾, João Oliveira⁽¹⁾, Alberto Araújo⁽¹⁾

(1) GEG - Gabinete de Engenharia e Geotecnia, Porto

Resumo

O crescente aumento na complexidade dos edifícios expressa-se em muitos aspectos diferentes. A sua forma arquitectónica, requisitos ambientais mais exigentes bem como níveis de desempenho de excelência exigem melhores e mais sofisticadas soluções de engenharia. A redução de prazos e controlo de custos obrigam à utilização de soluções otimizadas e automatizadas que se adaptem perfeitamente a cada projecto e à evolução entre fases do mesmo. Estes e outros aspectos geram a proliferação da informação e tornam o ciclo de vida de um edifício e ciclo de vida dos seu projecto cada vez mais um processo complexo e difícil de controlar. Face a este cenário torna-se imperativo, para um gabinete de projecto, recorrer às mais avançadas ferramentas disponíveis e adaptar os seus processos às exigências do mercado atual e futuro.

O GEG, pela diversidade e especificidade dos projectos em que se envolve e de forma a dar resposta a estes desafios aderiu já plenamente a uma nova metodologia de trabalho, a metodologia BIM.

Este artigo pretende assim apresentar um caso específico de implementação destes processos que será ilustrado com o novo aeroporto internacional do Ruanda. Através da exemplificação da sua aplicação serão apresentadas as estratégias, as dificuldades, as vantagens, e as ferramentas utilizadas para ultrapassar os diversos desafios próprios e inerentes a cada área de projecto.

1. Introdução

O presente artigo descreve alguns processos desenvolvidos pelo GEG na concretização do projecto do *New Bugesera International Airport*.

O *New Bugesera International Airport* - NBIA faz parte do programa do Estado do Ruanda cujo objectivo passa por tornar Kigali um destino turístico e de negócios. O NBIA terá nesta primeira fase uma capacidade inicial de 1,7 milhões de passageiros por ano. [1]

No âmbito deste projecto de concepção-construção, o GEG está encarregue do desenvolvimento do projecto de execução para construção, sendo responsável pelo projeto de todas as especialidades de engenharia, incluindo as estruturas e infraestruturas de todos os edifícios na área do aeroporto, o estudo geológico e geotécnico, o projeto da pista e estradas do aeroporto, incluindo uma via-rápida de ligação à capital Kigali. [1]

Devido à inerente complexidade que um projeto desta natureza e dimensão acarreta, o desenvolvimento do projecto exige que se apliquem as melhores e mais actuais metodologias de trabalho. O BIM já se afirmou como a metodologia de trabalho utilizado pelo GEG, servindo o presente artigo para apresentar alguns aspectos da forma como foi implementada neste projecto.



Figura 1: *Masterplan* do projecto NBIA [2]

2. Planeamento do processo BIM

A adopção da metodologia BIM em projetos desta escala, requer uma ponderada análise sobre o que pode ser feito, mas sobretudo, sobre o que é viável de ser aplicado. Num projeto onde interagem diversos intervenientes e onde é aplicada uma metodologia que é relativamente recente para alguns desses intervenientes, torna-se ainda mais fulcral a correta definição dos métodos de trabalho dentro desta metodologia.

Como forma de estruturar e controlar o fluxo de trabalho a realizar, utilizaram-se como referência os processos adoptados nas normas britânicas, nomeadamente na série 1192 (BS 1192 – PAS 1192-2,3,4,5). Esta série de normas define processos para a gestão da informação durante o ciclo de vida do edifício utilizando a metodologia BIM.

Um dos documentos mais relevantes nestas normas é o Plano de Execução BIM (BEP – *BIM Execution Plan*). O BEP pode ser descrito como sendo o documento preparado pelos intervenientes onde está exposto o método a utilizar na modelação da informação. [3]

Embora não desenvolvido até ao seu limite, a utilização destas normas como referência para a criação de um BEP permitiu o desenvolvimento e organização de métodos de trabalho. Tal como sugerido pela norma, também aqui foi desenvolvido um BEP pré-contrato e um BEP pós-contrato. No BEP pré-contrato focou-se sobretudo no âmbito e finalidades dos modelos. A definição dos objectivos desde o início é essencial para a otimização do fluxo de trabalho, pois permite definir quais os níveis de desenvolvimento (*Level Of Development - LOD*) dos elementos, bem como definir princípios a considerar nas metodologias de modelação. Alterações aos objectivos do modelo no meio do processo, resultam na repetição de trabalhos e nos problemas inerentes, como atrasos e aumento dos custos, entre outros. Após definidas no BEP pré-contrato as finalidades dos modelos e LODs a garantir, o BEP pós-contrato permitiu agregar as necessidades de todos os intervenientes e ajustar os métodos de modelação de cada equipa a esses requisitos e também desenvolver o método colaborativo. Um dos pilares da metodologia BIM é a colaboração e troca de informação entre os diversos intervenientes. Para esta troca de informação, a BS1192-2 [3], aponta a utilização de uma plataforma colaborativa onde todos os intervenientes partilham as suas informações. Esta plataforma é designada por *Common Data Environment*, representada na imagem seguinte.

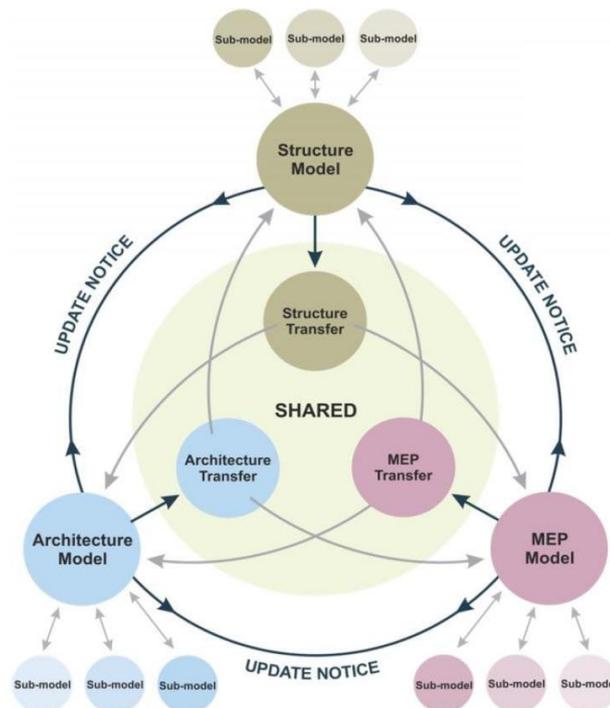


Figura 2: Organograma da *Common Data Environment* [3]

Para este projeto foi utilizado o referido método de partilha entre os modelos, conseguido através de um serviço para armazenamento e partilha de arquivos, disponibilizado a toda a equipa de projecto e cliente, e onde eram colocados os modelos relativos a cada edifício. Desta forma, todos tinham acesso aos restantes modelos mais actualizados em permanência. Analogamente ao exposto na BS1192-2 [3] foi aplicado também o conceito de modelos de trabalho, modelos de partilha, modelos publicados e arquivo. Este método permite trabalhar com modelos que possuem informação validada pelos seus responsáveis.

Para esta troca de informação fluir normalmente é importante também definir quais os formatos para a troca de informação. Neste sentido, embora inicialmente tenha sido sugerida a utilização do formato nativo do *Revit*, acabou por ser adoptado pela maioria dos intervenientes a utilização do formato IFC (*Industry Foundation Classes*). O IFC é o formato neutro e aberto para a troca de dados [4].

3. Fase de Concepção – Edifício do Terminal de Passageiros

Além do processo colaborativo, as ferramentas BIM possibilitam novos fluxos de trabalho que permitem melhorias ao processo de elaboração do projeto. Estas melhorias não se restringem apenas à automação de tarefas, mas também à capacidade de trabalhar com geometrias cada vez mais complexas.

O projeto NBIA, apresenta-se complexo, não apenas pelas especificidades inerentes ao projeto de um aeroporto, mas também porque apresenta edifícios com geometrias complexas. O edifício do Terminal de Passageiros é um desses casos.



Figura 3: Perspectiva do Terminal de Passageiros [2]

Possuindo uma cobertura ondulada, com dupla curvatura, este edifício exigiu desde o início uma maior automação dos processos de produção.

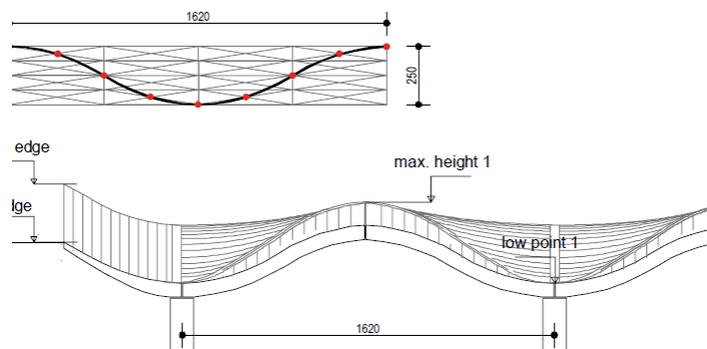


Figura 4: Detalhe de Cobertura do Terminal de Passageiros

Devido ao projeto de concepção ainda se encontrar em fase de maturação aquando da entrada do GEG no processo, a sua intervenção permitiu introduzir inputs para a definição da solução, que seriam mais complexos de implementar após o fecho do estudo conceptual. Esta interação permite testar diferentes soluções, no entanto, as restrições de tempo obrigam a um fluxo de trabalho mais otimizado.

3.1 Fluxo de trabalho

Para a flexibilizar a criação dos diferentes modelos de cálculo optou-se por parametrizar a sua configuração através do *Dynamo*. O *Dynamo* com ferramenta de programação visual, que permite a ligação a *softwares* como o *Revit* ou o *Robot*. Esta parametrização da forma permite facilmente alterar a geometria e devolver o modelo para a ferramenta de cálculo, neste caso, o *software Robot Structural Analysis*. Com parâmetros que controlam a sua forma, facilmente é alterada a amplitude ou o período da função que a define. A Figura 5 apresenta o *script* desenvolvido para uma das soluções de betão.

Além da criação do modelo de análise estrutural, a criação das soluções no *Dynamo* também permite criar estes elementos no *Revit*, onde é possível comparar as diferentes soluções, não só tridimensionalmente, mas também comparar as suas quantidades.

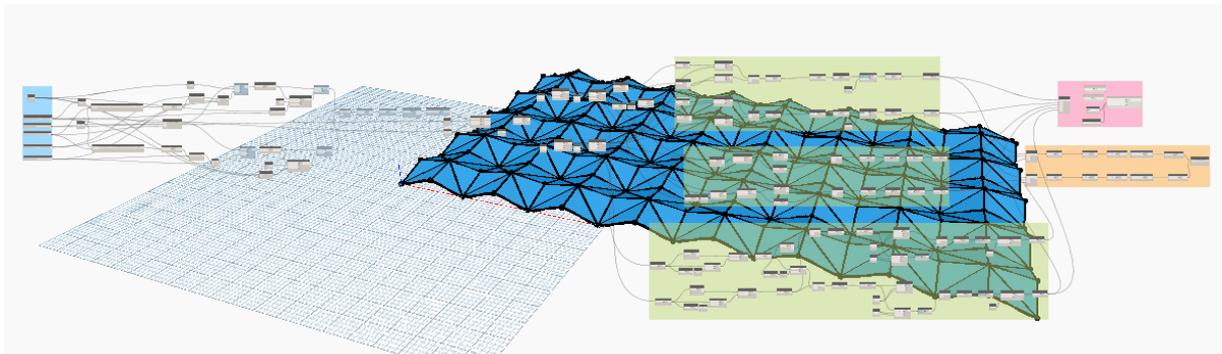


Figura 5: *Script* em *Dynamo* de uma solução em betão

3.2 Estudo de soluções

O estudo de opções englobou soluções em estrutura metálica, bem como em betão armado. Para ambas as situações recorreu-se a modelos parametrizados no *Dynamo*, que serviram como base à criação de modelos de dimensionamento (*Robot*).

Soluções em betão armado:

As soluções estudadas para além de representarem diferentes conceitos estruturais, representam também diferentes graus de aproximação à forma pretendida. Assim, foram estudadas diferentes opções, partindo da solução de módulos individuais em cascas parabolóides hiperbólicas de espessura variável com consolas de diferente dimensão (figura 6a e 6b), à solução de cobertura contínua (figura 6c).

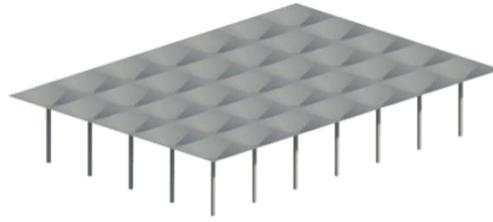
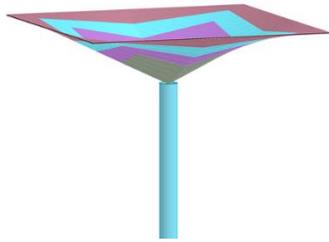


Figura 6a: Modelo *Robot* e *Revit* da solução de betão A

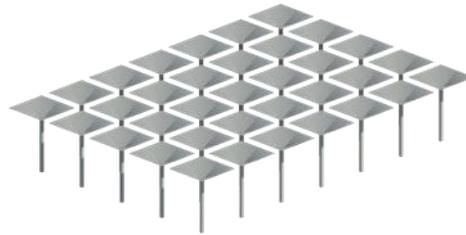
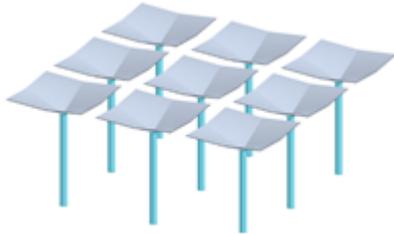


Figura 6b: Modelo *Robot* e *Revit* da solução de betão B

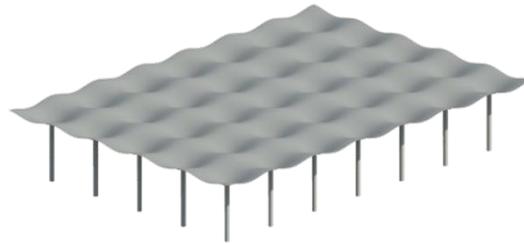
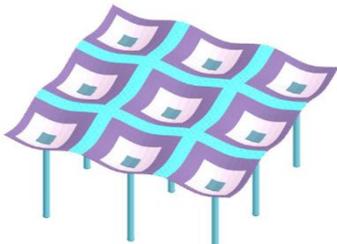


Figura 6c: Modelo *Robot* e *Revit* da solução de betão C

Soluções em estrutura metálica:

Estudou-se uma estrutura composta por uma grelha de vigas curvas e/ou retilíneas, complementadas com elementos diagonais que conferiam efeito de cúpula. Através da modelação paramétrica, fez-se varias o número de divisões ao longo do vão (figuras 7a e 7b), bem como a altura dos cumes ou a existência de diferentes desníveis nas duas direções ortogonais.

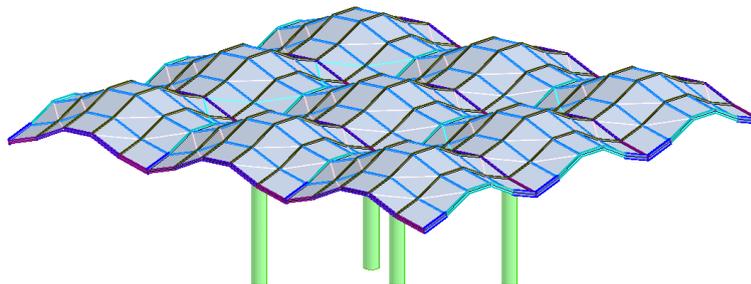


Figura 7a: Modelo *Robot* da solução metálica A

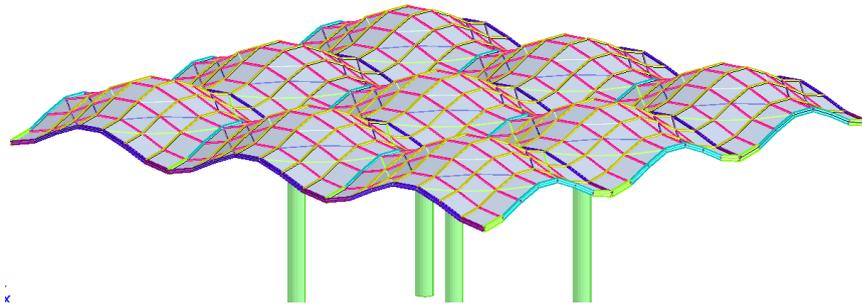


Figura 7b: Modelo *Robot* da solução metálica B

O processo de otimização estrutural, demonstrado pelas imagens atrás, teve como principal objetivo a aproximação ao conceito arquitetónico pretendido (*wavy roof*), sendo que os principais outputs a retirar seriam as quantidades de materiais, a complexidade construtiva, a necessidade de cofragem, os meios de elevação necessários, a possibilidade de pre-fabricação, a necessidade de meios complementares para acabamento ou para proteção ao fogo, entre outros. A ponderação das diferentes variáveis envolvendo os especialistas da empresa construtora, tirando partido das vantagens do modelo concepção-construção, permitiu a obtenção de um sistema estrutural otimizado nas diferentes vertentes da solução final a adotar.

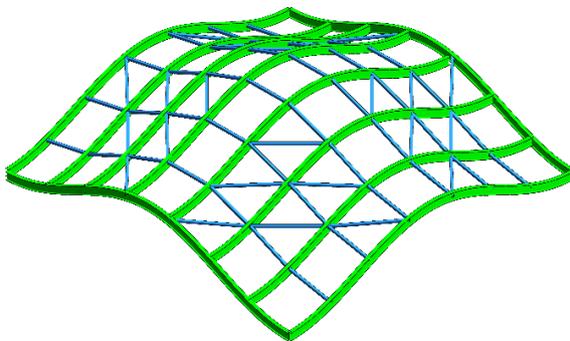


Figura 8a: Solução final da cobertura

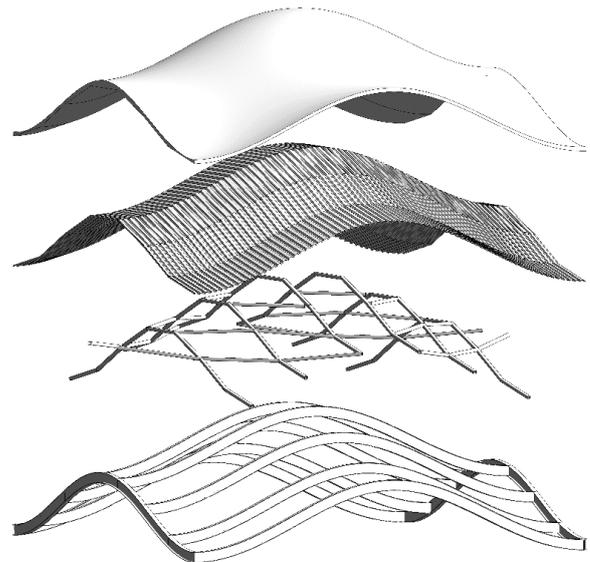


Figura 8b: Esquema construtivo

4. Fase de Projecto de Execução

Concluída a fase de conceção e atingido o nível de maturidade considerado necessário para a prossecução do projecto de execução, pôde então desenvolver-se a solução final do projeto que responde aos princípios inicialmente estabelecidos. A figura seguinte apresenta o fluxo de interoperabilidade entre as diversas ferramentas utilizadas para responder às necessidades inerentes à execução de um projeto com estas especificidades.

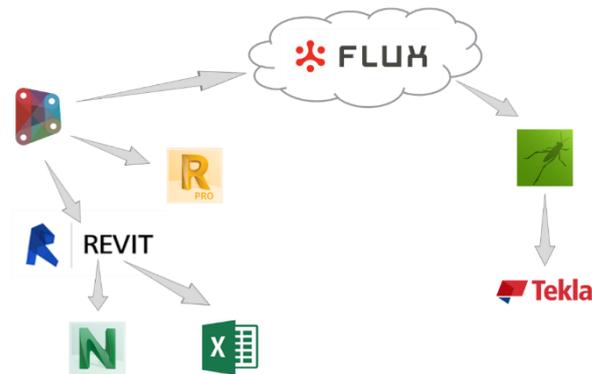


Figura 9: Fluxo de interoperabilidade na fase de execução

4.1 Criação de modelos

Nesta fase do projeto, dada a definição da forma já se apresentar estável, procedeu-se novamente à criação dos modelos parametrizados em *Dynamo*. Depois de parametrizada, a solução era enviada para a ferramenta de dimensionamento, o *Robot*, e para a ferramenta de modelação, o *Revit*. Em ambas as estruturas complexas criadas automaticamente através do *Dynamo* coabitam com os elementos modelados manualmente.

A automação da geometria, embora interessante para geometrias complexas, perde um pouco da sua flexibilidade na fase de projecto de execução. Dado o aumento do número de singularidades, tais como juntas e consolas, e por consequente a perda da padronização, obriga a *scripts* mais elaborados para discretizar os diversos elementos. Na Figura 10 é representado o *script* da solução final desenvolvida em *Dynamo*.

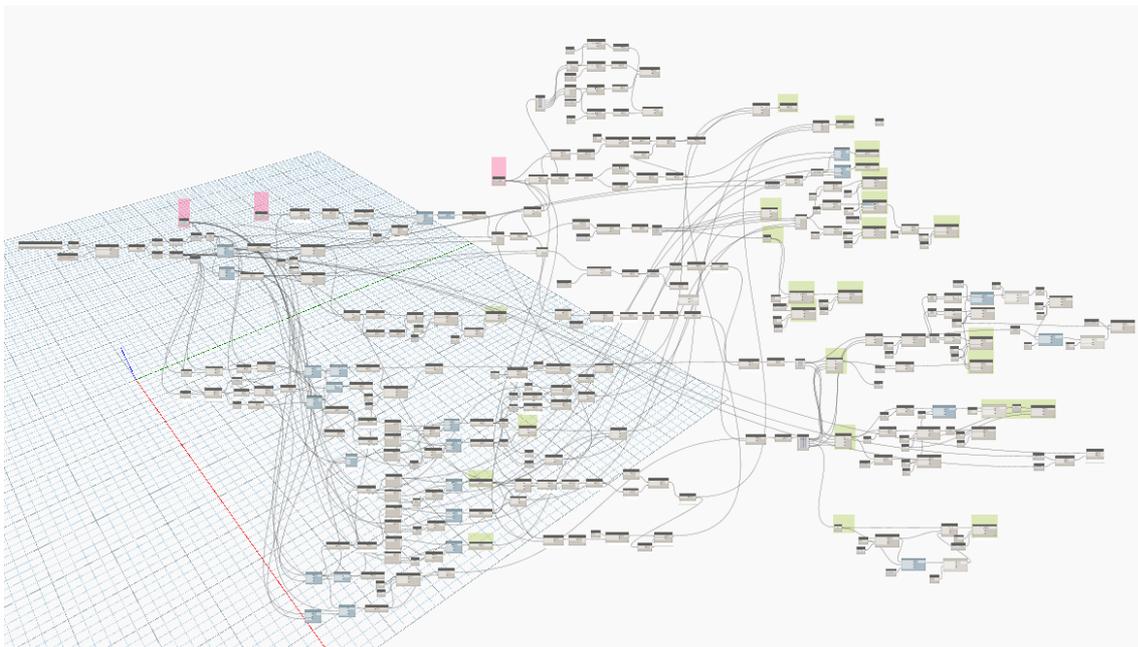


Figura 10: *Script* da solução final da cobertura em *Dynamo*

4.2 Criação de modelos - *Tekla*

Embora o *Revit* seja a ferramenta de modelação base utilizada neste projecto, para algumas situações são utilizadas outras ferramentas. Uma dessas situações são as estruturas metálicas, onde se recorreu ao *Tekla Structures*. Devido à complexidade de algumas estruturas, mantendo como exemplo a cobertura do Terminal de Passageiros, torna-se necessário automatizar a criação destes elementos. Esta automação é necessária não apenas pela rapidez de execução, mas também pela complexidade e rigor exigidos.

A utilização do *script* desenvolvido para a automação da solução da cobertura é também útil para a criação dos elementos nas ferramentas de modelação. No entanto, até à data de realização deste projeto, não existiam ainda muitos desenvolvimentos na interoperabilidade entre o *Dynamo* e o *Tekla*. Como consequência desta falta de interoperabilidade foi necessária a utilização de outras plataformas que permitissem aproveitar o trabalho desenvolvido. Neste caso, o *software* adoptado para a criação automática no *Tekla* foi o *Grasshopper*, cujo conceito é semelhante ao *Dynamo*, mas que permite a criação de elementos nativos no *Tekla*.

Para finalizar este fluxo de trabalho faltava apenas a ponte de ligação do trabalho desenvolvido no *Dynamo* para o *Grasshopper*. Esta ligação foi obtida através da plataforma *Flux*.

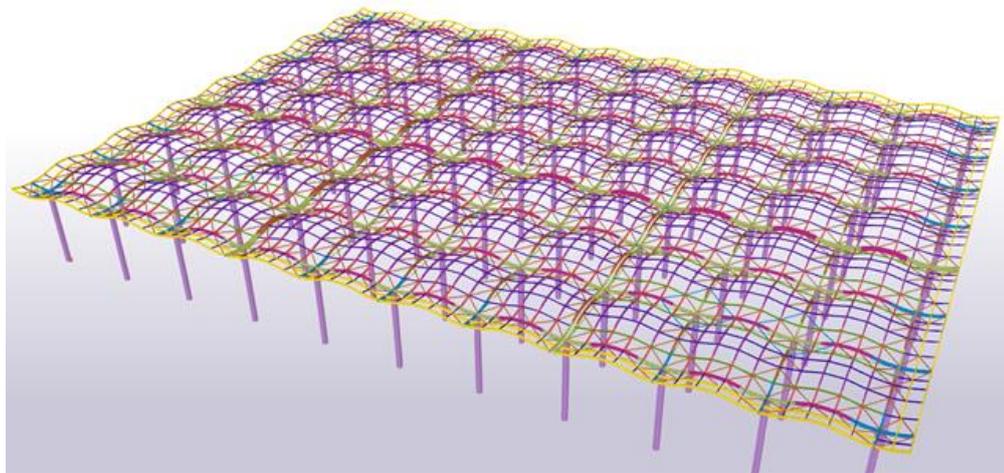


Figura 11: Modelo da cobertura realizado em *Tekla*

4.3 Coordenação de modelos

Uma das grandes vantagens rapidamente identificada com a utilização da metodologia BIM é a facilidade de coordenação das diferentes especialidades. Se por um lado, após a modelação dos elementos é possível compatibilizar todas as especialidades antes da emissão dos desenhos para obra, por outro este fluxo pode ser ainda mais otimizado se esta partilha de modelos decorrer desde o início dos trabalhos. O facto de todas as especialidades terem os seus elementos modelados e posteriormente partilhados, permite durante a modelação ter a percepção dos elementos das restantes especialidades e ir compatibilizando o projecto desde uma fase mais precoce. Para a compatibilização das diversas especialidades foi utilizado o *software Navisworks*. Embora tivesse sido considerada a utilização do formato BCF (*BIM Collaboration Format*) para a troca de informação relativa à coordenação, optou-se por manter o processo mais comum e enviar os relatórios *Navisworks* com a listagem das colisões durante o processo de coordenação.

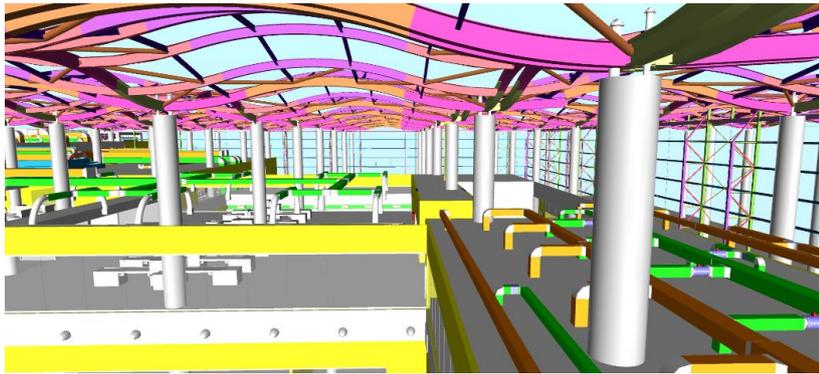


Figura 12: Coordenação entre especialidades no Terminal de Passageiros

5. Conclusão

A utilização da metodologia BIM no processo diário de uma empresa, leva a uma melhoria constante dos processos de trabalho, pois, actualmente, os próprios processos BIM estão em constante desenvolvimento.

A utilização de novas ferramentas permitem responder às necessidades que os projectos actuais exigem, nomeadamente a parametrização das formas geométricas.

A utilização de processos como o *Dynamo* no estudo viabilidade inicial das diversas soluções, permitiu uma maior flexibilidade e rapidez de na execução de alterações. Embora interessante numa primeira interação, este fluxo revele algumas limitações aquando da alteração dos elementos no *Robot* ou no *Revit* e conseqüente actualização no *Dynamo*.

Relativamente a oportunidades de melhoria, dado que, actualmente o projecto ainda se encontra em execução, estão ainda a ser detectadas e analisadas todas as oportunidades de melhoria na otimização do processo. Uma das oportunidades encontradas prende-se com o desenvolvimento do BEP.

Embora a definição de um BEP preliminar na fase de contratação tenha sido importante para especificar as diversas finalidades do modelo e assim garantir que existia sintonia relativamente a níveis de desenvolvimento (LOD) dos elementos dos modelos, este ainda não está completamente formatado segundo a norma britânica, havendo aqui espaço para progressão. Esta evolução do BEP está no entanto dependente de uma maior sensibilização e preocupação por parte do cliente para estas questões.

Referências

- [1] GEG - New Bugesera International Airport, 2017. Disponível em WWW <http://geg.pt/geg-develops-the-engineering-design-for-the-new-bugesera-international-airport-in-rwanda/?lang=en>
- [2] Airport Design Management – New Bugesera International Airport, 2016. Disponível em WWW <http://www.ad-m.com/en/clients/nbia/>.
- [3] BSI, "PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling" British Standard Institution (BSI), 2013.
- [4] buildingSMART - IFC Overview Summary. Specifications: buildingSMART, 2016. Disponível em WWW: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>.

A UTILIZAÇÃO DE RECURSOS BIM NO PROJECTO DE ESTRUTURAS

A. Zita Sampaio⁽¹⁾, J. N. Novais⁽¹⁾, J. P. Oliveira⁽¹⁾

(1) Instituto Superior Técnico, Lisboa

Resumo

A metodologia *Building Information Modelling* (BIM) tem vindo a vir implementada em todos os sectores da indústria da Construção. No entanto, em relação ao projecto de estruturas verifica-se alguma resistência, justificada pela ainda limitada capacidade de interoperabilidade entre os sistemas de base BIM envolvidos, de modelação e de cálculo estrutural. O estudo realizado apresenta a metodologia a seguir no desenvolvimento de dois casos reais de aplicação no contexto do projecto de estruturas. São referidas as principais vantagens e apontadas as limitações encontradas no processo. A investigação descrita pretende contribuir para a divulgação do BIM no projecto de estruturas.

1. Introdução

Na indústria da Arquitectura, Engenharia e Construção (AEC), a metodologia *Building Information Modelling* (BIM), promove o desenvolvimento de projectos, numa base colaborativa assente num modelo centralizador de informação. A nova estratégia de trabalho engloba as diversas especialidades inerentes a um empreendimento [1]. No contexto do projecto de estruturas, reunindo as fases de concepção, análise e pormenorização, é essencial estabelecer uma adequada coordenação com a disciplina de arquitectura e mesmo com os projectos de redes, de forma a evitar possíveis conflitos numa fase posterior. A utilização desta metodologia permite conduzir a uma adequada coordenação e colaboração entre os intervenientes no projecto, e, ainda, a uma rápida obtenção de desenhos e de pormenorização gráfica no contexto do estudo estrutural [2].

O projecto de estruturas é uma parte integrante da concepção do edifício, e portanto é relevante conhecer quais as vertentes do projecto que podem admitir alterações com a implementação da metodologia BIM [3]. Nesse sentido, são efectuadas duas aplicações práticas que envolvem o desenvolvimento dos respectivos modelos BIM estrutural [4] [5]. É criado o modelo estrutural 3D/BIM e o correspondente modelo analítico, por recurso à ferramenta BIM utilizada,

procedendo-se de seguida ao cálculo estrutural. Posteriormente, são obtidos os mapas de quantidades, referente aos elementos estruturais, com vista à preparação da orçamentação da componente estrutural.

2. Geração do modelo de estruturas

Sobre um caso de estudo, um edifício de 8 pisos, identificado através de desenhos traçados em sistema computacional tradicional, foi desenvolvido um modelo estrutural com o recurso a uma ferramenta de base BIM, o *Revit* da *Autodesk*. O processo de modelação é apoiada nas interfaces de fácil uso para um praticante de *AutoCad*, pois há semelhanças no modo de interacção com os menus e as opções incluídos nas janelas de visualização apresentadas. São evidentes as vantagens quanto ao modo de criação do modelo da estrutura e a sua manipulação, comparativamente ao procedimento com recurso a sistemas gráficos de traçado comum.

No contexto da metodologia BIM, a representação de um objecto, como por exemplo, um pilar ou uma sapata, é baseado na modelação paramétrica associada a restrições geométricas de confinamento a grelhas ou níveis e, ainda, a diverso tipo de informação: características físicas, económicas, ou aspectos relacionados com a manutenção [6]. A informação incorporada nos objectos paramétricos utilizados na modelação é relevante para a posterior obtenção de mapas de quantidades ou de desenhos técnicos, a considerar na documentação a anexar ao projecto de estruturas.

No processo de modelação foi utilizado o *template* estrutural, de forma a incluir os materiais necessários (betão e aço), as unidades de projecto adequadas e os objectos paramétricos representativos dos elementos estruturais requeridos. Como auxílio à concepção da solução estrutural é requerida a definição de uma grelha, ao nível do piso, e do valor da cota de cada um dos pisos a considerar. São criados os objectos paramétricos dos pilares e, ainda, das paredes estruturais. Os materiais a considerar são o betão C30/37, aplicado *in-situ*, e o aço A500NR.

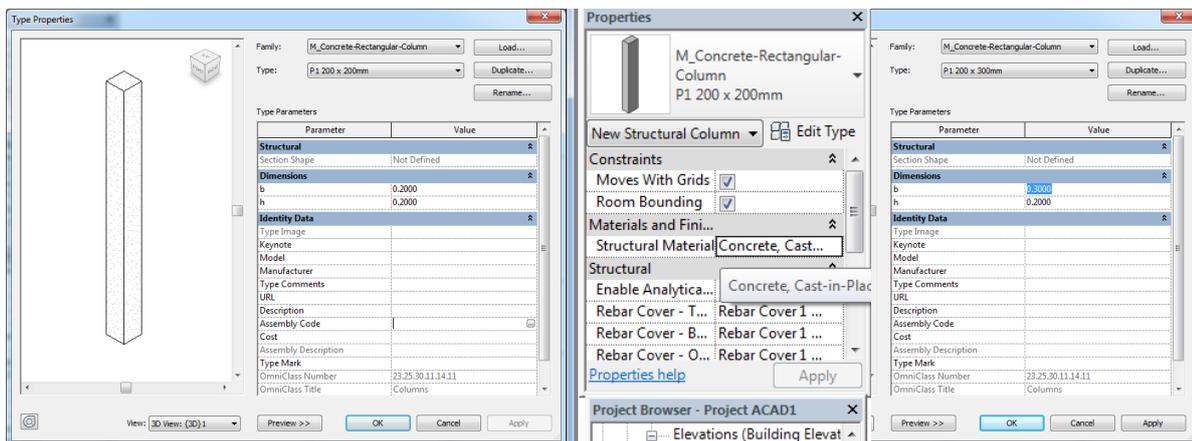


Figura 1: Criação do objecto paramétrico representativo de um pilar [6].

A inserção de pilares e paredes estruturais é efectuada, sobre a grelha representada numa vista em planta (Figura 2). O modelo criado é tridimensional (Figura 2). O *Revit* idealiza os componentes estruturais modelados como elementos analíticos: barra, os pilares e vigas, e como elementos tipo *shell* a paredes e lajes (Figura 2).

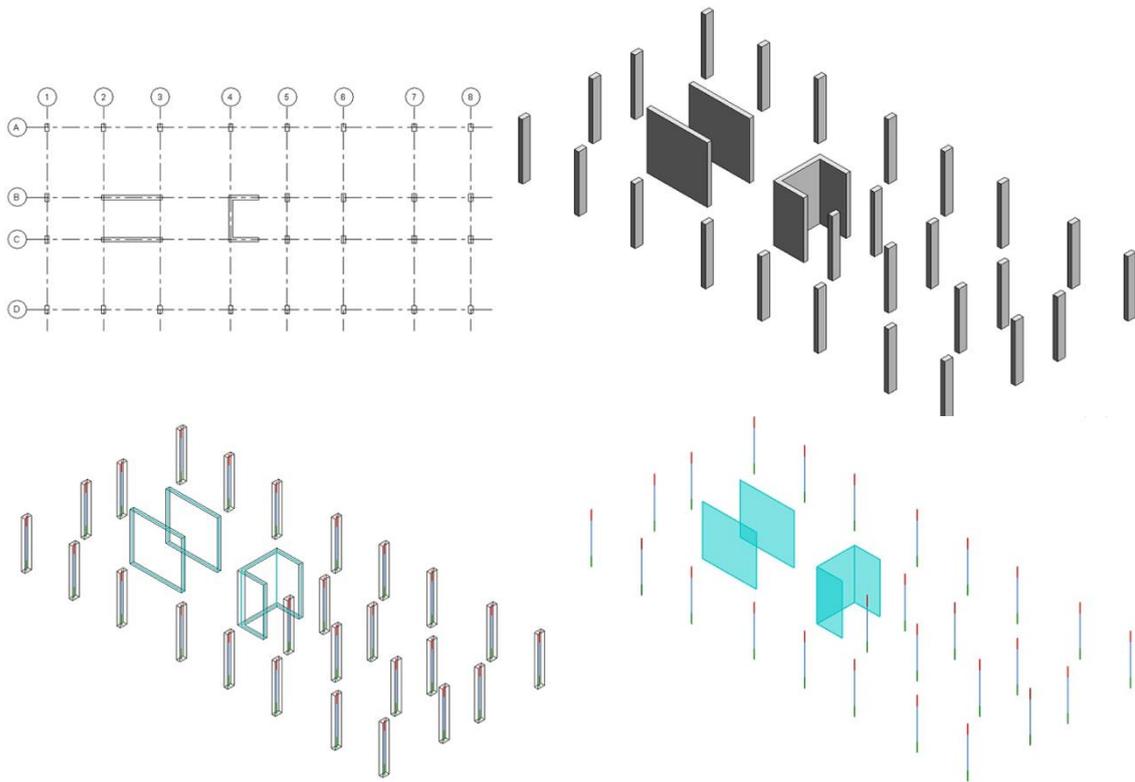


Figura 2: Modelação de pilares e de paredes e modelo analítico [4].

De seguida são modeladas as vigas e, posteriormente, as lajes. Nesta fase do processo de modelação deve ser analisada a relação de sobreposição entre os elementos verticais e as vigas. Assim, e para posterior obtenção do mapa de quantidades relativa ao volume de betão da estrutura, importa conhecer como o programa, em uso, interpreta as intersecções entre os elementos modelados pilar e viga (Figura 3).

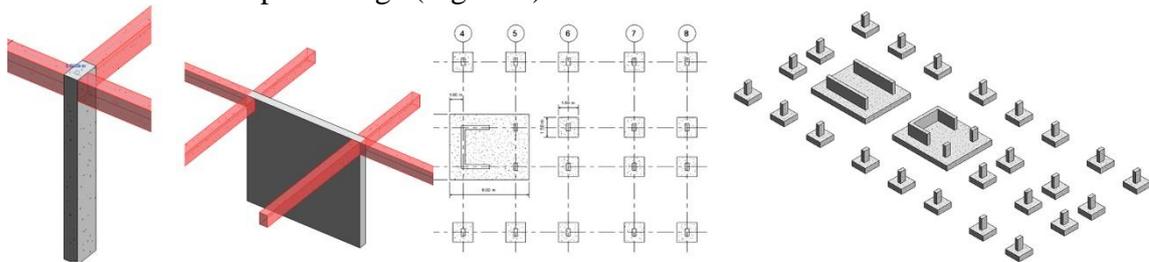


Figura 3: Intersecção entre elementos verticais e vigas e modelação de sapatas.

Os restantes níveis do modelo estrutural, do edifício de 8 pisos, foram criados de um modo idêntico. A configuração geométrica do modelo da estrutura está completo, podendo, de seguida, ser manipulado para efeitos de análise estrutural (Figura 4).

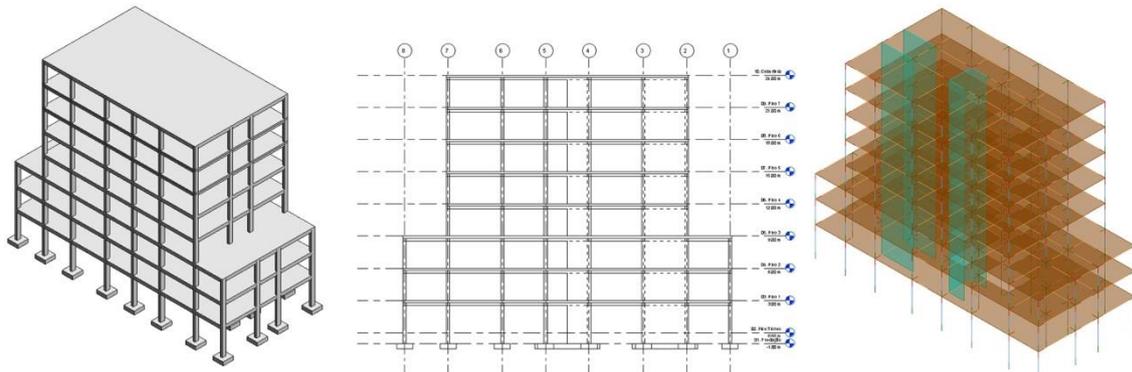


Figura 4: Modelo geométrico e modelo analítico.

A análise estrutural de um edifício é realizada com o recurso a programas computacionais, apoiando o estabelecimento de soluções e o seu pré-dimensionamento e cálculo. Nos gabinetes de projecto são preferentemente utilizados os programas *SAP2000* da *CSI* [8] e *Robot Structural Analysis* da *Autodesk* [9].

Um segundo caso foi analisado (Figura 5). O sistema estrutural é porticado, composto por vigas e pilares e acomodado pelas paredes exteriores, o que facilita o cálculo estrutural e contribui para um bom comportamento sísmico da estrutura. A laje é fungiforme, dado que algumas das paredes interiores não estão alinhadas e deste modo não introduz alterações de natureza estética.

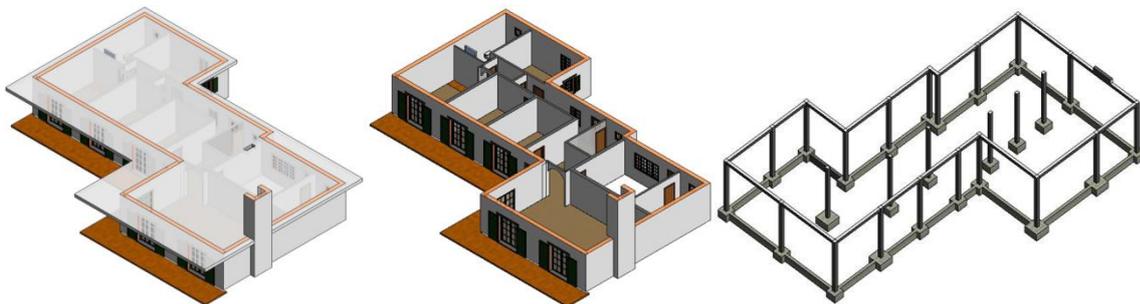


Figura 5: Modelo de arquitectura e de estruturas [5].

3. Transferência de informação

A análise da capacidade de transferência da informação entre a ferramenta BIM e um programa de cálculo estrutural é apresentada de forma a poder evidenciar o nível de eficiência e de correcção do modelo analítico transposto na operação [10]. O nível de produção de um projecto encontra-se relacionado com a capacidade de troca de informação permitida entre as várias etapas. Os diversos intervenientes trabalham sobre o mesmo modelo ou recorrem a ferramentas comerciais de base BIM que terão, para o efeito, que admitir algum grau de interoperabilidade entre sistemas. Assim, um dos objectivos do trabalho é entender como ocorre a troca de informação entre o *software* de modelação e o *software* de cálculo estrutural. Esta transferência é referida como não estando, ainda, isenta de falhas, principalmente para modelos de estrutura complexa.

O *Revit* permite definir as acções requeridas para efeitos do dimensionamento estrutural [4]. As acções a aplicar sobre a estrutura são de carácter permanente e variável: o peso próprio é obtido automaticamente dos objectos paramétricos com base na sua geometria e peso volúmico considerando o tipo de material; as restantes cargas permanentes, qG , são estabelecidas e também aplicadas; as acções variáveis, qQ , são definidas com valor distinto para o piso corrente e o terraço. Após a aplicação das cargas, considera-se que a estrutura se encontra correctamente modelada, e realiza-se a transferência do modelo analítico para o *Robot*.

3.1 Transposição *Revit/Robot*

Após a validação do modelo analítico, procede-se à exportação do modelo *Revit* analítico através da integração com o *Robot Structural Analysis Extension*, tendo em conta a definição de opções tomadas: o tipo de carga, os casos de carga e o peso próprio; os graus de liberdade da barra de elementos; os materiais utilizados. No processo de transferência do modelo *Revit* para o sistema de cálculo interessa inicialmente identificar no *Robot* eventuais incorrecções de inconsistência geométrica ou de eliminação de elementos, condições de apoio ou de acções. Realizando uma verificação inicial sobre o modelo do caso de estudo, a ferramenta de cálculo apresenta avisos de erro, associados à existência de elementos barra com comprimento nulo e de pontos isolados no modelo. Procede-se à eliminação directa desses elementos, sobre o modelo transferido, de forma a este não apresenta erros nem situações de possíveis incompatibilidades (Figura 6).

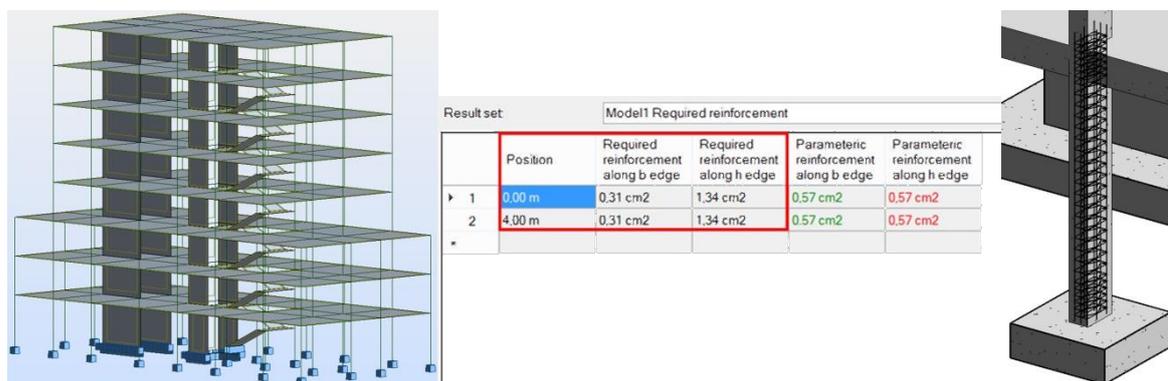


Figura 6: Modelo analítico e armadura requerida num pilar no *Robot*.

Posteriormente, são verificadas as combinações de carga (incluído ainda a acção sísmica), a rigidez da barra de elementos e as malhas de elementos finitos, e são determinadas os esforços na estrutura. Ainda, no *Robot*, é efectuado o cálculo da área de armadura necessária por elemento estrutural e definida a correspondente pormenorização de armaduras em cada elemento estrutural (Figura 6).

Alguns dos desenhos de pormenorização criados no *Robot*, não cumprem os requisitos usuais requeridos num desenho corrente de detalhe de armaduras [11]. Assim, os desenhos foram de seguida exportados para a aplicação o *AutoCAD Structural Detailing* (*ASD*), e foram efectuadas as correcções necessárias. Neste processo verificou-se que a inclusão da aplicação *ASD* no fluxo de dados entre os sistemas *Revit* e *Robot*, contribuiu para uma melhoria na qualidade global de informação gráfica. No entanto, interrompe o fluxo bidimensional BIM pretendido, pois há uma complementaridade de desenho tradicional CAD.

Em relação ao segundo caso, a Figura 7 ilustra a obtenção de esforços no Robot, que resultam do cálculo estrutural aplicado, considerando as combinações de cargas que permitam efectuar a verificação de segurança da estrutura. Conferida a consistência do modelo procede-se à verificação de segurança de estruturas e conseqüente pormenorização de armaduras.

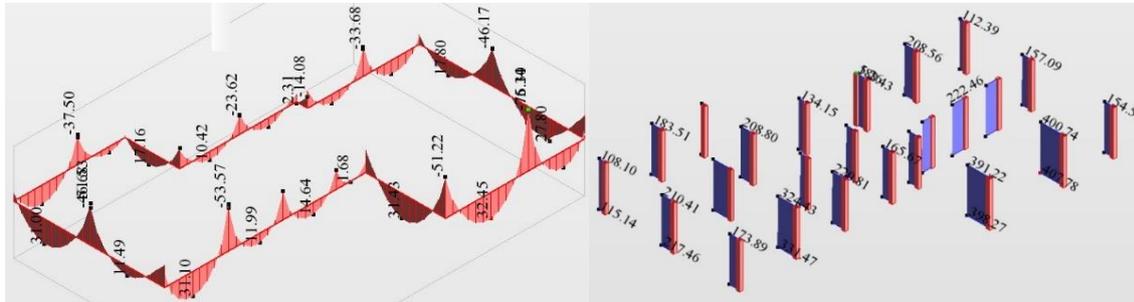


Figura 7 : Resultados de esforços obtidos em vigas e pilares.

3.2 Transposição *Robot/Revit*

Posteriormente, analisou-se o fluxo de informação entre o *Robot* e o *Revit*. A geometria alterada no *Robot* não é transferida de um modo capaz para o *Revit*, devendo as alterações necessárias ser rectificadas no *Revit*. Há assim alguma duplicação de trabalho. É também analisado processo de transferência da informação referente às armaduras para o modelo *Revit*. Neste caso, apenas as armaduras dos elementos viga e pilar são transpostos com sucesso. Verifica-se que em relação aos restantes elementos ou não ocorre a transposição de informação ou esta acontece com erros. O nível de correcção do fluxo de informação do *Revit* para o *Robot* é satisfatório, mas o inverso é ainda muito limitado, no entanto o volume de informação que é transferido é significativo:

- Assim a correcção e a adição da pormenorização em falta pode ser efectuada no *Revit*, com base nos resultados do cálculo estrutural elaborado no *Robot*;
- Para a definição e pormenorização de armadura a *Autodesk* dispõe, actualmente, de aplicações acedidas directamente a partir da interface do *Revit*, nomeadamente, *Advance Concrete e Reinforcement*;
- Para a colocação da armadura da sapata ilustrada Figura 8 é utilizado o comando *Reinforcement*, incluído no separador *Revit Extensions*. São definidos varões de diâmetro distinto por direcção ortogonal e indicado o espaçamento entre varões, recobrimentos e o método de amarração de armaduras (gancho);
- Para a pormenorizar de armaduras em lajes, o *Revit Extensions* possibilita a inserção de uma malha de armadura, assim como o seu reforço de canto e junto a aberturas. São indicados o diâmetro do varão e o espaçamento, a considerar para cada uma das faces, superior e inferior, e a área onde se pretende inserir a armadura (Figura 9). O *Revit* ajusta a colocação de armaduras de forma a obter uma solução próxima do limite imposto pelo utilizador.

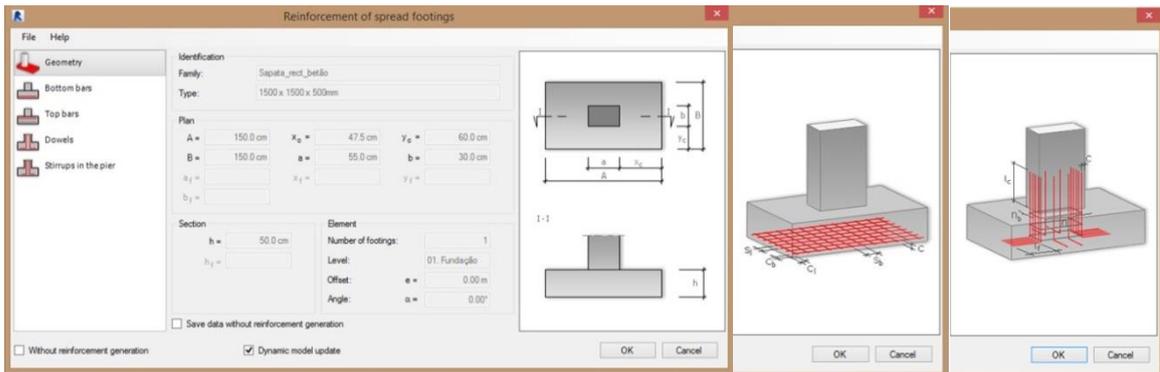


Figura 8: Pormenorização de armaduras em sapata [4].

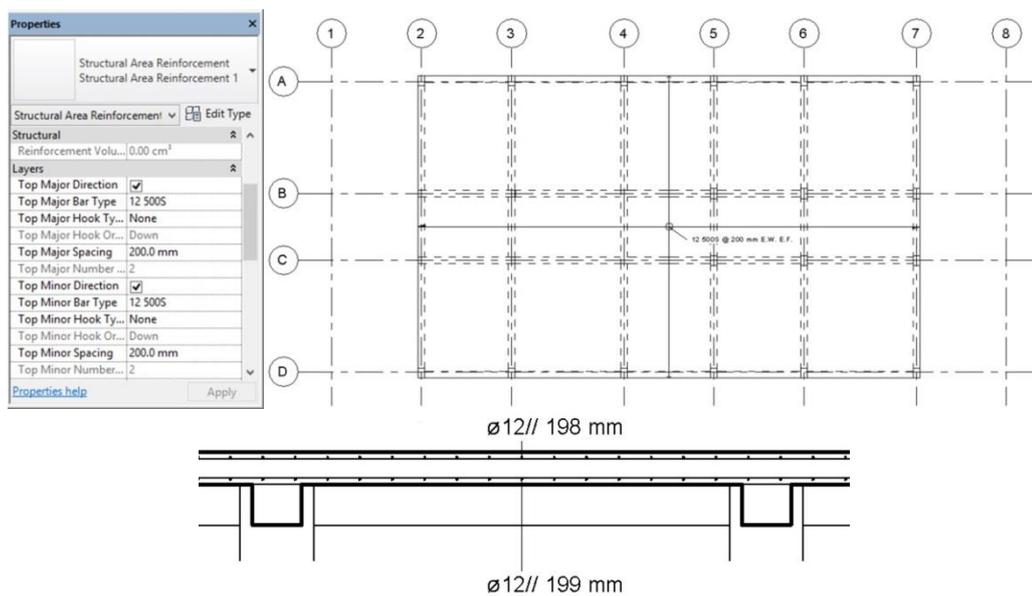


Figura 9: Pormenorização de armaduras em laje e detalhe de representação em corte [4].

Em relação ao segundo caso, e ainda no Robot é definida a distribuição de armaduras na laje (Figura 10). Assim como as armaduras das vigas e dos pilares. Contudo

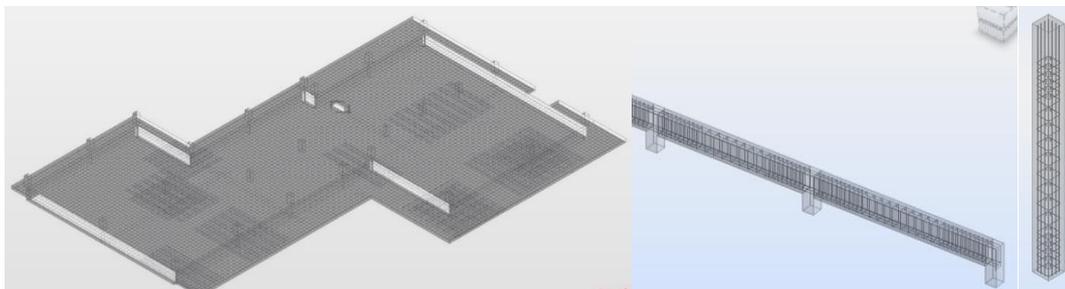


Figura 10: Pormenorização de armaduras no Robot [5].

Contudo na transposição da pormenorização de armaduras do Robot para o Revit foram verificadas algumas limitações. Nomeadamente as armaduras das lajes não são transpostas,

sendo posteriormente efectuada uma pormenorização idêntica no *Revit*, e na zona de intersecção de vigas e pilares há sobreposição de armaduras de um modo incorrecto (Figura 11).

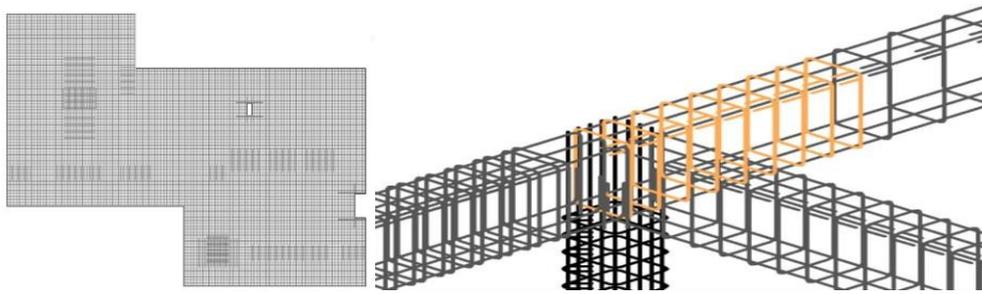


Figura 11: Incorrecção de transposição de informação Robot/Revit [5].

4. Extracção de informação

Uma das vantagens da metodologia BIM é a capacidade de se poder extrair diverso tipo de informação do modelo. O modelo BIM de estruturas criado no *Revit* e complementado com a informação obtida do cálculo estrutural efectuado, permite que se proceda à extracção de dados do modelo para a obtenção de mapas de quantidade de volume de betão, de área de cofragem e de comprimentos de armaduras por tipo de diâmetro.

4.1 Obtenção de mapas de quantidades

O *Revit* permite a geração de tabelas dinâmicas, em que as alterações efectuadas no modelo têm repercussão imediata nas tabelas. Para a obtenção do mapa de quantidades referente ao volume de betão deve ser seleccionando o comando *Schedules* e indicado o tipo de elemento a considerar. A organização do mapa de quantidades é estabelecida através da selecção dos campos relativos a valores ou designações, que se pretendem incluir: família e tipo; material estrutural; nível do piso e volume. O programa permite realizar diverso tipo de formatação e de selecção de itens a serem visualizados através de filtros e agrupamentos, possibilitando ainda a obtenção da área de cofragem (Tabela 1).

Tabela 1: Tabelas de volume de betão e de área de cofragem dos pilares [4].

Família e Tipo	Material estrutural	Nível da Base	Volume [m³]	
Pilar_rect_betão: 300 x 550mm	Betão C30/37	01. Fundação	16,30	
Pilar_rect_betão: 300 x 550mm	Betão C30/37	03. Piso 1	12,01	
Pilar_rect_betão: 300 x 550mm	Betão C30/37	04. Piso 2	12,01	
Pilar_rect_betão: 300 x 550mm	Betão C30/37	05. Piso 3	8,32	
Pilar_rect_betão: 300 x 450mm	Betão C30/37	06. Piso 4	6,80	
Pilar_rect_betão: 300 x 450mm	Betão C30/37	07. Piso 5	6,80	
Pilar_rect_betão: 300 x 450mm	Betão C30/37	08. Piso 6	6,80	
Pilar_rect_betão: 300 x 450mm	Betão C30/37	09. Piso 7	6,80	
Sub-Total			75,86	
Família e Tipo	Quantidade	Nível da Base	Inferior [m²]	Lateral [m²]
Pilar_rect_betão: 300 x 550mm	26	01. Fundação	0	161,96
Pilar_rect_betão: 300 x 550mm	26	03. Piso 1	0	117,76
Pilar_rect_betão: 300 x 550mm	26	04. Piso 2	0	117,76
Pilar_rect_betão: 300 x 550mm	18	05. Piso 3	0	81,63
Pilar_rect_betão: 300 x 450mm	18	06. Piso 4	0	71,55
Pilar_rect_betão: 300 x 450mm	18	07. Piso 5	0	71,55
Pilar_rect_betão: 300 x 450mm	18	08. Piso 6	0	71,55
Pilar_rect_betão: 300 x 450mm	18	09. Piso 7	0	71,55
Total			0	765,31

4.2 Apresentação de peças desenhadas

Finalmente, o modelo BIM de estruturas permite a apresentação das peças desenhadas organizadas em folhas. Para a criação de uma folha é seleccionada a opção *Sheet*, no painel *Sheet Composition*, no separador *View*, e escolhido um tipo de folha (formato e legenda). No *Revit* a escala de representação é associada a cada vista. Para a composição de cada folha de desenho, é necessário ter a folha “activa” e “arrastar” as vistas que se pretendem incluir para o plano de trabalho, ficando cada projecção representada com a escala definida na respectiva vista. A Figura 12 ilustra a composição de um desenho do projecto de estruturas referente ao segundo caso de aplicação).

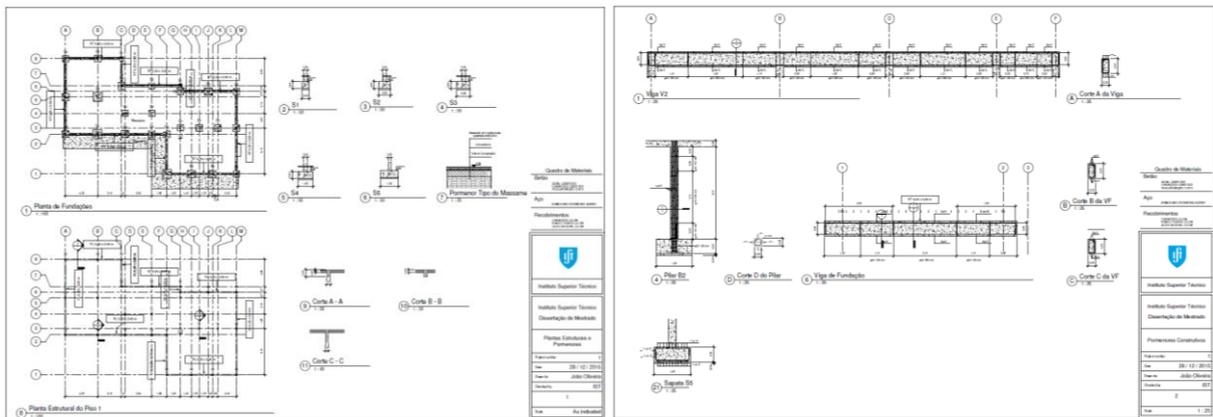


Figura 12: Folhas de desenho do projecto de estruturas [11].

Os desenhos técnicos devem ser obtidos sempre a partir do modelo BIM actualizado e verificado, para que o conjunto de desenhos a estabelecer sejam correctos, sem que apresentem incoerência de representação entre si [11]. Cada desenho, criado segundo a organização pretendida, constitui uma tela activa pois todas as alterações efectuadas sobre o modelo BIM, são automaticamente actualizadas nas representações de cada vista incluída no desenho. A capacidade de manter as folhas de desenho sempre actualizadas é uma das grandes vantagens da metodologia BIM, em relação ao desenho realizado em *AutoCad*, pois deste modo não há lugar a incoerências nos desenhos da documentação gráfica do projecto.

5. Conclusões

A metodologia *Building Information Modelling* (BIM) é apoiada num elevado nível de interoperabilidade dos sistemas de base BIM utilizados na elaboração de um projecto de um edifício. O modelo de estruturas, elaborado num *software* de modelação BIM, deve poder ser transposto para um programa de dimensionamento estrutural, com a garantia de correcção da informação no processo de transferência entre os sistemas.

O estudo apresenta a aplicabilidade da metodologia num projecto de estruturas, apoiado no desenvolvimento de fases sequenciais distintas: geração do modelo estrutural; preparação do modelo analítico para o cálculo estrutural; pormenorização de armaduras; obtenção de mapas de quantidades e peças desenhadas. No texto, são descritos os modos de operação por recurso a sistema de base BIM (*Revit* e *Robot*) complementados com *Revit Extensions*; referidas as principais vantagens na extracção de informação do modelo (mapas de quantidades e desenhos);

apontadas algumas das limitações encontradas (deficiente transferência de informação no sentido *Robot/Revit*). A aplicação *Revit Extensions* é satisfatória quanto aos resultados alcançados mas não é muito intuitiva e requer algum trabalho. No entanto, permite a geração de um modelo de estruturas completo contendo toda a informação geométrica relativa a todos os elementos modelados (classificados por tipo, material, piso) e a relacionada com a pormenorização de armaduras estabelecida no cálculo estrutural. Deste modo, o modelo BIM, rico em informação, tem a capacidade de fornecer os dados necessários para a obtenção de tabelas de quantidades e de peças desenhadas.

Embora a metodologia BIM tenha vindo a ganhar uma grande aceitação junto da comunidade da indústria da Construção, verifica-se alguma resistência na sua implementação no projecto de estruturas. Contudo a evolução tecnológica está em permanente desenvolvimento, e a investigação no sentido de uma melhor compatibilidade entre as aplicações de modelação e de cálculo, devem conduzir a um nível mais satisfatório de utilização em ambiente BIM. Nesse sentido, a formação de novos engenheiros deve incluir esta componente.

Referências

- [1] S. Azhar, M. Hein, B. Sketo. “Building information modeling (BIM): benefits, risks and challenges, <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT182002008.pdf> 2008.
- [2] R. Eadie, M. Browne, H. Odeyinka, C. McKeown, S. McNiff, “BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis, *Automation in Construction* 36 (2013) 145–151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>
- [3] L. J. Chen, H. Luo, “A BIM-based construction quality management model and its applications”, *Automation in Construction* 46 (2014) 64–73 <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>
- [4] J. N. Novais. “Análise da implementação do modelo BIM no projecto de estruturas”, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2015.
- [5] J. P. Oliveira. “Gestão do modelo BIM no âmbito do projecto de estruturas” Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2016.
- [6] A. Z. Sampaio. “Conceito BIM e multiutilização: modelos nD/BIM”, *ICEUBI2017 - International Congress on Engineering*, Covilhã, Portugal, 5 - 7 December 2017, ISBN 978-989-405-8, ISSN 2183-9891, ID: 25, <http://iceubi.ubi.pt/>
- [7] A. Z. Sampaio. “Modelo BIM: Geração do modelo de estruturas: solução estrutural, geração do modelo, obtenção de cortes e quantificação de material”, Texto didáctico da unidade curricular Desenho Assistido por Computador, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Portugal, 2016.
- [8] SAP2000 <https://www.csiamerica.com/products/sap2000>
- [9] Robot Structural Analysis <https://www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview>
- [10] P. Serra. “Análise da implementação de processos BIM aplicados ao projecto de estruturas” Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2015.
- [11] A. Z. Sampaio, V. Azevedo. “Geração e análise do modelo de estruturas BIM”, *BE2016, Encontro Nacional de Betão Estrutural*, ID:3, 9pgs, Coimbra, Portugal, 2016, <http://be2016.dec.uc.pt/>

AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS AEROPORTUÁRIAS. PROPOSTA PARA INTEGRAÇÃO DE DADOS EM BIM

Jorge Lopes⁽¹⁾, Simona Fontul^{(1),(2)}, Maria João Silva⁽²⁾, Paula Couto⁽²⁾

(1) Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

Resumo

O BIM é uma metodologia que serve para toda a indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) e, como tal, permite a representação das características estruturais e funcionais de uma construção, incluindo atividades, entre outras informações. A característica principal do BIM é o sistema de modelação tridimensional que inclui a gestão, partilha e troca de dados de todo o ciclo de vida de uma estrutura, isto é, o modelo BIM pode conter imagens tridimensionais em tempo real, onde cada elemento estrutural ou objeto possui informação dos dados físicos.

A eficiência do transporte aéreo depende, entre outros aspetos, da qualidade, do desempenho e da logística das diversas partes constituintes de um aeroporto. O desempenho dos pavimentos aeroportuários diminui ao longo do tempo, causado pela redução da capacidade de carga do terreno e por fatores ambientais. Por estas razões, são realizadas campanhas de avaliação dos pavimentos de modo a fornecer possíveis soluções de manutenção e reabilitação.

No âmbito das infraestruturas aeroportuárias, pretende-se avaliar a aplicabilidade prática do conceito BIM num projeto estrutural de um caso de estudo. Esta metodologia pode ser implementada no sistema de gestão de pavimentos aeroportuários, possibilitando o registo das suas características físicas e geométricas, bem como os dados e intervenções realizadas no pavimento.

1. Introdução

O uso do transporte aéreo tem vindo a aumentar nas últimas décadas, sendo este usado como um meio de transporte por milhões de pessoas por todo o mundo. Como resultado, as infraestruturas e as indústrias aeroportuárias que asseguram esta procura têm o objetivo de

demonstrar uma boa funcionalidade, a nível funcional e estrutural [1]. Das várias partes que o definem, é o pavimento aeroportuário, que desempenha um papel fundamental, consistindo em garantir condições operacionais de forma que haja uma circulação normal de aeronaves no solo. No entanto, o desempenho destas infraestruturas diminui ao longo do tempo, causado pela redução da capacidade de carga do terreno e fatores ambientais [2].

Assim, estas ocorrências podem originar incidentes e acidentes envolvendo a aeronave que, por sua vez, envolve a vida das pessoas. Portanto, a necessidade de intervenção e manutenção é importante para a gestão de pavimentos aeroportuários que, por sua vez, apresenta informações para o seu funcionamento normal. Por esta razão, as campanhas de avaliação dos pavimentos são realizadas de modo a fornecer possíveis soluções de manutenção e reabilitação.

O presente trabalho centra-se nas campanhas de avaliação de pavimentos realizadas num caso de estudo de uma pista aeroportuária, combinando uma pesquisa extensa de características funcionais e estruturais para definir métodos de avaliação de pavimentos essenciais para a sua manutenção. Os resultados das campanhas são implementados num ambiente BIM aplicado num modelo estrutural, com o uso de um *software* de modelação. Assim, pretende-se também familiarizar-se com a metodologia BIM, definindo as suas principais vantagens e funcionalidades em relação aos métodos mais tradicionais. De forma particular, destina-se a avaliar a capacidade de guardar e gerar informação essencial em relação ao caso de estudo num modelo BIM.

O presente artigo baseia-se na tese de mestrado com o título “*Evaluation of Airport Infrastructures. Proposal for data integration in BIM*”, que foi desenvolvida e coorientada ao abrigo do protocolo entre o LNEC e a FCT-UNL.

2. Enquadramento teórico

2.1 Infraestruturas aeroportuárias

Os pavimentos aeroportuários são planeados, construídos e conservados de modo a suportar as cargas críticas impostas pelos aviões e garantir uma superfície firme, estável e lisa para proporcionar uma circulação segura. No entanto, os problemas de deterioração em pavimentos são inevitáveis e o aumento de operações têm vindo a acelerar o seu processo nas infraestruturas existentes. Esta deterioração gradual é ainda acelerada por vários fenómenos, tais como, introdução de aviões de grande porte, efeitos de fadiga, técnicas de construção defeituosas, materiais de qualidade inferior, condições climáticas, entre outros [2].

Por estas razões, os pavimentos requerem uma manutenção de rotina sistemática, bem como campanhas de avaliação em função das características funcionais e estruturais.



Figura 1: Campanhas de avaliação

2.2 BIM

As mudanças constantes a que um projeto está sujeito são dadas pela necessidade de uma solução estrutural económica. Este problema requer uma ferramenta que permita o processamento rápido de dados para dar suporte às mudanças realizadas na fase de projeto.

Na primeira fase do processo tradicional, o trabalho é iniciado através de uma interpretação de desenhos, seja em papel ou em CAD, sem informação associada aos seus elementos. Os documentos são, então, interpretados num projeto de um edifício ou de infraestruturas e, por fim, os modelos são criados através de uma aplicação de *software*.

Com o uso da metodologia BIM, deixa-se de realizar as tarefas em fases e passa a ser criado um modelo central por objetos paramétricos de famílias de várias especialidades. Estes objetos paramétricos são, portanto, objetos digitais que contém, além de paramétricos geométricos, várias características funcionais e físicas [3]. Todo o processo da modelação é acelerado, pois nenhum esforço adicional é necessário para modelar novas estruturas sempre que uma especialidade é utilizada.

Os recursos do *Revit Structure* incluem um modelo exclusivo para documentação e análise estrutural, sendo que algumas das suas principais características são as seguintes:

1. Componentes paramétricos estruturais;
2. Detalhe estrutural;
3. Modelação multimaterial;
4. Visualização e modelação em 3D.

3. Caso de estudo

O caso de estudo deste trabalho consiste na análise de uma pista aeroportuária de um aeroporto nacional, relativo à sua avaliação funcional e estrutural, sendo fornecido por parte do LNEC. Visto que as campanhas de avaliação foram realizadas pela mesma entidade, este trabalho visa apenas a implementação dos resultados num ambiente BIM.

O aeroporto tem uma área total de pavimentos flexíveis de 139.000 m² e as suas áreas operacionais, que estão representadas na Figura 2, são divididas em 3 grupos: pista A-B (*Runway A-B*), caminhos de circulação C e D (*Taxiways C & D*) e plataforma de estacionamento (*Apron platform*). A pista aeroportuária tem ainda um comprimento total de 1700 m e uma largura de 60 m. e foi sujeita a uma expansão e reforço em 2001 e um reforço adicional em 2012.

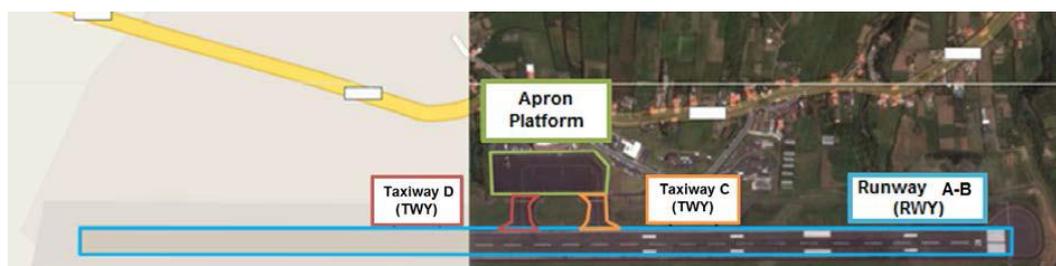


Figura 2: Planta das áreas operacionais

A estrutura do pavimento apresentado é ainda constituída pelos seguintes tipos de materiais:

- Camada sub-base de materiais granulares, de cerca de 15 cm de espessura;
- Camada base de semipenetração betuminosa, de cerca de 8 cm de espessura;
- Camadas de betão betuminoso, de cerca de 20 cm de espessura.

A análise do caso de estudo começou-se por estudar as seguintes campanhas de avaliação realizadas ao longo do tempo:

1. Inspeção visual;
2. Campanhas de avaliação funcional;
 - a. Medição do coeficiente de atrito;
 - b. Medição da profundidade de textura da superfície.
3. Campanhas de avaliação estrutural.
 - a. Ensaios de carga com Defletómetro de Impacto;
 - b. Sondagens à rotação.

Tabela 1: Campanhas de avaliação realizadas

Ano	Inspeção visual	Avaliação funcional	Avaliação estrutural
1998	X		X
2010	X		X
2012	X	X	X
2013	X	X	
2015	X	X	

A inspeção visual dos pavimentos deve ser realizada para detetar eventuais anomalias visíveis na sua superfície. Portanto, este tipo de campanha é importante e deve ser realizada antes de proceder à realização de campanhas funcionais ou estruturais. Nas inspeções visuais realizadas, foram observadas algumas patologias detetadas durante o levantamento de degradações mais frequentes ao longo da pista, tais como, a presença de água na superfície, manchas em zonas de acumulação de água e a presença de matéria vegetal.

Este tipo de campanhas não foi introduzido no BIM, pois tratou-se de um ensaio feito em zonas específicas da pista. No entanto, isto poderia ser realizado com o uso do Laser Scanner, que permite o levantamento das características do pavimento, podendo ser um desenvolvimento futuro para aplicação em BIM.

A medição do coeficiente de atrito é um tipo de campanha importante, pois o seu valor traduz diretamente a segurança dos aviões. Baseia-se nas características geométricas e pela qualidade da combinação microtextura-macrotextura.

A profundidade de textura é uma das características funcionais fundamentais da superfície do pavimento, pois permite a evacuação da água da superfície e manter o contacto entre a roda e a

superfície em condições críticas. A sua medição foi realizada usando o método da “mancha de areia” [4].

Os ensaios de carga com defletómetro de impacto são ensaios não destrutivos que representam um conjunto de técnicas de análise utilizadas para avaliar as propriedades dos materiais do pavimento, a fim de detetar as diferenças ou discontinuidades entre eles [5]. A análise dos resultados das campanhas de ensaios de carga permitiu a possibilidade de dividir os pavimentos em zonas cujo o comportamento estrutural seja considerado homogéneo. Para a campanha de ensaios de carga mais recente, os pavimentos foram divididos em 3 zonas.

Em cada uma das zonas definidas durante os ensaios de carga, foram realizadas sondagens à rotação, com o objetivo de verificar as espessuras das camadas que constituem o pavimento. A campanha foi realizada usando uma sonda rotativa de 100 mm de diâmetro. Na representação esquemática apresentada na Figura 3, podemos observar a evolução das espessuras das camadas de desgaste.

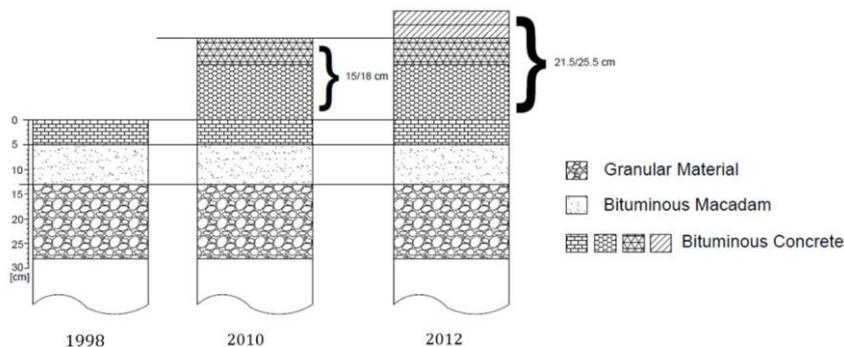


Figura 3: Evolução esquemática da estrutura do pavimento

Através da interpretação dos resultados dos ensaios de carga e assumindo um conjunto de camadas horizontais, homogéneas, isotrópicas com comportamento elástico-linear, foi determinado um modelo de comportamento estrutural. A título de exemplo, apresentam-se os módulos de elasticidade de algumas camadas para as campanhas de 2012 na seguinte tabela.

Tabela 2: Módulos de elasticidade das camadas

Zona	Localização (m)	B. Betuminoso	M. Granular	Fundação do solo
		E (MPa)	E (MPa)	E (MPa)
1	0 - 750	1600	220	60
2	750 - 1050	1500	120	50
3	1050 - 1600	1400	140	70

Para uma última análise, o pavimento foi ainda classificado segundo o sistema ACN/PCN (*Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number*). De acordo com este método, é possível exprimir o efeito de solicitação produzida por um dado avião num valor numérico ACN e a capacidade de carga de um pavimento num valor numérico PCN [6]. Os

valores de PCN para cada uma das zonas definidas da pista são apresentadas, para cada campanha, na Tabela 3.

Tabela 3: Valores do PCN

Zona	1998	2010	2012
1	18/F/C/X/T	17/F/C/X/T	42/F/C/X/T
2	16/F/C/X/T	23/F/C/X/T	41/F/C/X/T
3	23/F/C/X/T	23/F/C/X/T	37/F/C/X/T

4. Modelo BIM

4.1 Aplicação ao caso de estudo

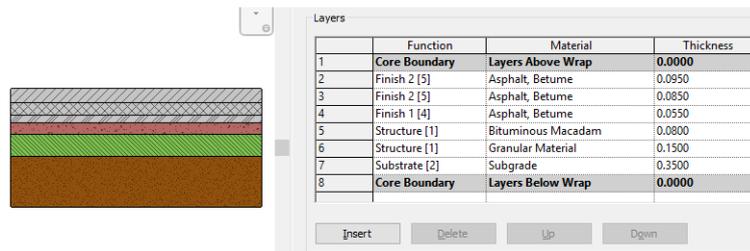
A metodologia proposta foi então realizada numa modelação BIM do caso de estudo, utilizando o *software Revit Structure*, desenvolvido pela *Autodesk*. A modelação incluiu a criação de um template de estruturas, onde se pode definir características de interesse, tais como, a definição de elementos estruturais, propriedades físicas e mecânicas, entre outros, recorrendo às várias ferramentas disponíveis no Revit.

Realizada a análise do caso de estudo, as características obtidas podem ser então aplicadas na modelação em BIM. O *software* divide vários projetos de especialidade de modo a reconhecer os elementos modelados como estruturas e, portanto, pertencer à especialidade de estruturas. Tratando-se de uma pista aeroportuária, a definição de níveis é inexistente, visto que a pista é representada por um único nível com os seus materiais correspondentes.

O modelo é, então, representado por uma única estrutura dividida por zonas, que por sua vez são divididas por várias camadas que compõem a estrutura do pavimento, onde cada camada é definida pelo seu material, pelas suas propriedades estruturais e pelas suas espessuras. Para a modelação do pavimento, foi utilizada a categoria “*Foundation Slab*”, que tem um comportamento estrutural semelhante a este tipo de pavimento e não requer suporte de outros elementos estruturais, que faz parte da Família “*Foundation*” do *software* de modelação.

Quanto à definição das propriedades dos materiais, a estrutura do pavimento consiste em quatro tipos de materiais: 1) betão betuminoso; 2) semipenetração betuminosa; 3) material granular; 4) substrato. A camada de desgaste é dividida por três camadas, em que cada uma das quais corresponde à camada adicionada em cada campanha, conforme descrito em...

O *software Revit* possui a capacidade de duplicar e modificar materiais existentes nas bibliotecas de conteúdo do programa. No modo “*Edit Assembly*” de um objeto, as suas propriedades estruturais e materiais podem ser modificadas. Um exemplo desta ferramenta é observado na Figura 4.



	Function	Material	Thickness
1	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0000
2	Finish 2 [5]	Asphalt, Betume	0.0950
3	Finish 2 [5]	Asphalt, Betume	0.0850
4	Finish 1 [4]	Asphalt, Betume	0.0550
5	Structure [1]	Bituminous Macadam	0.0800
6	Structure [1]	Granular Material	0.1500
7	Substrate [2]	Subgrade	0.3500
8	Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0000

Figura 4: Lista de materiais de um objeto

Por fim, para selecionar e modificar as propriedades de um dado material de uma dada camada, as mesmas podem ser aplicadas na janela “*Material Browser*” (Figura 5), sendo que este processo é realizado para todos os materiais e zonas do pavimento.

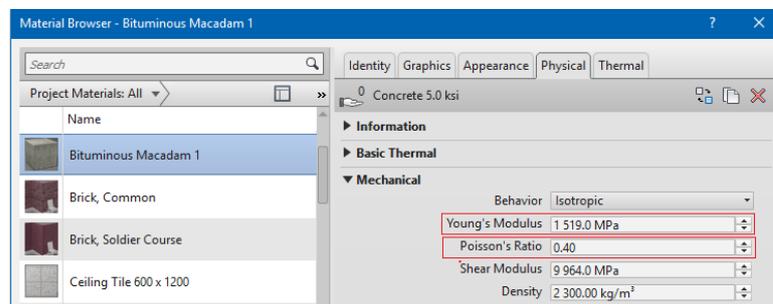


Figura 5: Propriedades dos materiais

O modelo geométrico não é mais do que a modelação da estrutura por objetos, que é característico do BIM. A modelação geométrica define a estrutura física do projeto, sendo dependente da documentação obtida para suportar os trabalhos de construção, quantificação de materiais, entre outros dados. Assim, foi possível começar a modelar os elementos estruturais definidos como “*Structural Foundation*” selecionado no separador “*Structure*”. A modelação da pista foi realizada adicionando cada uma das zonas definidas com os seus objetos e propriedades estruturais correspondentes. Os limiares da pista (*threshold*) foram também modelados como uma referência à orientação da pista, observados na Figura 6.

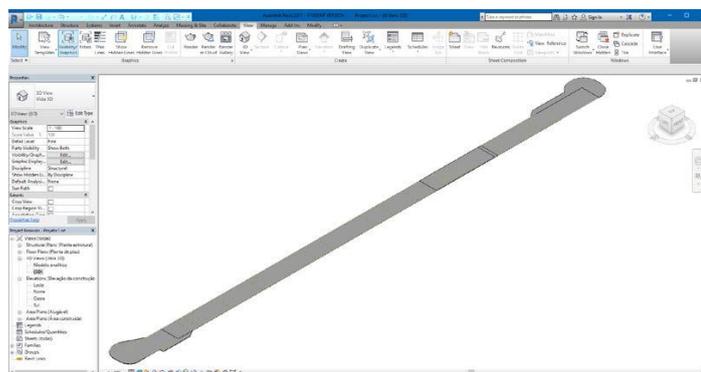


Figura 6: Representação tridimensional do modelo

Após a modelação, podem ser adicionadas ou visualizadas mais informações acerca do modelo gerado. Para as fases de projeto, podem ser aplicadas as fases de construção para cada objeto.

Como exemplo, pode-se observar a representação das suas fases de projeto na Figura 7.

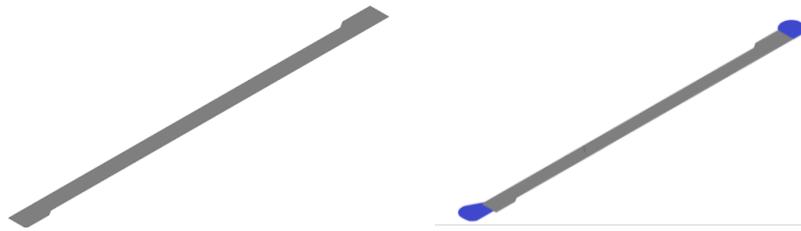


Figura 7: Fase inicial e pós-expansão da pista

Para as medições e quantidades, a informação é retirada das propriedades geométricas dos objetos do modelo, sendo que o programa produz uma lista automática dos materiais selecionados com as medições, como a área e o volume de cada secção. A título de exemplo, observa-se a lista de medições na seguinte figura.

Type	Material	Area	Material Volume	Material Name	Phase Created
Pavement Zone 2	1 3000 m ²	1050.00 m ²	Subgrade 2000 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 2	1 3000 m ²	450.00 m ²	Granular Material 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 2	1 3000 m ²	249.00 m ²	Bluminous Macada Existing	Pavement	
Pavement Zone 2	1 3000 m ²	100.00 m ²	Asphalt, Betume 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 2	1 3000 m ²	219.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 2	1 3000 m ²	285.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 3	1 1500 m ²	525.00 m ²	Subgrade 2002 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 3	1 1500 m ²	225.00 m ²	Granular Material 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 3	1 1500 m ²	120.00 m ²	Bluminous Macada Existing	Pavement	
Pavement Zone 3	1 1500 m ²	62.50 m ²	Asphalt, Betume 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 3	1 1500 m ²	105.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 3	1 1500 m ²	120.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 4	2 1500 m ²	120.00 m ²	Bluminous Macada Existing	Pavement	
Pavement Zone 4	2 1500 m ²	225.00 m ²	Granular Material 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 4	2 1500 m ²	105.00 m ²	Subgrade 1996 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 4	2 1500 m ²	90.00 m ²	Asphalt, Betume 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 4	2 1500 m ²	165.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 4	2 1500 m ²	120.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 5	3 5400 m ²	432.00 m ²	Bluminous Macada Existing	Pavement	
Pavement Zone 5	3 5400 m ²	618.00 m ²	Granular Material 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 5	3 5400 m ²	1890.00 m ²	Subgrade 1998 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 5	3 5400 m ²	270.00 m ²	Asphalt, Betume 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 5	3 5400 m ²	370.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 5	3 5400 m ²	432.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 6	4 6600 m ²	2319.00 m ²	Subgrade 2000 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 6	4 6600 m ²	960.00 m ²	Granular Material 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 6	4 6600 m ²	525.00 m ²	Bluminous Macada Existing	Pavement	
Pavement Zone 6	4 6600 m ²	264.00 m ²	Asphalt, Betume 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 6	4 6600 m ²	462.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 6	4 6600 m ²	525.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 7	4 1500 m ²	525.00 m ²	Subgrade 2002 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 7	4 1500 m ²	225.00 m ²	Granular Material 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 7	4 1500 m ²	120.00 m ²	Bluminous Macada Existing	Pavement	
Pavement Zone 7	4 1500 m ²	62.50 m ²	Asphalt, Betume 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 7	4 1500 m ²	105.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 7	4 1500 m ²	97.50 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 8	6 9900 m ²	782.00 m ²	Bluminous Macada Existing	Pavement	
Pavement Zone 8	6 9900 m ²	1485.00 m ²	Granular Material 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 8	6 9900 m ²	3405.00 m ²	Subgrade 1998 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 8	6 9900 m ²	742.50 m ²	Asphalt, Betume 1	Existing Pavement	
Pavement Zone 8	6 9900 m ²	690.00 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	
Pavement Zone 8	6 9900 m ²	643.50 m ²	Asphalt, Betume 2	Existing Pavement	

Figura 8: Lista de medições

Para o caso de estudo, é importante recolher informações e documentação em relação à capacidade de carga do pavimento e às suas propriedades físicas, pois permitem que o engenheiro analise o estado atual da infraestruturas e execute medidas e estratégias de manutenção e reabilitação. Um dos recursos do *software Revit* é representar graficamente determinados parâmetros por cor, adicionando um esquema de cores (*Color Scheme*) a cada parâmetro, para a visualização de dados do objeto. Estas informações podem ser adicionadas a uma área ou objeto específico do modelo. A título de exemplo, observam-se alguns parâmetros associados às características funcionais e estruturais dos pavimentos nas seguintes figuras.

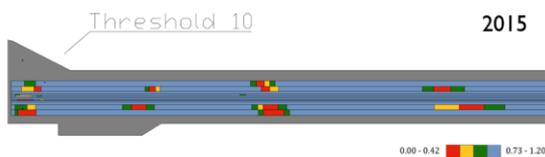


Figura 9: Coeficiente de atrito

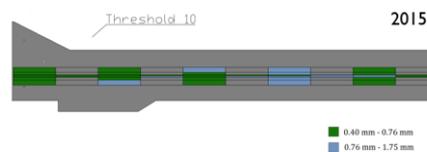


Figura 10: Profundidade de textura

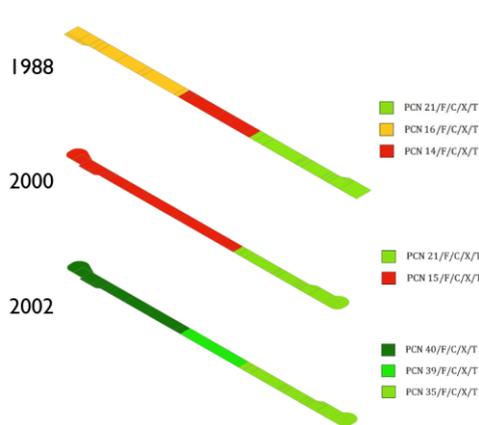


Figura 11: PCN

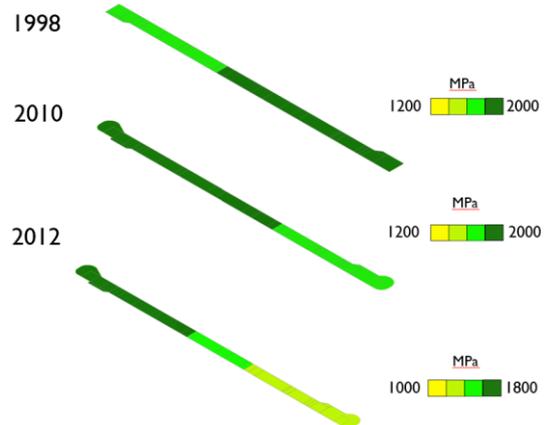


Figura 12: Módulo de elasticidade

4.2 Recomendações para aplicação na modelação de pavimentos aeroportuários

A aplicação da metodologia BIM na avaliação de um pavimento aeroportuário mostrou a importância da utilização desta ferramenta para gestão da informação nesta área. A aplicação desta metodologia permite uma visualização global do estado do pavimento, tanto funcionalmente como estruturalmente. Está aberta assim a possibilidade de aplicar métodos de análise de dados para a avaliação da evolução no tempo da condição do pavimento. Assim, com campanhas de ensaio sistemáticas, pode ser observada a evolução ao longo da vida e estimada a tendência da sua degradação, prevenindo atempadamente a necessidade de manutenção e reabilitação.

Para uma melhor utilização desta ferramenta recomenda-se uma boa gestão de todos os dados recolhidos, em projeto, durante a construção e eventual reabilitação, em termos da sua localização e cruzamento de informação. É também recomendada a implementação não só das características do pavimento, como também do seu sistema de drenagem superficial e profunda e, adicionalmente, de todos os sistemas de eletricidade existentes na pista. Assim, no futuro, qualquer modificação realizada na pista terá toda a informação previa sobre a localização de outros sistemas na pista.

5. Conclusões

A aplicação de BIM no caso de estudo demonstrou a potencialidade e capacidade do *software* em relação à integração da informação na modelação de elementos estruturais e visualização de dados de parâmetros de um projeto, através da definição das suas propriedades físicas. Foi possível também representar a modelação dos elementos estruturais para obter um modelo representativo tridimensional de um projeto estrutural, contendo uma base de dados e informação integrada.

Com a implementação da metodologia BIM, foi possível observar algumas vantagens que se obtiveram neste trabalho:

- Modelação de objetos da pista com definição das suas propriedades físicas;
- Visualização tridimensional da estrutura;
- Elevado nível de produtividade;
- Criação das várias fases construção;
- Facilidade de modificações no projeto, no caso de intervenções futuras, as quais são aplicadas automaticamente em todo o modelo.

No entanto, há ainda uma complexidade no uso dos *softwares* em relação aos métodos tradicionais. As desvantagens ainda existentes na implementação desta metodologia, entre outros, são:

- Necessidade de tempo e formação no seu uso integral;
- Necessidade de um investimento substancial na implementação de novas tecnologias, e ainda o uso da sua capacidade total para a análise estrutural e restantes ferramentas;
- A introdução recente do BIM, o que significa que há um número limitado de técnicos com conhecimento da metodologia. A aquisição deste tipo de *software* requer ainda um investimento adicional para a formação de utilizadores.

A infraestrutura aeroportuária é um dos temas interessantes para a modelação em BIM, pois representa diferentes sistemas com diferentes funções num centro complexo. Verificou-se que há uma importância na determinação das características funcionais e estruturais dos pavimentos, a fim de analisar o estado atual da sua capacidade de carga, que traduz o grau de necessidade de uma intervenção num futuro próximo.

Como desenvolvimento futuro, seria útil dar uso do *Laser Scanning* durante as campanhas de inspeção visual, a fim de integrar a informação dos seus resultados num ambiente BIM. Seria também interessante explorar outros níveis BIM, como executar uma modelação concetual em tempo real, planeamento de custos, simulações das fases de projeto e processos relativos à manutenção da infraestrutura ao longo do seu ciclo de vida.

Referências

- [1] S. Fontul, “Structural evaluation of flexible pavements using non-destructive tests,” Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, 2004.
- [2] Advisory Circular 150/5380-6C, “Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements,” U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 2014.
- [3] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks e K. Liston, BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [4] Advisory Circular 150/5320-12C, “Measurement, Construction, and Maintenance of Skid-Resistant Airport Pavement Surfaces,” U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 1997.
- [5] R. W. Meier, Backcalculation of Flexible Pavement Moduli from Falling Weight Deflectometer Data Using Artificial Neural Networks, Vicksburg: US Army Corps of Engineers, 1995.
- [6] ICAO, "Annex 14 - Aerodrome Reference Code," Convention on International Civil Aviation, p. 320, 2009.

DESIGN ALGORÍTMICO INTEGRADO

Renata Castelo Branco⁽¹⁾, António Leitão⁽¹⁾

(1) INESC-ID, Instituto Superior Técnico, Lisboa

Resumo

Atualmente, o processo de desenvolvimento de um projeto de arquitetura conta com um leque de ferramentas usadas por cada uma das partes envolvidas para desenvolver a sua especialidade. A combinação de todas elas num mesmo projeto obriga à partilha e conversão de dados entre os vários sistemas de informação, processo que nem sempre é bem-sucedido. Design Algorítmico Integrado (DAI) é uma abordagem ao projeto de arquitetura, aqui proposta como forma de ultrapassar as limitações impostas pelas ferramentas de modelação e análise, entre outras. DAI defende a produção de uma única descrição algorítmica do projeto - um programa - que muda e evolui ao longo das diversas fases do processo e contém toda a informação relativa ao mesmo. A metodologia propõe a integração de três principais categorias de ferramentas necessárias para o processo de modelação algorítmica do projeto: CAD, BIM, e de análise. Neste artigo é apresentada uma descrição detalhada das diversas fases propostas pela metodologia, bem como uma aplicação prática da mesma, através da modelação de um caso de estudo, onde se discutem as mais valias da sua utilização.

1. Introdução

O processo de criação de um projeto de arquitetura tem sofrido grandes alterações no decurso da história. No entanto, nas últimas décadas, a mudança tem-se feito sentir com maior intensidade. Nunca antes houve tantas ou tão diversas ferramentas, técnicas e métodos disponíveis para realizar um projeto. O design pós-digital tornou-se uma tarefa de curiosa experimentação, especulação e manipulação [1]. Significa isto que o produto resultante é, mais do que nunca, influenciado pela forma como se projeta que, por sua vez, é influenciada pelos métodos e ferramentas utilizados no processo.

Entre os mais importantes desenvolvimentos ao nível das ferramentas, realçam-se aqui as de *Computer-Aided Design* (CAD), de *Building Information Modelling* (BIM) e de análise de

performance. Cada uma confere vantagens diferentes ao processo de design e, combinando as valências de cada uma, o arquiteto consegue juntar no seu projeto as operações mais importantes que o estado da arte tem para oferecer.

Para além das ferramentas, novos métodos de abordar o projeto de arquitetura têm também vindo ter impacto [2]. Design algorítmico é uma abordagem computacional ao projeto que permite ao arquiteto criar formas através de algoritmos [3], descrevendo-as através de uma série de regras e restrições. A abordagem não só facilita a modelação de geometrias complexas que seriam difíceis de modelar utilizando abordagens manuais, como oferece também um grau de liberdade ao projeto que seria difícil obter de outra forma.

1.1 Interoperabilidade

Para além dos avanços impostos pela tecnologia, a complexidade dos projetos contemporâneos apresenta novos desafios de cariz construtivo e também ambiental, que motivam uma interação constante entre especialistas [4]. A prática da arquitetura é, hoje mais do que nunca, um processo iterativo que exige uma rede funcional de profissionais e recursos em colaboração constante [5] e a divulgação do paradigma BIM é espelho desta realidade, marcada pela necessidade de uma estreita colaboração entre as partes durante o desenvolvimento dos projetos [6]. Quanto mais intrincada for a cooperação, menos dificuldades se farão sentir na transmissão de informação entre arquitetos, engenheiros, clientes, fabricantes, etc.

A comunicação não é, no entanto, trivial, em particular quando os participantes trabalham com diferentes sistemas de informação. Neste caso, o processo de partilha é muitas vezes realizado através de importações e exportações de ficheiros que, infelizmente, faz com que parte da informação se perca nos processos de transferência e conversão e/ou tenha de ser refeita por alguma das partes envolvidas. Este problema pode, no entanto, ser minimizado através de abordagens que promovam a portabilidade da informação.

As Industry Foundation Classes (IFC), desenvolvidas com o objetivo de criar representações consistentes da informação de construção que permitisse a sua partilha por diferentes ferramentas, apresentam-se como um possível mecanismo de interoperabilidade [6]. Uma opção diferente é oferecida pelos CORE studio: TTX é uma plataforma de interoperabilidade privada, por eles desenvolvida e utilizada [7], assente numa base de dados capaz de armazenar as alterações feitas aos modelos BIM numa ferramenta específica e de automaticamente as traduzir para outra. Atualmente a plataforma suporta Revit, Grasshopper, Tekla, SAP2000 e ETABS. Flux.io [8] apresenta um sistema semelhante baseado numa plataforma de colaboração e intercâmbio de dados capaz de ligar várias ferramentas, tais como, SketchUp, Revit, Dynamo, Grasshopper, AutoCAD e também Excel.

1.2 Design algorítmico portátil

As soluções apresentadas na secção anterior constituem mecanismos auxiliares de tradução, que facilitam a cooperação entre as diferentes partes envolvidas no processo. Por outro lado, o design algorítmico tem potencial para se tornar num mecanismo de portabilidade por si só: as descrições algorítmicas são abstrações matemáticas do projeto e, como tal, possuem qualidades de portabilidade que transcendem as particularidades de qualquer ferramenta. Isto tem levado

ao aparecimento de ferramentas de design algorítmico portáteis, ou seja, que são capazes de se conectar com diferentes ferramentas.

O Grasshopper [9] é uma delas. Intimamente ligado a uma ferramenta de modelação CAD, o Rhinoceros, este ambiente de programação visual possui diversos plug-ins que conectam o programa desenvolvido a diferentes ferramentas de BIM e de análise. Outro exemplo é o ANAR+, um ambiente de programação textual vocacionado para geometria paramétrica [10]. Os objetos disponíveis no ANAR+ são independentes de qualquer interface gráfica que possa ser usada para os reproduzir, nomeadamente as ferramentas de CAD com as quais ele comunica. Ainda no paradigma da linguagem textual, temos o Rosetta, capaz de gerar a modelos em várias ferramentas de CAD e de BIM [11]. Mais recentemente, foi também estendido para incluir ferramentas de análise, nomeadamente o Radiance para análise lumínica e o Robot para análise estrutural [12].

Estes ambientes de design algorítmico portáteis permitem uma transição mais suave entre as diversas ferramentas e paradigmas. Ainda que nalguns casos parte das descrições algorítmicas possam não ser portáteis, as vantagens de comunicar com diversas ferramentas modelando todo o projeto num único ambiente de programação são inegáveis.

2. Design Algorítmico Integrado

Garber afirma que o arquiteto se encontra atualmente numa posição de ‘diretor criativo’ [13], que não só projeta tirando proveito das suas ferramentas, como tem também de operar com as ferramentas usadas pelos restantes participantes no processo para desenvolver as diversas especialidades. Para que o arquiteto possa tirar proveito do extenso leque de técnicas e ferramentas de modelação ao seu dispor, reunindo o melhor de cada uma no seu próprio processo de projeto, precisa de uma descrição centralizada do mesmo. Para isso, o design algorítmico oferece-lhe a possibilidade de incorporar os diferentes paradigmas e fluxos de trabalho num único ambiente de trabalho, sem necessidade de importações ou exportações de ficheiros.

Neste artigo, propomos uma abordagem algorítmica integrada ao projeto que pretende abranger diversas fases de um projeto de arquitetura. A proposta baseia-se na produção de uma única descrição algorítmica do projeto - um programa, que muda e evolui ao longo das fases do processo e que contém toda a informação necessária, desde a conceção à produção, apresentação ou construção. A esta metodologia damos o nome de Design Algorítmico Integrado (DAI). Para cobrir as referidas etapas, integrámos as três principais categorias de ferramentas necessárias para o processo de modelação algorítmica do projeto: (1) CAD e (2) BIM, como paradigmas e ambientes de visualização e (3) ferramentas de análise, como fontes fundamentais de dados para informar o processo de projecto.

Com a metodologia DAI os arquitetos podem modelar e explorar as suas ideias de projeto, usando uma ferramenta de programação que suporta design algorítmico portátil, beneficiando das vantagens de ambos os paradigmas, CAD e BIM, integrando-os no processo de acordo com seu próprio fluxo de trabalho. Além disso, podem ainda incorporar a análise do projeto em

qualquer fase do processo. Esta abordagem dá liberdade ao arquiteto para explorar as diferentes ferramentas, integradas num processo algorítmico controlado por si. A DAI deixa ainda em aberto a possibilidade de integrar mais ferramentas ou paradigmas que os arquitetos possam achar relevantes para o processo de projeto.

2.1 Aplicação prática

Para a avaliação da metodologia restringimos a nossa investigação às ferramentas da prática atual que foram acima mencionadas. Um esquema da aplicação prática da metodologia pode ser visto na figura 1.

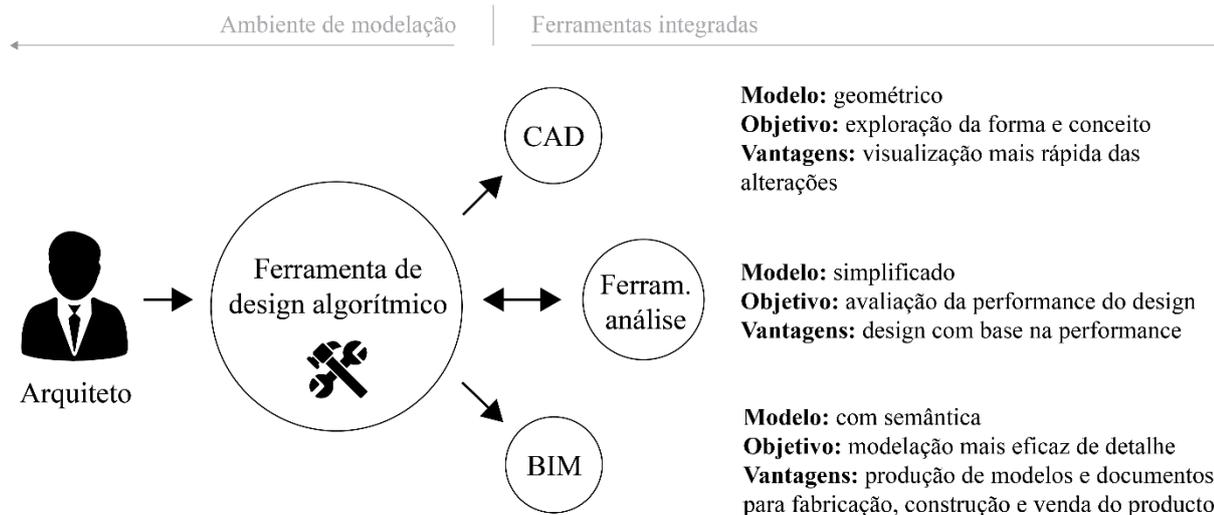


Figura 1: Exemplo de aplicação da metodologia de Design Algorítmico Integrado.

Utilizando uma ferramenta de design algorítmico portátil como ambiente de modelação, o arquiteto desenvolve um programa paramétrico do seu projeto, utilizando as operações de modelação portáteis disponíveis na ferramenta. A ferramenta deverá conter toda a informação necessária sobre os elementos modelados, independentemente das ferramentas onde o modelo do projeto possa vir a ser gerado.

Para fases iniciais de exploração da forma e do conceito do projeto, a visualização do modelo em ferramentas CAD apresenta mais vantagens. Uma vez que estas lidam apenas com geometria, ignorando parte da informação contida no programa, são capazes de gerar modelos mais rapidamente. A velocidade inerente às ferramentas CAD motiva uma modelação mais exploratória, uma vez que o arquiteto consegue visualizar os resultados das alterações que faz no programa num curto espaço de tempo.

A integração da análise do projeto pode ser feita em qualquer fase, dependendo dos objetivos da mesma, e consiste na incorporação da avaliação do desempenho do design na sua modelação. Para isso, a ferramenta de design algorítmico conecta-se à ferramenta de análise, fornecendo-lhe os dados necessários para a avaliação do modelo. Após feita a avaliação, a ferramenta de análise devolve os resultados à ferramenta de design algorítmico, onde o arquiteto os utiliza para influenciar a modelação do design.

Numa fase mais avançada do projeto, onde a forma e o conceito se encontram já relativamente bem definidos, o arquiteto pode transitar para a modelação do projeto em ferramentas BIM. Estas não só conseguem interpretar toda a informação contida no programa desenvolvido pelo arquiteto, como oferecem também mais vantagens ao nível da modelação de detalhe. Para além disso, as ferramentas BIM contêm bibliotecas de objetos pré-modelados que poupam bastante trabalho de modelação ao arquiteto. Para isso, a ferramenta de design algorítmico tem de permitir o acesso a estes objetos, por forma a dar ao arquiteto controle sobre os mesmos no programa que contém a descrição algorítmica do seu projeto.

3. Avaliação

Para avaliar a nossa abordagem e exemplificar as fases propostas, foi selecionado um caso de estudo: a Biblioteca Nacional de Astana, dos BIG. O projeto apresenta uma forma bastante complexa, a de uma fita de Moebius tridimensional, que o enquadra na categoria de edifícios que beneficiam de uma abordagem algorítmica. Seguindo a metodologia DAI, para modelar o caso escolhido foi eleita uma ferramenta de design algorítmico portátil, o Rosetta. Esta ferramenta permite aos arquitetos formular descrições algorítmicas e paramétricas dos seus projetos, conseguindo estes, assim, uma ampla gama de possíveis variações da forma, dependendo da manipulação dos parâmetros.

A portabilidade do Rosetta garante que o mesmo programa é interpretado de forma diferente consoante a ferramenta em que pretendemos gerar o modelo do edifício. Como exemplo, a figura 2 apresenta o modelo da Biblioteca de Astana gerado em quatro ferramentas diferentes, de CAD e BIM, através do mesmo programa descrito em Rosetta.

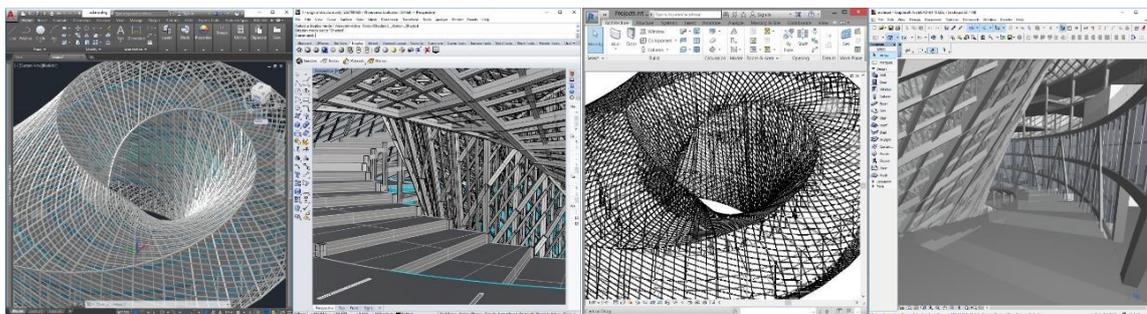


Figura 2: Modelo da Biblioteca Nacional de Astana gerado em AutoCAD, Rhinoceros, Revit e ArchiCAD.

3.1 CAD

Na fase inicial de modelação do projeto, o modelo foi repetidamente gerado em ferramentas de CAD. Visto que não lidam com a semântica inerente aos objetos BIM, estas são mais eficientes, permitindo ao arquiteto testar, em menos tempo, um leque mais vasto de soluções para o seu projeto. Como exemplo, a figura 3 ilustra algumas variações à forma do edifício, através da manipulação dos parâmetros por nós definidos no programa.

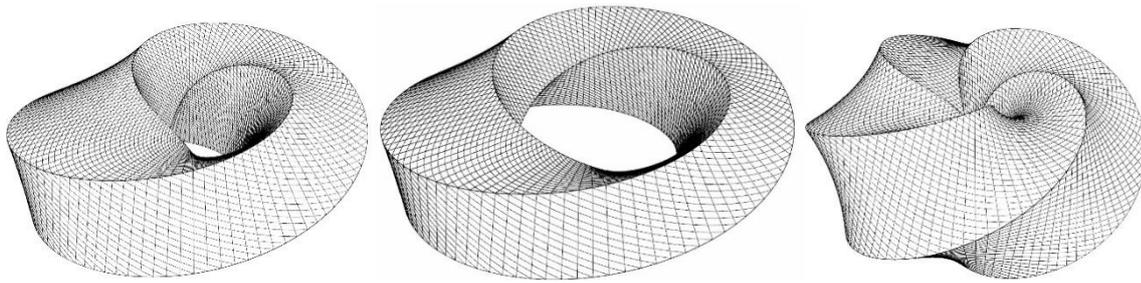


Figura 3: Diferentes variações do modelo, resultantes de alterações aos parâmetros da fita de Moebius tridimensional que compõe a forma do edifício.

3.2 Análise

Para o modelo da Astana fizemos também a incorporação da análise do edifício na sua modelação, seguindo a ideia original dos arquitetos. A camada exterior da fachada da biblioteca está coberta de painéis fotovoltaicos com formas triangulares, cujos tamanhos e arranjo modelam o sombreamento do espaço interior, absorvendo ainda energia solar. Devido à torção da fachada, a mancha térmica resultante tem uma ampla gama de intensidades ao longo da fita de Moebius. Os arquitetos decidiram basear o design da matriz de triângulos no mapa de radiação da fachada.

Para esta análise foi utilizado a ligação do Rosetta ao Radiance, uma ferramenta de análise de iluminação e radiação. Tal como o Rosetta é capaz de, a partir de um mesmo programa, produzir modelos com diferentes níveis de informação em ferramentas de CAD ou de BIM, também é capaz de produzir, para ferramentas de análise, modelos contendo apenas os elementos essenciais para a análise em questão. No caso do Radiance, apenas são produzidas as superfícies expostas à radiação, bem como os sensores para medição da radiação. Os valores que resultam da avaliação são recolhidos pelo Rosetta e utilizados na descrição algorítmica da biblioteca para calcular os tamanhos dos painéis a distribuir pela fachada (ver figura 4).

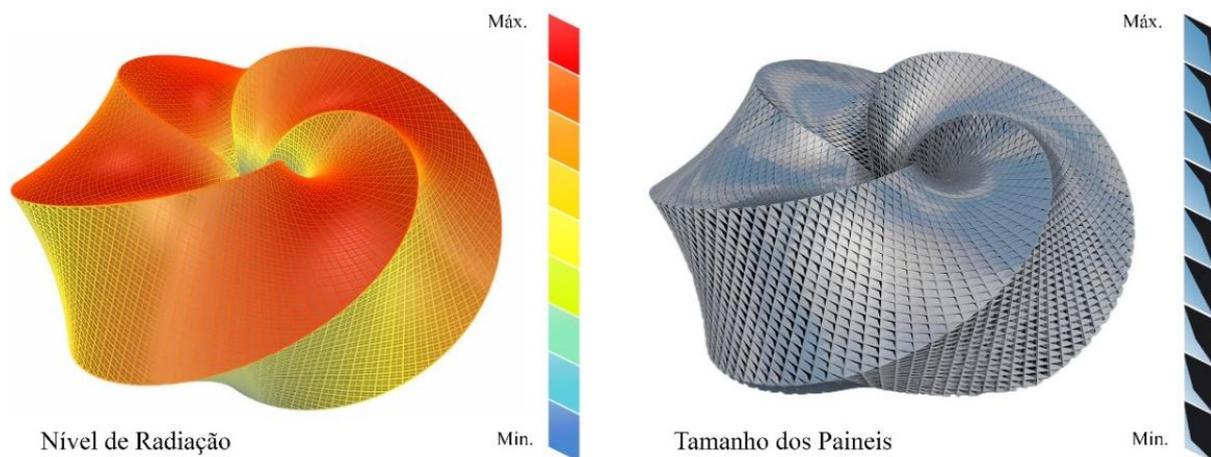


Figura 4: Modelo de análise, com os resultados gerados no Rhinoceros (à esquerda), modelo final em ArchiCAD, com os painéis corretamente colocados (à direita).

Contrariamente à abordagem DAI, nas abordagens manuais o utilizador tem de realizar uma série de tarefas para configurar cada análise, que requerem tempo e esforço não negligenciáveis.

Por este motivo, o arquiteto coíbe-se frequentemente de realizar repetidas análises a variações do modelo. Na abordagem DAI, contudo, a ferramenta de design algorítmico automatiza muitas destas tarefas, motivando o arquiteto a projetar mais ambiciosamente, uma vez que pode facilmente conduzir procuras exploratórias por melhores soluções ao nível da performance.

3.4 BIM

À medida que o projeto evoluiu para mais altos níveis de detalhe o modelo passou a ser gerado em ferramentas BIM. Para além disso, a sua modelação passou também a tirar proveito dos objetos disponíveis nas famílias ou bibliotecas das ferramentas BIM integradas no processo. Com esta mudança, mais informação é automaticamente incutida ao modelo gerado. Qualidades dos elementos modelados, como por exemplo o tipo de elemento construtivo de que se trata ou a sua materialidade, são especificadas pelo arquiteto na descrição algorítmica do projeto e são passadas para as ferramentas BIM ao gerar o modelo.

3.4.1 Detalhe construtivo

Assim que começamos a modelar maiores graus de detalhe no modelo, as vantagens de trabalhar no paradigma BIM tornam-se ainda mais evidentes. Criar elementos como, por exemplo, paredes de vidro, escadas, corrimões, portas, etc., é consideravelmente mais rápido e mais fácil dentro do paradigma BIM, visto que esses elementos estão já incorporados nas ferramentas com todo o detalhe necessário (figura 5). Gerar os mesmos elementos em ferramentas CAD requereria a modelação completa de todos eles, ou a utilização de blocos disponíveis online que, na sua grande maioria, são constituídos apenas por uma ou mais vistas desgarradas do objeto.

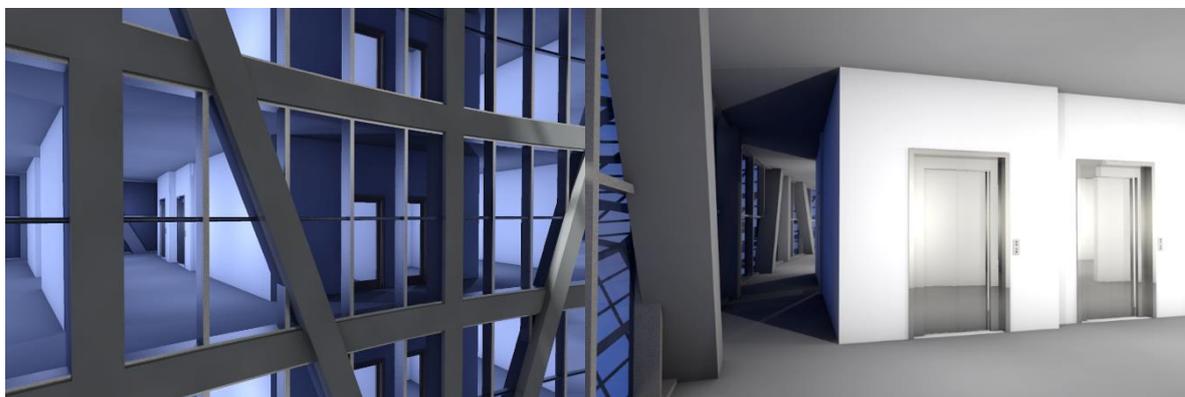


Figura 5: Detalhe das portas e elevadores do volume central, do modelo BIM da biblioteca, gerado em ArchiCAD.

O Rosetta permite ao utilizador aceder aos objetos disponíveis nas ferramentas BIM, o que significa, no entanto, que alguns deles só estão disponíveis na ferramenta de onde provêm. Visto que a maioria dos objetos presentes nas bibliotecas são paramétricos, o Rosetta permite também ao utilizador controlar e modificar os parâmetros dos objetos em questão no seu programa para que melhor se adequem ao projeto.

3.4.2 Documentação

Dentro do paradigma BIM encontramos ainda muitas outras vantagens para além da utilização de objetos pré-modelados. A produção automática da documentação do projeto é uma delas. Em CAD, plantas e cortes são normalmente feitos separadamente do modelo 3D, o que facilita a introdução de inconsistências nos diversos desenhos. Naturalmente, é também possível extrair desenhos 2D do modelo 3D, mas a operação de corte é pontual, o que significa que os desenhos não são alterados automaticamente no caso de o modelo 3D o ser, ao contrário do que acontece em BIM.

Além disto, e uma vez que os programas de CAD não fazem uma interpretação informada da geometria, os desenhos resultantes necessitam, por norma, de algum trabalho acrescido por parte do arquiteto. Como é possível verificar na figura 6, o modelo CAD é incapaz de discernir, por exemplo, as transparências dos vidros da fachada, uma vez que não tem em conta a materialidade dos elementos, ao passo que o modelo BIM sim. Para além dos desenhos técnicos, as ferramentas BIM são também capazes de extrair de modelo outro tipo de documentos úteis como mapas de quantidades, custos, etc.

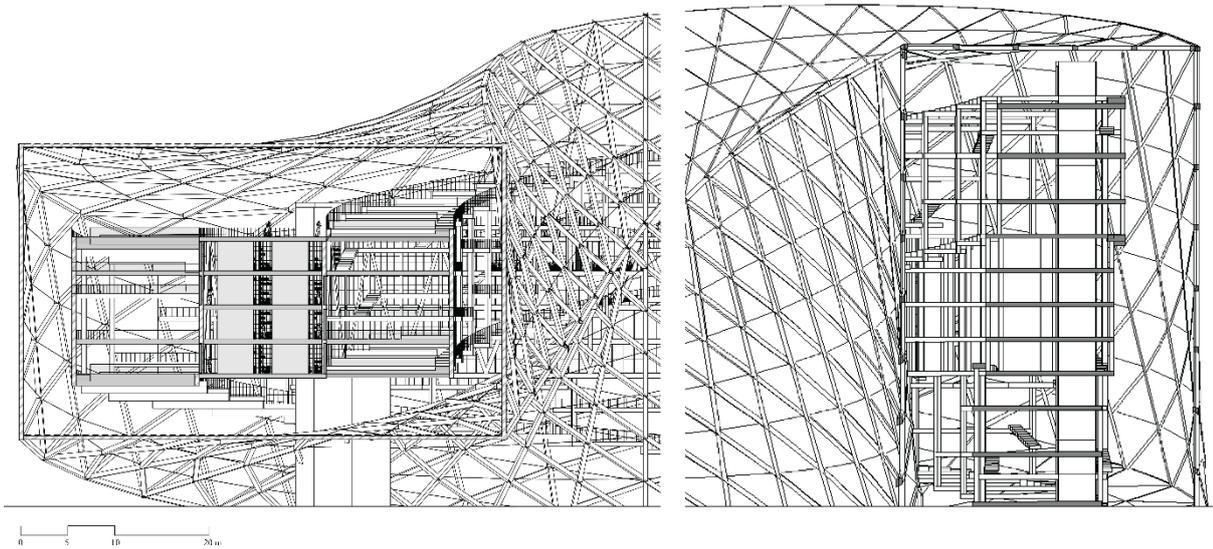


Figura 6: Corte produzido automaticamente pelo ArchiCAD (à esquerda) e corte extraído diretamente do modelo 3D em AutoCAD (à direita).

3.4.3 Produção de visualizações

Plantas, cortes e alçados são necessários enquanto elementos técnicos para construção. Para outros efeitos, como seja a venda do produto ou da ideia ao cliente, imagens geradas digitalmente (*renders*) serão representações mais adequadas. A produção de *renders* dos projetos, não é, no entanto, uma tarefa rápida. Naturalmente, quanto mais detalhe o arquiteto desejar no modelo, mais tempo terá de investir para o conseguir, tanto na modelação do mesmo como na espera pelo render em si. Para este tipo de trabalho, os objetos pré-modelados das ferramentas BIM, são, uma vez mais, de vital utilidade. Com relativamente pouco investimento de modelação o arquiteto consegue alcançar bons níveis de detalhe para gerar imagens do seu modelo.

A utilização de uma abordagem algorítmica oferece ainda outras possibilidades, nomeadamente a de programar uma distribuição paramétrica de elementos pelo modelo, que se adapte às

alterações paramétricas do mesmo. No caso da biblioteca de Astana, utilizámos alguns objetos oferecidos pela ferramenta ArchiCAD e programámos uma distribuição dos mesmos de acordo com a lógica do edifício. Dado a distribuição ser também paramétrica, alterações ao modelo irão refletir-se também no mobiliário (figura 7).



Figura 7: *Renders*, na mesma perspetiva, de dois modelos gerados com parâmetros distintos.

4. Conclusão

Neste artigo propusemos uma solução que integra alguns dos paradigmas e ferramentas atualmente mais usados em projetos de arquitetura. A solução apresentada não recorre aos falíveis métodos tradicionais de conversão de formatos entre ferramentas, atenuando os problemas de portabilidade que muitos profissionais enfrentam hoje em dia. A metodologia proposta baseia-se numa abordagem algorítmica capaz de transcender as limitações das ferramentas com as quais o arquiteto trabalha. A capacidade de produzir uma descrição algorítmica do projeto independente de qualquer ferramenta onde ele possa vir a ser gerado permite ao arquiteto integrar no seu processo de trabalho as vantagens de diversas ferramentas como melhor lhe aprouver, sem ter de se adaptar às especificidades de cada uma.

Neste artigo, na avaliação da metodologia focámo-nos apenas na análise de radiação solar. No entanto, outros tipos de análise poderiam fazer sentido, como por exemplo análise estrutural, energética, aerodinâmica, acústica, de custos, etc. O passo seguinte será incluí-las numa aplicação prática ainda mais completa da metodologia DAI. Para além da incorporação de mais ferramentas de análise, tencionamos juntar também motores de render especializados, para a geração de modelos mais detalhados e produção de imagens com fotorrealismo em fases finais do processo.

Por fim, a avaliação da metodologia teve como base a modelação de um caso de estudo, ou seja, um conceito de design pré-definido. A escolha permitiu que a avaliação se focasse nas vantagens que a abordagem traz ao processo de projeto. No trabalho futuro iremos aplicar a metodologia DAI à conceção de um novo projeto, por forma a explorar também as implicações que a mesma poderá ter nas fases iniciais de modelação de conceito.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio de fundos nacionais da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) com referência UID/CEC/50021/2013.

Referências

- [1] B. Sheil, "Protoarchitecture: Between the Analogue and the Digital," *Architectural Design*, no. Protoarchitecture - Analogue and Digital Hybrids, pp. 6-11, 2008.
- [2] B. Peters, "Computation Works: The Building of Algorithmic Thought," *Architectural Magazine*, vol. Computation Works: The Building of Algorithmic Thought, no. 222, pp. 8-16, 2013.
- [3] K. Terzidis, *Algorithmic Architecture*, Abingdon and New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2006.
- [4] B. Kolarevic, *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, Spon Press – Taylor & Francis Group, 2003.
- [5] A. Rahim, "Designing and Manufacturing Performative Architecture," in *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, B. Kolarevic, Ed., Spon Press – Taylor & Francis Group, 2003, pp. 199-216.
- [6] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [7] T. Tomasetti, "CORE studio | Thornton Tomasetti," 2017. [Online]. Available: <http://core.thorntontomasetti.com/tag/ttx/>. [Accessed 15 February 2018].
- [8] FLUX®, "Flux.io," 2017. [Online]. Available: <https://flux.io/>. [Accessed 23 April 2017].
- [9] S. Davidson, "Grasshopper: Algorithmic Modeling for Rhino," 2018. [Online]. Available: <http://www.grasshopper3d.com/>. [Accessed 15 February 2018].
- [10] G. LaBelle, J. Nembrini and J. Huang, "Programming framework for architectural design ANAR+: Object oriented geometry.," in *Joining Languages, Cultures and Visions: Proceedings of the 13th International CAAD Futures Conference*, Montréal, Canada, 2009.
- [11] S. Feist, G. Barreto, B. Ferreira and A. Leitão, "Portable Generative Design for Building Information Modelling," in *Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing*, Proceedings of the 21st International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2016, Hong Kong, 2016.
- [12] R. Aguiar, C. Cardoso and A. Leitão, "Algorithmic Design and Analysis Fusing Disciplines," in *DISCIPLINES & DISRUPTION: Proceedings of the 37th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*, Cambridge, 2017.
- [13] R. Garber, *BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling*, Chichester, United Kingdom: Wiley, 2014.

INTEROPERABILIDADE *BIM* EM PROJETO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

João Alves⁽¹⁾, José Carlos Lino⁽²⁾, Luís Costa Neves⁽¹⁾

(1) Universidade de Coimbra - FCTUC, Coimbra

(2) Newton - Consultores de Engenharia, Porto

Resumo

A aplicação do *BIM* no projeto de estruturas, ao longo dos anos, tem vindo a adquirir cada vez mais maturidade, existindo, no entanto, várias áreas com espaço para melhoria e progresso, nomeadamente na interoperabilidade entre aplicações e entre modelos bem como na modelação de armaduras.

Com este artigo, pretende-se identificar e validar os mapas de processos que estão na base da atuação dos engenheiros projetistas de estruturas ao aplicarem a metodologia *BIM*, particularmente nas tarefas de modelação, de análise estrutural, de dimensionamento e de detalhe, sempre com um enfoque na sua interoperabilidade. Pretende-se também enquadrar os diferentes tipos de formatos de modelos com os diferentes *softwares*, podendo, assim, obter um estudo comparativo de quais as melhores soluções de interoperabilidade para aplicação da metodologia *BIM* consoante a tipologia de projetos e a sua adaptação aos meios disponíveis em cada organização. Serão, também, analisadas as soluções disponíveis para a modelação de armaduras na utilização de soluções de betão armado.

O trabalho apresentado, que foi elaborado com o apoio de alguns casos de estudo de diferentes graus de complexidade, pretende facilitar a integração dos projetistas neste processo, proporcionando-lhes uma metodologia sistemática que os ajude a ultrapassar barreiras que ainda possam existir para a sua eficiente integração.

1. Introdução

Os engenheiros projetistas estão, desde há vários anos, familiarizados com a utilização de modelos computacionais para análise e dimensionamento de estruturas [1], por isso devem saber lidar com a rápida mudança tecnológica, partilhando informação e promovendo a comunicação interdisciplinar [2], porque em breve a utilização da metodologia *BIM* (*Building Information Modelling*) irá ser essencial. Nesse sentido, este artigo pretende melhorar a

capacidade dos engenheiros de estruturas para se ambientarem com a metodologia *BIM* no seu quotidiano, no sentido de desmitificar as barreiras que ainda são referidas na sua aplicação. Atualmente, as barreiras mais constringedoras da fase inicial de adoção desta metodologia são na interoperabilidade dentro do projeto de estruturas e em estruturas de betão armado na modelação das armaduras.

Um dos maiores obstáculos da interoperabilidade é a falta de compreensão do mercado sobre o que realmente significa. [3] Para que os utilizadores desta metodologia comecem a realizar trocas de dados, os fornecedores dos seus *softwares* devem implementar a interoperabilidade através *IFC (Industry Foundation Interface)*. Os fornecedores precisam habilitar os seus *software* para ler e gravar o este formato. O *IDM (Information Delivery Manual)* define as trocas contratadas do usuário e o *MVD (Model View Definition)* define as implementações nos *softwares*. Uma vez implementado nos *softwares*, qualquer *software* deve ser totalmente capaz de trocar as informações necessárias. A certificação (pela *buildingSMART*) do *software* garante que o *software* atenda aos requisitos especificados no *MVD*. O *softwares* são então testado pelos utilizadores para garantir que os requisitos de negócios sejam totalmente atendidos pelo recurso da implementação nos *softwares*. [4]

Na necessidade de contornar estas lacunas no projeto de estruturas, será feita uma avaliação comparativa da interoperabilidade em dois momentos no projeto de estruturas e, posteriormente, será feita a modelação de armaduras para se perceber quais as principais soluções na sua realização. Este trabalho será apoiado em dois modelos estruturais (ver figura 1).



Figura 1: Modelos estruturais utilizados

O importante antes da implementação do processo *BIM* é compreender as vantagens que essa mudança trará. Entender que por meio dele é possível simular uma obra com mais propriedades e profundidade, verificando e igualando todas as interferências entre diversos projetos. Ter a percepção que se trata de uma simulação, uma imagem mais precisa do produto final construído [5].

2. Software

A metodologia *BIM* não se baseia apenas num *software*, mas num conjunto de todos aqueles que têm capacidade de comunicar na construção de um modelo virtual. Pretende aproximar a realidade virtual da realidade em obra.

Para se iniciar a integração desta metodologia é necessário selecionar os *softwares* nos quais se pretende trabalhar. Esta escolha está muitas vezes ligada à interoperabilidade dentro do projeto de estruturas. Existem dois tipos de abordagens para a sua integração que são: (1) permanecer

dentro dos produtos de um fornecedor de *software* ou (2) usar *software* de vários fornecedores que podem trocar dados usando padrões sustentados pela indústria [6].

Para otimizar o desempenho do *BIM*, empresas ou distribuidores, terão de encontrar uma maneira de diminuir a curva de aprendizagem dos iniciantes do *BIM*. Os fornecedores de *software* têm por objetivo produzir um produto de qualidade que os clientes considerem confiável e fácil de gerir, e que atenda às expectativas criadas pelos seus anúncios [7].

O *BIM* oferece o potencial de tornar realidade novos benefícios, mas eles não são gratuitos. O desenvolvimento de um modelo 3D, que inclua informações que deem suporte à análise e facilitem o fabrico, envolve mais decisões e incorpora mais esforços que o conjunto atual de documentos de construção [6].

Na figura 2, são apresentados alguns dos principais *softwares* com capacidade de trabalhar num ambiente *BIM*, nas diversas tarefas que os engenheiros de estruturas estão habilitados, dentro de um projeto.

Modelação Estrutural		Análise e Dimensionamento		Detalhe	
Software	Empresa	Software	Empresa	Software	Empresa
REVIT	AUTODESK	R	AUTODESK	R	AUTODESK
Tekla Structures	Trimble	CSI	CSI	Tekla Structures	Trimble
Bentley		Cype		SOFISTIK	
3D RISA-3D	IIRISA	ETABS	CSI	digital project	
ADVANCE BIM DESIGNERS	GRAITEC	Arktec	Arktec	3D RISA-3D	IIRISA
ALLPLAN	NEMETSCHKE GROUP	SOFISTIK			
SDS/2 DESIGN OFFICE	NEMETSCHKE GROUP	SCiA	NEMETSCHKE GROUP		
digital project		3D RISA-3D	IIRISA		

Figura 2: Principais *softwares* *BIM* do projeto de Estruturas

Investigadores e profissionais devem desenvolver soluções adequadas para superar esses desafios e outros riscos associados. Com um número de investigadores, profissionais, distribuidores de *software* e organizações profissionais a trabalhar arduamente para resolver esses desafios, espera-se que o uso do *BIM* continue a desenvolver a indústria *AEC* (*Architecture, Engineering and Construction*) [7].

2.1 *Software* testados

Para se realizar a avaliação da interoperabilidade foram selecionados *softwares* dos listados na figura 2. Os *softwares* aqui apresentados foram escolhidos para satisfazer um maior número de gabinetes e engenheiros projetistas de estruturas [8], embora certas versões escolhidas tenham algumas limitações na sua utilização.

Os *softwares* selecionados são apresentados na figura 3 do presente artigo, dividido nas tarefas de projeto de estruturas.

Num breve resumo de utilização, na tabela 1, é feita uma avaliação comparativa dos *softwares* utilizados na figura 3. Os resultados obtidos têm um grau de fiabilidade reduzido pois apenas é

apresentada a amostra de um utilizador, embora seja perceptível as dificuldades na integração com os *softwares* apresentados. Estes resultados poderão variar de utilizador para utilizador. Alerta-se ainda que, alguns dos resultados obtidos, também são influenciados pela respetiva versão utilizada. As versões completas dos *softwares* em questão poderão resultar numa melhor avaliação.

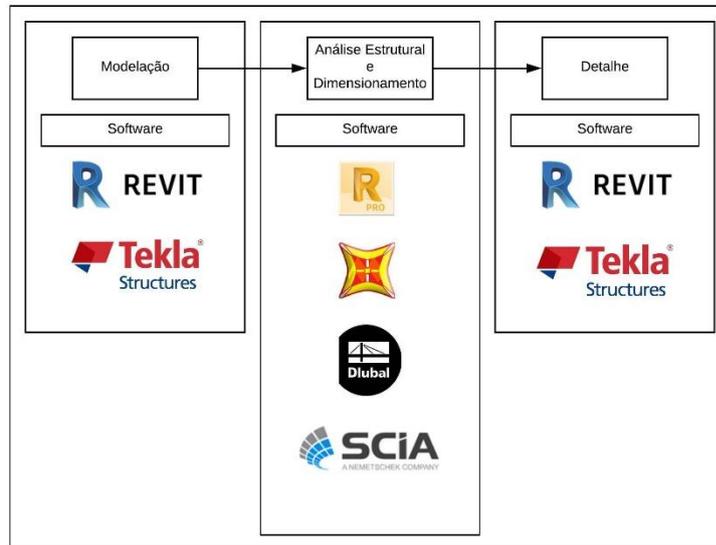


Figura 3: *Software BIM* testados

Tabela 1: Avaliação dos *softwares* na ótica do utilizador

	Aspeto Visual	Facilidade de utilização	Informação e Documentação	Transferência de dados	Avaliação global
Revit (Modelação)	BOM	BOM	BOM	BOM	BOM
Tekla (Modelação)	BOM	BOM	BOM	MÉDIO	BOM
Robot	MÉDIO	MÉDIO	BOM	MAU	MÉDIO
SAP 2000	MÉDIO	MAU	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
RFEM – Dlubal	MÉDIO	BOM	BOM	BOM	BOM
Scia Engineer	MÉDIO	MAU	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
Revit (Detalhe)	BOM	MÉDIO	BOM	BOM	BOM
Tekla (Detalhe)	BOM	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO

3. Interoperabilidade

A interoperabilidade representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão [6].

A interoperabilidade entre vários *softwares* pode ser obtida de diversas maneiras. As três mais comuns são:

- Usar um *software* que lê diretamente os arquivos do formato contido num *software BIM*. Este pode ser o caso de um conjunto de *software* desenvolvidos por um fornecedor.
- Usar *software* que incorpora uma *API (Application Programming Interface)*, fornecendo uma interface bem desenvolvida entre *software* de diferentes fornecedores.
- Usar *software* que suporte padrões de troca de dados aceites por toda a indústria. Os padrões de integração *CIMSteel* da indústria metálica (*CIS/2*) são um exemplo de uma aplicação bem-sucedida de um padrão de troca de dados. O *IFC* destina-se a fornecer uma estrutura de modelo neutro.

Todos estes métodos de troca de dados estão a ser usados, com diferentes graus de sucesso [9]. A maior barreira técnica é a necessidade de ferramentas de interoperabilidade maduras. O desenvolvimento de padrões tem sido mais lento do que o esperado e a falta de interoperabilidade continua a ser um sério impedimento para o projeto colaborativo [6]. De modo a minimizar esse problema, vai-se fazer uma avaliação quantitativa dos processos de interoperabilidade do projeto de estruturas, nomeadamente entre modelação e análise e dimensionamento estrutural e, posteriormente, entre dimensionamento e detalhe [8], como se pode perceber na figura 4.

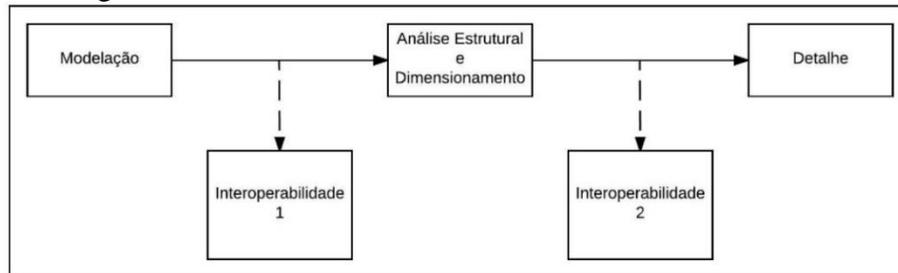


Figura 4: Esquemas dos momentos de interoperabilidade [8]

Em cada um dos momentos, da figura 4, serão estudados três métodos de interoperabilidade: (1) Integração direta – *API*; (2) *IFC*; (3) *Plugin* da *Konstru*, para os *softwares* apresentados na figura 3.

3.1 Tipos de interoperabilidade

As *API's* servem para simplificar a comunicação entre os *softwares*. Para estas existirem tem de haver uma abertura e vontade, por parte das empresas fornecedoras de *software*, em partilhar algumas das suas linguagens de programação, tornando assim mais fácil a integração entre *software* e, conseqüentemente, as tarefas da engenharia de estruturas [8].

O *IFC* foi desenvolvido pela *buildingSMART* para criar um grande conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de *software* de *AEC* [6]. A *buildingSMART* tem certificado diversos *software* para a utilização do *IFC*. Neste momento encontra-se a certificar o *IFC4*. O objetivo deste esquema de certificação de *software* é fornecer instruções de teste, ferramentas de teste automatizadas e arquivos de calibração, ajudar a examinar, avaliar e documentar a qualidade das *IFC* em importar e exportar para vários *software* [10]. Na figura 5, é apresentado um quadro que mostra as capacidades dos *softwares* utilizados para a elaboração deste artigo, para a exportação e importação do *ifc2x3* e *ifc4*.

A *Konstru* é um *plugin* que é usado por engenheiros, arquitetos e outros intervenientes para traduzir, localizar, colaborar e atualizar dados *BIM* em *software* de modelação e análise

estrutural mais populares. A *Konstru* é uma plataforma *cloud-based* que permite controlar as versões, colaboração do design, controlo de permissão dos usuários e comparação de modelos em vários *software BIM* e de análise [11].

Tabela 2: Transferências baseada em *IFC* dos *softwares* utilizados [8]

Software	Transferência IFC					
	IFC 2x3			IFC 4		
	Exportação	Importação	Certificação Exp/Imp	Exportação	Importação	Certificação Exp/Imp
Revit	✓	✓	✓ / ✓	✓	✓	Em certificação
Tekla	✓	✓	✓ / ✓	✗	✗	Em certificação
Robot	✗	✓	✗ / ✗	✗	✗	Em certificação
SAP 2000	✓	✓	✗ / ✗	✓	✓	Em certificação
RFEM	✓	✓	✗ / ✓	✗	✓	Em certificação
Scia	✓	✓	✓ / ✓	✗	✗	Em certificação

3.2 Matriz Interoperabilidade

No sentido de se obterem dados para se poderem comparar os diversos caminhos de interoperabilidade, foi criada uma matriz para avaliar os dois momentos apresentados na figura 4. A matriz é uma folha de cálculo que avalia quantitativamente os dados transferidos entre os *softwares*, como se pode ver na figura 6. Os resultados apresentados de seguida, não são exatos pela escassez de modelos e pelas versões de *software* utilizadas, mas servem para perceber o funcionamento da transferência de dados e retirar conclusões acerca das melhores alternativas para utilizar no projeto de estruturas, de entre as alternativas estudadas.

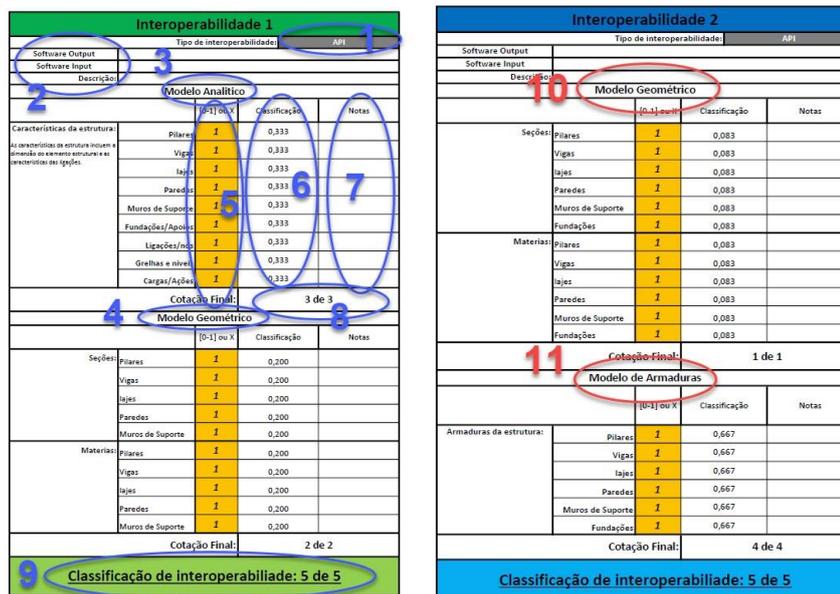


Figura 6: Matriz critério de interoperabilidade [8]

Num breve resumo, o funcionamento da matriz apresentada anteriormente pode ser descrito pelos números representados na mesma:

1. Neste ponto escolhe-se o tipo de interoperabilidade utilizada;
2. Descrevem-se os *softwares* que trocam informação (*output* e *input*) e algumas particularidades do modelo;

3. A interoperabilidade 1 é dividida em duas secções. O modelo analítico está relacionado com características de dimensões dos elementos, características de ligações, apoios, cargas e grelhas;
4. No modelo geométrico avaliam-se as características das secções e dos materiais;
5. Neste ponto, atribui-se um valor de “0” a “1” ou “x”, sendo que no valor “0” não há transferência da característica em questão, no valor “1” é transferido tudo e o “x” é para casos onde não são utilizadas as características descritas. Encontra-se a laranja pois são os únicos elementos desta matriz que devem ser alterados manualmente, consoante a referida transferência;
6. Neste ponto é atribuída a classificação de igual cotação a cada característica da secção. A cotação é dividida de igual modo variando apenas com o valor atribuído no ponto 5. No caso em que esta coluna diga “Não se aplica” há uma redistribuição das cotações;
7. Poderá fazer a descrição de algumas notas na passagem da respetiva característica;
8. É a classificação de cada secção que está dependente do ponto 6. No modelo analítico atribuem-se 3 pontos e no modelo geométrico 2 pontos. Atribui-se mais cotação no modelo analítico devido à sua importância no *software* de cálculo estrutural;
9. A classificação final da interoperabilidade 1 é o somatório das duas secções de avaliação.
10. A interoperabilidade 2 também está dividida em duas secções. O modelo geométrico é igual ao ponto 4;
11. O modelo de armadura vai avaliar a passagem de armaduras dimensionadas no *software* de cálculo estrutural. Esta secção vai ter uma maior cotação comparativamente à secção anterior porque a sua transferência representa, em grande parte, a importância dos dados da interoperabilidade 2 [8].

3.3 Avaliação do modelo 1

Os caminhos avaliados no modelo 1 são os apresentados na figura seguinte:

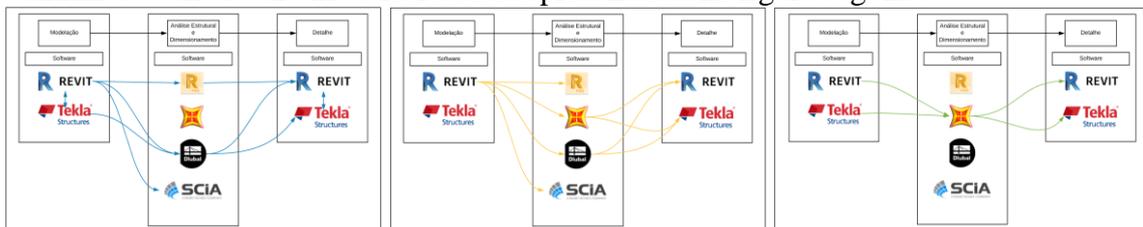


Figura 7: Esquema de interoperabilidade do modelo 1 [8]

A figura anterior é dividida em três secções: a primeira corresponde às integrações através de *API's*, a segunda através de *IFC* e a última é pelo *plugin* da *Konstru*.

Os resultados obtidos são os que se podem ver na figura 8:



Figura 8: Resultados obtidos para o modelo 1

Através da análise dos gráficos representados na figura 8, podemos notar uma clara diferença entre os resultados da interoperabilidade 1 e 2. Dentro da interoperabilidade 1, as integrações feitas através de *API* são as que apresentam a melhor alternativa para a comunicação com os *softwares* de cálculo, evidenciando-se ainda uma boa solução através do *plugin* da *Konstru*. Na interoperabilidade 2 ainda não é possível fazer uma boa integração com as alternativas estudadas, evidenciando-se apenas um melhor resultado através do *API* entre o *Robot* e o *Revit*, *softwares* da mesma família.

3.4 Avaliação do modelo 2

Para o modelo 2 são apenas avaliados os *softwares* que obtiveram os melhores resultados. Os caminhos estudados são apresentados na figura seguinte:

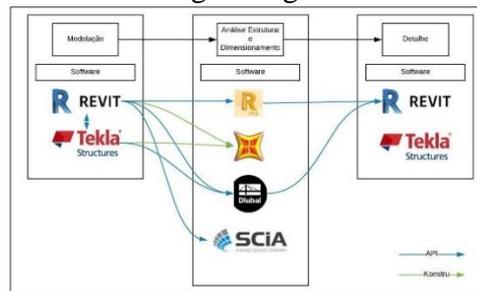


Figura 9: Esquema de interoperabilidade do modelo 2 [8]

E os resultados obtidos para o modelo 2 são os seguintes:

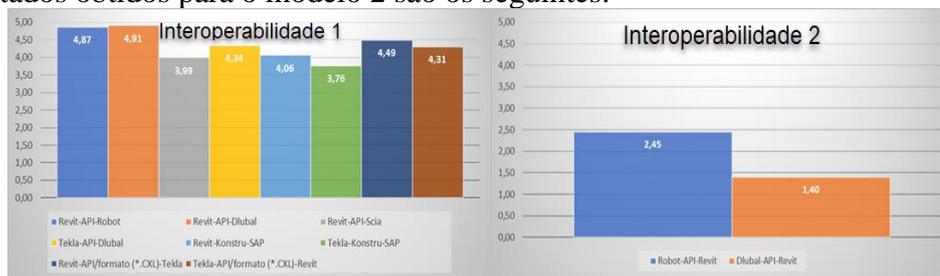


Figura 10: Resultados obtidos para o modelo 2

Nos resultados obtidos para o modelo 2, percebe-se que estes diminuem, comparativamente aos obtidos para o modelo 1, mas as conclusões acerca das melhores soluções de comunicação persistem em ambas as interoperabilidades, 1 e 2.

4. Modelo de Armaduras

A modelação de armaduras num ambiente *BIM* é um trabalho muito exigente e requer muita atenção na sua elaboração. Num ambiente *BIM*, na especialidade de estruturas, ainda existem algumas dificuldades na modelação e criação de armaduras. Trata-se de um trabalho muito exaustivo e complexo, mas, no entanto, o modelo estrutural *BIM* fica com um nível de qualidade muito elevado [8].

A modelação das armaduras dos respetivos modelos estruturais foi elaborada no *Revit* e no *Tekla*. Para se perceber melhor o funcionamento da modelação de armaduras foi analisada mais

uma alternativa que consiste na modelação de uma das vigas do modelo 2 através de programação visual no *Dynamo*.

Na modelação estrutural das armaduras podem distinguir-se três modos para a sua obtenção: (1) Modelação automática; (2) Modelação geométrica; (3) Modelação através de programação visual. Na figura 11, estão os três tipos de modelação, representados respetivamente. As modelações referidas anteriormente têm um grau de qualidade e de exigência diferentes [8].

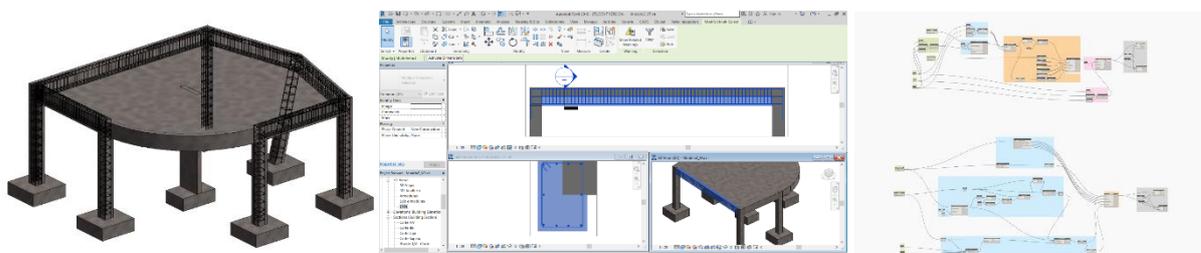


Figura 11: Modelação das armaduras em ambiente *BIM*

A modelação automática é muito prática, mas ainda não tem a maturidade suficiente para ser utilizada no fluxo de trabalho *BIM* do projeto de estruturas. Este tipo de modelação é criado nos *softwares* de dimensionamento e, posteriormente, atualizada nos *softwares* de detalhe, como se pode verificar na figura anterior. As limitações são evidentes. Exemplo disso são os elementos tipo painéis que não são transferidos para os *softwares* de detalhe. Será uma solução que deverá ser melhorada, num futuro próximo, por parte dos fornecedores de *software*.

A modelação geométrica é aquela onde se desenha no próprio modelo do *software* de detalhe. Este tipo de modelação é bastante útil para modelos em que os seus elementos estruturais têm semelhanças no seu dimensionamento. As armaduras criadas são fáceis de replicar. Antes de se iniciar o desenho das armaduras, é necessário fazer cortes no modelo para que se possa perceber o que se está a realizar, como se pode ver na figura 11. Dentro deste tipo de modelação ainda existem alternativas que têm menus predefinidos para as armaduras dos diversos elementos estruturais. Estas podem ser evidenciadas principalmente no *Tekla*.

Dos tipos de modelação apresentados, a modelação através de programação visual é a mais complexa, mas é aquela que permite obter os melhores resultados. Os principais *softwares* para fazer este tipo de modelação são o *Dynamo* e o *Grasshopper*. Este tipo de modelação requer mais experiência e dedicação e, só assim, é que é possível retirar os resultados pretendidos. Ainda é possível retirar dados de folhas de cálculo, tornando-se assim uma solução para alguns problemas de interoperabilidade dos *softwares* de cálculo estrutural para os *softwares* de detalhe.

5. Conclusão

Este artigo serviu para fazer um levantamento das dificuldades que os engenheiros de estruturas possam encontrar na elaboração de um projeto de estruturas em ambiente *BIM*, direcionados essencialmente para a interoperabilidade entre *softwares*, os mais evidentes são:

- Na integração com novos *software*, nomeadamente de modelação e detalhe, é necessário optar-se por aqueles que têm as melhores capacidades de interoperabilidade com os *softwares* que os engenheiros de estruturas estão mais familiarizados.

- Nos resultados apresentados de interoperabilidade é perceptível a diferença da qualidade dos dados transferidos da interoperabilidade 1 e 2; é mais fácil transferir dos *softwares* de modelação estrutural para os *softwares* de cálculo.
- O *IFC*, no seu estado atual, ainda não permite a comunicação dentro do projeto de estruturas, mas para na comunicação com as outras especialidades tem bastante utilidade, e os *softwares* de cálculo estrutural tem bastante dificuldade na leitura deste tipo de formato.
- A necessidade da parte dos fornecedores de melhorar a qualidade dos dados transferidos dos *softwares* de cálculo estrutural para os de detalhe, no caso de se tratar do mesmo fornecedor.

Contudo, já é possível realizar projetos de estruturas em ambiente *BIM* com um fluxo de trabalho de boa qualidade, embora seja importante aumentar a comunidade de estruturas que trabalhe em ambiente *BIM* para que haja um maior número de opiniões sobre alternativas de fluxo de trabalho sobre esta metodologia no projeto de estruturas.

Referências

- [1] FERREIRA, B. Ferreira, B., Lima, J., Rio, J., Martins, J. P. (2012) «Integração da Tecnologia BIM no Projeto de Estruturas de Betão», Encontro Nacional Betão Estrutural, pp. 24–26.
- [2] LINO, J. C., Azenha, M., Lourenço, P. (2012) «Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas», Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012, pp. 24–26.
- [3] Engineering, (2016). <https://www.engineering.com/BIM/ArticleID/12131/The-Role-of-Interoperability-in-BIM.aspx> , acesso 16/04/2018
- [4] The BIM Hub, (2014). <https://thebimhub.com/2014/09/06/interoperability-standards/#.WtVkaojOVPZ> , acesso no dia 16/04/2018
- [5] ADDOR, M., Nardelli, E. S., Cambiaghi, H., Morale, M., Castanho, M., Delatorre, J., Mainardi, I., Yim, J., Saidon, S. W., Dunker, V. and Rosetti, M. S. (2015) ‘Guia AsBEA Boas Práticas em BIM Fascículo I’.
- [6] EASTMAN, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) *BIM Handbook A guide to Building information Modeling for Owner, Manager, Designers, Engineers, and Contractors*. ISBN 9780470541371.
- [7] AZHAR, S. (2011) ‘Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry’, 11(Bazjanac 2006), pp. 241–252.
- [8] ALVES, J. P. C., (2018) «Interoperabilidade BIM em projeto de Estruturas». Tese de Mestrado. Departamento de engenharia civil, Coimbra.
- [9] BURT, B. (2009) «BIM Interoperability», *Structure Magazine*, (December), pp. 19–21.
- [10] BuildingSmart, (2017). <https://www.b-cert.org/Documentation/55532ab2-1c6b-49a5-3aa2-08d4653e3e09>, acesso no dia 30/09/2017
- [11] Konstru, (2017). <https://konstru.zendesk.com/hc/en-us/articles/115003405608-What-is-Konstru-> , acesso no dia 28/11/2017

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NO APOIO À REABILITAÇÃO FUNCIONAL DE UM EDIFÍCIO

João Lopes⁽¹⁾, Maria João Falcão Silva⁽²⁾, Fernando F.S. Pinho⁽³⁾, Paula Couto⁽⁴⁾

(1) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

Resumo

A conjuntura dos últimos anos em Portugal, tem promovido a reabilitação de imóveis em detrimento da construção nova, sendo que ações deste género possuem especificidades técnicas que devem ser alvo de estudo por parte dos intervenientes no projeto, construção e manutenção. De forma a realizar este estudo é necessária uma base onde toda a informação do edifício a reabilitar esteja atualizada e de acordo com o existente.

A reabilitação, para além de estrutural, contempla muitas vezes aspetos funcionais relacionados com uma “nova utilização” do espaço incluindo também aspetos como iluminação, redes elétricas e de comunicação, instalações de águas, térmica de edifícios, sistemas energéticos, segurança contra incêndio e acústica.

O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) tem inovado nos métodos de projetar e construir através do uso de novas tecnologias, destacando - se a metodologia *Building Information Modelling* (BIM). No entanto, ainda é necessário aprofundar como esta metodologia pode ser aplicada à reabilitação.

O BIM possui como principal mais valia a possibilidade de uma representação precisa da geometria dos elementos, integrando a informação em várias dimensões. A utilização de modelos digitais é muito importante, pois permite otimizar a visualização e detalhe destes elementos e dos seus processos construtivos, sendo uma metodologia colaborativa.

O presente trabalho pretende enquadrar a temática BIM na reabilitação de edifícios, nomeadamente ao nível funcional, prevendo-se desenvolver um estudo em que será aplicado esta metodologia à reabilitação funcional de um edifício comercial.

O modelo em BIM será modelado a partir do levantamento do existente com recurso ao *laser scanner* e das plantas existentes, sendo posteriormente explorado para a obtenção de documentação útil, tal como peças desenhadas que representam tanto as operações de demolição como de construção nova, numa aplicação abrangente da metodologia.

1. Introdução

A reabilitação de edifícios, surge como uma oportunidade do setor AECO se dinamizar, apostando na recapacitação das edificações existentes ao nível estrutural e funcional, melhorando a sua qualidade com base em princípios de sustentabilidade, tais como a preservação de valores culturais, a proteção ambiental, os consumos energéticos e a valorização patrimonial. Neste tipo de ações é necessário ter em consideração um conjunto de exigências, técnicas e operacionais, que não existem na construção nova e que criam desafios diferentes a todos os intervenientes deste processo.

Apostar apenas na reabilitação destes edifícios antigos não é o suficiente, pois muitos deles estão inseridos em áreas de centros urbanos onde são servidos por infraestruturas antigas e sem capacidade para novos aglomerados populacionais que se querem deslocar para estes centros. Nestes casos são necessárias ações de reabilitação urbana, com a recuperação e melhoramento de infraestruturas, a criação de espaços de convívio e cultura e a oferta de novos serviços, através da alteração de função dos espaços existentes. Assim, com a perspetiva de aumento das obras de reabilitação em Portugal, do espaço público e privado, é necessário adaptar o setor às novas exigências e desafios, com o apoio das tecnologias atuais [7].

Neste caso específico, de projetos de reabilitação, os desafios são colocados ao nível da necessidade de existência de informação referente à geometria dos espaços exteriores e interiores, heterogeneidade de materiais de construção, processos construtivos da época, bem como todas as operações necessárias no decorrer da obra. Neste enquadramento, a adoção do *Building Information Modelling* (BIM) em projetos deste género, permite apoiar a troca de informação entre os vários intervenientes e melhora todo o processo relativo à fase de projeto e obra [4].

2. Building Information Modelling (BIM)

O BIM, *Building Information Modelling*, é uma das metodologias emergentes, que oferece uma nova abordagem no processo de controlo e gestão de toda a informação criada e desenvolvida em fase de projeto pelas diversas especialidades, bem como por todos os intervenientes durante o ciclo de vida das construções, através da criação de um modelo digital do edifício [5]. As ferramentas que tem como base a metodologia BIM, permitem a automatização de todos os elementos que constituem um projeto de construção/reabilitação, a deteção de erros nos projetos existentes e a análise de incompatibilidades entre as diferentes especialidades, possibilitando a partilha de informação mais eficiente, evitando assim, a reprodução dos mesmos dados [10].

Existe, no entanto, um conjunto de barreiras e limitações que estão a dificultar a implementação do BIM na prática profissional. A maioria das condicionantes são de natureza técnica e têm sido gradualmente ultrapassadas pelos produtores de *software*, pelos investigadores e pelas organizações [2]. No entanto, são as questões centradas nas pessoas e nas organizações, as que colocam os maiores desafios à adoção do BIM, sendo a mudança de procedimentos e fluxos de comunicação, responsabilização e confiança, dificilmente alterável [3].

2.1 BIM na Reabilitação

Os processos BIM já estão estabelecidos e com metodologias bem definidas ao nível da gestão do modelo de um projeto de construção nova, enquanto a maioria dos edifícios existentes não

são mantidos, renovados ou reabilitados usando BIM. O uso da metodologia BIM está associado ao planeamento do projeto, análises de custo da construção ou análises energéticas e entregas de projeto do edifício e das estruturas construídas, verificando -se atualmente uma maior procura de adaptar estas ferramentas nas fases iniciais do ciclo de vida de um edifício existente [12]. Em projetos de reabilitação, a modelação deixa de ser sobre elementos novos, e passa a ser a criação de “*as-built*” models, ou seja, modelo do edifício existente com todas as informações e características associadas ao estado inicial de construção. A este modelo associam-se todas as fases de manutenção, remodelação ou demolições. Os principais desafios da implementação do BIM em edifícios existentes são relativos à modelação dos elementos singulares que o constituem, obrigando a um esforço laboral na modelação da informação capturada em objetos BIM e a constante necessidade de atualizar essa informação [8][12]. Cada projeto de reabilitação é único e apresenta problemas e dificuldades individuais quer no seu projeto de modelação, demolição ou reconstrução, aspetos onde o BIM se torna vantajoso ao ser possível monitorizar todas as incompatibilidades que aconteçam e prever eventuais obstáculos. Outros benefícios de aplicação do BIM em projetos deste tipo são ao nível do próprio modelo criado e à sua visualização, estimativa de quantidades e custos e otimização dos recursos humanos e equipamentos. Existindo um maior controlo das quantidades de materiais a aplicar na construção e dos meios mecânicos utilizados é possível obter uma construção sustentável devido ao menor desperdício de matérias primas e ao uso eficiente de energia e combustíveis[1].

A implementação do BIM numa construção nova ou num edifício existente difere, pois no segundo caso existe a necessidade de captura e de avaliação do estado atual do edifício. Segundo alguns autores [12], existem 3 casos distintos na criação de um processo BIM, para edifícios novos e existentes (Figura 1).

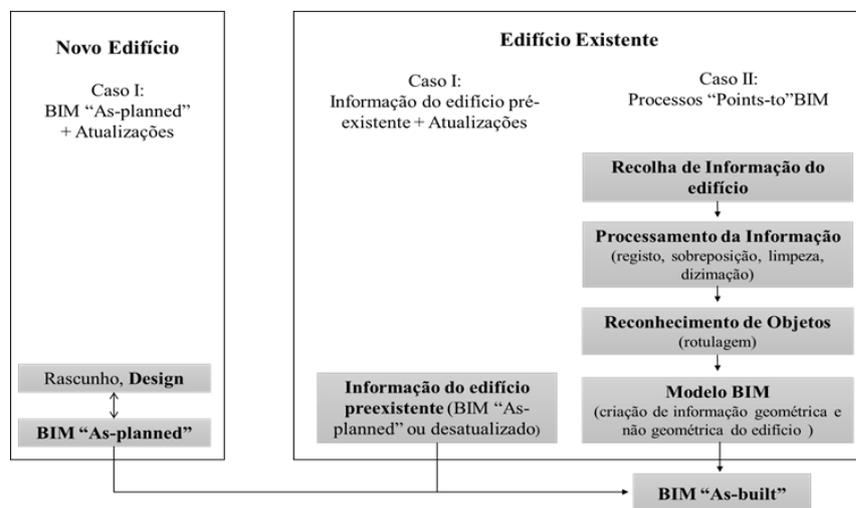


Figura 1: Criação do modelo BIM (Adaptado de Volk et al., 2014).

Em projetos de edifícios novos o modelo criado denomina -se “*as-planned*” (como planeado), através de um *software* que permite interação entre o projeto e planeamento e que atualiza o modelo “*as-built BIM*”. No caso 1, dentro dos edifícios existentes, o utilizador possui ou um modelo desatualizado ou apenas possui informação relativa ao edifício existente, que carece de atualização do preexistente. No caso 2, referente também a edifícios existentes, não existe

qualquer informação referente ao projeto inicial e ao edifício atual, sendo necessário recorrer a um levantamento de dados “*points-to-BIM*”.

2.2 Levantamento da Informação – Laser Scanner

Trata-se de uma técnica tem vindo ser adotada em projetos com base BIM, pois é reconhecida como uma tecnologia 3D capaz de medir com uma grande capacidade e precisão o edifício existente [11]. A metodologia BIM, conforme já referido anteriormente, introduz nos projetos de construção e reabilitação bastantes benefícios, contudo, ao ser combinada com o LS 3D, criam-se modelos “*as-built*” (telas finais) ou modelos “*as-is*” (existente) com precisão, flexibilidade de gestão de informação, eficiência o que permite ao utilizador obter projetos de conceção e construção sem utilizar técnicas invasivas [9].

O *laser scanner* pode ser utilizado na captura tridimensional das dimensões de uma determinada instalação existente sendo que a correspondente NP resultante pode ser manipulada de forma a criar um “*as-built model*” e facilitar, através da automação, um trabalho que outrora se revelava moroso, subjetivo e propenso a erros. Ao utilizar o LS é possível recolher visualização espacial através de milhões de pontos e aceder a locais inalcançáveis ao contrário do levantamento tradicional que apenas se obtém simples medições e alguns apontamentos. O 3D LS e o BIM oferecem novas possibilidades de captura, *mapping* e análise de informação de edifícios [6].

3. Caso de Estudo

Para a realização da dissertação que serviu de base para o presente artigo, e de forma a aplicar a metodologia BIM num caso de estudo de reabilitação funcional, foi disponibilizado pela empresa Sonae Sierra, com a qual o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) tem um protocolo de cooperação, um projeto de reabilitação de um espaço comercial, localizado no CascaisShopping. Com a análise deste caso de estudo, pretende-se reunir um conjunto de instruções para a implementação do BIM em obras de reabilitação, de forma a transmitir ao utilizador, procedimentos para a aplicação do BIM no seu projeto, assim como detalhes relativos ao levantamento e modelação de objetos existentes. Este conjunto de indicações demonstrará como poderá ser aplicado este conceito desde a fase de levantamento e recolha de dados do existente até à fase de modelação do edifício em formato digital, onde serão definidos os elementos a construir ou a demolir. Com o modelo digital do edifício existente, são comparados os diferentes modelos obtidos, e será analisado os dados obtidos pela modelação de elementos a demolir ou a construir e toda a informação que se pode retirar do modelo.

3.1 Levantamento do existente por *Laser Scanner*

Os trabalhos iniciaram-se com uma visita ao local com o objetivo de analisar a arquitetura e a geometria do espaço, de forma a planear a localização de cada estacionamento do equipamento e definir o nível de detalhe desejado no varrimento.

O referido planeamento prévio é essencial na preparação do levantamento com laser scanner, pois permite garantir a recolha da informação necessária de forma a planear o trabalho para obter a nuvem de pontos adequada para a execução do modelo com a máxima eficiência possível, no intervalo de tempo mais curto. A ausência de um planeamento adaptado às características do local pode representar custos acrescidos, bem como a obtenção de uma nuvem de pontos incompleta que não irá permitir cumprir com os requisitos do cliente.

No local, observou-se a presença de bastantes obstáculos, pois como referido anteriormente, o edifício era utilizado como armazém de mercadorias do hipermercado Continente, (Figura 2) situação que interfere com a captação das estruturas desejadas.



Figura 2: Armazém de mercadorias da loja Continente.

Foi realizado o desenho esquemático da planta dos espaços interior e exterior, identificando a localização aproximada dos locais onde se posicionaram o equipamento e os alvos (Figura 3). Este esquema é um método de trabalho recomendado e que permite auxiliar, já em gabinete, nas tarefas de registo, isto é, de união de todas as nuvens de pontos.

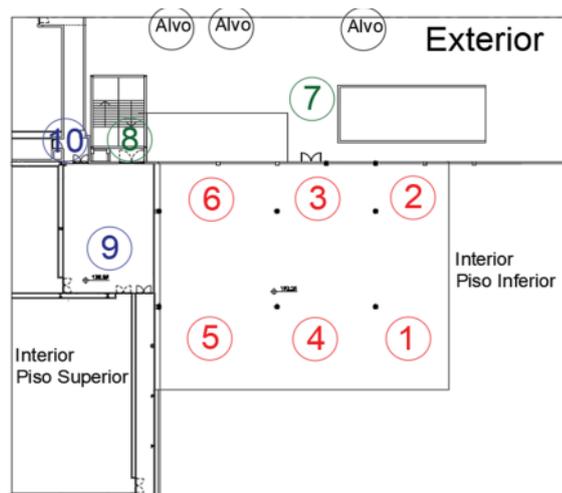


Figura 3: Planta com localização de estacionamentos do equipamento e alvos.

O esquema representado na figura 3 identifica 3 grupos distintos: i) grupo de levantamento (1 a 6) obtido no interior do armazém do hipermercado Continente, onde foram realizados 6 estacionamentos; ii) grupo de levantamento para ligação entre o espaço de armazém e o piso superior (7 e 8), com 2 estacionamentos no exterior; e iii) grupo de levantamento no interior do piso superior (9 e 10), onde foram realizados 2 estacionamentos. Na fase subsequente foi efetuada a tarefa de registo de todas as nuvens de pontos. Esta tarefa foi logo iniciada durante a importação onde o *software* criou automaticamente, através de algoritmos de reconhecimento de zonas comuns entre diferentes estacionamentos. A união destes 3 grupos, de forma a constituir apenas uma nuvem de pontos única e global (Figura 4), foi efetuada utilizando uma técnica de união visual que utiliza os 2 estacionamentos de diferentes grupos com maior área em comum.

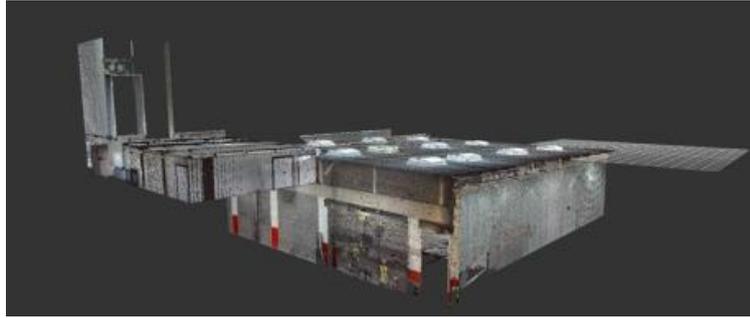


Figura 4: Modelo único obtido pela união das várias nuvens de pontos.

O planeamento prévio do posicionamento de cada estacionamento resultou numa nuvem de pontos rica em dados sem qualquer espaço em branco (obstáculos ou sombras), onde se obteve a informação necessária de todos os elementos a modelar numa fase posterior.

3.2 Modelação do existente

Neste caso de estudo, foi possível obter informação do edifício existente através de duas fontes distintas. Inicialmente foi fornecido por parte da empresa Sonae Sierra, as plantas em formato .dwg, contendo informação sobre arquitetura, estrutura e sistemas secundários do edifício. Posteriormente, com o levantamento por laser do existente, obteve-se um modelo contendo informação semelhante conforme referido anteriormente, neste caso em formato .rcp (*Autodesk Recap*). Com a premissa que o *Revit* está orientado para trabalhar em ambiente colaborativo, é necessário que este *software* consiga reconhecer e ler diferentes formatos já que no mesmo modelo trabalham diferentes intervenientes, cada um com um *software* diferente. Na execução do modelo digital deste edifício existem dois formatos distintos, .dwg (Figura 5) e .rcp (Figura 6) sobre os quais o *Revit* tem capacidade de interpretar.

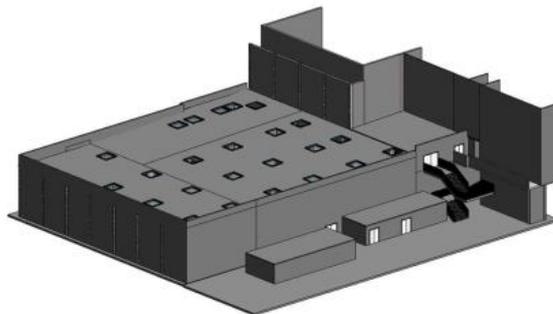


Figura 5: Modelo BIM: plantas *Autocad* (.dwg).



Figura 6: Nuvem de pontos: *Laser scanner* (.rcp)

4. Análise de Resultados

Inicialmente será comparado o modelo obtido pelas plantas *Autocad*, fornecidas pela empresa Sonae Sierra com a nuvem de pontos obtida pelo levantamento do existente por *laser scanner* realizada pela empresa *Leica Geosystem*, (Figura 7) para este caso de estudo. Pretende-se com a demonstração destes resultados, sensibilizar para a importância do conhecimento inicial do edifício existente, de forma a serem concebidos projetos viáveis, onde seja possível numa fase preliminar prever todos os constrangimentos e variáveis que em fase de obra poderão adicionar trabalhos a mais, e por sua vez custos acrescidos e alargamento do prazo da obra.

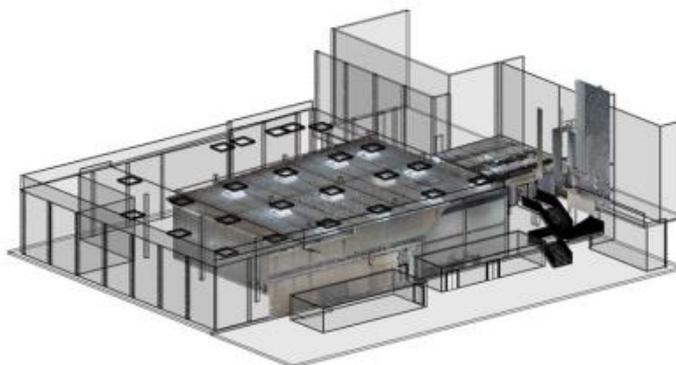


Figura 7: Nuvem de pontos incorporada no modelo *Revit* do edifício

O expectável seria que ambos os modelos apresentassem as mesmas semelhanças, mas utilizando as ferramentas de visualização que o software *Revit* dispõem, detetou-se diferenças entre modelos ao nível arquitetónico e estrutural, como também a presença de anomalias nos elementos constituintes.

Análise de elementos estruturais

Analisando o corte da Figura 8 verifica-se que os pilares não têm a mesma secção. Na realidade estes elementos estruturais possuem uma secção menor do que projetado e apresentam deformações ao longo da sua altura. Estes dados seriam importantes na fase de projeto, pois implicaria soluções de reforço dos mesmos, embora para este caso de estudo não seja necessário, pois são elementos a demolir.

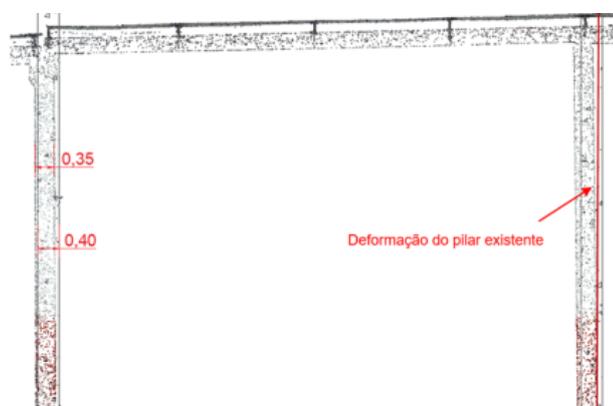


Figura 8: Comparação de secções dos pilares e deformações existentes

Outro dos elementos analisados foi a cobertura existente. Como se pode verificar na Figura 9, a cobertura existente encontra-se a uma cota inferior à cota definida em projeto, com uma diferença negativa de 1m.

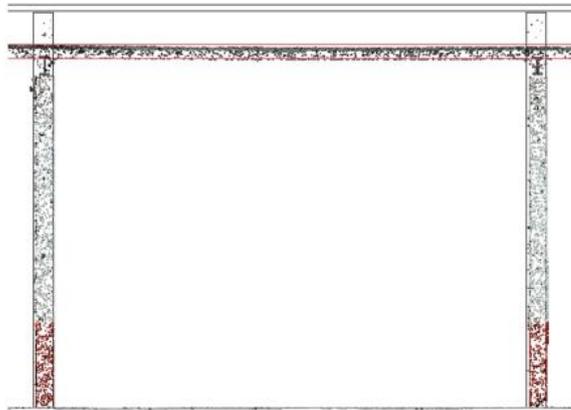


Figura 9: Identificação de deformações no vão da cobertura existente

Análise de implantação do edifício

A análise da sobreposição dos dois modelos não incidiu apenas nos elementos que os constituem e que foram alvo de análise. As características do espaço, tais como as dimensões e a cota altimétrica de implantação do projeto (Figura 10), foram igualmente comparadas entre modelo digital em *Revit* e a nuvem de pontos.

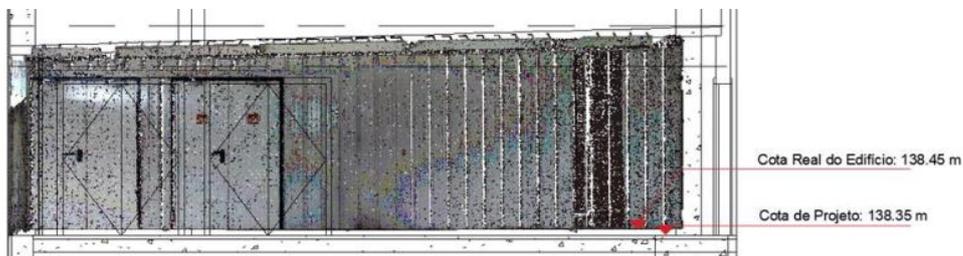


Figura 10: Comparação de cotas do piso superior



Figura 10: Comparação do alinhamento das portas de emergência da sala do piso superior

5. Conclusões

Neste trabalho foram avaliadas as vantagens e problemáticas da aplicação de técnicas de levantamento e de modelação, quer do existente, quer dos elementos a construir com recurso a *softwares* com base em metodologia BIM. Através da pesquisa bibliográfica e o trabalho prático desenvolvido no presente artigo foi, assim, possível tirar várias conclusões. A utilização de levantamentos com recurso ao *laser scanner* é cada vez mais uma realidade em Portugal, com predominância em edifícios de grandes dimensões e complexidade onde serve de apoio topográfico e de controlo de obra, mas assiste-se a uma tendência na generalização da aplicação desta técnica em levantamentos para projetos de reabilitação de edifícios. Este tipo de levantamento apresenta inúmeras vantagens em relação aos levantamentos tradicionais, sendo uma delas a facilidade de aquisição da informação relativa ao edifício, e posteriormente a sua manipulação numa nuvem de pontos.

Apesar da obtenção da nuvem de pontos ser um processo expedito, manipular e tratar todos os dados obtidos dos diferentes levantamentos com o objetivo de obter um único modelo consistente, não é um processo automatizado, sendo necessário recorrer a aplicações que permitem a semi automatização desta tarefa. Este caso de estudo permitiu a aquisição de conhecimentos sobre a técnica de levantamento, o tratamento dos dados adquiridos, e a posterior modelação por objetos, explorando assim a melhor forma de aplicar o BIM em ficheiros deste formato.

Na modelação dos objetos existentes, foi demonstrado que, apesar de ser uma tarefa que exige algum tempo e conhecimento do utilizador, é possível obter virtualmente um modelo representativo do real, com um elevado nível de detalhe e pormenorização. Durante todo este processo de modelação do edifício, a apresentação tridimensional (3D), tornou-se um poderoso auxiliar na identificação de diferenças entre os dois modelos já descritos, anomalias nos elementos existentes e na obtenção de medidas dimensionais essenciais à tomada de decisão e agilizando as mesmas.

O *software* usado permite a possibilidade de integrar no mesmo modelo, as diversas fases de construção, tais como a demolição e a construção nova, sendo esta ferramenta uma mais-valia, pois no mesmo modelo aglomera-se toda a informação, que pelos meios tradicionais, implicava a realização de desenhos diferenciados. Com o modelo BIM, retiram-se automaticamente desenhos e vistas dos elementos que nele estão inseridos. Sendo um único modelo, evita-se cópias de ficheiros, prevenindo-se desta forma erros e omissões que pudessem eventualmente ocorrer na passagem de informação de um lado para o outro. A rentabilização do tempo gasto para tarefas mais morosas como é o caso da criação de objetos é uma das suas vantagens mais notórias.

Neste sentido, conclui -se que a integração do BIM neste projeto de reabilitação, teve bastantes vantagens relativamente aos métodos convencionalmente utilizados e aos quais foi comparado, tanto no tratamento da informação sobre o edifício existente como na criação de todos os elementos novos a adicionar ao existente.

Com o uso mais frequente de técnicas de levantamento como o *laser scanner*, os custos de aquisição e recolha de informação serão cada vez menores, e assim sendo, as empresas do setor AECO, irão substituir os seus aparelhos bidimensionais em levantamentos topográficos e arquitetónicos por aparelhos tridimensionais, sendo expectável num futuro próximo a criação automática de modelos BIM.

Referências

- [1] Bryde, D., Broquetas M., e Volm J. M.. 2013. “The Project Benefits of Building Information Modelling (BIM).” *International Journal of Project Management* 31(7):971–80;
- [2] Crespo, C. C. e Ruschel, R. C.. 2007. “Ferramentas BIM: Um Desafio Para a Melhoria No Ciclo de Vida Do Projeto.” *Encontro de Tecnologia de Informação E Comunicação Na Construção Civil* (3):9;
- [3] Ghassemi, R. e Becerik-Gerber, B.. 2011. “Transitioning to Integrated Project Delivery: Potential Barriers and Lessons Learned.” *Lean Construction Journal* (September);
- [4] Kivits, R. A. e Furneaux, C.. 2013. “BIM: Enabling Sustainability and Asset Management through Knowledge Management.” *The Scientific World Journal* 2013;
- [5] Lino, J. C., Azenha, M. e Lourenço, P.. 2012. “Integração Da Metodologia BIM Na Engenharia de Estruturas.” *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012* 24–26;
- [6] Mahdjoubi, L., Moobela, C. e Laing, R.. 2013. “Providing Real-Estate Services through the Integration of 3D Laser Scanning and Building Information Modelling.” *Computers in Industry* 64(9):1272–81;
- [7] Paiva, J. V., Aguiar, J. e Pinho, A.. 2006. *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*. Editado por INH e LNEC;
- [8] Penttila, Rajala, H, M. e Freese, S.. 2007. “Building Information Modelling of Modern Historic Buildings.” *Predicting the Future, 25th eCAADe Konferansi, Frankfurt Am Main, Germany* 607–14;
- [9] Randall, T. 2013. “Client Guide to 3D Scanning and Data Capture.” 35;
- [10] Taborda, P. e Cachadinha, N.. 2012. “BIM Nas Obras Públicas Em Portugal: Condicionantes Para Uma Implementação Com Sucesso.” *Congresso Construção 2012* 1–14
- [11] Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R. e Lytle, A.. 2010. “Automatic Reconstruction of as-Built Building Information Models from Laser-Scanned Point Clouds: A Review of Related Techniques.” *Automation in Construction* 19(7):829–43;
- [12] Volk, R., Stengel, J. e Schultmann, F.. 2014. “Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings - Literature Review and Future Needs.” *Automation in Construction* 38(April):109–27;

PREFERÊNCIAS DE JARDIM DE LAR SEGUNDO O IDOSO ESTUDO COM RECURSO A SIMULAÇÕES 3D E CAPTAÇÃO DE DESENHO

Claudia Nunes⁽¹⁾

(1) Universidade de Lisboa, Faculdade de Arquitetura, CIAUD, Lisboa

Resumo

São poucos os estudos, sobretudo portugueses, que avaliam a perceção do sénior, relativamente aos elementos do design de jardim de lar que influenciam o seu bem-estar. Pretende-se produzir conhecimento, com base científica e não dedutiva, para que projetistas de espaços exteriores (arquitetos, arquitetos-paisagistas, urbanistas, designers) o possam usar assertivamente, face ao apuramento estatístico realizado a partir de entrevistas ao target/sénior, no campo da mobilidade, privacidade, comunicação interpessoal e orientação espacial; e no que concerne às características do desenho e composição espacial, i.e. escala, cor, layout vs. caminho, vegetação, banco, tendo-se recorrido a envolvimentos virtuais não imersivos (simulações 3D realizadas em Autodesk® AutoCAD® e 3D Studio Max®) e usado o desenho realizado pelo idoso sobre o seu «jardim residencial», revelando os elementos mais importantes. No campo da Mobilidade, conclui-se que o projetista deverá proporcionar um corredor arbóreo no caminho do transeunte. Para ajudar na Orientação dever-se-á proporcionar flores, árvores e elemento de água, assumindo-se como marcos (landmarks). Relativamente à Comunicação, é preferível a existência de bancos em L, estimulando a conversação face à sua disposição em 90° (e floração branca de árvore no local). Quanto à privacidade, a posição mais vantajosa trata-se de uma situação de maior cobertura vegetal em volta do banco. Para resultados mais veementes, torna-se importante desenvolverem-se trabalhos multidisciplinares entre pares e fazer participar o idoso no respetivo desenvolvimento projetual (Design Centrado no Utilizador), proporcionando-se assim espaços condignos às suas capacidades e interesses. Palavras-chave: Idoso, Design, Comunicação, Privacidade, Orientação, Mobilidade.

1. Introdução

Nas sociedades ancestrais, a veneração pelos idosos era pratica comum, face ao auspicioso atingir de uma idade avançada, tornando-os sábios e como tal conselheiros e patriarcas. No entanto, presentemente na sociedade ocidental e em geral face ao avanço das condições de vida

e da medicina, dá-se o envelhecimento da população, e a outrora referência para os mais novos decresce, vindo o idoso por vezes a ser desconsiderado e abandonado em lares, hospitais e inclusive em sua casa [1], pelo que surgiram inúmeras leis protetoras desde o século passado. Torna-se fundamental o sentido de pertença, utilidade e autonomia; possuir projetos de vida, para a indução da Qualidade de Vida/Satisfação [2,3]; desempenhar por exemplo atividades de jardinagem e passear, afetando positivamente o bem-estar bio-psico-social [1]. Os espaços deverão estar adaptados ao sénior (primando sempre pelo princípio da inclusividade) e não exigir que o indivíduo se adapte ao espaço. Há que promover a mobilidade (no que se refere à indução do andar), orientação espacial, comunicação entre indivíduos e privacidade; e aos quais lhes estão inerentes: segurança, esforço e estímulos [4,5]. Em 1966, Hall refere existirem quatro níveis de espaços públicos sociais, dos mais íntimos aos mais distantes/sociais [6] e em 1977, Alexander refere três - aquele que garante mais isolamento/privado, pequenos grupos e o contato direto com o público [7]. A comunicação funcional diária, como a amizade, é aquela que, na condição de humanos, é muito necessária trocar com terceiros [7]. A comunicação na velhice envolve cinco graus de satisfação: bio-psico-social, cultural e espiritual [8]. Neste contexto e devido a lacunas encontradas nesta fase empírica, é importante averiguar que elementos do design são fundamentais para o bem-estar do idoso em contexto de jardim de lar: mobilidade, privacidade, comunicação e orientação (parâmetros em análise). Assim, os elementos do design a averiguar são os elementos do desenho e os elementos de composição espacial, i.e. e respetivamente: escala, cor, layout vs. banco, vegetação, caminho. As Metodologias Visuais em entrevistas são cada vez mais utilizadas [9], uma vez constituírem um modo de entendimento eficaz e eficiente entre investigador-participante [10]. Investigações mais recentes usam como metodologia de pesquisa, por exemplo, a técnica *Photoelicitation* [11,12] e os Envolvimentos Virtuais/Realidade Virtual [12,13,14]. No presente estudo optou-se pelos envolvimento virtuais não imersivos, mediante simulações 3D de espaços muito concretos, apresentados numa sessão multimédia a partir de um portátil. Também, contou-se com o desenho realizado pelo idoso acerca do seu jardim residencial, revelando os elementos mais importantes. Colocando o target, a quem se destina o projeto no cerne do desenvolvimento do seu espaço ideal (conforme a Metodologia do Design Centrado no Utilizador), é possível ir ao encontro das suas expectativas, promovendo a Qualidade de Vida e Bem-estar. Trabalhos multidisciplinares entre arquitetura-paisagismo-design (e contando com o auxílio das novas tecnologias computacionais) tornarão os projetos em lares, neste caso, jardins e infra-estruturas, equipamentos, mobiliário e o seu desenho mais inteligível/sustentável (apoio à tomada de decisão diminuindo: erros projectuais, desperdício em materiais, susceptibilidade de derrapagem orçamental, esquecimentos em fase de obra, etc.), desde o seu início i.e. fase de ideia/conceito (devendo aproximar os pares desde a fase inicial), ao fim da sua concepção (obra realizada e manutenção dos espaços), até porque cada vez menos se trabalha sozinho mas antes em equipa (consórcios) e sendo concebido por arquitetos (mais polivalentes) os próprios projetos de arranjos de exteriores (ajardinados) e seu equipamento-mobiliário, para além do edificado. Exemplo de referência é o Arquiteto Álvaro Siza Vieira, com a alteração dos Terraços do Convento do Carmo e a produção de objectos à escala da mão, como chávenas e candeeiros.

2. Caso de Estudo: design de espaços exteriores em lares na RML

2.1 Enquadramento

2.1.1. Objetivos Gerais e Específicos

Os objetivos gerais dizem respeito ao investigar o design de espaços exteriores na perspetiva do projeto de jardins de lares, para que estejam preparados para as condições inerentes à idade avançada, sendo o target a pessoa idosa, que poderá manifestar aspetos físicos, psicológicos e/ou sociais em declínio, dado o processo de envelhecimento. Ou seja, saber qual a perceção dos idosos acerca dos elementos do design de jardim de lar que influem na mobilidade, privacidade, comunicação e orientação. Seguem-se os objetivos específicos, i.e. investigar os parâmetros do design: que conferem a privacidade aos idosos (relativamente à escala e posição espacial da vegetação em zona de estada) - estudo realizado mediante a visualização de imagens a três dimensões, i.e. 3D; que induzem a comunicação interpessoal nos idosos (layout/configuração do banco na área de piquenique vs. disposição espacial da árvore e cor das partes constituintes) - visualização de 3D; que proporcionam mobilidade aos idosos (largura do caminho e (in)existência de vegetação e face ao seu arranjo espacial) - visualização de 3D; que proporcionam a orientação espacial (elementos identificados no jardim de lar residencial), mediante a realização de um desenho livre do mesmo, pelos voluntários entrevistados.

2.1.1 Estrutura da Investigação

De nível académico, como método de investigação adotou-se uma metodologia mista (quantitativa e qualitativa, mediante análise de conteúdo das respostas face à entrevista auxiliada pelas simulações 3D e captação do desenho dos idosos), não intervencionista, mediante a realização de entrevistas a seniores em lares, com base num questionário estruturado e contando previamente com a crítica literária. Das lacunas do Estado da Arte, adveio a necessidade de realizar o Estudo de Campo (em três lares da Região Metropolitana de Lisboa, RML) com as designadas entrevistas, onde foi possível avaliar a perceção dos idosos quanto aos elementos do design de jardim de lar que influem na Qualidade de Vida, para dar inputs aos projetistas da área da conceção de espaços exteriores de estruturas Residenciais Senior.

2.2 Instrumento

Como instrumento à realização da entrevista, usaram-se imagens 3D de espaços verdes. A sua construção teve como suporte os programas Autodesk® AutoCAD® e 3D Studio Max®, sendo aplicadas primeiramente num pré-teste contando com 5 idosos voluntários do lar S.Família no qual se avaliou a sua interação (com as imagens e perguntas), para realizar melhoramentos necessários para o estudo final (contando com 61 idosos, nos lares ABE, F.Santa, N.S.Vitoria). Seguem-se as questões colocadas: Mobilidade: «Qual das seguintes situações o induz mais a andar, num dia sem calor e sem elementos perturbadores?». Orientação: «Por favor, desenhe os elementos do seu jardim de lar, descrevendo-os». Privacidade: «Imagine-se num ambiente ameno e sem elementos perturbadores. Qual das situações escolheria para obter privacidade?». Comunicação: «Imagine-se num ambiente ameno e sem elementos perturbadores. Qual das situações escolheria para desenvolver a comunicação entre utentes (interação/convívio)?».

2.3 Questionário

Pretendeu-se através de perguntas, compondo o guião da entrevista (questionário), descobrir quais os elementos percebidos pelo sénior, no que respeita à mobilidade, privacidade, comunicação interpessoal e orientação espacial dos idosos. Por questões de anonimato, foi atribuído números aos lares e entrevistados. Evitando-se o influenciar das respostas entre pares, as entrevistas foram realizadas em contexto individual e privado, numa sala do respetivo lar, onde através do portátil do investigador foram visualizadas imagens 3D de pormenores de espaços ajardinados. Para que as questões fossem percebidas do mesmo modo, as perguntas foram pré-gravadas e inseridas na ferramenta Microsoft® PowerPoint®. Era possível ajustar o volume da gravação à necessidade auditiva dos entrevistados. As simulações 3D escolhidas pelo entrevistado possuíam uma hiperligação a outras imagens doutros diapositivos. A ordem de visualização das imagens (repetidas) não era a mesma, para que a sua posição (imagem à direita/esquerda no ecrã) não influenciasse a decisão.

2.4 Imagens 3D

As imagens 3D foram salvas em formato .jpeg e inseridas no M.PowerPoint®, em modo de visualização do próprio programa. O ficheiro foi posteriormente gravado em extensão .pps, permitindo o arranque da apresentação multimédia na fase de entrevista, sem necessidade de abrir o programa.

No campo da *Mobilidade*, colocou-se a seguinte questão ao idoso (que ouvia e visualizava o texto na apresentação multimédia): «Qual das seguintes situações o induz mais a andar...?». O entrevistado visualizava duas imagens lado a lado e tinha de optar pela «imagem A» (caminho estreito) ou pela «imagem B» (caminho largo). Ao clicar na imagem A com hiperligação, um novo diapositivo do PowerPoint® surgia com novas imagens à sua escolha: A1 (caminho estreito e uma fiada de árvores) ou A2 (caminho estreito sem árvores). Tendo escolhido a imagem A1, outro diapositivo surgia com as imagens A3 (caminho estreito e uma fiada de árvores/alameda simples) e A4 (caminho estreito e dupla alameda de árvores/dois alinhamentos arbóreos, imagem esta igual à A1, utilizada para despiste quanto à preferência pelo arranjo espacial das árvores), imagens estas novamente colocadas à sua consideração. Se, caso contrário, tivesse escolhido inicialmente a imagem B (caminho largo), surgiria outro diapositivo com as imagens B1 e B2; se escolhida esta última (B2, caminho largo e dupla alameda), outro diapositivo com as imagens B3 (caminho largo e dupla alameda) e B4 (caminho largo e alameda simples) surgiria.

Outro objetivo específico pretendia investigar os parâmetros do design que proporcionam a *privacidade* aos idosos, relativamente à escala e posição da vegetação em zonas de estada (em banco). Assim, para apurar dados relativos à Privacidade, colocou-se a seguinte questão ao idoso: «...Qual das situações escolheria para obter privacidade?». Uma de três imagens estaria disponível à sua consideração (A, B ou C). Ao escolher a opção A, optava-se por banco com dois arbustos não preenchendo as traseiras do assento; se em vez disso se escolhesse a opção B, optava-se por banco com arbustos preenchendo as traseiras; e se C, banco com arbustos preenchendo as traseiras e laterais. E a partir dessa escolha, ao clicar numa imagem (com hiperligação associada a outro diapositivo), outras duas imagens surgiriam num novo diapositivo (A1 ou A2; B1 ou B2; C1 ou C2). Ao escolher a opção A1, optava-se por banco com dois arbustos baixos não preenchendo as traseiras do assento; se A2, banco com dois arbustos altos não preenchendo as traseiras. Ao escolher a B1, optava-se por banco com arbustos altos preenchendo as traseiras; se B2, banco com arbustos baixos preenchendo as

traseiras. Ao escolher a C1, optava-se por banco com arbustos altos preenchendo as traseiras e laterais; se C2, banco com arbustos baixos preenchendo as traseiras e laterais.

Pretendeu-se investigar os parâmetros do design que induzem a comunicação interpessoal, em área de piquenique, segundo a disposição do banco em L (fomando 90º) ou apresentando-se individualmente. Relativamente à Comunicação, questionou-se: «...Qual das situações escolheria para desenvolver a comunicação entre utentes (interação/convívio)?». Poderiam inicialmente escolher a imagem A (onde se visualizava um banco individual e mesa) ou B (banco em L e mesa). A partir da imagem inicial A, escolheriam a imagem A1 (banco individual e árvore de floração branca em frente) ou A2 (banco individual e árvore de floração branca nas traseiras). Por sua vez a partir da A1, escolheriam a A3 (banco individual e árvore de floração branca em frente) ou A4 (banco individual e árvore de folhagem avermelhada em frente); e a partir da A2, a imagem A5 (banco individual e árvore de floração branca nas traseiras) ou A6 (banco individual e árvore de folhagem avermelhada nas traseiras). Ou se tivessem escolhido à partida a imagem B, escolheriam depois a imagem B1 (banco em L e árvore de folhagem avermelhada nas traseiras) ou B2 (banco em L e árvore de folhagem avermelhada em frente). Por sua vez, a partir da B1, a imagem B3 (banco em L e árvore de folhagem avermelhada nas traseiras) ou B4 (banco em L e árvore de floração branca nas traseiras); e a partir da B2, B5 (banco em L e árvore de folhagem avermelhada em frente) ou B6 (banco em L e árvore de floração branca à frente).

No campo da *Orientação* pediu-se aos idosos: «Desenhe os elementos que compõem o jardim do seu lar, descrevendo-os». Para o efeito, forneceu-se uma folha A5 e caneta/lápis. Neste âmbito, pretendeu-se saber os elementos mais significativos no meio ambiente (presentes na sua memória) e as relações entre eles - orientação.

2.5 Pré-teste

As 5 pessoas idosas entrevistadas no lar S.Família percecionaram os elementos de composição do espaço exterior, uma vez terem identificado os elementos presentes nas imagens 3D. Denotou-se que os idosos com menos aptidão para o desenho mencionaram a necessidade de escreverem nos lugares onde pretendiam colocar os elementos, inclusive porque pedia-se para descrever os elementos do jardim.

2.6 Caracterização

2.6.1 Lares

O Lar ABE (com 48 idosos) pertence a uma associação religiosa evangélica em Loures (cujo espaço ajardinado se situa nas traseiras ao edifício), fazendo parte da Instituição Particular de Solidariedade Social (IPSS). O Lar F.Santa é privado (Loures), com 34 idosos e possui um espaço ajardinado frontal. Em Lisboa situa-se o Lar N.S.Vitoria (único de cariz urbano e contando com horta e jardim frontal) trata-se de uma IPSS, com 90 residentes e de cariz católico-romano. As entrevistas foram feitas respetivamente a 26, 10 e 25 pessoas idosas. O estrato socio-económico dos idosos pertence à classe média, com o Estado a apoiar parte dos custos do residente.

2.6.2. Amostra

No universo do estudo (N=61), 20% são homens (min.65 anos, máx.91; \bar{x} . 79,92 média; DP 7,69 Desvio Padrão) e 80% mulheres (min.65; máx.99; \bar{x} . 81,88; DP 8,57). Entre todos os géneros e até se reformarem, 72% trabalharam (tendo os homens sempre trabalhado) e 28% não

trabalharam (35% das mulheres realizaram atividades domésticas, consideradas não laborais). As mulheres (M.) possuem uma taxa de deficiência de 86% e os homens (H.) 83%, principalmente devido a questões de mobilidade (M.38%; H.33%); outros déficits (M.32%; H.17%) como asma, diabetes, problemas cardíacos e dos membros, osteoartrite; visão (M.18%; H.17%); baixo nível de demência (M.8%; H.22%) e problemas auditivos (M.5%; H.11%). A população masculina possui mais habilitações. As mulheres manifestam analfabetismo em 18% dos casos, sabem «ler-escrever» embora sem possuir grau em 2% dos casos; os homens, por sua vez, 0% em ambos. Seguem-se outros dados - Escola primária: M.33%, H.75%; Escola secundária ou profissional: M.17%, H.43%; Universidade M.4%, H.8%.

2.6.3. Protocolo

Pretendeu-se entrevistar voluntários com 65 ou mais anos de idade (face ao início da reforma [15]), que já tivessem usufruído do espaço ajardinado do seu lar, não podendo estar acamado dada a impossibilidade de vivenciar o jardim [16], visão residual satisfatória para se aferir os resultados [17,18], sem demência ou a nível inicial para que não afectasse a pesquisa, conforme referem outros estudos [17, 19, 20, 21]. Para tal, o sénior foi pré-seleccionado pelo investigador e outros profissionais da área dos cuidados de saúde, sendo anunciado oportunamente o estudo junto da direção de cada lar. Entre o entrevistador-entrevistado foi assinado o «Termo de Consentimento Livre e Informado» com as explicações dos procedimentos e tempo estimado na sua realização, enaltecendo-se a participação do voluntário. Iniciando-se a sessão multimédia (ficheiro PowerPoint® de extensão .pps), refere-se o assunto e objetivos esperados: «trabalho universitário sobre a perceção e satisfação de jardim de lar. A sua opinião é muito importante, contribuindo para que se venha a usufruir de jardins com qualidade». As questões colocadas aos voluntários do estudo foram sequenciais e referidas anteriormente (vide 2.2.). Por fim, pergunta-se «Quais os seus dados pessoais (Idade, Género, Profissão, Deficiência, Habilitações)?» e é agradecida a amabilidade da participação do entrevistado.

2.7 Resultados

Uma metodologia mista de estudo de caso (análise descritiva de dados quantitativos e qualitativos) foi utilizada para apoiar as entrevistas estruturadas do voluntário sénior, através da visualização de imagens 3D (e por seus desenhos descrevendo os jardins de lar). As respostas foram apontadas pelo pesquisador numa grelha pré-impressa (matriz de entrada dupla), que cruzou a imagem escolhida com o número do participante (anónimo). Na fase de processamento de dados, essas entradas foram analisadas e inseridas no software M.Excel®. A análise de conteúdo de cada desenho (com notas orais ou escritas) foi categorizada em formato de palavras e agrupada no final com uma única designação - e.g. "rosa e cravo" referidas pelo sénior foram agrupadas na categoria «flores» [6]. Segundo os objetivos, os gráficos foram realizados para mostrar em imagem as preferências pelos parâmetros em análise nos espaços: Mobilidade (elementos de indução do andar: árvore-(não)presença e quantidade, largura do caminho); Privacidade (áreas privadas: posição e altura da vegetação); Comunicação interpessoal (componente social: banco individual ou em L, árvore de floração branca ou folhagem avermelhada e seu posicionamento, à frente ou atrás do banco) e orientação espacial (desenho dos elementos que compõem o espaço ajardinado).

No universo de estudo, 54% preferem caminhar num caminho de 10m de largura (largo) e 46% escolhem um mais estreito, de 5m (A). Considerando as árvores como affordances (compreensíveis como pistas/possibilidades de ação), elas são responsáveis por induzir a

caminhada na maioria dos casos: A1, 96%; B2, 88%. Poucos idosos preferem caminhos sem árvores (A2 e B1, respetivamente, 4% e 12%). Quanto aos sub-parâmetros «quantidade» e «arranjo espacial» num caminho estreito é possível analisar que a existência de mais árvores e em alinhamento duplo (i.e. em ambos os lados do caminho/dupla fiada/dupla alameda) é a situação preferida (A4, 70%). A partir da imagem B4, 53% preferem o caminho largo da alameda simples, em vez da imagem B3, 47%, dupla alameda. Os homens preferem a imagem B com largura maior (67%) do que menor, em termos de caminho. Além disso, A1 com alameda arbórea simples (75%) do que sem árvores; e B2 com alameda arbórea dupla no caminho largo (88%) do que sem árvores. Em caminho estreito é principalmente necessário duplo alinhamento arbóreo (A4-67%). Alinhamentos arbóreos duplos (B3) e simples (B4) são igualmente necessários na situação de caminhos largos. A partir da imagem B2, é possível concluir que 88% preferem árvores em dupla fiada com caminhos largos, face aos que não possuem árvores, B1 (13%). Um quarto prefere caminhos estreitos sem vegetação arbórea (A2) vs. ¾ com árvores (A1). Quanto às mulheres, a largura do caminho não influencia as respostas (mas 51% dos casos correspondem à imagem B e 49% à A). Todas as mulheres preferem árvores de alinhamento simples e caminho estreito (A1) do que sem árvores e 88% das mulheres optam por árvores em dupla fiada e caminho largo (B2) do que sem árvores (B1-13%). O caminho estreito com duplas alamedas (A4) é positiva para 71% das mulheres (vs. 29% em A3, apenas alameda simples). Por sua vez, se num caminho largo, 55% preferem simples (B4) contra 45% das preferências por duplas alamedas (B3).

Relativamente à *Privacidade*, três tipos de espaço eram possíveis escolher: elementos com arbustos baixos atrás do banco (imagem A); mais arbustos a cobrir todo o comprimento da zona de estar em banco (B); e ao redor dos lados e do comprimento do banco (C). A imagem C era a situação mais desejada (44%), seguida por A (38%) e B (18%). Duas situações poderiam ser escolhidas em relação à «escala de vegetação»: arbusto de 1m e 0,5m de altura. A situação mais desejada é a mais alta (70% escolheram a imagem C1 e 55% a B1). Com dois arbustos por trás, são preferíveis os mais baixos em 52% dos casos, como ilustrado na imagem A1 (contra 48% com vegetação mais alta, A2). As preferências de ¾ dos homens vão no sentido de mais arbustos em torno do banco (imagem C), seguidos por menos arbustos (A, 17%) e a situação intermédia (B, 8%). A vegetação mais alta (mostrada nas imagens A2, B1 e C1) foi a situação mais desejada para se obter privacidade; respetivamente registando 100%, 100% e 78% das respostas masculinas. No universo feminino, as preferências são: menor vegetação (A-43%), mais vegetação por trás e na lateral do banco (C-37%) e a situação intermédia (B-20%). Preferencialmente, maior vegetação permite a barreira visual: 67% das respostas vão no sentido da C1, depois situação A1 com 57% das respostas, e B1-B2, igualmente com 50%.

Na *orientação* as possibilidades de ação (Affordances) ou marcos na paisagem (Landmarks) mencionados pelos entrevistados são, por ordem decrescente de referência: flores (26%); árvores (17%); elemento de água (13%); caminho (9%); edifício/lar (7%); canteiro de flores (6%); banco (5%); referência ao terreno como terra/relvado (4%); horta (4%); portão (3%); estruturas protetoras, tais como, muros/corrimãos (2%); pérgula, mesa e pavimento (ambos com 1%). Para o género masculino é importante existir na mesma proporção (24%), árvores e flores. Seguem-se os caminhos (16%); canteiro de flores, terreno/relvado ou elemento de água (ambos com 8%). Em igual proporção (4%), edifício-lar, horta, estruturas protetoras (e.g. grades/paredes). Nenhuma referência aos elementos: pérgula; pavimento; mesa; banco e portão. As flores são os elementos mais referenciados no espaço pelo género feminino (27%). Seguem-se as árvores (15%) e o elemento de água (14%). O edifício-lar (8%), caminho (8%), bancos

(6%), horta (4%), portão (4%), terra/relvado (3%), estruturas protetoras (2%), pavimento (2%), mesa (2%) e pérgula (1%).

A disposição (Layout) do banco em configuração de L (59%) é a situação que proporciona mais interação/convívio segundo a percepção das pessoas entrevistadas, em comparação com os bancos individuais (41%, imagem A). Os participantes preferem a posição frontal da árvore (A1-71%, B2-64%). Analisando o parâmetro cor, a árvore com flores brancas é mais interessante (A3-67%, B4-71%) relativamente à folhagem outonal/avermelhada (A4-33%, B3-29%). No caso das imagens A5 e A6 (bancos individuais), B5 e B6 (bancos L), as respostas são irmãmente divididas, ou seja, 50%. Nos homens, a situação B (banco em L) conquista mais preferências, em 83% dos casos; e 60% preferem B1 (i.e., árvore atrás dos bancos, embora 67% dos homens manifestarem preferir a árvore com flor branca, B4; e não tanto a cor da folhagem vermelha, 33% - B3). Considerando o banco individual, as situações de A4 e A6 tiveram 0% de opções por causa da folhagem avermelhada. A árvore com flor branca em frente (A1) ou atrás (A2) do banco individual, tinha igualmente 50%. Nas mulheres, o banco em L reforça mais a comunicação (B-53%) do que o individual (A-47%) (os valores são menos expressivos do que nos casos do género masculino). As árvores no campo de visão tornam-se positivas em 73% (A1) dos casos; e 65% (A3) se no banco individual há predileção por árvore com flores brancas do que folhagem avermelhada. Numa situação de banco em L, a maioria das mulheres prefere a presença de flores brancas - 56% (B6) - do que folhagem avermelhada (44%, B5); enquanto a opção menos votada é B1 (27%) - árvore de folhagem avermelhada na parte de trás do banco - em comparação com B2 (73%), ou seja, a árvore colocada à frente, no seu campo de visão. Para um maior grau de satisfação, a situação A6 (i.e., árvore de folhagem avermelhada na parte de trás do banco individual) é necessária numa maior percentagem dos casos (57%), em comparação com a situação A5 (43%), com árvores de flores brancas na parte de trás do banco individual. Três quartos das preferências femininas recai sob a opção B4, ou seja, flores brancas (¼ preferem a folhagem avermelhada, B3) na parte de trás do banco em forma de L.

2.8 Discussão dos Resultados

Os entrevistados perceberam os elementos da composição do espaço exterior analisado, respondendo de forma assertiva ao estudo. Identificaram os elementos que compõem o seu jardim, tais como flores, árvores e elementos de água - demonstrando que estão presentes na memória e a relação entre eles, através da realização de um desenho do jardim de lar residencial, elementos estes igualmente relatados em outros estudos internacionais [22,23]. Para promover a comunicação entre pessoas, a situação de banco em L foi o layout escolhido; corroborando outros estudos mencionados no Estado da Arte, embora reportassem outras tipologias de espaços [24,25,26]. No caso da mobilidade, a preferência dos entrevistados prende-se ao número de árvores, nomeadamente ao alinhamento arbóreo sob o caminho. Alguns estudos, como Arabatzis & Grigoroudis [1] e Zhai & Baran [27], consubstanciam-no. Lynch [28] referiu-se às alamedas arbóreas como sugestivas da continuidade dos caminhos, bem como Loide & Bernard citados em Gouveia [29], induzindo uma direção.

3. Conclusão

No contexto dos 3D e BIM, existem estudos que utilizam imagens (meios mais ou menos imersivos) para apurar dados – por exemplo, no campo da percepção ambiental/iluminação em RV [30]-; no entanto documenta-se uma aplicação no contexto da potenciação dos modelos

3D em que se demonstrou o positivo feedback do target (inclusive, com demência), permitindo apurar informação que de outra forma seria mais difícil obter. Assim, no campo da Mobilidade, conclui-se que deverá ser proporcionado num espaço exterior a um lar de idosos um corredor arbóreo no caminho do transeunte. Para ajudar na Orientação dever-se-á proporcionar flores, árvores e elemento de água. Relativamente à Comunicação, é preferível a existência de bancos em L, estimulando a conversação face à sua disposição e floração branca de árvore no local. Quanto à privacidade, a posição mais vantajosa trata-se de uma situação de maior cobertura vegetal em volta do banco de jardim. O espaço deverá ter em conta as limitações dos idosos e primar pelas condições ambientais favoráveis para a mobilidade em termos de deslocação no espaço, para a comunicação interpessoal se desenvolver nesta tipologia de espaços, existir uma assertiva orientação espacial e privacidade - situações estas necessárias para alcançar a satisfação e qualidade de vida do utente. Em suma, a estrutura residencial «lar de idosos» deverá dispor de espaços exteriores ajardinados que se coadunem com as limitações e preferências dos seniores (ao invés das preferências dos projetistas e/ou clientes que encomendam o projeto), tornando o design de jardins mais universal para o usufruto de todos.

4. Recomendações a futura investigação

Destaca-se como recomendação, o continuar a entrevistar-se idosos utilizando simulações 3D (existindo outras questões no campo da mobilidade, comunicação, privacidade e orientação, que por limitação de tempo o estudo não se direccionou, devendo as doravantes investigações contar com uma maior especificidade e inclusive usar a ferramenta da Realidade Virtual, mais real e imersiva; mas a equacionar, pois poderá trazer algumas situações de desconforto nos participantes mais sensíveis, como por exemplo, náuseas), permitindo estas selecionar os parâmetros pretendidos mediante software e recursos disponíveis, pois entende-se ser mais fácil e comportando menores custos, do que o dispendioso e complexo refazer de um espaço mal concebido. Ao selecionar e isolar os parâmetros pretendidos numa só imagem, não haverá interferência de outros nas respostas, uma vez serem individualmente visualizados pelo entrevistado, cumprindo assim os objetivos específicos da pesquisa.

Agradecimentos

Aos professores e peritos contactados durante o estudo, deixo o meu sentido de apreço e gratidão. Igualmente à direção dos lares intervenientes e seniores entrevistados. Ao CIAUD-FA um agradecimento especial face ao presente apoio e pelo facto de motivar os investigadores na aquisição de novos conhecimentos e estimular a colaboração entre pares, aspetos fundamentais para uma investigação especializada/interdisciplinar.

Referências

- [1] Arabatzis, G. and Grigoroudis, E., "Visitors' satisfaction, perceptions and gap analysis: The case of Dadia-Lefkimi-Souflion National Park", *Forest Policy and Economics*, N.12, pp.163-172, 2009. In: www.elsevier.com/locate/forpol [30/12/2011]
- [2] Army Corps of Engineers, *Design Guide for Interiors: Human Behaviour and the Interior Environment*. US Army Corps of Engineers Internet Publishing Group. *Human Behavior and the Interior Environment*, p.2.2, 1997.
- [3] Astell, A., Alm, N., Dye, R., Ellis, M., Gowans, G. and Vaughan, P., "Involving Older People with Dementia and their Careers in Designing Computer based Support Systems:

- Some Methodological Considerations”, *Journal Universal Access in the Information Society*, Vol.8, N.1. Springer Berlin/Heidelberg, pp.49-58, April 2009.
- [4] Austin, J.W., *The Design of Places*, Berkeley: University of California, 1978.
- [5] Baños, R.M., Botella, C., Alcañiz, M., Liaño, V., Guerrero, B. and Rey, B., "Immersion and Emotion: Their Impact on the Sense of Presence", *Cyberpsychology & Behavior*, V7, N6, pp.734/41, 2004.
- [6] Bardin, L., *Análise de Conteúdo*, Lisboa: Edições 70, 2009.
- [7] Beilin, R., "Photo-elicitation and the Agricultural Landscape: 'Seeing' and 'Telling' about Farming, Community and Place", *Visual Studies*, Vol.20, N.1, pp.56-68, April 2005.
- [8] Berger, L. and Mailloux-Poirier, D., *Pessoas Idosas, Uma Abordagem Global, Processo de Enfermagem das Necessidades*, Lisboa: Lusodidacta, 1995.
- [9] Birley, M., *Health Impact Assessment: Principles and Practice*, NY: Earthscan, 2011.
- [10] Gauntlett, D. and Holzwarth, P., "Creative and Visual Methods for Exploring Identities", *Visual Studies*, Vol.21, N.1, pp.82-91, April 2006.
- [11] Gemeinboeck, P., "Virtual Reality: Space of Negotiation", *Visual Studies*, V19, N1, pp.52-59, April 2004.
- [12] Gonzalez, M. T. and Kirkevold, M., Design Characteristics of Sensory Gardens in Norwegian Nursing Homes: A Cross-Sectional E-Mail Survey, *Journal of Housing for the Elderly*, Vol.30, N.2, pp.141-155, 2016. In: [dx.doi.org/10.1080/02763893.2016.1162252](https://doi.org/10.1080/02763893.2016.1162252) [26/04/2017]
- [13] Gouveia, M.I.R., *Paisagem e Luz, Relatório de Fim de Curso em Arquitectura Paisagista*, Lisboa: ISA, Universidade Técnica de Lisboa (UTL), 2007.
- [14] Guerreiro, A.C.F.M., *Necessidades e Tendências*, In *Resumo de Teses*, Vol.17, Lisboa: UTL, 2005.
- [15] INE, *O Envelhecimento em Portugal: Situação demográfica e socio-económica recente das pessoas idosas*, *Revista de Estudos Demográficos*, Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, 2002. in: www.ine.pt [30/12/2012]
- [16] Astell, A., Alm, N., Dye, R., Ellis, M., Gowans, G. and Vaughan, P., "Involving Older People with Dementia and their Careers in Designing Computer based Support Systems: Some Methodological Considerations", *Journal Universal Access in the Information Society*, Vol.8, N.1. Springer Berlin/Heidelberg, pp.49-58, April 2009.
- [17] Burton, E., Mitchell, L. & Raman, S., *Designing Dementia - Friendly Outdoor Environments*. Oxford: Oxford Inst.for Sustainable Development, Department of Architecture, School of the Built Environment, Oxford Brookes University, 2004.
- [18] Bright, K.T., Cook, G. & Harris, J., *Colour Selection and the Visually Impaired - A Design Guide for Building Refurbishment*. Research Group for Inclusive Environments, University of Reading, 1997. In: <http://www.rdg.ac.uk> e <http://www.extra.rdg.ac.uk/> [30/12/2011]
- [19] Golledge, R.G., "Environment Cognition". In Bechtel, R.B. & Churchman, A. *Handbook of Environmental Psychology*. NY: John Wiley & Sons, 2002.
- [20] Jheng, S-S. & Pai, M-C., "Cognitive map in patients with mild Alzheimer's disease: A computer-generated arena study". *Behavioural Brain Research*, Vol.200, 2009.
- [21] Savitch, N. & Zaphiris, P., "Accessible Websites for People with Dementia: A Preliminary Investigation into Information Architecture", *ICCHP, LNCS 4061*, 2006, pp.144-151.
- [22] Gonzalez, M. T. and Kirkevold, M., Design Characteristics of Sensory Gardens in Norwegian Nursing Homes: A Cross-Sectional E-Mail Survey, *Journal of Housing for the*

- Elderly, Vol.30, N.2, pp.141-155, 2016, In:
<http://dx.doi.org/10.1080/02763893.2016.1162252> [26/04/2017]
- [23] Hull, 1995, cit. in Arabatzis, G. and Grigoroudis, 2009, Op.cit.
- [24] Austin, J.W., *The Design of Places*, Berkeley: University of California, 1978.
- [25] Panero, J. & Zelni, M., *Dimensionamento Humano para Espaços Interiores*, Amadora: Editorial Gustavo Gili, 2009
- [26] Palma-Oliveira, Ribeiro, Risques & Monteiro, “A disposição do mobiliário na comunicação entre os idosos-uma intervenção no instituto de apoio à comunidade do Forte da Casa”, 1999, In Palma, J., *Design para a Promoção da Saúde e Bem-Estar*, 2011. In: www.ambitushominis.com/pdf aulas/Design%20e%20comportamento_CHA.pdf [30/12/2011]
- [27] Zhai, Y. and Baran, P.K., “Urban park pathway design characteristics and senior walking behavior”. *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol.21, pp.60-73, 2017. In: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.012> [26/04/2017]
- [28] Lynch, K., *The Image of the City*, Massachusetts: The MIT Press, 1960.
- [29] Loide & Bernard, 2003, cit. in Gouveia, M.I.R., 2007, Op.cit.
- [30] Fernandes, I.P., Moura, N.C.S. & Costa, A.A., “Impressões qualitativas em espaços urbanos noturnos por meio de ambientes virtuais imersivos”, *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Vol.10(1), pp.95-110, jan./abr.2018. In: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.012> [05/04/2018]

CASOS DE ESTUDO SOBRE A INTEGRAÇÃO DE PROCESSOS DE PROJETO ALGORÍTMICO EM FLUXOS DE TRABALHO DE PROJETO EM MODELO BIM

Inês Caetano⁽¹⁾, Catarina Belém⁽¹⁾, Guilherme Ilunga⁽¹⁾, Sofia Feist⁽¹⁾, António Leitão⁽¹⁾, Francisco Bastos⁽²⁾

(1) INESC-ID/Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa

(2) CiTUA/Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa

Resumo

Os processos de Design Algorítmico têm um enorme potencial, pouco explorado pela grande maioria dos gabinetes de arquitetura de pequena dimensão: na produtividade, na redução de custo/tempo ou na liberdade experimental. Para esse fim, é necessário combinar os processos de projeto arquitetónico BIM com os de raiz algorítmica.

Este artigo apresenta dois casos práticos resultantes dessa combinação. O primeiro centrou-se no controlo da incidência solar na fachada duma habitação isolada, tendo em vista o seu conforto lumínico. O segundo focou-se na integração de equipamento em unidades de quartos de hotel, como método de remodelação e reutilização de dois edifícios centenários.

A partir da descrição destes dois casos práticos, são discutidos e analisados os obstáculos encontrados ao longo do processo, as vantagens e desvantagens do mesmo, as lições aprendidas, e a implementação e avaliação de soluções de protótipo pela equipa de arquitetos, de modo a fomentar a sua aplicação futura na prática arquitetónica.

1. Introdução

O paradigma BIM tem-se vindo a instituir, cada vez mais, como processo de conceção e produção na prática arquitetónica. Esta abordagem permite integrar toda a informação necessária ao projeto de arquitetura e construção num modelo federado que funciona como uma base de dados única, distribuída e sincronizada de partes logicamente ligadas e coordenadas relativas a diferentes usos BIM [1], possibilitando assim a inclusão de critérios técnicos e de desempenho do edifício em fases preliminares do processo, como também a visualização 3D mais detalhada dos resultados.

Por outro lado, a revolução algorítmica está a mudar a prática da arquitetura [2], [3]. Graças às suas vantagens inerentes, estas abordagens têm sido rapidamente adotadas por diversos estúdios de arquitetura de maiores dimensões, promovendo assim ambientes de trabalho colaborativo

compostos por equipas multidisciplinares com diferentes áreas de especialização. Porém, esta realidade ainda não se estendeu à maioria dos ateliers de pequena dimensão. Felizmente, isto não significa que estes não possam vir a beneficiar das vantagens das abordagens algorítmicas na produtividade, redução de custos e de tempo dos projetos, liberdade de experimentação, entre outros benefícios [4]. Para tal, é importante integrar o paradigma algorítmico nos processos de arquitetura e, em particular, na metodologia BIM, a qual nos últimos anos tem vindo rapidamente a substituir a metodologia tradicional baseada no desenho 2D. Neste artigo, são descritos dois casos práticos, nos quais esta integração foi aplicada. Os resultados obtidos, os obstáculos encontrados, as vantagens e desvantagens identificadas, e o processo de aprendizagem provenientes do processo colaborativo são analisados e discutidos.

2. Integração do Design Algorítmico e Trabalho Colaborativo

A prática colaborativa foi introduzida no processo de projeto no século XVIII como resultado do divórcio entre o campo da arquitetura e da engenharia [5], incentivando assim os arquitetos a colaborar com outros especialistas. Atualmente, de modo a acompanhar os paradigmas que vão emergindo, incluindo o *Design Algorítmico*, tornou-se também necessário colaborar com especialistas em técnicas de programação.

A realidade atual de uma prática colaborativa entre arquitetura, engenharia e matemática, a qual combina técnicos especialistas em diferentes áreas, já faz parte do processo de projeto de alguns ateliers: *Advanced Geometry Unit* da ARUP, *Advanced Modelling Group* e *Computational Design & Research* do atelier Aedas, *Specialist Modelling Group* do Foster & Partners, entre outros. O sucesso destes estúdios de arquitetura são a prova de como, no meio de uma realidade complexa como a do desenho paramétrico e algorítmico, o trabalho colaborativo pode melhorar o processo de projeto, tornando-o por sua vez mais eficiente, sendo a contribuição de um especialista em programação cada vez mais relevante.

O nosso objetivo é explorar uma abordagem de projeto colaborativo que permita aos ateliers de menores dimensões tirar proveito de técnicas algorítmicas. Este tipo de colaboração foi previamente explorado por Caetano e Leitão [6], no desenvolvimento de uma fachada para um edifício residencial, utilizando uma abordagem algorítmica para BIM. Este artigo segue uma perspetiva semelhante, embora mais aprofundada: o processo de colaboração inclui também a análise e otimização das várias soluções de projeto produzidas algoritmicamente.

Nas secções seguintes, são apresentados os dois exemplos desenvolvidos num estúdio de arquitetura de pequena escala, onde à equipa base de projeto se integraram arquitetos especialistas em *Design Algorítmico*. A intervenção destes acabou por abranger múltiplas frentes, focando-se em questões projetais de naturezas diversas, incluindo a exploração geométrica e visual de cada uma das soluções, bem como a sua análise lumínica, espacial e funcional (Figura 1). No final, os exemplos desenvolvidos demonstraram que a colaboração com especialistas em processos algorítmicos traz várias vantagens a todo o processo de projeto e modelação BIM.

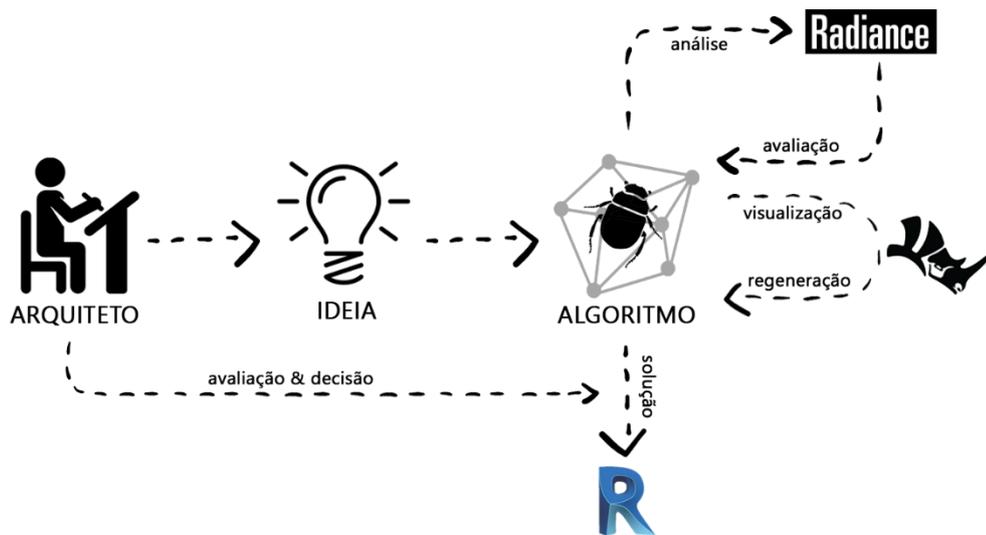


Figura 1: *Workflow* do processo colaborativo – a ideia conceptual é inicialmente implementada algoritmicamente; a visualização dos modelos 3D das opções geradas é feita no *Rhino*; simultaneamente, o cálculo do desempenho lumínico de cada opção é feito na ferramenta de análise *Radiance*; por fim, o algoritmo permite criar, automaticamente, o modelo 3D da(s) opção(s) selecionada(s) com as respetivas famílias BIM.

A interoperabilidade e portabilidade entre as diferentes aplicações utilizadas (i.e., CAD, BIM e ferramentas de análise), adveio do uso do *Rosetta* [7], uma ferramenta de *Design Algorítmico* que, através da descrição de um único programa algorítmico, permite gerar modelos idênticos nessas aplicações. Para além disso, como por vezes a representação dos modelos 3D difere entre ferramentas, o *Rosetta* é o responsável pela adaptação automática do modelo a cada software, não só evitando erros e perdas de informação, como também libertando o utilizador de trabalho extra. Deste modo, foi possível utilizar uma abordagem baseada na programação capaz de operar num universo de diversas plataformas, gerindo de forma eficiente a passagem de informação entre softwares tendo em conta a sua função respetiva, sendo deste modo dispensável a utilização de formatos universais de arquivo como o IFC.

3. Caso de estudo 1 – Optimização lumínica

O primeiro caso prático enfrentou uma situação complexa de controlo da incidência solar numa habitação unifamiliar voltada para o oceano Atlântico. O uso do projeto algorítmico visou gerar um conjunto de painéis de sombreamento para a fachada, cujo padrão geométrico se baseou num conceito de aleatoriedade que, simultaneamente, proporcionasse um bom desempenho lumínico à habitação.

O padrão geométrico dos painéis evoluiu consideravelmente ao longo de todo o processo de projeto, como resultado do uso de uma abordagem algorítmica – esta permitiu visualizar, de forma quase imediata, o impacto das alterações no projeto e, simultaneamente, explorar múltiplas derivações do conceito inicial. Na última iteração, optou-se por um padrão geométrico baseado em barras de madeira horizontais, cujo comprimento ia alternando entre a dimensão total do painel e dimensões mais pequenas (Figura 2.A). O comprimento das barras menores

deveria ser aleatório, assim como também o seu posicionamento ao longo do comprimento do painel (Figura 2.B-C). Para um maior controlo das soluções geradas, foram estabelecidas algumas restrições a este comportamento aleatório, tais como (i) os tamanhos máximo e mínimo que as barras podiam ter, (ii) o número de diferentes tamanhos possíveis para as barras, e (iii) a distância máxima entre barras (Figura 2.D-E).

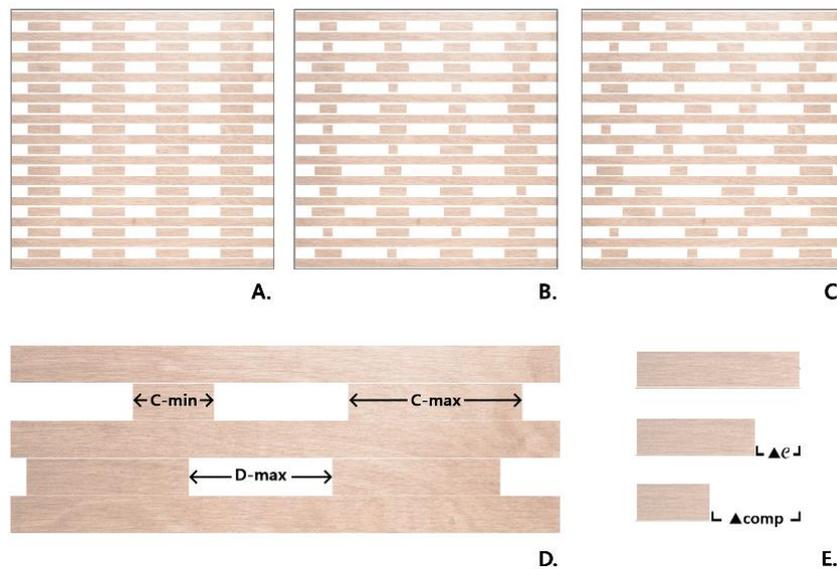


Figura 2: Representação conceptual do padrão geométrico dos painéis: A. alternância entre barras maiores e menores; B-C. tamanho e posicionamento aleatórios das barras menores; D. restrições geométricas do padrão: tamanho mínimo e máximo das barras menores e a distância máxima entre estas; E. gama de tamanhos possíveis.

Recorreram-se a diversas ferramentas digitais para a geração de resultados, simulação do desempenho lumínico, e produção do modelo final BIM (Figura 1). Inicialmente, através do *Rosetta*, i.e., o ambiente de programação utilizado, foi gerado um conjunto de variações do conceito inicial, resultante da introdução de diferentes valores para os parâmetros do padrão. Os respetivos modelos 3D iam sendo visualizados no *Rhinoceros* (ferramenta de modelação com uma *performance* mais rápida que a ferramenta BIM adotada pelo atelier), permitindo assim analisar e avaliar rapidamente um conjunto de opções, e, de seguida, sugerir alterações de parâmetros a aplicar nas iterações seguintes que visassem quer uma harmonia visual para os painéis, quer o seu equilíbrio geométrico entre *cheios-vazios*. Assim, este processo cíclico de *geração-visualização* permitiu selecionar os melhores valores para os parâmetros do modelo final numa perspetiva visual compositiva.

Tendo como objetivo obter um conjunto de painéis de sombreamento otimizados em termos do seu desempenho lumínico, a fase seguinte focou-se na análise de uma amostra de soluções em relação à métrica de *Spatial Useful Daylight Illumination* (sUDI) [8]. Para tal, considerou-se, não só o conjunto de variações resultantes das premissas iniciais para os parâmetros, mas também uma amostra mais ampla de soluções provenientes de valores divergentes dessas premissas. Sem recurso a ferramentas de automação e fazendo uso apenas das funcionalidades nativas da plataforma BIM *Revit*, este processo de otimização iria precisar que o modelo fosse alterado manualmente para, de seguida, se executar a análise correspondente. Este processo

manual tornar-se-ia assim extremamente moroso, pois teria de ser iterativamente repetido até se encontrar uma solução aceitável. Para além disso, existe a agravante de que, por vezes, só ao final de centenas de iterações é que se obtêm resultados meritórios, tornando todo o processo de otimização inviável em termos de tempo e custos. Recorrendo a processos algorítmicos, esta tarefa é automatizada e, conseqüentemente, acelerada, permitindo a análise de uma gama de variações maior num espaço de tempo mais curto.

Para iniciar o processo de otimização, começou por se identificar as divisões da habitação a serem submetidas à análise, i.e., os espaços interiores cuja iluminação natural iria ser diretamente afetada pelos painéis de sombreamento a otimizar. De seguida, implementámos um processo de otimização ganancioso, baseado em diferentes técnicas de amostragem para a geração das diferentes variações. Primeiramente, utilizou-se a Amostragem de Monte Carlo (AMC) [9], permitindo assim testar o fluxo de trabalho da otimização. Contudo, como a AMC necessita de um elevado número de amostras de modo a conseguir produzir resultados viáveis, esta técnica não seria temporalmente aceitável devido ao custo das avaliações exigidas pela análise lumínica. Como alternativa, utilizou-se a Amostragem por Hipercubo Latino, a qual permitiu reduzir o número de variações obtidas, melhorando assim a cobertura e a amplitude do intervalo de resultados possíveis para os painéis [10]. Numa primeira fase, esta técnica permitiu-nos obter uma solução com 100% de *sUDI*, embora esta tivesse uma probabilidade de encadeamento elevada, reduzindo assim o conforto no interior.

O processo de otimização foi repetido novamente, apenas considerando as restrições impostas pelas premissas iniciais: o comprimento das barras menores só podia ter 5 valores diferentes: 5, 10, 15, 20, ou 25cm (i.e., $\mathcal{C}_{min} = 5\text{cm}$, $\mathcal{C}_{max} = 25\text{cm}$, e $\Delta\mathcal{C} = 5\text{cm}$). Apenas a distância entre barras (*D-max*) é que ditava a luz que penetrava no interior da habitação. Inicialmente, estabeleceu-se 20cm para esse parâmetro e, seguidamente, geraram-se 50 amostras, obtendo-se 45% como valor máximo de *sUDI*, o qual estava longe de ser ótimo. Por conseguinte, o processo de otimização foi repetido, desta vez, com um *D-max* de 100cm, gerando-se de seguida mais 200 amostras. O gráfico de dispersão da Figura 3 organiza as amostras obtidas, demonstrando que, até a um *D-max* de 50cm, os valores de *sUDI* obtidos sobem rapidamente até aos 80%. Em contrapartida, a partir desse valor, as percentagens de *sUDI* obtidas convergem lentamente até aos 100%. Todavia, a maioria das soluções cujos valores de *sUDI* eram mais elevados, resultavam de parâmetros que se desviavam dos propostos pelos arquitetos.

Nesta fase, o desafio foi o de selecionar uma solução que, não só tivesse um bom desempenho lumínico, mas que também cumprisse os objetivos conceptuais dos arquitetos que não eram considerados pelo processo de otimização. Nesse sentido, começou-se por avaliar até que ponto as premissas iniciais iriam restringir a escolha final, i.e., a facilidade que os arquitetos teriam em aceitar opções que se afastassem da sua ideia inicial. Para tal, foram apresentadas sete opções das amostras obtidas à equipa, sem informar acerca dos valores respetivos das variáveis, nem dos níveis de *sUDI* correspondentes. A seleção dos exemplos a apresentar foi estratégica, de modo a obter-se uma amostragem heterogénea (Figura 3): a opção A resulta inteiramente de restrições impostas pelos arquitetos; as opções B-F derivam das mesmas restrições que a opção A, com a exceção da variável *D-max*, cujo valor aumenta da solução B à F; contrariamente às anteriores, a opção G não considera a maioria das premissas impostas.

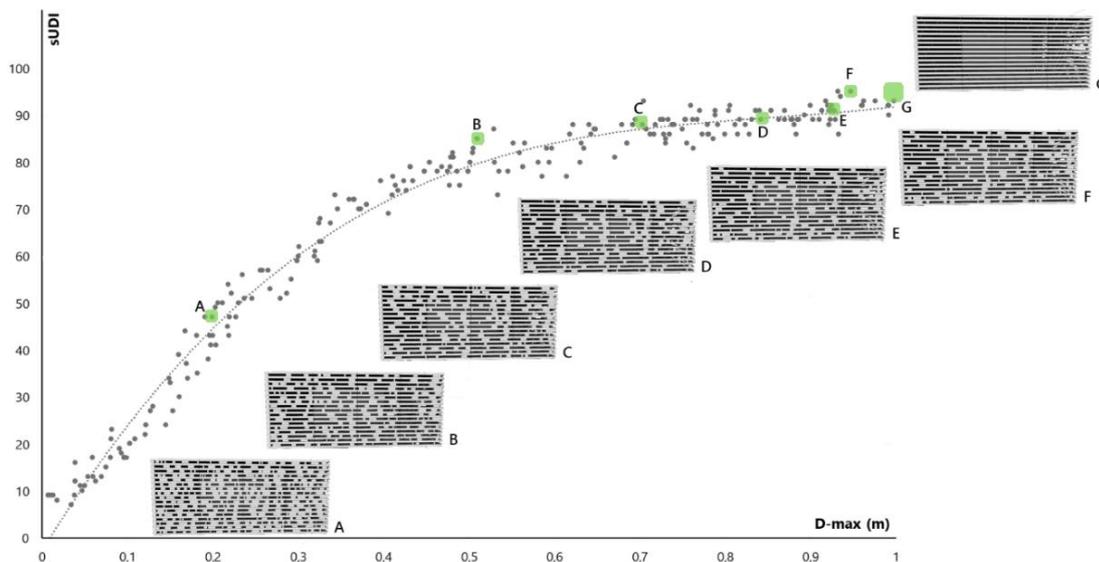


Figura 3: O gráfico com a amostra obtida durante o processo de otimização, no qual é visível a evolução da métrica *sUDI* com a alteração do parâmetro *D-max*.

Após a análise das opções, os arquitetos elegeram como melhor solução a opção *C*, como segunda melhor a opção *D*, e como pior a opção *A*. De forma geral, as opções com um conjunto de características mais equilibradas foram as que tiveram uma maior aceitação, i.e., as opções com níveis de *sUDI* aceitáveis (acima dos 80%) e que não se desviavam demasiado da intenção inicial. Pelo contrário, nenhuma das opções correspondentes aos valores de *sUDI* mais elevados (opções *E*, *F* e *G*) foi considerada. Isto significa que, apesar de apresentarem o melhor desempenho lumínico, estas opções não satisfaziam tão bem os critérios visuais e compositivos procurados como as opções *B* e *C*. Ainda assim, estas também não foram consideradas como piores opções, provando que, mesmo quando a solução se desvia do conceito inicial (como é o caso extremo da opção *G*), esta pode ainda vir a ser considerada como uma solução possível. Relativamente à pior solução (opção *A*), embora correspondesse ao valor de *sUDI* mais baixo da amostra, esta opção era, ao mesmo tempo, a que respeitava todas as restrições impostas pelos arquitetos. Esta escolha foi analisada mais pormenorizadamente, concluindo-se que resultou do facto do padrão dos painéis ser demasiado denso, permitindo sugerir de seguida uma nova restrição ao modelo algorítmico: percentagem mínima de aberturas superior a 50%.

Uma vez estabelecido o padrão geométrico, sendo escolhida a opção *C*, a abordagem algorítmica utilizada até esta fase, permitiu gerar igualmente os painéis nas famílias BIM correspondentes, possibilitando assim a sua total integração no modelo BIM final (Figura 4).

Em suma, este exemplo ilustrou, não só as vantagens em seguir uma abordagem algorítmica para BIM no processo de desenho, análise, e otimização de um edifício, como também os benefícios dum processo de trabalho colaborativo baseado na integração de equipas de especialistas num atelier de arquitetura de pequenas dimensões.

4. Caso de estudo 2 – Distribuição automática de mobiliário

O segundo desafio considerou a reabilitação e a adaptação de um edifício residencial do século XIX para um estabelecimento hoteleiro. Durante o desenvolvimento deste projeto, uma das

principais limitações encontradas resultou da necessidade em equipar todos os quartos com as instalações e equipamentos necessários para este tipo de programa. Dada a pré-existência do edifício, e a sua organização espacial original, todos os quartos eram espacialmente diferentes, possuindo diversas configurações, formas, dimensões, e posições para as portas e janelas. O desafio constou em adaptar as instalações e equipamentos hoteleiros a cada configuração de quarto, sendo que havia também o interesse em explorar diferentes opções para o posicionamento dos equipamentos em cada uma das situações. Dado o elevado número de quartos, a adaptação manual dos equipamentos a todos estes, bem como a exploração de configurações possíveis para cada um, tornar-se-ia um processo demasiado prolongado e trabalhoso que, conseqüentemente, iria limitar a exploração de alternativas.

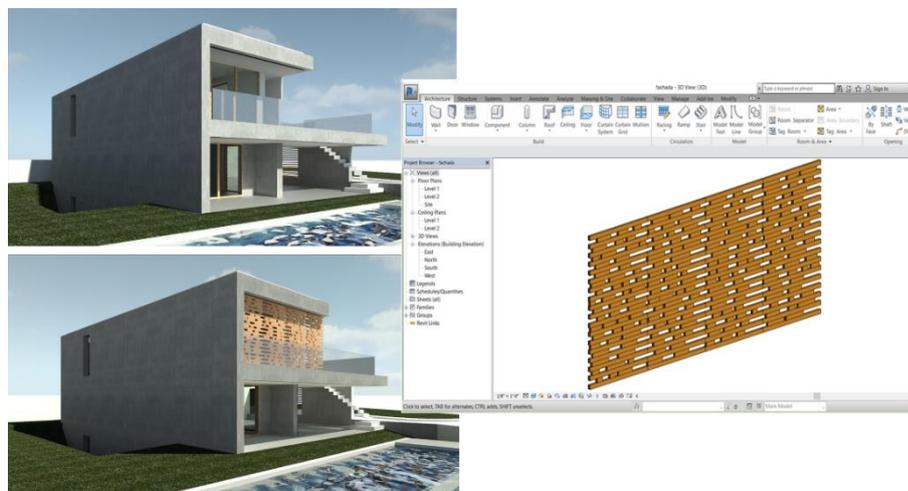


Figura 4: Esquerda – *renders* do modelo 3D antes e depois da intervenção; Direita – *printscreens* dos painéis de sombreamento escolhidos em formato *REVIT*.

Para abordar este problema, desenvolveu-se um algoritmo que recebe como parâmetros as dimensões do quarto, a posição da porta e das janelas, as dimensões de cada elemento do equipamento, assim como o espaço de circulação necessário para a sua utilização. Com base nesta informação, o algoritmo coloca e orienta de forma estocástica os elementos dentro da área do quarto, gerando um conjunto de hipóteses que é filtrado de acordo com heurísticas que asseguram que as soluções geradas cumprem os requisitos de construção e as restrições estabelecidas pelos arquitetos. Foram implementados dois tipos de condicionantes para o algoritmo: (1) condicionantes de construção e (2) condicionantes de programa. As primeiras consideram a exequibilidade do projeto, assegurando a funcionalidade das soluções obtidas, e.g., os equipamentos não se podem intersestar, cada equipamento deve ter o seu espaço próprio para circulação e utilização, etc. As segundas incluem um conjunto de preferências programáticas a considerar no projeto dos quartos, e.g., que o lavatório ou a banheira deveriam ser colocados ao lado de uma janela. Note-se que estas preferências não impedem a geração de soluções, apenas as classifica de modo a que as soluções que cumprem mais preferências sejam mostradas em primeiro lugar.

Tal como no caso de estudo anterior, o algoritmo foi evoluindo como resultado da constante interação entre os especialistas em processos algorítmicos e os arquitetos. Numa fase inicial, gerou-se um conjunto de soluções para serem avaliadas pelos arquitetos em termos da sua

viabilidade e adequabilidade ao projeto. O *feedback* que ia sendo obtido permitiu ir introduzindo, de forma iterativa, melhorias e alterações ao algoritmo, i.e., novas regras para o posicionamento dos elementos, as quais se iam traduzindo em novas condicionantes. Através deste processo cíclico de *geração-avaliação* foi possível orientar as soluções obtidas de acordo com o parecer dos arquitetos (Figura 5).

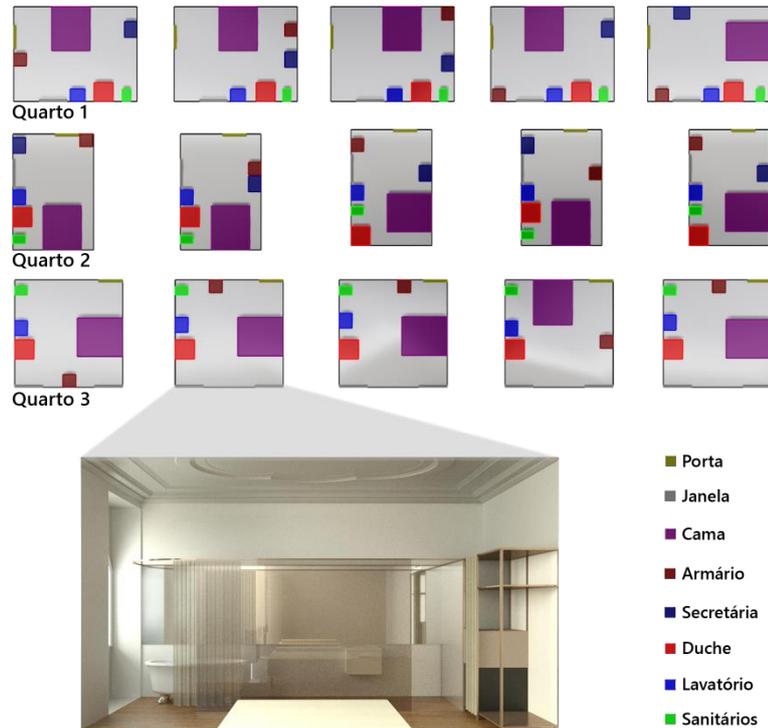


Figura 5: Soluções obtidas para três tipos de quartos. Os retângulos representam os diferentes elementos que compõem os quartos, cujas dimensões foram definidas pelos arquitetos. Em baixo, é visível um *render* duma das configurações obtidas.

Atualmente, este projeto encontra-se ainda em fase de desenvolvimento com as equipas a definir novas condicionantes e preferências de modo a garantir a adequabilidade das soluções obtidas e, futuramente, a produção das soluções num formato que seja imediatamente utilizável pelos arquitetos, o qual seja já constituído pelas famílias BIM respetivas.

5. Conclusões

Apesar de já terem sido reconhecidas as vantagens das abordagens algorítmicas, os ateliers de pequenas dimensões, que já seguem um paradigma BIM, ainda têm uma grande dificuldade em as adotar devido, principalmente, à falta de tempo e de recursos. Nestes casos, a colaboração com especialistas em *Design Algorítmico* é uma boa alternativa, a qual permite integrar os benefícios desejados, sem que ocorram mudanças drásticas no modo de trabalho do atelier. Neste artigo são explorados dois exemplos desse tipo de colaboração, da qual fizemos recentemente parte. Ambos os exemplos descrevem um desafio proposto pelo estúdio de arquitetura: (1) criação de um conjunto de painéis de sombreamento, com um certo grau de

aleatoriedade, que fossem otimizados em relação ao seu desempenho lumínico, e (2) a implementação de um algoritmo capaz de mobilar automaticamente um conjunto de quartos de hotel com características espaciais diferentes.

O objetivo era utilizar processos algorítmicos de modo a responder aos problemas apresentados e, em seguida, apresentar um conjunto de soluções possíveis para se utilizar nas fases seguintes do processo de projeto BIM. Em ambos os casos, utilizaram-se processos algorítmicos na produção de variações dos projetos pretendidos. De seguida, foram aplicados alguns métodos de amostragem de modo a guiar a geração das diferentes opções até que os critérios de desempenho impostos fossem atingidos. Em todas as etapas, a interação *especialista-arquiteto* foi crucial: as soluções geradas eram discutidas, dando origem a novas restrições e preferências a ter em consideração no projeto. Este processo iterativo foi repetido até a equipa estar satisfeita com a solução final, a qual foi depois gerada em formato BIM, permitindo a sua total integração na metodologia de trabalho do atelier.

A abordagem proposta permite a utilização do *Design Algorítmico* em ateliers com práticas baseadas em processos BIM, sem perturbar o seu método de trabalho habitual, sendo uma solução interessante para sensibilizar os estúdios de arquitetura a integrar na sua equipa de projeto uma equipa de especialistas em processos algorítmicos. A nossa estratégia segue a iniciativa mista proposta por Chaszar & Joyce [11], a qual envolve continuamente o arquiteto na elaboração de requisitos, na análise das variações obtidas, na implementação de soluções protótipo, na avaliação das soluções, e nas interações subsequentes do processo. O objetivo é que o atelier mantenha o controlo sobre o processo de projeto mas, dada a multiplicidade de agentes envolvidos, é inevitável que algum desse controlo seja perdido [12]. Outra limitação crítica do processo é o facto do conhecimento algorítmico permanecer com a equipa de especialistas. No caso dos ateliers com recursos suficientes, é preferível que esse conhecimento seja integrado na sua estrutura interna, de modo a poder intervir continuamente na prática arquitetónica da equipa. Para tal, os membros do estúdio devem participar nos desenvolvimentos algorítmicos que vão ocorrendo, promovendo assim o futuro desenvolvimento interno de tais técnicas [13].

Futuramente, planeamos estender a colaboração com os ateliers a outras atividades que possam beneficiar das abordagens algorítmicas como, por exemplo, análise e otimização de comportamento estrutural e de conforto térmico, bem como geração automática de imagens e animações foto-realistas das soluções produzidas.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da *Fundação para a Ciência e a Tecnologia* (FCT), com a referência *UID/CEC/50021/2013*, e pela bolsa de Doutoramento sob o contrato da Universidade de Lisboa (UL), Instituto Superior Técnico (IST), e da unidade de *Investigação e Inovação em Engenharia Civil para a Sustentabilidade* (CERIS). O desenvolvimento do trabalho foi possível devido à colaboração do Atelier dos Remédios.

Referências

- [1] K. M. Kensek and D. E. Noble, Eds., *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*, 1st ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.
- [2] F. Imbert, K. S. Frost, A. Fisher, A. Witt, V. Tourre, and B. Koren, “Concurrent Geometric, Structural and Environmental Design: Louvre Abu Dhabi,” in *Advances in Architectural Geometry 2012*, L. Hesselgren, S. Sharma, J. Wallner, N. Baldassini, P. Bompas, and J. Raynaud, Eds. Vienna: Springer Vienna, 2013, pp. 77–90.
- [3] R. Van Der Heijden, E. Levelle, and M. Riese, “Parametric Building Information Generation for Design and Construction,” in *ACADIA 2015: Computational Ecologies: Design in the Anthropocene [Proceedings of the 35th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, 2015]*, pp. 417–429.
- [4] L. Santos, J. Lopes, and A. Leitão, “Collaborative Digital Design: When the architect meets the software engineer,” in *Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference, 2012*, vol. 2, pp. 87–96.
- [5] S. Giedion, *Space, Time and Architecture*. Cambridge: The Harvard University Press, 1941.
- [6] I. Caetano and A. Leitão, “Integration of an Algorithmic BIM Approach in a Traditional Architecture Studio,” in *Protocols, Flows and Glitches, Proceedings of the 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2017*, 2017, pp. 633–642.
- [7] J. Lopes and A. Leitão, “Portable generative design for CAD applications,” *Integr. Through Comput. - Proc. 31st Annu. Conf. Assoc. Comput. Aided Des. Archit. ACADIA 2011*, pp. 196–203, 2011.
- [8] A. Nabil and J. Mardaljevic, “Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors,” *Energy Build.*, vol. 38, no. 7, pp. 905–913, 2006.
- [9] A. Shapiro, “Monte Carlo Sampling Methods,” in *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Elsevier, 2003, pp. 353–425.
- [10] M. D. McKay, R. J. Beckman, and W. J. Conover, “A Comparison of Three Methods for Selecting Value of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code,” *Technometrics*, vol. 21, no. 2, pp. 239–245, 1979.
- [11] A. Chaszar and S. C. Joyce, “Generating freedom : Questions of flexibility in digital design and architectural computation,” *Int. J. Archit. Comput.*, vol. 14, no. 2, pp. 167–181, 2016.
- [12] A. Chaszar, “Issues of Control and Command in Digital Design and Architectural Computation,” in *CAADence in Architecture*, 2016.
- [13] C. Sharples, “Technology and Labor,” in *Building (in) the Future: Recasting Labor in Architecture*, P. Deamer and P. G. Bernstein, Eds. New York, NY, USA: Princeton Architectural Press, 2010, pp. 90–99.

CONTRIBUIÇÕES PARA A APLICAÇÃO DO BIM A INFRAESTRUTURAS FERROVIÁRIAS

Sara Carmali⁽¹⁾, Simona Fontul⁽²⁾, Paula Couto⁽²⁾, Maria Falcão da Silva⁽²⁾

(1) Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL), Lisboa

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, e FCT-UNL, Lisboa

Resumo

O BIM é uma metodologia que serve para toda a indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) e, como tal, permite a representação das características estruturais e funcionais de uma construção, incluindo atividades, entre outras informações. A característica principal do BIM é o sistema de modelação tridimensional que inclui a gestão, partilha e troca de dados de todo o ciclo de vida de uma estrutura, isto é, o modelo BIM pode conter imagens tridimensionais em tempo real, onde cada elemento estrutural ou objeto possui informação dos dados físicos. A metodologia BIM permite conduzir a uma melhor coordenação e colaboração entre os intervenientes no projeto possibilitando o acesso em simultâneo e em tempo real, e, ainda, a uma rápida deteção de conflitos entre componentes, e como consequência uma otimização de custos. No fundo, o BIM pretende dar um impulso favorável no sentido de padronizar a comunicação, partilhar e integrar eficazmente os intervenientes do processo construtivo.

No âmbito das infraestruturas ferroviárias, o presente estudo pretende demonstrar a contribuição da aplicação do BIM na modelação e avaliação de uma via-férrea em serviço. Com a metodologia BIM deseja-se demonstrar que esta pode ser implementada no sistema de gestão de infraestruturas ferroviárias, possibilitando o registo das suas características físicas e geométricas, bem como os dados da medição da via e as intervenções realizadas ao longo da vida útil.

1. Introdução

A indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) tem procurado novos métodos de trabalho de forma a incrementar o nível da organização das diferentes tarefas, apoiados no uso de uma vasta gama de softwares. No entanto, a maioria das ferramentas disponibilizadas apresenta duas grandes limitações, que o BIM procura ultrapassar: a

capacidade de interoperabilidade entre sistemas e uma adequada estrutura dos dados requeridos nos diferentes processos, nomeadamente, uma sequência cronológica da geração de dados e um fácil e metodológico acesso à informação do empreendimento. Neste contexto, o BIM dispõe de uma modelação parametrizada de objetos, onde os elementos construtivos são organizados de forma a reproduzir os objetos reais num ambiente digital e manipulável. Atualmente o BIM evidencia mais força e espaço no mercado internacional, contribuindo para que o setor AECO se torne mais competitivo e eficaz.

No âmbito das infraestruturas ferroviárias através desta metodologia poder-se-á ter um conhecimento rigoroso sobre o comportamento da via ao longo da sua vida útil, pois esta não dependerá exclusivamente da qualidade durante a construção da via, mas também da sua degradação sob a ação do tráfego e das intervenções realizadas na via. Com o BIM é possível realizar uma gestão da manutenção da via, isto é, seguir a evolução da degradação através da implementação no BIM do levantamento sistemático da sua condição, possibilitando a tomada de medidas de manutenção e reabilitação mais adequadas e de forma atempada.

Neste trabalho apresentam-se as particularidades da aplicação do BIM às infraestruturas ferroviárias e as vantagens da sua utilização, nomeadamente no controlo da qualidade da construção.

2. Conceito BIM

Building Information Modeling (BIM) trata-se de uma nova abordagem na metodologia do projeto de construção, e não, como frequentemente se defende, um software, licença ou certificado. BIM significa um sistema para simulação e otimização de processos de planeamento e de construção baseado em modelos digitais abrangentes. O BIM abrange geometria, relações espaciais, informações geográficas, as quantidades e as propriedades construtivas de componentes (por exemplo, detalhes dos fabricantes). É um tipo de metodologia em que se encontra num único modelo todas as informações interligadas por relações paramétricas. Essas informações são mantidas durante todo o ciclo de vida da estrutura, desde a sua conceção, passando pelo projeto, construção e operação, até à sua desconstrução. Desta forma, o BIM oferece vantagens significativas para o processo de gestão ao longo do ciclo de vida, em comparação com métodos de planeamento convencionais, visto que permite o acesso em qualquer altura a informações detalhadas sobre todos os componentes estruturais. Com o BIM, os arquitetos e os engenheiros geram e trocam informação de uma forma eficiente, criam representações digitais de todas as fases do processo de construção e simulam o seu desempenho no mundo real – a racionalização do fluxo de trabalho, aumentando a produtividade e melhorando a qualidade [1].

2.1 Fluxo de trabalho em BIM

A Curva de MacLeamy (Figura 1) é um ótimo exemplo de como funciona o fluxo de trabalho em BIM em contraste com o fluxo de trabalho tradicional. O que observamos é que conforme o projeto avança o custo de realizar modificações aumenta, e a habilidade da equipa intervir nesse custo é menor [1].

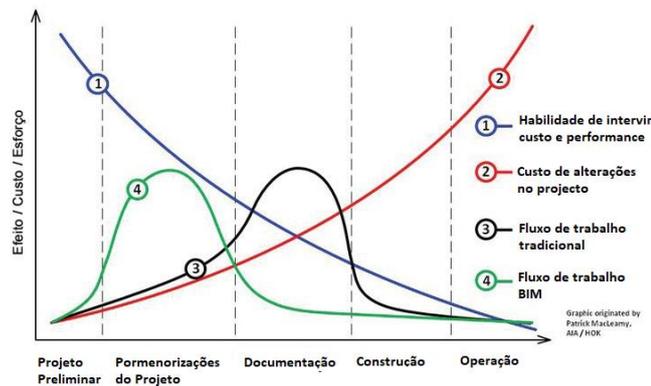


Figura 1: Curva de MacLeamy

Pelo método tradicional, onde temos projetos 2D centrados (como no AutoCAD), a maior parcela do esforço é aplicada durante a documentação do projeto, enquanto que no BIM ocorre durante a fase de caracterização dos objetos do modelo. No BIM cria-se um modelo tridimensional da estrutura e grande parte da documentação é extraída automaticamente do modelo, conduzindo a vantagens no que respeita à diminuição de erros e de custos [2].

2.2 Dimensões no BIM

Quando falamos sobre BIM, saímos do eventual 2D e passamos para a tridimensionalidade 3D, mas também para outras dimensões, cada uma delas nos traz uma fase importante sobre os projetos e as construções, porque vão agregando características e informações no modelo. Na verdade, os modelos BIM podem representar diversas dimensões (nD) de informação de uma estrutura. A visualização em 2D abrange somente as tradicionais linhas no sistema CAD, que representam objetos e dimensões. Nos projetos de três dimensões existe objetos sólidos com características espaciais. Na quarta dimensão é acrescentado no modelo 3D, uma linha de tempo, criando uma sequência da construção da obra. A quinta dimensão refere-se ao controle de custos e estimativa de despesas ao longo do projeto ou por subsecções. Cada elemento do projeto passa a ser vinculado a dados de custos. A sexta dimensão compreende a otimização da sustentabilidade, ferramentas específicas que avaliam o impacto ambiental da construção, ferramentas de análise do consumo de energia. Ainda podemos citar a inclusão de aspetos como segurança e gestão da construção numa sétima dimensão. Nesta dimensão é possível controlar a garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados do fabricante e fornecedores (guardando as informações necessárias para garantir um bom comportamento / manutenção). Também pode ser possível simular o funcionamento do projeto com parâmetros do mundo real [2].

2.3 Interoperabilidade

A interoperabilidade é definida como “a capacidade de troca de dados entre aplicações, permitindo o fluxo de trabalho em ambos os sentidos e, portanto, facilitando a sua automatização” [3]. No âmbito do presente estudo, a capacidade de interoperabilidade permite melhorar a colaboração entre os membros da equipa interdisciplinar inerente a uma construção, permitindo uma melhor qualidade na interação de projetos baseados num intercâmbio de dados entre as diferentes aplicações e plataformas e a execução de projetos integrados com uma troca livre de dados em diferentes aplicações e plataformas [4]. A capacidade de interoperabilidade

do *software* permite a redução de desperdícios, da vulnerabilidade das infraestruturas, de custos de comunicação da cadeia de fornecimento, da reentrada manual de dados, da duplicação de funções, da dependência contínua de trocas de informações baseadas em técnicas tradicionais de trabalho e contribui, ainda, para o aumento da confiança da informação ao longo do ciclo de vida, da expansão de mercados para as empresas, do valor dos clientes e da velocidade de entrega [4].

2.4 Vantagens e Desvantagens

O BIM apresenta inúmeras vantagens: prevê a construção num ambiente 3D digital de objetos característicos e não da sua representação; melhora o planeamento e compreensão visual do projeto; permite a modelação por objetos com definição das suas propriedades físicas, isto é, os objetos paramétricos de construção, apresentam, além das propriedades espaciais associadas à sua representação, propriedades intrínsecas aos mesmos. Permite a unificação da informação do projeto num só modelo BIM e consequentemente num só ficheiro informático. Desta forma, os dados para a validação do projeto são automaticamente associados a cada um dos elementos que o constituem [5]. A informação está interligada por via de relações paramétricas e, portanto, as alterações são processadas, em tempo real, em todo o modelo, facilitando intervenções futuras no projeto. Reduz os erros ligados à falta de coordenação interdisciplinar e maximiza a capacidade de inovação da equipa. Tem a capacidade de detetar conflitos, sendo estes identificados previamente através da visualização do modelo, permitindo a sua resolução atempada e levando ao reforço da coordenação entre os projetistas e os empreiteiros. Em projetos de infraestrutura reduz o risco, o desperdício e o retrabalho, o que pode levar a grandes supressões de custos. Ajuda a melhorar a segurança dos trabalhadores e a manutenção e operações a longo prazo da infraestrutura crítica, através de uma adequada análise ao modelo 4D/BIM. Pequenos e grandes fornecedores de *software* (plataforma) podem participar e competir em soluções independentes do sistema [6].

Os aspetos que mais se destacam como barreiras e limitações para a adoção do uso da tecnologia BIM na prática profissional são: a necessidade de um investimento inicial com a aquisição de um novo software bem como com a sua amortização, com custos adicionais de aprendizagem inicial. Trata-se de uma curva de aprendizagem lenta: além da natural complexidade do *software* e das múltiplas opções que este representa, talvez seja na alteração de conceitos e no novo modo de olhar para o modelo, que se exige mais investimento pessoal. Outro aspeto é o envolvimento da equipa que ainda é escassa, no nosso país, a proliferação desta metodologia entre equipas que conseguem o envolvimento de todos os projetistas. Assim, ao se reduzir logo à partida, o âmbito possível de uma das maiores potencialidades do BIM, que é a interação colaborativa, a qual permite lidar com alterações e com incompatibilidades entre especialidades de modo imediato, está-se, naturalmente, a contribuir para a redução da sua relevância e do retorno do investimento. Por outro lado, caso seja necessária a comunicação entre entidades que usam diferentes plataformas tecnológicas, a exportação / importação entre sistemas ainda não é isenta de falhas.

3. Aplicação do BIM às infraestruturas ferroviárias

No âmbito de uma análise em ambiente BIM foi necessário iniciar o processo pelo desenvolvimento dos modelos tridimensionais (3D) requeridos. Para a elaboração do modelo

BIM foi escolhido o programa Autodesk® Revit® 2018, uma vez que este software é disponibilizado gratuitamente à comunidade estudantil. Esta ferramenta foi construída especificamente para desenvolver modelos BIM, proporcionando aos profissionais de projeto e construção a possibilidade de contribuírem com ideias desde o projeto à construção, através de uma abordagem baseada num modelo coordenado e consistente. A versão 2018 do Revit inclui, numa única interface, as funcionalidades das disciplinas de Arquitetura, Estruturas e MEP (sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos) [7].

3.1 Controlo de qualidade durante a construção da Via-Férrea

Para garantir um bom comportamento da via é importante controlar e garantir a qualidade de todos os seus elementos desde a sua construção e acompanhar o comportamento destes ao longo da vida útil. Assim, o objetivo do controlo de qualidade da via-férrea é conhecer o comportamento in-situ da via com precisão e eficiência, para avaliar a sua performance sobre diferentes cargas em serviço, para detetar danos ou deterioração, isto é, para determinar a condição da via. As inspeções de vias ferroviárias em serviço têm como objetivo medir e acompanhar as degradações estruturais e as condições de elementos de via. Assim, os principais parâmetros a serem medidos são: os parâmetros geométricos da via e a condição do carril, nomeadamente o seu perfil, o desgaste ondulatorio e a sua integridade. As características da medição destes parâmetros serão apresentadas a seguir.

O controlo da qualidade durante a construção é feito através da comparação dos valores da resistência da via previstos no projeto com os resultados dos ensaios (EV2, defletómetro de impacto, defletómetro ligeiro, etc.) realizados no final da construção por forma a se obter um paralelismo entre os resultados obtidos. É de salientar que durante a construção poderão existir alterações dos materiais utilizados e a forma de verificar se se mantém a qualidade da via poderá ser através de ensaios realizados nesse sentido. No caso em estudo, o controlo da qualidade é realizado para uma secção de plena via e uma zona de transição.

A qualidade da via, avaliada através das inspeções, visa controlar a conformidade entre as especificações técnicas fixadas em normas e a condição da via em serviço, para o caso de ser necessário programar atividades de manutenção e conservação. Através da utilização de equipamentos de inspeção de via é possível determinar esses parâmetros e compará-los com as normas. Assim, podemos verificar se existem anomalias, determinar as suas causas e realizar a reparação [8]. Existem vários tipos de equipamento de inspeção de via, a título de exemplo, a monitorização da via-férrea pode ser realizada recorrendo ao equipamento automático de alta velocidade EM120. Trata-se de um veículo de inspeção motorizado que tem a capacidade de avaliar as condições de via de forma rápida, não destrutiva e com elevada precisão, permitindo a sua inspeção a uma velocidade de 120 km/h, ou seja, velocidades equivalentes ao tráfego ferroviário, não interferindo assim com a circulação normal na via [9].

O EM 120 tem vários sistemas de inspeção instalados para a medição de [9]: geometria de via; perfil transversal do carril; perfil transversal de via; geometria de catenária; camadas de infraestrutura; desgaste ondulatorio do carril; e ainda tem sistema de videografia.

A medição dos parâmetros geométricos é realizada com o espaçamento de vinte e cinco centímetros podendo ser ajustado consoante a necessidade. Para a análise dos dados medidos, todos os parâmetros são registrados num ficheiro. Posteriormente é calculado o desvio padrão do nivelamento longitudinal e do alinhamento longitudinal, de 200 em 200 metros, para efeitos de avaliação da qualidade da via e programação do ataque mecânico pesado – AMP [10].

Aquando da medição é necessário assegurar uma velocidade mínima de 18 km/h para que não ocorram problemas de medição, devido ao funcionamento dos algoritmos da caixa inercial. Este equipamento, EM 120, é ainda dotado de um radar de prospeção Ground Penetrating Radar para a avaliação das camadas da infraestrutura. O GPR baseia-se na emissão de uma onda eletromagnética, de curta duração, na banda de micro-ondas, do espectro de rádio e que, posteriormente, deteta os sinais refletidos pelas estruturas que se encontrem sob a superfície. Uma onda eletromagnética é irradiada de uma antena transmissora, atravessa o material-alvo a uma velocidade que é determinada pelas características dielétricas do material que atravessa, sendo parte refletida na interface entre materiais diferentes, e o sinal é recebido por uma segunda antena, recetora.

Na observação de obras de arte pode-se fazer a distinção das grandezas caracterizadoras do comportamento da estrutura entre globais e locais. As grandezas globais são de carácter cinemático e englobam deslocamentos, flechas, rotações, forças, aberturas de juntas de dilatação, deslocamentos de aparelhos de apoio e reações de apoio. As grandezas locais têm um carácter complementar uma vez que trazem incertezas de interpretação acopladas; estas devem-se essencialmente a três fatores: medições pontuais, dependência das técnicas de instalação e sensibilidade aos efeitos da temperatura; estando associadas às grandezas locais: extensões, tensões e abertura de fendas [11].

Neste sentido, o BIM promove uma oportunidade de visualização e de integração dos vários parâmetros da via-férrea, assim como a comparação entre os parâmetros do projeto e os parâmetros obtidos nos ensaios de controlo de qualidade (após a construção da via), podendo-se observar a diferença entre a resistência prevista no projeto e a que se obteve na realidade. Desta forma executa-se uma melhor análise da condição da via e a adoção de medidas adequadas de reabilitação.

3.2 Modelação do caso de estudo

No caso de estudo, de construção de uma infraestrutura ferroviária em Portugal continental, a informação gráfica (plantas e cortes) foi fornecida em formato .dwg, não tendo sido efetuado qualquer cálculo ou análise estrutural, por não ser esse o âmbito do trabalho. Desta forma a modelação de estrutura foi realizada tendo por base os desenhos técnicos do projeto.

O modelo geométrico é composto pelos elementos estruturais, representados por objetos paramétricos. A partir do modelo é possível a obtenção dos documentos para apoio à obra e a quantificação dos materiais. A primeira etapa no processo de modelação consiste na definição de um nível que indica a linha de referência da cota da camada que constitui a via (Figura 2). Os objetos serão referenciados em relação ao nível da via, desta forma qualquer alteração imposta ao nível é automaticamente transmitida àqueles elementos, ficando assim reajustados.

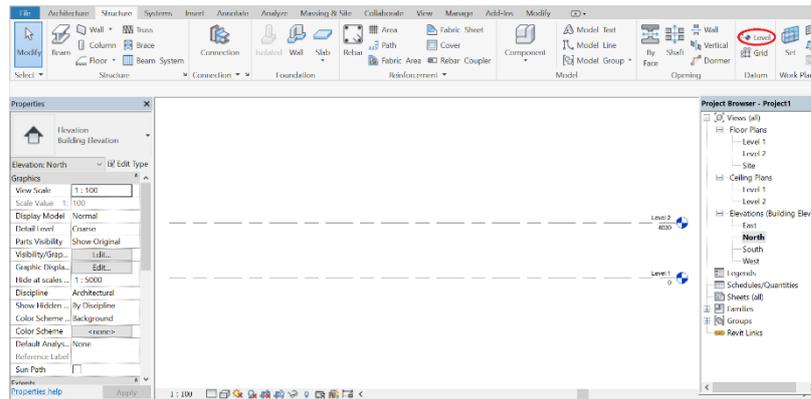


Figura 2: Definição dos Níveis [7]

Seguidamente são importados os ficheiros *.dwg para o Revit que servem de base à modelação. A Figura 3 ilustra as opções que surgem ao importar um ficheiro CAD.

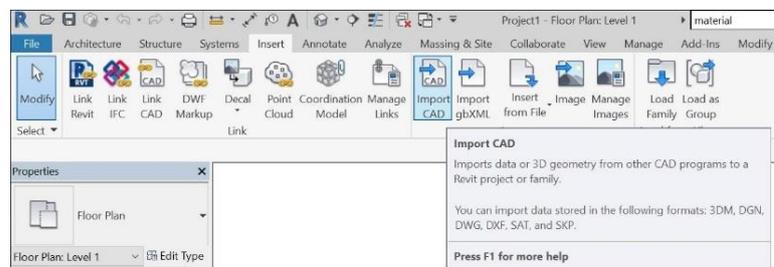


Figura 3: Importação de ficheiros CAD

Na etapa seguinte são representados os alinhamentos de apoio em planta, as “*grids*” estruturais que representam os eixos dos elementos estruturais, são auxiliares de representação que garantem o correto posicionamento dos diferentes modelos (Figura 4).

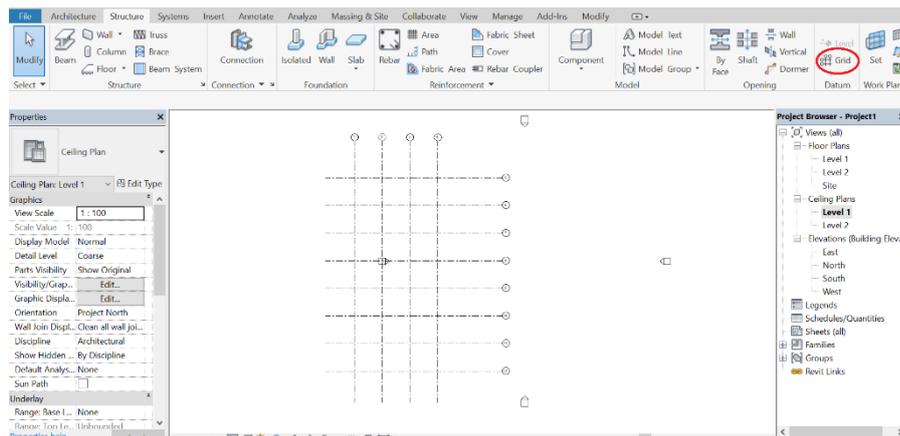


Figura 4: Apresentação da Grelha [7]

Após esta fase, procede-se à modelação BIM 3D. Com base nas peças desenhadas em 2D são representados os componentes estruturais, por meio de objetos paramétricos. Estes são caracterizados não apenas pela sua geometria (comprimento, espessura), mas também pelas

suas propriedades físicas (módulo de elasticidade, módulo de deformabilidade, nivelamento, etc.). Estes objetos estão associados aos materiais que se devem considerar na sua composição, tendo sido realizado um único modelo. Na criação do modelo da via-férrea em análise, foram definidos dois momentos com objetos diferenciados, um que apresenta os dados do projeto, ou seja contém as características definidas inicialmente pelo projetista, e outro que se refere às características da fase de construção. Cada um destes conjuntos de objetos inclui uma secção de plena via e uma zona de transição. Os objetos são constituídos pelas várias camadas que compõem a via e respetivos elementos. É selecionado um tipo de via existente (“*Slab – Structural Foundation Slab*”). O motivo desta escolha reside no facto deste tipo de via apresentar um comportamento semelhante à via que se pretende avaliar e não requer suporte de outros elementos estruturais. É feita uma duplicação de um objeto da mesma família (*Foundation*) e assim é criado um novo tipo de via.

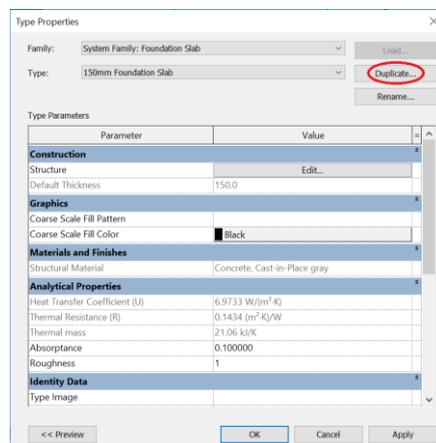


Figura 5: Duplicação de um objeto da mesma família [7]

As camadas que constituem a via, nomeadamente a camada de coroamento, sub-balastro, balastro de fundo, balastro superficial, travessa, foram definidas para cada objeto, tendo em conta a espessura e material determinado no mapa da via-férrea do projeto de estrutura disponibilizado. No quadro das propriedades é alterada a sua composição em termos de materiais, espessuras e características desses materiais. As características possíveis de alterar são diversas, como por exemplo a sua resistência mecânica, térmica, resistividade, condutividade, fornecedor, custo, entre outras.

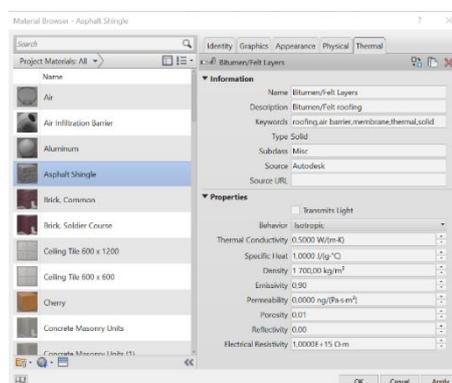


Figura 6: Quadro de propriedades dos materiais [7]

Qualquer característica indicada na fase de introdução dos objetos paramétricos pode ser consultada posteriormente, quando necessário. Após a definição dos conjuntos de objetos “Projeto” e “Construção” procede-se à sua representação.

A partir da modelação 3D podem ser obtidas diversas tabelas com informação referente à geometria, à identificação dos elementos, às quantidades dos diversos tipos de elementos, entre outras. À medida que o nível de desenvolvimento do modelo aumenta, o volume de informação possível de retirar é também maior.

3.3 BIM no sistema de gestão de infraestruturas ferroviárias

Na fase operacional da via-férrea, o BIM poderá ajudar a monitorizar o equipamento em tempo real e a analisar o espaço de manobra necessário. Para o caso de estudo, é importante recuperar-se informações e documentação em relação à capacidade de carga da infraestrutura e suas propriedades físicas, pois permitem que o engenheiro analise o seu estado atual e adote estratégias de manutenção e reabilitação.

O Revit permite a representação gráfica de determinados parâmetros pela cor, adicionando um esquema de cores a cada parâmetro, por forma a ser possível a visualização dos dados do objeto no modelo. As informações podem ser adicionadas a uma área ou objeto específico de um projeto. Para tal, no separador “Architecture” para cada um dos objetos concebidos anteriormente é necessário criar limites de área, tornando-os capazes de representar um parâmetro específico. Assim, essas áreas podem ser geridas nas propriedades “Color Schemes”.

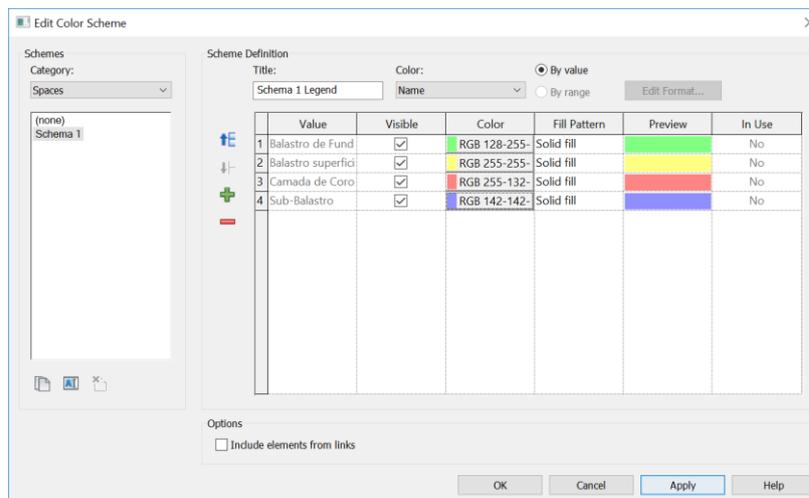


Figura 7: Representação gráfica de determinados parâmetros pela cor [7]

Desta forma, a seguinte etapa do caso em estudo consiste na colocação dos parâmetros geométricos e respetivos intervalos admissíveis. Estes dados deverão ser atualizados anualmente. Assim, é possível verificar quais os parâmetros que ultrapassam os limites impostos, contribuindo para o conhecimento da condição da via-férrea ao longo do seu ciclo de vida.

4. Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

O trabalho desenvolvido possibilitou o conhecimento sobre a temática Building Information Modeling (BIM) aplicada às infraestruturas ferroviárias. No contexto da sua aplicação ao caso de estudo da via-férrea, surgiram diversas situações que expõem os benefícios da utilização do BIM. A informação é atribuída pelos utilizadores que, dependendo do aspeto que querem dar ao objeto, pode ir do mais genérico ao mais complexo. As informações recolhidas através dos ensaios juntamente com os limites estipulados e inseridos no BIM servem de base ao estudo do comportamento real das estruturas, viabilizando um adequado sistema de controlo durante a construção, que facilita a análise dos locais onde se obteve menor resistência da via e desta forma prevê-se e programa-se oportunamente as intervenções a efetuar.

Posto isto, é previsível que a sua aplicação no mercado nacional e internacional terá uma contribuição positiva na conjugação destas duas formas que permitem o acompanhamento da condição da via-férrea.

Relativamente à utilização do BIM nas empresas do setor da construção, sugere-se que a sua implementação seja gradual e ponderada, ou seja, que se estabeleçam patamares e objetivos realistas a alcançar. Propõem-se que sejam desenvolvidas mais bibliotecas de livre acesso, com mais elementos, para que os modelos construídos sejam ainda mais reais.

Referências

- [1] Bruno Filipe Vieira Ferreira, «Aplicação de conceitos Bim à instrumentação de Estruturas», 2011.
- [2] Engenhariaeetc, «BIM: entendendo a curva de MacLeamy e como funciona basicamente o fluxo de trabalho em BIM – engenhariaeetc.», 2015. [Em linha]. Disponível em: <https://engenhariaeetc.wordpress.com/2015/09/21/bim-entendendo-a-curva-de-macleamy-e-como-funciona-basicamente-o-fluxo-de-trabalho-em-bim/>.
- [3] C. M. Eastman, Ed., BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, 2. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.
- [4] McGraw, «McGraw-Hill Construction Research & Analytics Confidential». 2007.
- [5] Syed Nematulla Quadri, «Building Information Modelling (BIM)». 2015.
- [6] Fernanda Nunes e Fernando Vinícius de O. César, «BIM na construção Civil - Implantação, vantagens e desvantagens». 2013.
- [7] «Autodesk Revit 2018». [Em linha]. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/revit-family/free-trial#>. [Acedido: 04-Fev-2018].
- [8] D. D. Rodrigues, «Manutenção e conservação de vias férreas: análise de casos práticos», 2012.
- [9] REFER – Rede Ferroviária Nacional, EP, 2001, Lisboa, VIV02 (EM 120) - Veículo de inspeção de via. Descrição dos sistemas de medição. .
- [10] S. Fontul, «Slides das aulas da disciplina Infraestruturas ferroviárias e portuárias. Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNL.» 2013.
- [11] F. J. M. G. dos S. Cavadas, «Monitorização e análise do comportamento de pontes metálicas antigas a Ponte Eiffel», 2008.

REABILITAÇÃO DOS EDIFÍCIOS SINGULARES DA COMPANHIA DE FIAÇÃO DE CRESTUMA

Marta Campos⁽¹⁾

(1) Norte Magnético e Marta Campos-Arquitetura, Porto

Resumo

A Companhia de Fiação de Crestuma (CFC) é um antigo complexo fabril do séc. XIX, atualmente desativado, inscrito numa área de terreno com cerca de 20 hectares, localizado em Crestuma, Vila Nova de Gaia.

O conjunto edificado esteve durante anos ao abandono, no entanto, recentemente, encontra-se em processo de reabilitação.

Os projetos de reabilitação que nos foram incumbidos realizar foram os de recuperação do Palacete do Comendador Pimenta da Fonseca, da Casa do Médico, do Antigo Posto Médico e dos atuais Escritórios, sendo estes os edifícios de cariz mais singular no contexto do edificado maioritariamente constituído por naves industriais.

O presente artigo visa partilhar o processo até agora desenvolvido de implementação da metodologia BIM (Building Information Modeling) no contexto da reabilitação dos referidos edifícios.

1. Introdução

Somos um atelier de arquitetura e gestão de projetos sediado no Porto, adictos à metodologia BIM e apaixonadamente envolvidos na prestação de serviços que vão desde a reabilitação à construção de raiz.

O projeto que aqui partilhamos consiste na reabilitação de um conjunto de edifícios pertencentes à antiga CFC, complexo fabril do sec. XIX que se encontra neste momento em processo de reabilitação do seu edificado.

O atual proprietário solicitou a realização do projeto de reabilitação de quatro edifícios, sendo estes os de cariz mais singular do complexo industrial, nomeadamente, o “Palacete do Comendador Pimenta da Fonseca”, a “Casa do Médico”, o edifício atualmente denominado como “Antigo Posto Médico” e o edifício que acolhe os “Escritórios da Fábrica”.

O artigo iniciar-se-á por um enquadramento ao contexto e objetivo da encomenda, para depois se focar na metodologia de abordagem ao projeto (metodologia BIM). Terminará com a partilha do *status quo* do desenvolvimento dos projetos e com algumas considerações finais.

3. Caracterização dos edifícios existentes a reabilitar

3.1 Palacete do Comendador Pimenta da Fonseca

O Palacete Pimenta da Fonseca é um edifício isolado de elevado valor histórico e arquitetónico. Apresenta uma planta em “U”, uma grande eira e é pontuado com um pronunciado mirante que imprime a este edifício um sentido de vigilância e domínio sobre o vale onde se instalaram os edifícios de produção da antiga CFC.

O edifício é constituído por 3 pavimentos (Piso 0, Piso 1 e Piso 2 em Águas Furtadas), apresenta uma área bruta de 960m².

Atualmente apresenta severas patologias devido à entrada de água pela cobertura, atos de vandalismo e à ausência de utilização e manutenção.

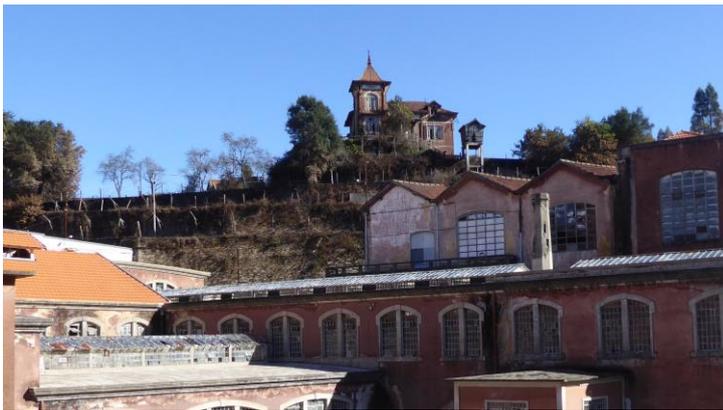


Figura 1: Palacete do Comendador Pimenta da Fonseca, fotografias do exterior e interior.

3.2 Casa do Médico

O edifício intitulado como “Casa do Médico” trata-se de um edifício isolado, rodeado por um quintal em socalcos, apresenta um corpo principal com uma planta retangular, com piso e meio acima do solo e com cobertura de duas águas, ao qual se adoja uma torre de planta quadrada com dois pisos, com cobertura de quatro águas, implantado a uma cota superior no terreno, como um mirante assinalando a presença do edifício. O corpo principal é constituído por 3 pavimentos (Piso Meia-Cave, Piso 0, Piso1 sendo este último umas águas furtadas), apresenta uma área bruta de construção de 482 m².

O edifício encontra-se destelhado, e derivado à infiltração de água, apresenta patologias graves não apresentando condições de habitabilidade. Recentemente foi alvo de um grande incêndio que agravou ainda mais o seu estado de conservação.



Figura 2: Casa do Médico, fotografias do exterior e do interior.

3.3 Antigo Posto Médico

O edifício atualmente denominado como “Antigo Posto Médico” encontra-se encaixado no conjunto de naves industriais localizadas à cota baixa da CFC. O carácter singular que este apresenta revela que terá sido contruído para acolher em tempos funções de destaque e não para a função de posto médico que a memória recente atualmente recorda. É constituído por um corpo retangular com cobertura abobadada, terminando numa cúpula redonda ponteadada com um mirante que acolheria um sino. Desenvolve-se em 3 pavimentos, Piso 0, Piso 1 e Piso 2 sendo este último o volume em forma de cúpula. Apresenta uma área bruta de construção de 235m².

Atualmente o edifício encontra-se reabilitado pelo exterior, tendo essa reabilitação sido encetada recentemente. O edifício encontra-se devoluto, apresentando em alguns elementos patologias pronunciadas, que têm origem na infiltração de água e movimentos dos elementos estruturais que sustentam o edifício.



Figura 3: Antigo Posto Médico, fotografias do exterior e do interior.

3.4 Atuais Escritórios

O edifício que atualmente acolhe os escritórios da empresa que gere este complexo industrial trata-se de um edifício localizado no coração da CFC. Este é constituído por um corpo mais antigo com três pavimentos com paredes em alvenaria, pavimentos e cobertura em estrutura de madeira, e um corpo mais recente em betão armado que se desenvolve em dois pisos e cuja cobertura plana oferece um terraço ao terceiro piso do corpo mais antigo. Apresenta uma área bruta de construção de 680m².

Apesar de acolher os atuais escritórios da fábrica, o edifício apresenta-se em mau estado de conservação, resultante da entrada de água pelas coberturas e terraços.



Figura 4: Atuais Escritórios, fotografias do exterior e do interior.

4. Encomenda

O atual proprietário pretende acrescentar valor ao conjunto de edifícios que constituem a antiga CFC, dando um novo sentido, um sentido de futuro a esta fábrica que atualmente se encontra desativada.

A proximidade à cidade do Porto, Ribeira de Gaia e Rio Douro (a Companhia de Fiação de Crestuma possui um pequeno porto que serviria em outros tempos para o escoamento de produtos) sugerem um programa com cariz de Turismo Industrial.

Assim sendo, a solicitação do proprietário foi a de encetar obras de reabilitação que inscrevessem no Palacete do Comendador Pimenta da Fonseca um Hotel de Charme, na Casa do Médico uma moradia unifamiliar, no Antigo Posto Médico os futuros escritórios da fábrica e a receção aos visitantes, e no edifício que acolhe os atuais escritórios uma Pensão.

5. Princípios

5.1 A necessidade de intervenção no património edificado

A reabilitação do património edificado português é essencial para a preservação da memória e da identidade cultural e histórica do país. Infelizmente, uma grande parte deste património encontra-se degradada e abandonada, necessitando de intervenção urgente.

5.2 A escolha do tipo de intervenção

Na intervenção no património edificado, a substituição de elementos arquitetónicos e estruturais em vez da sua reabilitação tem sido a política comum que resulta, maioritariamente, da falta de conhecimento acerca de materiais e técnicas e da sua eficácia.

A decisão sobre o tipo de intervenção a realizar deverá, necessariamente, ser tomada após uma inspeção aos elementos constituintes do edifício. Tal como na medicina, não se pode prescrever um tratamento ao edifício sem conhecer as suas patologias.

5.3 A escolha da técnica de reabilitação

A seleção da melhor técnica de reabilitação deve ter em consideração vários aspectos: as particularidades da construção, nomeadamente a existência de elementos estruturais, arquitetónicos e decorativos com particular interesse; o tipo de programa a integrar; as exigências técnicas; e os condicionalismos económicos. Como princípio, pretende-se que a intervenção no edifício a reabilitar envolva o menor número de ações possível e a utilização de materiais e técnicas tradicionais, de forma a garantir a preservação da sua identidade, e simultaneamente o respeito pelos princípios ditados pelas Cartas e Recomendações Internacionais, particularmente do ICOMOS (International Council on Monuments and Sites).

5.4 A reabilitação energética do edifício

O ato de reabilitação de um edifício é também uma oportunidade para melhorar a sua envolvente e introduzir sistemas mais eficientes, de modo que o edifício antigo se aproxime das exigências de conforto contemporâneas. Uma reabilitação energética em compromisso com os valores arquitetónicos que se pretendem salvaguardar é um fator de diferenciação na qualidade de uma reabilitação e contribui para um mais rápido retorno do investimento global.

5.5 A estratégia de reabilitação adequada ao objetivo orçamental

A ação de reabilitação deverá ser “desenhada” para um objetivo orçamental. Esse objetivo deverá ser claro e realista antes de se iniciarem os projetos uma vez que irá ser determinante na adoção das soluções de projeto.

6. Metodologia

6.1 Pesquisa histórica

Elaboração de uma pesquisa histórica sucinta sobre os edifícios em causa e o seu enquadramento no contexto do complexo industrial da CFC.

6.2 Levantamento dos edifícios pelo método laser scanning

Execução do levantamento dos edifícios recorrendo ao levantamento laser scanning. Esta forma de levantamento garante à equipa projetista uma disponibilidade massiva de dados métricos extremamente rigorosos que podem ser consultados em qualquer momento, sem que para isso os projetistas tenham de recorrer a deslocações constantes aos edifícios a reabilitar. Deste modo, é possível encurtar significativamente o tempo de elaboração do projeto, evitando alguns custos, que habitualmente surgem no momento de obra, com alterações de projeto, para que este se ajuste a condicionantes não levantadas.

6.3 Inventariação, inspeção e diagnóstico

A inventariação, inspeção e diagnóstico de elementos arquitetónicos e decorativos, móveis e integrados. Todos estes elementos serão devidamente numerados, fotografados e medidos, registando os existentes, os em falta, materiais, e pormenores constituintes.

6.4 Modelação BIM do edifício existente

A informação colhida através do levantamento laser scanning, bem como da inventariação, da inspeção e diagnóstico, serão sintetizados num único modelo 3D do existente. Este modelo 3D conterá toda a informação recolhida e será um modelo BIM (Building Information Modeling) do existente que funcionará como base para o desenvolvimento e coordenação dos diferentes projetos envolvidos.

6.5 Projetos de Arquitetura e Especialidades

Os projetos de Arquitetura e Especialidades utilizarão o modelo BIM dos edifícios existentes como base para a elaboração dos respetivos projetos, isto é, o modelo BIM dos edifícios existentes servirá como repositório dinâmico de informação sobre as intervenções a encetar nos edifícios, com vista à sua reabilitação e integração do novo programa.

6.6 Coordenação dos projetos em fase de projeto

A coordenação e compatibilização das diversas especialidades envolvidas num projeto é uma das atividades mais importantes que precede a entrada em obra, especialmente quando se trata de intervir em imóveis existentes dos quais se pretende preservar o máximo as suas características distintivas.

A introdução de novas infraestruturas e/ou revestimentos, isolamentos, que visam adaptar o edifício existente às exigências de conforto de hoje, podem ser bastante impactantes quando o objetivo é preservar o máximo da pré-existência. Durante a elaboração dos projetos, o modelo BIM do existente será o laboratório de teste das soluções projetuais em desenvolvimento pelas várias especialidades envolvidas. Neste modelo, serão coordenados todos os trabalhos, apontados caminhos para as infraestruturas, antecipadas incompatibilidades e encontradas soluções para os diversos requisitos técnicos.

6.7 Modelo BIM no apoio à obra

Durante o decorrer da obra, o modelo BIM funcionará como uma maquete virtual dos projetos, apresentando de forma intuitiva e clara todas as decisões e previsões de projeto, apoiando desta forma o empreiteiro na coordenação dos trabalhos.

Tratando-se de uma reabilitação, é espectável que durante a obra ocorram alterações a algumas soluções preconizadas. No modelo BIM incorporam-se as decisões tomadas em obra. No final, obtém-se um modelo virtual do que efetivamente foi construído (BIM do construído).

6.8 Modelo BIM como registo do construído e base do Manual de Manutenção e Utilização

O modelo BIM do construído torna-se um importante testemunho do projeto de reabilitação e um importante instrumento de apoio ao ciclo de vida do edifício. Nele se regista, com rigor, diversos elementos, tais como: o local da passagem das infraestruturas; os tipos de acabamentos, revestimentos, equipamentos utilizados; as referências de cores utilizadas, etc. Com base na informação recolhida, tratada e registada no modelo BIM do construído, será

elaborado um manual de utilização e manutenção do edifício, que servirá de apoio ao seu ciclo de vida.

7. Status Quo

Até ao momento da elaboração do presente artigo já se concluiu o projeto de execução para a reconversão do interior do “Antigo Posto Médico”; a Casa do Médico encontra-se em processo de licenciamento, estando a Arquitetura já aprovada; o projeto para a reabilitação do Palacete Pimenta da Fonseca encontra-se em fase de Estudo Prévio; e o edifício que acolhe os atuais escritórios está na fase de modelação do existente.

De seguida ilustramos alguns momentos chave da metodologia aplicada, destacando as intervenções no Antigo Posto Médico e Casa do Médico, projetos que, neste momento, estão mais desenvolvidos e onde já implementámos parte da metodologia de projeto proposta.

7.1 Projeto para a reabilitação do “Antigo Posto Médico”

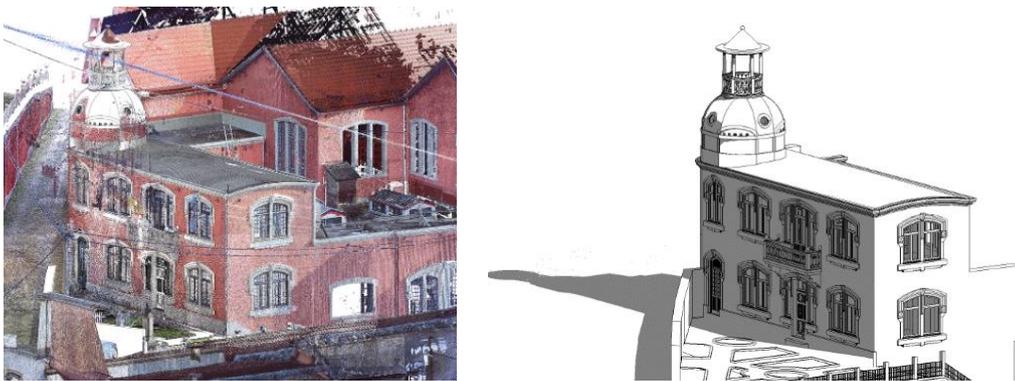


Figura 17: Levantamento laser scanning e modelo BIM do edifício existente.



Figura 18: Inventariação, inspeção e diagnóstico - Inventariação e catalogação das carpintarias interiores.



Figura 19: Inventariação, inspeção e diagnóstico - Fotografias de apoio à inspeção e diagnóstico evidenciando a infiltração de água pelos edifícios adjacentes e fissuras em elementos estruturais fruto da movimentação dos elementos estruturais que sustentam o edifício

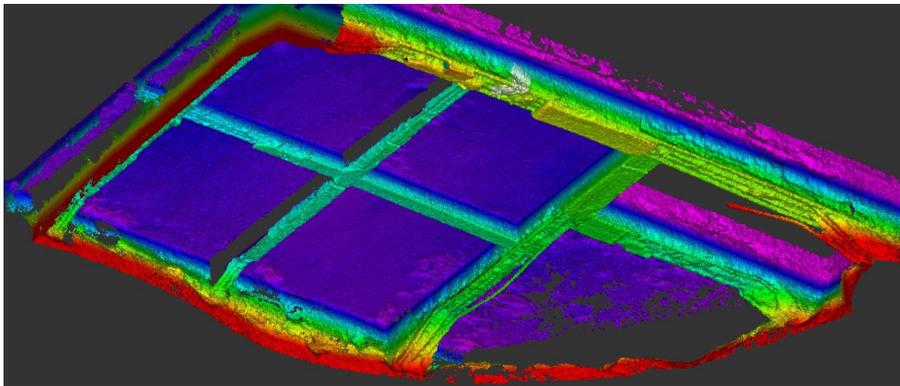


Figura 20: Inventariação, inspeção e diagnóstico – Levantamento de alta definição de apoio à inspeção e diagnóstico evidenciando deformações na estrutura de suporte do edifício.

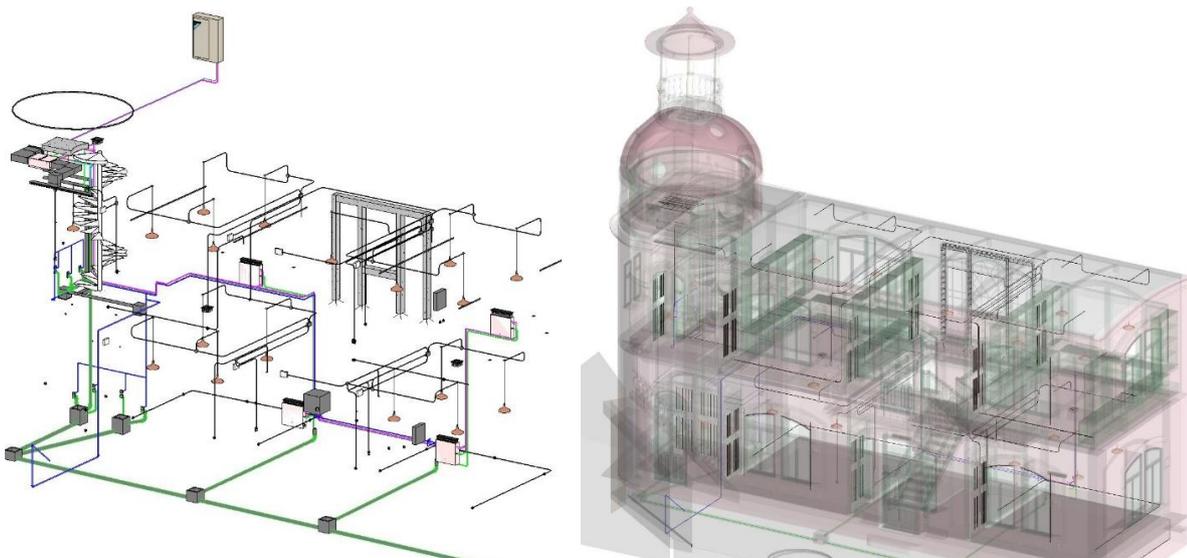


Figura 21: Modelo BIM – Modelo BIM das Especialidades e Modelo BIM de Coordenação da Arquitetura com as Especialidades



Figura 22: Modelo BIM - Base do Projeto de Execução de onde foram extraídas as Peças Desenhadas e o Mapa de Trabalhos e Quantidades

7.2 Projeto para a reabilitação e ampliação da Casa do Médico



Figura 23: Levantamento laser scanning e modelo BIM do edifício existente.

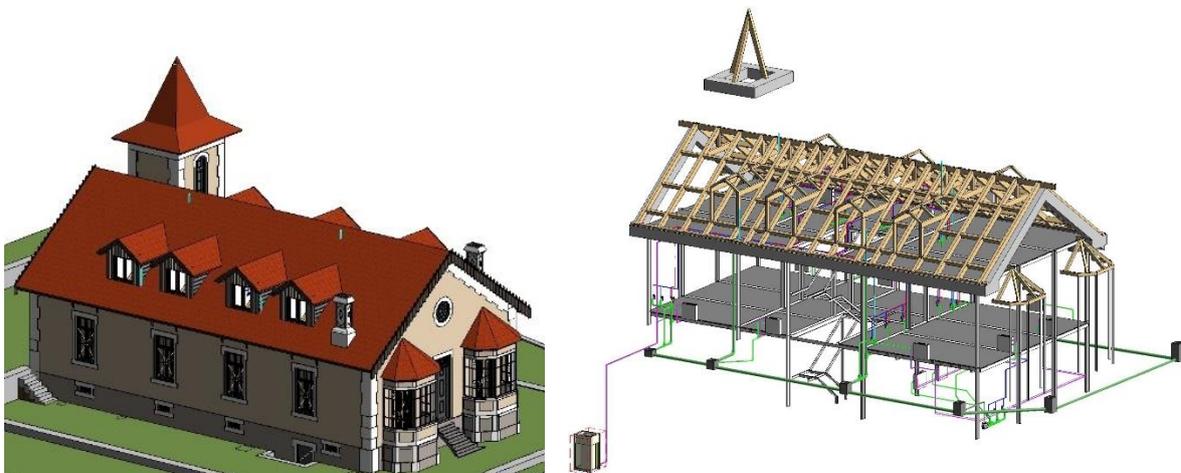


Figura 24: Modelo BIM – Modelo da Arquitetura e modelo das Especialidades

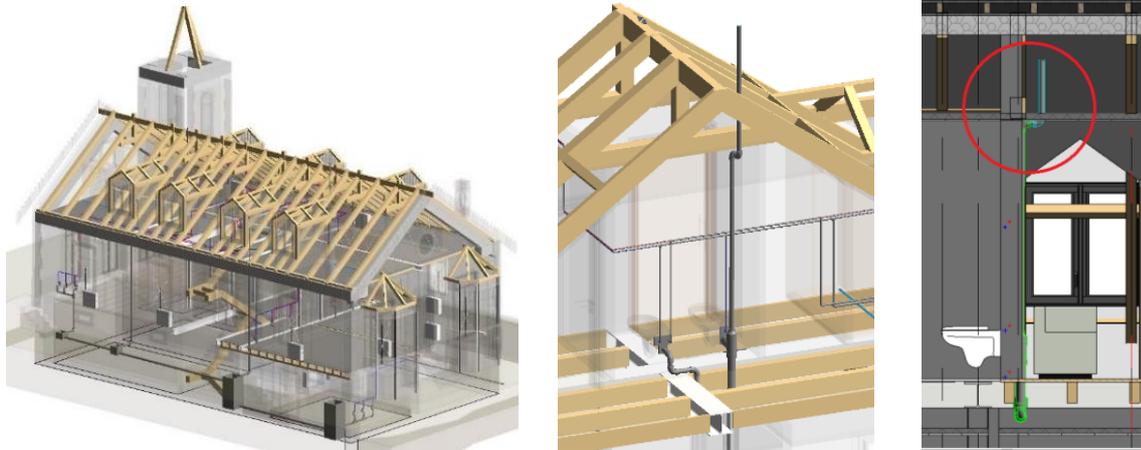


Figura 25: Modelo BIM – Modelo de Coordenação

9. Reflexões finais

Enquanto atelier de arquitetura responsável pela coordenação dos projetos para a reabilitação destes quatro edifícios, e considerando que está fortemente enraizada a metodologia BIM no exercício da nossa atividade, é para nós difícil conceber como seria possível anteriormente realizar projetos de grande complexidade em tempo útil, com rendimento, com rigor, minimizando surpresas indesejadas e mantendo um “sono descansado”. Se com a metodologia BIM o ato projetual se revela bastante complexo, com o pressuposto operativo da metodologia “tradicional” ele parece-nos, agora, uma espécie de “missão impossível”: teria que haver muita margem para flexibilidade, muito “deixa ver o que se resolve depois em obra” (passo a expressão) e, por consequência, muitas horas em obra e muitas revisões ao projeto, e, por fim, resultaria um projeto que, com menos sorte, não era bem o que se queria.

De acordo com a nossa experiência, apenas com a utilização da metodologia BIM (ou outra do mesmo tipo) em fase de projeto, se possibilita uma maior aproximação à realidade da construção. Dentro deste modelo operativo, a obra prefigura-se com enorme exatidão, virtualmente, antes de se corporalizar. Por tudo isto, para nós, enquanto projetistas e coordenadores, é um grande entusiasmo!

A agradável sensação de ter o “projeto na mão”, isto é, bem controlado e coordenado, não tem preço para um Arquiteto.

Significa que no decorrer do trabalho, no atelier, no nosso ecrã, no modelo de coordenação do projeto, as coisas começam a encaixar como desejamos. O desenho não fica comprometido e ainda melhor se justifica, o belo e o funcional de mãos dadas e aquele “friozinho na barriga” de quem está apaixonado pela profissão que desenvolve!

BIM it all!

10. Equipa

Gestão de Empreendimento – Norte Magnético / Arquitectura – Marta Campos – Arquitectura Especialiadeds – FVPS / Levantamento laser scanning – Planitop

A INTEGRAÇÃO DOS SIG EM PROJETOS BIM – O CASO DE ESTUDO DO HOSPITAL DIVINO ESPÍRITO SANTO

Nuno Pinto⁽¹⁾, Edgar Barreira⁽²⁾, Inês Vilas Boas⁽²⁾

(1) ARIPA Architectos, Lisboa

(2) Esri Portugal, Lisboa

Resumo

A implementação da estratégia BIM em Portugal encontra motivos válidos e cruciais, como o aumento de produtividade, redução de emissões de gases de carbono, redução de custos de operação e manutenção. Este caso de estudo desenvolvido pretende dar ainda mais valor a outros fatores como a maior precisão da informação e dos prazos de implementação ou a redução da margem de erro e de outras omissões relevantes.

Assim, a interação entre as necessidades da Arquitetura, o cliente e os reguladores adivinha-se essencial, colocando novos desafios tecnológicos a todos os atores relacionados com os processos construtivos ou de reconstrução. O formato IFC foi essencial no estudo produzido pelos parceiros, tirando partido da normalização deste formato, gerido em diferentes software.

O caso de estudo considerado é do projeto de remodelação e ampliação do Serviço de Urgência do Hospital Divino Espírito Santo, em Ponta Delgada.

1. Introdução

A ARIPA Architectos, Lda, gabinete de arquitetura que se tem especializado na aplicação de processos BIM e a Esri Portugal, empresa especializada em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que distribui e implementa sobre a tecnologia Esri em território nacional, uniram esforços para testar a integração BIM-SIG. Este é considerado um dos objetivos da Visão Construção 2020 – ONS/IST [1] e que foi materializado neste trabalho conjunto com o trabalho colaborativo entre um gabinete de arquitetura que desenhou e realizou todo o trabalho em BIM e que numa fase posterior ensaiou a maturidade na integração com os Sistemas de Informação Geográfica, com vista a futuras necessidades de mercado. Foi explorada adicionalmente a

componente da Realidade Virtual, enquanto fator de disrupção numa área de trabalho cada vez mais tecnológica.

A integração BIM-SIG tem um potencial crítico nas fases iniciais de projeto, até ao seu licenciamento pelos reguladores, podendo ainda servir no futuro a algumas das especialidades de obra durante a sua implantação. Nas fases de manutenção e gestão ao longo do ciclo de vida do edificado, os SIG passam a constituir-se fundamentais, face à capacidade de gestão de elevadas quantidades de dados (big data), o elevado potencial da gestão das cidades (smart cities), a gestão dos milhões de sensores previstos para a próxima década (internet of things), entre outras tendências que exigem mais requisitos nos sistemas de informação. O aumento de repositórios de dados abertos, potenciam integrações tecnológicas baseadas em objetos georreferenciados.

Neste sentido os projetistas, gestores, promotores, e decisores políticos terão à disposição informação documentada e atualizada que poderão utilizar no suporte das suas decisões e projetos. Pretende-se também, desta forma, que toda a comunidade possa monitorizar e acompanhar a evolução urbanística ou futuros planos de desenvolvimento em todo o território nacional. Permitindo transparência nos processos de decisão política e participação de todas as pessoas na gestão do território, reabilitação urbana e áreas de reserva natural.

Na comunidade científica os trabalhos de integração BIM-SIG ocorrem há mais de dez anos, tendo sido estudado recentemente por Ma e Ren (2017), conforme figura 1.

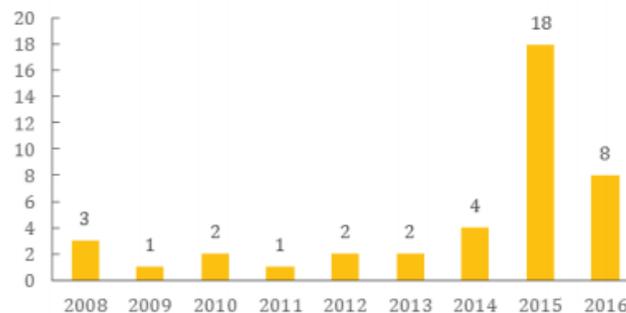


Figura 1: Número de publicações anuais de artigos com revisão científica [2]

2. Caso de Estudo

A ARIPA Arquitectos promoveu com a Esri Portugal um conjunto de ações para testar a integração BIM-SIG no âmbito do Hospital Divino Espírito Santo. O caso de estudo valoriza-se enquanto exemplo de referência inserido na Região Autónoma dos Açores, em Ponta Delgada, na temática dos projetos de instalações de Saúde – Remodelação e Ampliação de Serviços de Urgência (figuras 2 e 3).

Os principais objetivos na implantação desta nova infra-estrutura foram:

- Melhoria do nível de serviço.
- Redução do tempo médio de espera dos utentes.
- Modernização e adaptação das áreas funcionais do serviço.
- Aumento de capacidade de resposta do Hospital.



Figura 2: HP-HDES Urgência – Visão Geral do acesso Principal do Recinto Hospitalar com o edifício existente.

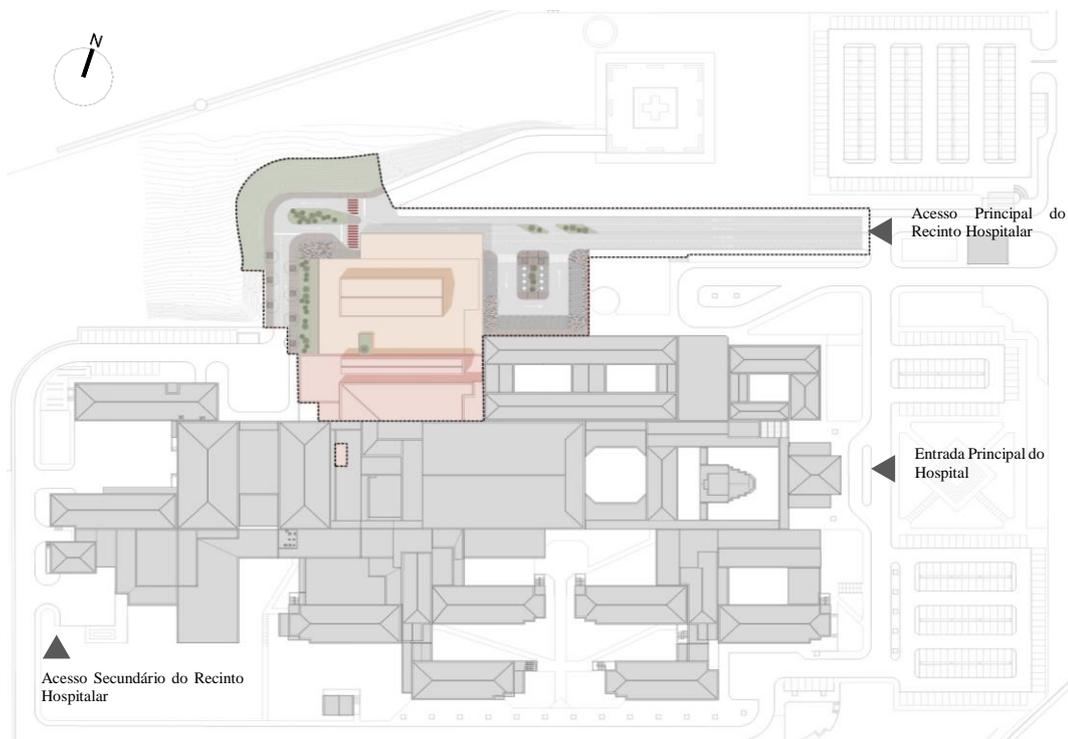


Figura 3: HP-HDES Urgência - Planta de Implantação

3. Metodologia de Trabalho

Foi testada a interoperabilidade do formato IFC para potenciar a colaboração entre as partes interessadas, tipicamente associadas à entrega de peças de um processo construtivo. Este caso de estudo vem também explorar outras necessidades associadas à interoperabilidade: a política (e.g. áreas de restrição construtiva fornecidas por um regulador), organizacional e metodológica (e.g. trabalho colaborativo de um modelo BIM em sistema de links ou com um modelo comum), semântica (e.g. anotações normalizadas ligadas ao modelo BIM), sintática e tecnológica (e.g. utilização de um ecossistema aplicacional que consome a mesma informação).

No presente caso utilizaram-se os seguintes software:

- Autodesk Revit 2017
- Autodesk Autocad 2017
- Autodesk Navisworks Simulate 2017
- ArcGIS Desktop (ArcMap 10.5 e ArcGIS Pro 1.4)
- Esri CityEngine 2016.1
- ArcGIS Online
- ArcGIS 360VR

Distinguem-se quatro fases de trabalho nesta metodologia, que se dividem em: Partilha de Conhecimentos, Teste de Interoperabilidade, Interoperabilidade de projeto IFC/REVIT e Publicação em Serviços Web e Aplicação de Realidade Virtual.

3.1 Fase 1: Partilha de Conhecimentos

Os parceiros trocaram conhecimentos técnicos sobre BIM e sobre o potencial de interoperabilidade. Esta fase serviu para levantar as necessidades de interoperabilidade associadas às prioridades que os sistemas de informação geográfica habitualmente exigem, partindo da manipulação de um projeto BIM em Revit (figura 4) e o processo de interoperabilidade no software SIG.

Durante esta fase identificaram-se necessidades relativas à componente gráfica, semântica e de organização da informação, considerando a relevância de as interações testadas resultarem quer em ensaios colaborativos, como para acrescentar valor aos produtos próprios da ARIPA.

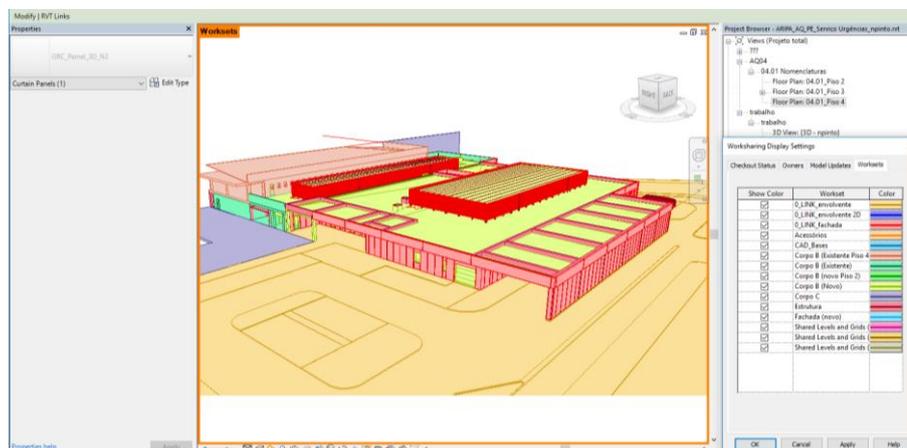


Figura 4: Ambiente Autodesk REVIT 2017 – Componentes / Categorias com Gestão de Worksets

3.2 Fase 2: Teste de Interoperabilidade

O teste de interoperabilidade permitiu a realização de ensaios de interoperabilidade entre formatos, identificando vantagens e desvantagens associadas a cada um deles. A interoperabilidade é já uma prática habitual no mercado geoespacial e na área da arquitetura. Assim, a interoperabilidade de dados para gestão BIM é um passo natural para as tecnologias de gestão da informação geográfica.

No final desta fase os parceiros optaram pela utilização de ficheiros IFC para testar a interoperabilidade do formato BIM (IFC 2x3), entre o software Autodesk Revit 2017 e o ecossistema ArcGIS, onde se inseriram os software ArcGIS Desktop e Esri CityEngine, conforme o exemplificam as figuras 5 e 6.



Figura 5: Ambiente Autodesk REVIT 2017 – Exportação para IFC

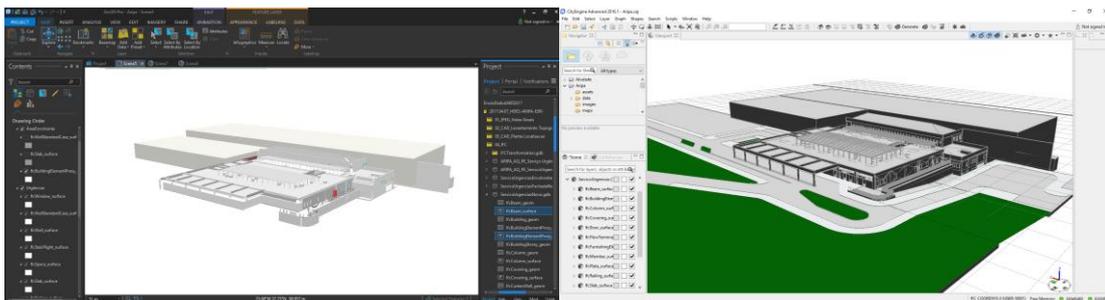


Figura 6: Importação dos multipatch a partir do ficheiro IFC em ArcGIS Pro (esq.) e Esri CityEngine (dir.)

3.3 Fase 3: Interoperabilidade de projeto IFC/REVIT

Ultrapassados os testes de interoperabilidade com o formato IFC, esta fase representou a preparação de dados para testar a mais-valia nos produtos de informação georreferenciados.

Com os testes realizados compreendeu-se o potencial da interoperabilidade que abre novas portas aos reguladores. Amplia-se a capacidade de gerir as cidades inteligentes ou na confrontação da informação do edifício com outros conjuntos de dados geográficos. Os processos BIM passam a potenciar processos de geodesição no planeamento urbanístico.

A georreferenciação constitui-se assim como fundamental, permitindo localizar informação geográfica na superfície terrestre. Enquanto processo de melhoria dos projetos BIM foi necessário recorrer ao levantamento topográfico (em AutoCAD) para se obter o sistema de coordenadas e os pontos geográficos de referência do projeto.

3.4 Fase 4: Publicação em serviços Web e aplicação de Realidade Virtual.

A maior utilização dos formatos interoperáveis faz com que também os processos BIM promovam a interacções entre profissionais, que utilizam os mesmos modelos. Incluem-se

nestas interações outras especialidades que usam diretamente o BIM na sua atividade, mas também em outras especialidades que além do BIM partilham outras necessidades, nomeadamente em formatos SIG. Foi utilizado o ArcGIS Online, enquanto repositório de informação, que por um lado é editável no software de SIG (e.g. ArcGIS Pro), e por outro pode ser visualizado por qualquer profissional ou dono de obra (figura 7). Esta democratização no acesso à informação permite reduzir o esforço de outros profissionais, ao mesmo tempo que se protege o acesso à informação.

O formato IFC como modelo de dados de “informação partilhada” permitiu que as duas empresas comprovassem a cadeia de valor entre o modelo BIM (com informação de projeto/plataforma comum de técnicos e projetistas) e modelo de Realidade Virtual (com informação direcionada para o cliente / público em geral).

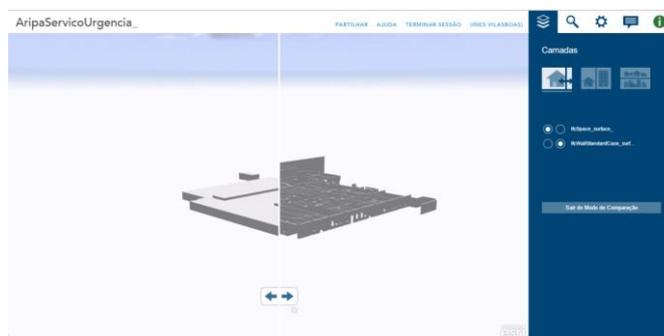


Figura 7: Comparação entre diferentes camadas do ficheiro IFC no visualizador online do City Engine.

Outro dos outputs finais é o consumo destes modelos em ambientes de realidade virtual, além de outros contextos, como a realidade aumentada. Os parceiros fizeram uso de uma nova aplicação da família ArcGIS designada por ArcGIS 360 VR. Esta tecnologia utilizou Oculus Samsung Gear VR para permitir recriar a realidade virtual (figura 8).

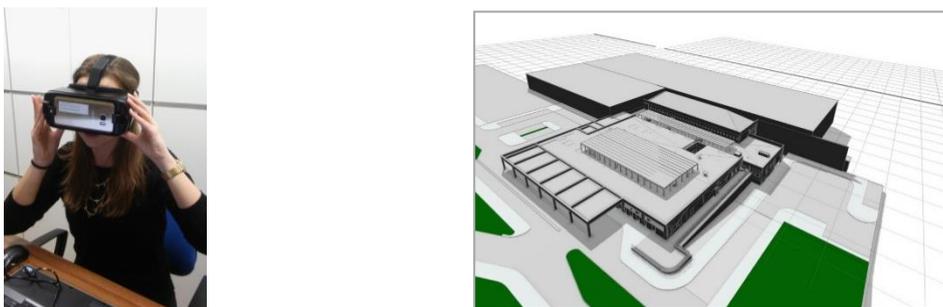


Figura 8: Visualização do projeto nos Oculus Samsung Gear VR – (Imagem das Reuniões de Trabalho ARIPA Arquitectos e Esri Portugal)

O significado deste avanço para a realidade virtual sugere a disrupção sobre o modo como são apresentados os projetos de arquitetura aos donos de obra, permitindo um contexto realístico mais coerente e ampliando a experiência proporcionada pelos ateliers de arquitetura aos seus clientes finais. A definição de pontos de vista dentro e fora do edifício permite isolar elementos

de visualização de forma personalizada, adicionando-lhe outras camadas de informação geográfica que permitam dar outro contexto ao projeto final (como por exemplo a modelação de todo o contexto urbanístico envolvente).

As análises SIG que se podem aplicar ao modelo (e.g. as linhas de visibilidade a partir do edifício para pontos de interesse numa cidade), acrescentam valor aos produtos finais que são apresentados pelos ateliers aos seus clientes finais.

4. Resultados

No decorrer da implementação do projeto que originou o presente caso, há desenvolvimentos fundamentais que a seguir se referem:

- A. Plataforma de interoperabilidade de múltiplas especialidades do projeto construtivo.



Figura 9: Web AppBuilder com o modelo 3D em BIM

- B. Atualização do processo de venda do projeto para clientes finais nos ateliers de projetistas e donos de obra com a utilização de Realidade Virtual.

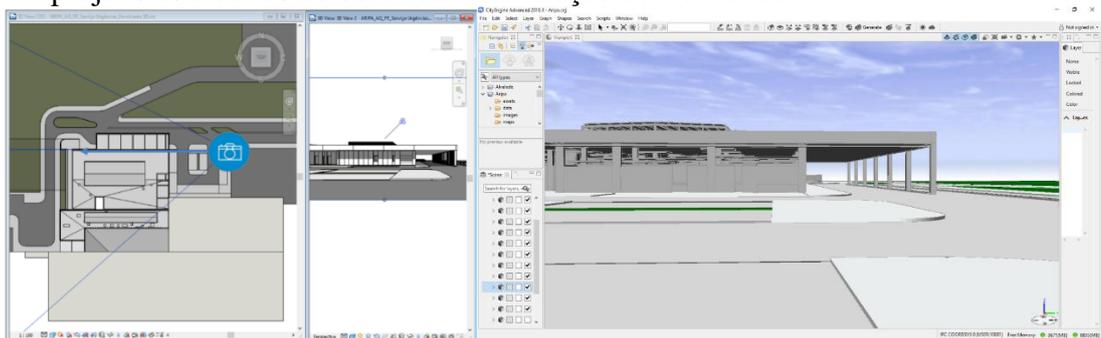


Figura 10: Comparação de View (Posicionamento e Alcance): ambiente Autodesk (esq.) e ambiente ArcGIS (dir.)

- C. Acesso a ferramentas de análise avançada que permitem aumentar o sucesso de aprovação do licenciamento dos projectos por parte dos reguladores e enriquecer os produtos com informação georreferenciada.

- D. Reguladores passarão a ter acesso a informação de gestão fundamental para os processos de licenciamento urbanístico quando a entrega do projeto BIM passar a ser obrigatório.

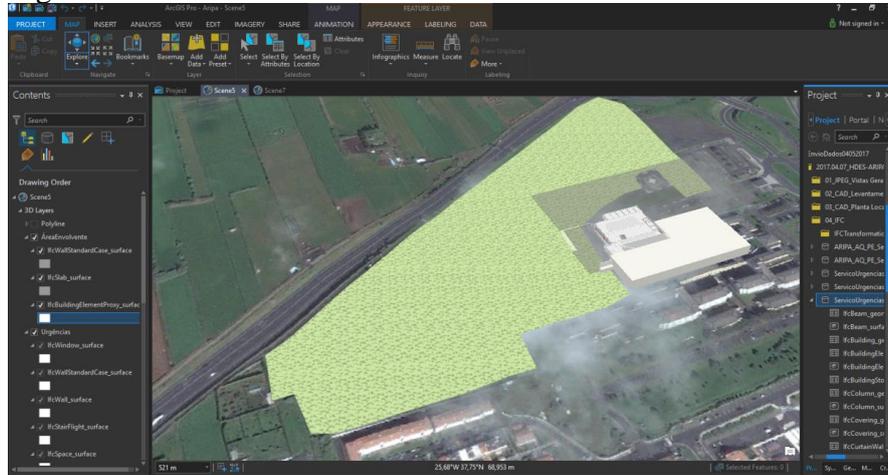


Figura 11: Simulação de uma confrontação espacial com os dados georreferenciados

- E. Projetistas e reguladores passam a usar uma ferramenta de modelação de cidades para enquadrar os projectos BIM, com métricas associadas (e.g. áreas de ocupação de solo ou número total de edifícios), otimizando processos de geodesição.

5. Próximos passos

O trabalho desenvolvido no caso de estudo do Serviço de Urgência do HDES em Ponta Delgada pelas duas equipas comprovou a interoperabilidade entre software e as mais-valias na partilha de informação normalizada, acrescentando valor no ciclo de vida do futuro edifício a construir. Neste sentido os parceiros vão dar continuidade ao seu investimento no desenvolvimento de abordagens BIM ao mercado português e internacional em função da resposta do mercado e da maturidade da implementação do BIM em Portugal. Em função da resposta do próprio mercado, pretende-se ajustar o grau de normalização dos projetos da ARIPA Arquitetos à normalização sectorial do BIM em Portugal. Este plano de ação normalizado irá dar resposta à integração com os Sistemas de Informação Geográfica, onde a Esri Portugal pretende apoiar os seus clientes finais na transição mais rápida para as tecnologias BIM. Pretende-se ainda testar a futura integração entre os produtos Autodesk e ArcGIS [3].

6. Conclusão

O trabalho apresentado, essencialmente técnico e em meio totalmente empresarial, pretendeu ser um avanço na concretização da Visão Construção 2020 – ONS/IST, nomeadamente na integração BIM-SIG, que foi atingida com este trabalho ao ser garantida a interoperabilidade através de um ficheiro IFC. Este trabalho antecipou as evoluções tecnológicas que estão em curso na integração entre os software Autodesk Revit e ArcGIS, com um anúncio no final de

2017 dos seus fornecedores (Autodesk e Esri) para uma parceria estratégica que consolida este objectivo e que irá aumentar a interoperabilidade entre formatos e plataformas.

De facto, este é um binómio de software que aparece como o mais referenciado na publicação Ma e Ren (2017), significando que é para já uma das abordagens mais bem estabelecidas no mercado de Arquitetura e Engenharia, conforme figura 12.

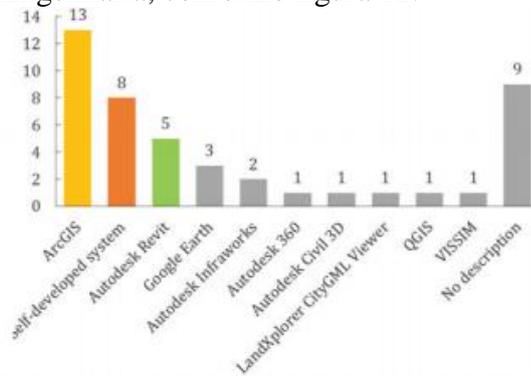


Figura 12: Plataformas SIG utilizadas no levantamento dos artigos científicos até 2016 [2]

Resume-se, assim, na figura 13 aquele que consistiu tecnologicamente o resumo da interacção entre as diferentes ferramentas utilizadas no ecossistema tecnológico de teste.

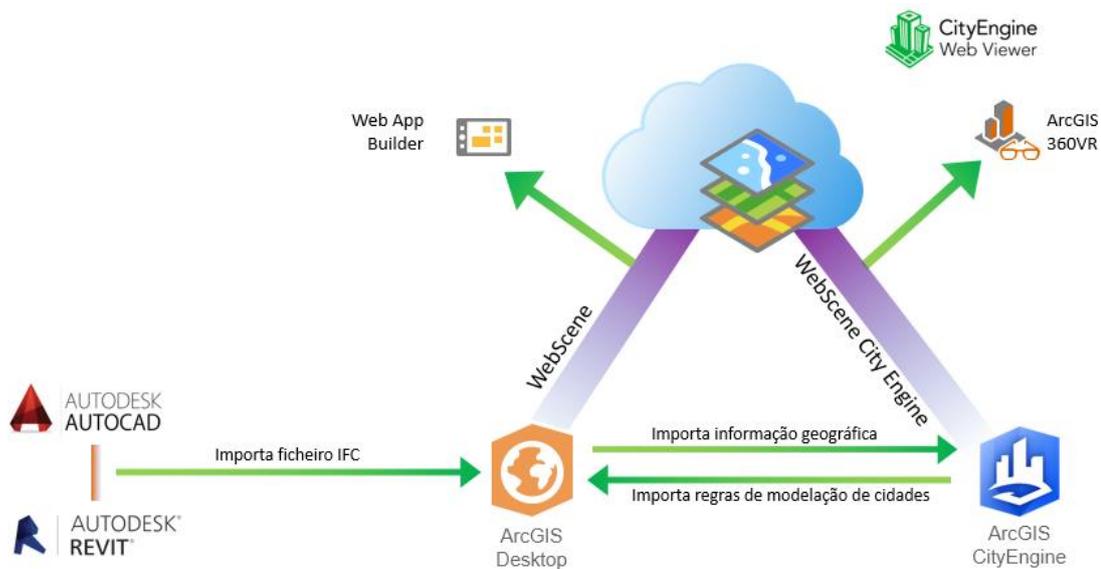


Figura 13: Integrações tecnológicas realizadas no âmbito do presente caso de estudo.

Conclui-se que a introdução do SIG em conjunto com os processos BIM é uma mais valia, que permite à ARIPA Arquitectos renovar abordagens a próximos donos de obra, bem como adicionar mais processos de interoperabilidade com clientes que são ao mesmo tempo especializados em BIM e SIG. No contexto do presente caso de estudo, esta integração poderá promover nos próximos anos uma nova abordagem de FM (facility management) na gestão deste edifício.

Agradecimentos

Além da equipa de trabalho para este artigo, estiveram envolvidos outros elementos de ambas as equipas. Em particular fica o agradecimento aos directores Sara Pelicano (ARIPA Arquitectos) e Rui Sabino (Esri Portugal). Os agradecimentos alargam-se a outros parceiros de trabalho, nomeadamente à Samsung Portugal, no fornecimento do hardware necessário para realizar testes de realidade virtual.

Referências

- [1] A.A. Costa, “Visão Construção 2020 – ONS/IST”, Organismo de Normalização Sectorial/Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2016
- [2] Z. Ma, Y. Ren. “Integrated Application of BIM and GIS: An Overview”, Creative Construction Conference 2017, Procedia Engineering, Volume 196, pp. 1072-1079, 2017
- [3] Esri Inc. “Esri and Autodesk – What’s next?”, Esri Inc, Redlands, 2018

A REALIDADE VIRTUAL NA REPRESENTAÇÃO ARQUITETÓNICA

Ana Bento⁽¹⁾, Luca Martinucci⁽¹⁾

(1)18-25 lda, Lisboa

Resumo

A introdução dos domínios digitais na representação de edifícios, face aos métodos de representação analógicos, veio acrescentar possibilidades avançadas ao desenvolvimento de projetos de Arquitetura e Engenharia. A criação de um objeto tridimensional digital (3D) permite uma extração e adição de dados que potenciam a reprodução, a partilha e a manipulação de informação relativa a um edifício, com influência a nível da agilização do processo de projeto e da otimização da participação dos vários intervenientes.

Decorrente das possibilidades introduzidas pelos sistemas digitais, nomeadamente de modelação tridimensional, a Realidade Virtual (RV) proporciona a possibilidade de imergir em ambientes modelados. Essa possibilidade permite experienciar espaços na primeira pessoa, à escala real, proporcionando um tipo de perceção espacial passível de interação e navegação. Nesta medida, a RV, enquanto método de representação, contribui para uma aproximação à experiência real de um ambiente construído. Este conjunto de características da RV são rebatidas entre quatro campos de ação identificados neste artigo, dentro dos domínios da arquitetura, tais como: (1) a verificação e validação do projeto de arquitetura, (2) a preservação do legado arquitetónico, (3) a criação de ambientes fictícios e (4) a produção de portfólios de arquitetura em construção virtual.

Resultante desta identificação, é apontada uma proposta de projeto que pretende explorar a integração da RV, como instrumento de apoio ao projeto, para fortalecer e aumentar o campo de ação do arquiteto sobre o mercado de trabalho. Assim, é apresentada uma proposta de plataforma de agregação de ambientes virtualmente construídos, estabelecida a partir de uma rede de laboratórios de RV instalados em escolas de arquitetura.

1. Introdução

O presente artigo tem como referência principal a Dissertação de Mestrado *Immersing into Architecture before Architecture: the potentialities of Virtual Reality as an architectural representation* e descreve a RV enquanto forma e instrumento de representação em arquitetura e o BIM enquanto elemento promotor e beneficiário do processo de visualização virtual. O atelier 18-25 apresenta-se, neste contexto, enquanto referência prática da implementação da RV para a verificação e validação do projeto de arquitetura e pela investigação empreendida em campos como a criação de ambientes arquitetónicos virtuais.

Na sua definição técnica, a RV é descrita enquanto ambiente tridimensional, à escala real, gerado por computador, passível de ser interagido e experienciado de forma imersiva. [1] No âmbito da arquitetura, a relevância desta tecnologia existe sob o ponto de vista do projeto, permitindo uma experiência de visualização e perceção diferente das restantes formas de representação. A modelação 3D do projeto é um dos motores que instigam a visualização de um projeto neste formato virtual e pode ser o resultado de várias formas de modelação como “*polygonal modeling*”, “*digital sculpting*”, “*procedural modeling*” e “*3D scanning*”. Uma vez que essa modelação é direcionada para o desenho e construção de infraestruturas, o processo de modelação é designado por *Building Information Modeling* (BIM) e surge neste contexto como possibilidade de adquirir não só um modelo 3D, mas de relacionar diferentes elementos constituintes do projeto de arquitetura. Neste sentido a RV apresenta-se como mais um instrumento que permite compreender, aferir e testar o projeto de arquitetura, embora tenha simultaneamente a importância de constituir uma nova forma de visualização. A análise patente neste artigo vai para além da apresentação da RV, enquanto produto final de representação arquitetónica, pretendendo abordar as potencialidades da sua integração no processo de projeto de arquitetura. O BIM é descrito como meio de tridimensionalização de um projeto e enquanto elemento promotor e beneficiário do experiência visual em RV. Nesse sentido, torna-se necessário enquadrar a RV enquanto instrumento e forma de representação para poder seguidamente discutir algumas possibilidades de aplicação e por fim apresentar a proposta de projeto.

As representações integram a prática do arquiteto de forma assimilada, embora constituam matéria que carece de discussão a fim de promover o escrutínio da sua função. Desta forma, as representações arquitetónicas são integradas neste artigo como via de abordagem do BIM e da RV.

2. A introdução dos domínios digitais na representação arquitetónica

A introdução dos domínios digitais veio exponenciar a partilha, replicação, manipulação e arquivo de informação com impacto nas várias fases do projeto de arquitetura e sobre a ação dos vários intervenientes. A codificação de informação sob um sistema binário permitiu a compactação de dados em relação aos formatos analógicos, permitindo alterar um determinado ficheiro, copiá-lo sem perda de qualidade e enviá-lo através de canais de comunicação virtuais com receção em tempo real. Isto permitiu que se estabelecesse um formato de trabalho, em controlo remoto, com participação de vários intervenientes, em diferentes localizações

geográficas, simultaneamente, sobre o mesmo projeto. Estas possibilidades avançaram sobre os meios analógicos permitindo a disseminação e a conservação de informação, alargando a participação sobre o mesmo projeto a diversos intervenientes. Seria difícil de conceber que um desenho pudesse ser trabalhado num suporte físico, em diferentes locais, ao mesmo tempo e por várias pessoas, ou que fosse possível fazer o mesmo sobre uma maquete. As novidades dentro da arquitetura foram várias e em múltiplos níveis, embora no âmbito deste artigo, interesse explorar aquelas que potenciaram o aparecimento da RV como meio de representação.

O aparecimento do *Computer-Aided Design* (CAD) permitiu a preservação da linguagem técnica das representações arquitetónicas num formato digital, incrementando novos métodos de desenvolvimento de projeto, como os modelos digitais tridimensionais, que face aos seus antecedentes analógicos – como as maquetas – se verificou disruptivo na maneira de executar e nas potencialidades do resultado obtido. A modelação 3D inscreve-se dentro desta vertente de representação e quando é direcionada especificamente para o apoio ao projeto de arquitetura e engenharia se designa de BIM. Este processo diz respeito a um campo de modelação tridimensional, onde existe uma correspondência direta entre vários elementos que compõem o projeto de uma infraestrutura. Assim, desta possibilidade específica de modelação tridimensional digital, surge não só um controlo da relação entre as 3 dimensões em simultâneo, como a hipótese de uma leitura integral sobre as formas, os volumes, as suas interseções e a sua disposição espacial, com influência sobre diversos tipos de representação em simultâneo (como plantas, cortes, alçados e modelos). Surgem também as possibilidades de estreitar as relações entre os intervenientes, de obter informações sobre diversos níveis do projeto com apenas um modelo e a possibilidade de um só modelo poder aferir relações que vão desde a escala urbana até ao pormenor técnico do caixilho.

A quantidade de informação passível de ser obtida através de um modelo BIM tende a ser igual àquela que se poderá obter da construção real, estreitando a concordância entre a fase de planeamento e a fase de construção. Esse fator de correspondência depende do nível de detalhe que é adicionado ao modelo. É possível, extrair informações sobre diversos campos, embora no âmbito deste artigo interessem os que integram o escopo da visualização arquitetónica.

2.1 O BIM e a RV no âmbito da visualização arquitetónica

O grau de realismo visual que um modelo 3D pode atingir depende da quantidade de informação que lhe é adicionada. Essa informação pode dizer respeito à geometria, à relação com a luz, aos materiais associados ou às suas texturas, por exemplo. Este tipo de representação tem exigências a nível de *software* e *hardware* dedicados e de conhecimentos ao nível de modelação 3D. Estas são algumas das exigências específicas para a reprodução de elementos inerentes ao projeto de arquitetura, utilizando um *software* gráfico. Este tipo de conhecimentos sustenta um processo de codificação necessário à modelação digital e dita a qualidade dos resultados obtidos. Neste sentido, este processo de modelação, precede o modelo final e pode ser integrado no processo de trabalho do arquiteto como método de teste sobre formas, volumes, escala, proporções, a relação entre espaços, a sua disposição à luz, a sua materialidade, exigindo o desmembramento destes elementos num sistema paramétrico.

Dentro deste sistema, o BIM assegura a relação entre elementos, preservando a correspondência na representação e assegurando que as alterações são transversalmente aplicadas. O resultado a nível de representação pode corresponder a um ensaio espacial que é passível de ser

percecionado sob vários pontos de vista com apenas um modelo. A RV aparece como possibilidade singular de percepção desses modelos 3D, uma vez que permite a experiência do espaço de forma imersiva e interativa. Seria semelhante a poder desenvolver uma maquete que se redimensiona sob várias escalas, atingindo inclusive a escala 1:1.

O ambiente tridimensional, criado através de computador, resulta num tipo de representação estereoscópica, em 360° e interativa – por permitir uma visualização sincronizada com os movimentos da cabeça do visualizador –, que pode ser passível de navegação. A visualização destas formas de representação implica o uso de dispositivos específicos, como a Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) ou os óculos de RV, de forma a perceber os ambientes resultantes da modelação 3D. Considerando que o entendimento do arquiteto sobre a arquitetura pode acontecer num balanço entre uma posição de *voyeur* e de *walker*, [5] que tanto necessita de representações que mapeiem e descrevam o espaço, como da própria experiência imersiva de visita aos espaços, a RV vem permitir que essa experiência espacial imersiva ocorra num nível ensaístico.

3. Campos de ação promovidos pela RV

Para além das qualidades já identificadas à RV existem outras que poderão ter um impacto relevante em atividades relacionadas com as práticas que envolvem a comunidade arquitetónica. A introdução da RV nessas atividades pode contribuir para completar e alargar o campo de ação do arquiteto, promovendo a autonomia e interdisciplinaridade, adicionando outras vias para pensar e desenvolver arquitetura. Essas vias exploram a RV enquanto elemento de experimentação, possibilidade de arquivo compactado, componente de criação e contributo para a divulgação das capacidades de arquitetos, formando assim 4 campos de ação diferentes. A título de exemplo, serão apresentados projetos realizados no âmbito de alguns destes campos.

3.1 Verificação e validação técnica do projeto arquitetónico

A aplicação da RV num ponto de vista de ensaio sobre o projeto arquitetónico, proporciona um terreno infinito de experimentação com impactos positivos a nível da extração de informação e de uma maior contenção sobre gastos de recursos, face às ferramentas analógicas, como referido anteriormente. Esta utilização do modelo 3D e da experiência imersiva, através da RV, pode ser aplicada numa lógica descartável, de objeto de experimentação e teste, sem que haja parcimónias com a geração avulsa de objetos de representação. Embora exista um gasto associado a nível de *hardware* e *software*, estes gastos não são diretamente proporcionais à criação de representações, sendo que a sua aquisição pode traduzir-se numa utilização generosa sem custos adicionais.

Num processo de representação, o arquiteto deve ter as capacidades necessárias para perceber a linguagem técnica, de exercício geométrico, sem recurso à utilização de cor ou a outros métodos de adição de informação para além de pontos, segmentos, figuras, volumes e sombras. Como Greenwald-Katz refere: It can be simple tables, charts, and even simple line drawings will do. Because the architect can visualize easily, it is not necessary for an object to be colored and shaded before he finds it meaningful. Because the embellishments are not essential [...].[2] No entanto, quando a representação é integrada num processo de comunicação, existe a

necessidade de se estabelecer um compromisso entre o emissor e recetor com o objetivo de assegurar a passagem de informação. Nesse sentido a RV ajuda na inteligibilidade do projeto uma vez que expõe o visualizador a uma simulação à escala real, proporcionando-lhe uma oportunidade de perceção espacial sem que esta esteja sujeita a uma decifração de uma linguagem técnica. Em projetos participativos, onde as opiniões de intervenientes diversos – muitas vezes leigos na leitura técnica de projeto – são consideradas, a RV constitui uma tentativa de integrar todos os participantes numa linguagem universal sobre o projeto. Nesses casos, dispositivos como a CAVE podem ser um contributo por permitirem a simulação de um determinado ambiente a vários visualizadores em simultâneo. Também alguns óculos de RV, associados a um *multiplayer display*, permitem esse tipo de visualização coletiva. Esta tecnologia permite, por exemplo, que um projeto possa ser visitado remotamente por vários participantes em simultâneo e que se possa realizar uma visita guiada pelo ambiente simulado.

Existem também aplicações dedicadas para os óculos que permitem desenhar sobre a visualização. Neste caso os visualizadores podem entrar num ambiente simulado e fazer indicações sobre alterações ou chamadas de atenção sobre elementos do projeto. Também é possível adicionar elementos de diversas naturezas e projetar um espaço de forma imersiva por adição, subtração e modificação. Esta opção abre um novo campo de projeção, tornando-se possível desenhar um espaço à escala real, à volta do visualizador, obter o modelo desse projeto e extraindo posteriormente plantas, cortes e alçados, por exemplo.

O atelier 18-25 é um exemplo da implementação do BIM e da RV para efeitos de representação e visualização arquitetónica. É formado por uma equipa de arquitetos que através do BIM, faz o acompanhamento de projetos de outros arquitetos, utilizando a RV para visita e experiência do projeto em escala 1:1. Os modelos 3D e as imagens resultantes, produzidos a partir dos projetos de arquitetura, permitem garantir uma relação de proximidade entre as expectativas dos vários intervenientes sobre o projeto e o resultado final pós-construção.

Recorrendo a tecnologias como *Real Time Rendering* e visualizações em RV é possível acompanhar a fase de conceção do projeto, permitindo várias versões de testes sobre diferentes opções, conciliando informações relativas a plantas, alçados e cortes. Através da RV, os vários participantes do projeto, como arquitetos, promotores e clientes são convidados a experienciá-lo e a expressar as suas indicações sobre o ambiente representado. Há uma vertente de teste e aferição das diferentes possibilidades de projeto que pode ser verificada entre todos, de forma a alcançar um compromisso entre as diferentes intenções sobre o projeto. Para além desta questão, existe um objetivo de alcance da máxima antecipação possível sobre a construção, salvaguardando a afinação entre todos os elementos do projeto num nível hiper-realista. Assim, é possível aferir questões de ordens diversas, desde testes sobre a exposição de compartimentos à luz natural até aos pormenores de textura dos acabamentos interiores. Consequentemente, torna-se possível visitar os edifícios antes da sua construção efetiva, antevendo o seu aspeto final e propondo alterações sobre a própria visualização, à semelhança do que é possível observar na figura 1. A partir de uma modelação do projeto Rodrigo da Fonseca, dos arquitetos Appleton & Domingos, foi possível estabelecer um acompanhamento do projeto desde uma fase de estudo prévio até à fase de execução, intercalando a experiência imersiva com o desenvolvimento de representações técnicas do projeto. Através de um *workflow* dedicado para o efeito, desenvolvido pela 18-25, a modelação do projeto foi importada para o *Unreal*, onde

através dos óculos *HTC Vive*, sincronizados com o sensor *Leap Motion*, se tornou possível visualizar o projeto, desenhar, apontar e medir, com o corpo do próprio visualizador, sendo igualmente possível a outros intervenientes observar essas interações em tempo real.

A figura seguinte ilustra um desses momentos de perceção do modelo à escala real, num formato hiper-realista. A comparação entre a imagem central e a da direita permite perceber a fidedignidade deste instrumento de representação, estabelecendo uma comparação entre uma imagem produzida na fase pré-construção pelo atelier 18-25 e uma fotografia do fotógrafo Fernando Guerra captada pós-construção. Neste caso a imagem central é um render, que pode ser entendido como um *frame* daquela que é a experiência de visualização imersiva completa, embora a geração da própria imagem seja feita a partir de um outro *software* de renderização. A 18-25 proporciona aos arquitetos estes dois tipos de serviços que tanto se baseiam na produção de elementos de representação, como na produção de um formato visualização virtual do projeto.



Figura 1: Imagens do projeto Rodrigo da Fonseca. Visualização em VR (atelier 18-25) – pré-construção – à esquerda | Render (atelier 18-25) – pré-construção – ao meio | Fotografia (Fernando Guerra) – pós-construção – à direita.

A descrição anterior permite expor algumas das potencialidades da RV no projeto de arquitetura. A RV pode auxiliar na antecipação das questões de projeto, permitindo atingir os resultados pretendidos e promovendo testes de diferentes possibilidades de forma imersiva. Sobre esta estratégia, Martinucci descreve: “Acho que nos permite prever certos aspetos do projeto, que evitam intervenções depois na fase de construção. Consegue-se ter um maior controlo e isso pode ter consequências muito vantajosas [...] A fase de projeto serve para pensar, prevenir e poder antever muitas questões. Esse é um dos principais objetivos do projeto. Se tivermos ferramentas que nos ajudem nesse processo, então devemos usá-las.” [4]

3.2 Preservação do legado arquitetónico

Este segundo campo explora a RV no sentido de usar a representação como forma de preservação de valores associados ao património arquitetónico. Não querendo concorrer com a própria experiência real, mas servindo de *backup* para prevenir uma perda gradual ou catastrófica de elementos da cultura arquitetónica. A possibilidade de visitar edifícios que já não existem, que nunca existiram ou que são difíceis ou impossíveis de visitar, pode constituir uma oportunidade a nível cultural. Este tipo de levantamento pode ser direcionado para diversos

fins, para além da própria conservação de dados. A sua utilização pode ter repercussões ao nível da investigação arquitetónica, para fins académicos, que acompanhem ou incorporem o processo de aprendizagem, ou para difusão da cultura arquitetónica, que instigue a divulgação para o público em geral. Este segundo campo constitui também uma oportunidade de trabalho interdisciplinar, na medida em que depende de conhecimentos de outra áreas de especialidade como, por exemplo, a arqueólogos ou historiadores.

As metodologias a adotar para cada caso dependem das condições do próprio edifício ou projeto. No caso de projetos não construídos, a metodologia de levantamento teria de se basear numa coleta sobre o máximo de informação e desenhos disponíveis, respeitantes a esses projetos, para proceder com a modelação. No caso de edifícios existentes, o levantamento pode ser feito através de *laser scanning* ou *photo scanning* e convertido em geometria, com um software dedicado para o efeito, ou com modelação feita a partir de desenhos existentes. Para o caso de edifícios difíceis ou impossíveis de serem visitados pode ser implementada uma das metodologias descritas anteriormente, mediante análise de cada caso. A ordem de importância sobre os edifícios sujeitos a esta representação é discutível, embora se pudesse dar prioridade àqueles que estão sujeitos a um maior risco de extinção: como os que estão sujeitos a demolições eminentes, expostos a contextos de guerra, ou mais suscetíveis a catástrofes naturais e/ou os que são reconhecidos como património da mundial da UNESCO. Tirando partido das características digitais inerentes a este tipo de representação, seriam elementos facilmente replicáveis e compactados. Neste caso o BIM seria o veículo de preservação de qualidades específicas de cada edifício, onde informações sobre áreas diversas confluíam e a RV o meio de acesso a essa informação.

Este segundo campo constitui uma tentativa de conservação de informações relativas a edifícios ou projetos, numa ideia de preservação de uma genética arquitetónica de ligação entre elementos, nomeadamente materiais e volumes, numa lógica de reconhecimento do espólio arquitetónico existente ou extinto. Pode pensar-se num projeto assente neste ponto, como um *Virtual Reality Bunker for Architecture*, que propende para a imortalização de edificado reconhecido pela comunidade arquitetónica e pela comunidade em geral.

3.3 Criação de ambientes arquitetónicos virtuais

Este campo surge na sequência do desenvolvimento de um dos tópicos lançados no ponto anterior, sobre projetos de arquitetura que nunca alcançaram a edificação e que são desenvolvidos sob um espectro de proposição conceptual. São propostas que se apresentam enquanto explorações de possibilidades para além das que são concebíveis ou implementáveis na própria realidade. Existem vários exemplos de projetos desenvolvidos sob esse registo de proposta como o *Cénotaphe de Newton* (1784) de Louis Bouleé, o *Phalanstery* (1829) de Charles Fourier, a *Broadacre City* (1932) de Frank Lloyd Wright ou o *Continuous Monument* (1969-70) de Superstudio.

Nesta lógica de criação de espaços que não remetem para a construção, o atelier 18-25 desenvolveu um projeto que explora uma série de espaços não-existentes idealizados e desenhados por Giovanni Battista Piranesi. A partir da análise das representações bidimensionais desses espaços, foi desenvolvido um ensaio sobre a sua tridimensionalidade e promovida a possibilidade de imersão nessa nova dimensão espacial, através da RV. Esta

estratégia de reconhecimento do espaço, a partir de uma única imagem, sem plantas nem cortes, compõe um processo arqueológico de análise sobre a descrição imagética. Através dos óculos de RV é possível visitar este espaço modelado e conhecer espaços até então não conhecidos tridimensionalmente. A figura que se segue ilustra a passagem entre a imagem de Piranesi e a modelação realizada pelo atelier 18-25.

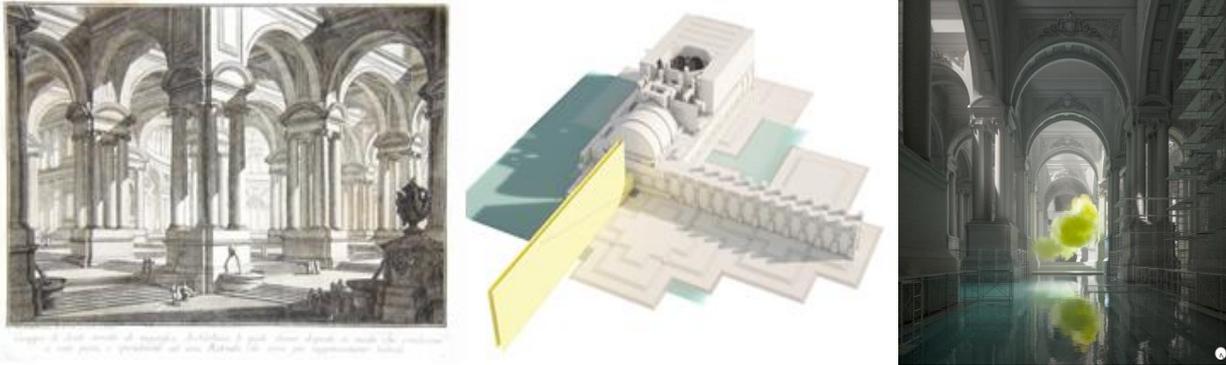


Figura 2: Imagem de Giovanni Battista Piranesi à esquerda, modelo 3D produzido pelo atelier 18-25, ao centro e render sobre o modelo 3D do atelier 18-25, à direita.

Tirando partido da experiência imersiva é também possível desenhar sobre um universo virtual que nos circunda. Existem aplicações para os óculos que possibilitam o desenho e a escultura de elementos em 3D e em 360°, onde é possível navegar. O facto de se poder conceber e pensar um espaço à escala real desenhando, acrescentando, retirando e alterando elementos à volta do visualizador numa representação 1:1, compõe um nível de criação particular que encontra semelhanças com a experiência real de composição de objetos. Existe também uma oportunidade disruptiva, sem condicionantes gravíticas ou a colisão entre elementos e, nessa medida, este instrumento amplia as possibilidades de criação. A RV neste campo potencia a extrapolação da criatividade, aguçando a possibilidade de criação de novos espaços.

3.4 Criação de portfólios de arquitetura

À semelhança do campo anterior lança-se a possibilidade de desenvolver projetos que não alcançam a construção e que são simultaneamente um mostruário de aprendizagens, estímulos e intenções perante a prática da arquitetura. A par da modelação 3D, a RV pode desempenhar a possibilidade de visitar espaços que integram o processo de aprendizagem sobre a arquitetura. Para além de outros tipos de representação como plantas, maquetas, esboços, os alunos de arquitetura poderão também integrar a RV como forma de aferir as suas intenções de projeto. Integrando a modelação 3D no processo de aprendizagem, abre-se um campo de oportunidades sobre a forma de conceber, pensar e projetar a arquitetura. A integração da RV no portfólio, transforma aquilo que é um compêndio de projetos, numa possibilidade de visita a espaços criados num regime hipotético. Pode verificar-se uma possibilidade de destaque e de revelação das capacidades para os arquitetos que não têm obra construída. Este último ponto levou à ideia de projeto apresentada no capítulo seguinte.

4. Linhas gerais da proposta de projeto

Decorrente da caracterização feita da RV e dando continuidade ao último campo de ação destacado, surge a ideia de estabelecer uma plataforma centrada na utilização da RV nas escolas de arquitetura. Esta é uma estratégia que pretende dar a possibilidade a alunos e professores de tirarem partido de todos os campos previamente apresentados. Assim, é dada a possibilidade de utilizar a modelação e a RV como instrumento de verificação e conceção do projeto de arquitetura, permitindo a visita a professores e alunos às diferentes respostas de projeto sobre os enunciados das Unidades Curriculares. É também garantida a possibilidade de experienciar e conhecer edifícios, de modo imersivo, numa tentativa de colmatar a impossibilidade de deslocação aos mesmos. Simultaneamente, existe a oportunidade de criação de ambientes arquitetónicos, sem constrangimentos técnicos de construção, que explora a componente conceptual do projeto. Todas estas possibilidades seriam combinadas numa plataforma virtual que permitiria a participação de vários utilizadores. Faz sentido que este género de projeto se desenvolva em ambiente académico, onde se estabelece um grau de relação com a arquitetura ao nível de aprendizagem e se exige a experimentação e o ensaio sobre várias possibilidades. Todos os instrumentos que possam potenciar este tipo de relação devem ser considerados. Além disso, confere uma progressão a nível da perceção espacial, na medida em que os alunos não detêm a sensibilidade já atingida por arquitetos profissionais para conceber e idealizar projetos de arquitetura através de sistemas de representação como plantas, cortes e alçados. Considerando esta questão, a RV e o 3D permitem uma introdução gradual entre a experiência real imersiva e tridimensional para a de duas dimensões mais técnica e plana.

Esta proposta assenta numa ideia de rede estabelecida através da introdução de laboratórios de RV em escolas de arquitetura, que partilham conteúdos e conhecimento sobre esta forma de representação e o seu processo. É uma oportunidade de aproximar este modo de representação da comunidade arquitetónica e de sensibilizar para as suas potencialidades. Desta maneira seria possível capacitar arquitetos com novos instrumentos de representação e demonstrar-lhes como tirar partido do processo de modelação 3D, particularmente de BIM. Estes laboratórios de RV seriam espaços agregados às escolas, que pudessem estar sujeitos a uma administração por parte da própria instituição, embora não fosse vinculativa a sua integração no plano de curricular. A nível de material disponível para a componente prática, os laboratórios estariam na sua base equipados com computadores e óculos de RV, sendo possível a aquisição de mais material técnico mediante a atividade de cada laboratório. O acompanhamento da componente teórica seria feito pontualmente através de *workshops* e ficariam disponíveis para consulta manuais de modelação direcionada para arquitetura. A comunicação entre todos os laboratórios seria o ponto estrutural deste projeto, assegurada através de uma plataforma digital, onde seria possível partilhar informações relacionadas com este tipo de representação arquitetónica e todo o seu processo. Para além deste tipo de partilha seria possível disponibilizar os modelos 3D e permitir que fossem experienciados através dos óculos de RV noutras escolas de arquitetura.

5. Conclusão

Tendo como fundamento o já estabelecido uso dos meios digitais na representação arquitetónica, a presente discussão estabelece-se sobre a pertinência e a potencialidade da RV,

permitindo perceber algumas das suas aplicações no escopo da arquitetura. A modelação 3D é considerada enquanto meio de geração de um ambiente virtual, sendo que uma vez direcionada especificamente para as questões da construção e da arquitetura e engenharia, é referenciada como BIM. Essas aplicações rebatidas entre quatro campos de ação, alargam a função do arquiteto em diferentes níveis, fortalecendo a sua posição no mercado de trabalho. É neste enquadramento e no contexto deste artigo que se apresenta uma proposta de projeto. Esta tem como objetivo introduzir a RV enquanto instrumento de projeto em meio académico, capacitando os futuros arquitetos e sensibilizando-os para as características desta forma de representação na sua fase de formação.

Referências

- [1] Bento, A, “Immersing into architecture before architecture: the potentialities of virtual reality as an architectural representation”, Dissertação de Mestrado, Coimbra Departamento de Arquitetura da Universidade de Coimbra, Portugal, 2016
- [2] Greenwald-Katz, G, Computers in architecture. in National Computer Conference. Max O. Urbahn Associates (1976), New York, New York
- [3] Hunter, W., “Ideas and Tools: Architecture & Representation”, The Architectural Review. 26 Abril 2003, pp. 1-3, retirado de www.architecturalreview.com
- [4] Martinucci, L, in “Appendix of Immersing into architecture before architecture: the potentialities of virtual reality as an architectural representation”, Dissertação de Mestrado, Coimbra Departamento de Arquitetura da Universidade de Coimbra, Portugal, 2016
- [5] De Certeau, M., The Practice of Everyday Life, Berkeley and Los Angeles: The University of California Press, 1984
- [6] Piano, R., “Renzo Piano Building Workshop: in Search of a Balance”. Process Architecture Publishing Company, 1992

Parte IV

BIM na Construção

O BIM COMO INSTRUMENTO DE PREVENÇÃO EM FASE DE PROJETO E DE OBRAS DE REABILITAÇÃO

Manuel Tender⁽¹⁾, Ricardo Reis⁽²⁾, João Pedro Couto⁽¹⁾, Cátia Lopes⁽¹⁾, Telma Cunha⁽¹⁾

(1) Universidade do Minho, Guimarães

(2) Xispoli Engenharia, Felgueiras

Resumo

As ferramentas BIM tem vindo a ganhar cada mais relevo na elaboração de projetos. No caso do Plano de Segurança e Saúde e da Compilação Técnica, peças de projeto utilizadas para gerir a segurança e saúde em fases de construção e exploração, tal ainda não se verifica. O modo atual de gerir a segurança é muitas vezes consumado numa excessiva lista de procedimentos, pouco compreensíveis para quem os tem de implementar. Adicionalmente, os desenhos 2D habitualmente utilizados apresentam limitações de interpretação. Este panorama cria um ambiente de desvalorização desta problemática, fazendo com que a prevenção assuma um carácter secundário. Face a este torna-se necessário tomar medidas de gestão imediatas, de fácil interpretação e suficientemente eficientes. Este artigo expõe a realização de um teste ao conceito “*BIMSafety*”, que consiste numa abordagem à utilização de metodologias BIM na prevenção. Para aferir a adequabilidade e potencialidades desta nova abordagem, são apresentados os resultados de um inquérito a um painel de 42 técnicos do setor, validando a utilização destas ferramentas. Conclui-se que esta metodologia agiliza o planeamento da prevenção, facilitando o seu entendimento, num espírito de integração com a produção.

1. Introdução

1.1 Panorama atual da prevenção em fases de construção e de exploração

O Plano de Segurança e Saúde em fase de Obra (PSS) e a Compilação Técnica (CT), documentos legalmente obrigatórios há vários anos, regem e orientam a gestão de risco durante as fases de construção e de exploração do edificado. Através destes documentos são identificados, avaliados, valorados e hierarquizados os riscos durante a execução dos trabalhos bem como estipuladas as medidas preventivas a estabelecer. Verifica-se que atualmente a dinamização destes documentos é, salvo honrosas exceções, consumada numa extensa lista de documentos, pouco perceptíveis e muitos não relevantes para a temática em estudo, sendo os

relevantes uma lista inócua de instruções de segurança. Este panorama torna-se num obstáculo à análise de riscos e implementação de medidas preventivas (Azhar et al., 2013). A implementação destes documentos, designadamente da CT, encontra-se bastante aquém do esperado e desejável, sendo em geral vista como algo isolado do planeamento (Sulankivi et al., 2010) - separação que dificulta a análise de quais, quando e onde são necessárias aplicar medidas preventivas (Zhang et al., 2015). Constata-se também que a na maior parte dos casos não é feita a análise de riscos existentes para cada projeto, sendo estabelecido um modelo base, usada para todos os projetos independente do tipo de obra (Pinto et al., 2012). Este panorama cria um espírito de desvalorização e secundarização, existindo então a necessidade de idealizar mecanismos no sentido de combater as lacunas identificadas e minimizar estes riscos até níveis aceitáveis (Reis et al., 2014).

1.2 Building Information Modelling (BIM) e a prevenção

Uma das aplicações do BIM é na área da prevenção de riscos. No entanto, esta área ainda não se encontra tão evoluída como as restantes, tais como a modelação de arquitetura, estruturas ou equipamentos eletromecânicos. No entanto, verifica-se que o interesse em integrar questões de prevenção no BIM tem vindo a aumentar (Azhar et al., 2013) de ano para ano: Aguilera analisou os artigos publicados em 11 países sobre utilização de metodologias BIM aplicadas à prevenção na construção (Aguilera, 2017) verificando que 89% dos artigos foram publicados no período entre 2012 a 2016, com especial ênfase a partir de 2013.

De modo a solucionar a atual e ineficiente abordagem à prevenção de riscos, foi criado o conceito “BIMSafety”, idealizado numa parceria técnico-científica, no campo da Investigação e Desenvolvimento, entre a Universidade do Minho e a Xispoli-Engenharia (Tender et al., 2017). Este conceito associa, para cada elemento ou equipamento, os riscos associados a operações de construção e de exploração a realizar durante a vida útil da construção. Com base nesta informação, propõe um conjunto de medidas preventivas de caráter organizacional, coletivo e individual (Tender et al., 2017). O BIMSafety traduz-se assim numa visualização em 3D dos elementos construtivos associando estes a um conjunto de informação paramétrica na qual se integram, as medidas de prevenção daquele elemento construtivo. Este conceito pretende ir de encontro à abordagem prevista na recentemente publicada “PAS 1192:6-*Publicly available specification - Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM*” (The British Standards Institution, 2017).

O objetivo deste estudo é comparar o modelo tradicional de prevenção com o modelo *BIMSafety* agora proposto.

2. Metodologia

2.1 Apresentação do caso de estudo

Em Portugal, designadamente nos grandes centros urbanos, assiste-se ao crescimento de intervenções de reabilitação de edifícios. O caso de estudo diz respeito a uma obra de reabilitação de um edifício no centro histórico do Porto.

O programa escolhido para modelação do edifício foi o *Autodesk Revit*.

A estratégia de modelação do edifício, centrou-se na modelação gradual de elementos: paredes exteriores, lajes, paredes interiores, portas, janelas e envolvente do edifício. Em primeiro lugar foram definidos todos os parâmetros de unidades a trabalhar no *Revit* em concordância com as

do *Autocad* (base em que o projeto fornecido). Definiram-se as cotas dos pisos de maneira a inserir as respetivas plantas. Primeiramente modelaram-se os elementos construtivos, realizando-a em etapas e de acordo com os pormenores presentes no projeto de arquitetura. A última etapa dedicou-se à modelação da envolvente do edifício. A modelação de cada elemento origina objetos paramétricos, incluindo toda informação como: dimensões, materiais e respetivas camadas, características físicas e aparência. O resultado final da modelação geral é apresentado na Figura 1.



Figura 1: Modelo Geral do caso de Estudo

Através deste modelo, é possível compreender com detalhe os pormenores do edifício e da envolvente. Concluída a modelação procedeu-se a modelação dos elementos de planeamento de prevenção previstos no PSS e na CT.

2.2 Integração do planeamento de prevenção no Autodesk Revit

O *BIMSafety* prevê a abordagem da prevenção no modelo em duas fases: a primeira fase que inclui identificação dos riscos e as medidas preventivas, através da visualização a três dimensões; a segunda fase, é a inclusão dessa informação de carácter preventivo nos parâmetros de cada um dos elementos construtivos cumprindo o pressuposto previsto na PAS1192:6 [1] no tocante ao modo como se introduz a informação no modelo.

Optou-se por centrar o estudo nas componentes específicas habitualmente mais importantes do PSS e da CT. No caso do PSS: plano de estaleiro; plano de movimentação mecânica de cargas; plano de proteções coletivas. No caso da CT: plano de trabalhos em fachadas; plano de trabalhos em coberturas; plano de trabalhos nos interiores.

Assim, testar-se-á a visualização a três dimensões destes seis Planos bem como a introdução de informação paramétrica em cada um dos Planos.

2.2.1. Plano de estaleiro

A localização do estaleiro, em zona com elevada densidade de edifícios e de peões nos passeios adjacentes a obra, traduz-se em dificuldades acrescidas na montagem e gestão de estaleiro. A solução passa por recorrer a parte do passeio adjacente a fachada para montagem de estaleiro, opção que implica uma interferência com a circulação normal de veículos e peões nas imediações. Na modelação de estaleiro, foram incluídos os seguintes elementos (Figura 2): andaimes; vedação; porta de acesso ao estaleiro; rede sombreada e sinalização.



Figura 2: Modelo de plano de estaleiro

As ferramentas BIM permitem assim representar o espaço envolvente, bastante importante dado os condicionamentos que existem e antecipar riscos como o atropelamento ou queda de materiais para níveis inferiores.

2.2.1.1 Plano de movimentação mecânica de cargas

O plano de movimentação mecânica de cargas enquadra a movimentação em altura de cargas, não só para a intervenção na cobertura, mas em todo o edifício (Figura 3).



Figura 3: Integração de movimentação de cargas no modelo BIM

Identifica-se o risco de queda de materiais para níveis inferiores e a interferência de grua com obstáculos constatando-se que a visualização em três dimensões tem o potencial de planear detalhadamente as movimentações da grua torre, antevendo a reação perante os obstáculos.

2.2.1.2 Plano de proteções coletivas

Considerando que a obra em estudo é composta por 5 pisos, 3 deles em altura, as proteções coletivas assumem bastante relevância dado o risco de queda em altura. É evidente a necessidade de adotar medidas preventivas de carácter coletivo (p.ex. guarda-corpos), minimizando o risco de queda devido à existência de aberturas na laje. A figura 4 exemplifica um modo de planear a montagem de guarda-corpos e obter uma visualização a três dimensões dos locais onde irão ser aplicados os guarda-corpos.



Figura 4: Posicionamento de guarda-corpos

2.2.2 Compilação Técnica

2.2.2.1 Plano de trabalhos em fachadas

Os trabalhos de manutenção e reparação em fachadas consistem geralmente em intervenções em revestimentos, tubos de queda, caixilharias, envidraçados, etc. Neste estudo os trabalhos simulados destinam-se á manutenção de um envidraçado na fachada do 1º andar, utilizando um andaime, evidenciando-se o risco de queda em altura e queda de materiais (Figura 5).



Figura 5: Colocação do andaime para trabalhos em fachada

2.2.2.2 Plano de trabalhos em cobertura

Os trabalhos realizados em coberturas em fase de exploração destinam-se nomeadamente, a reparação de telhas, de caleiras, chaminés, manutenção de painéis solares, etc. Neste estudo os trabalhos simulados destinam-se à manutenção de painéis solares (Figura6)

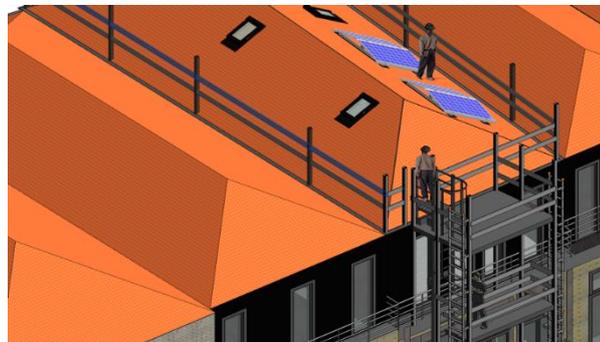


Figura 6: Posicionamento de trabalhadores para manutenção de painéis solares

2.2.2.3 Plano de trabalhos no interior do edifício

A inexistência de uma manutenção preventiva nos sistemas de climatização pode trazer problemas aos seus utilizadores obrigando a intervenções no interior das habitações, conforme simulado na Figura 7.



Figura 7: Posicionamento da escada para manutenção do equipamento de ar condicionado

2.3 Plano de trabalhos no interior do edifício

O próximo passo na integração do planeamento de prevenção é a introdução de informação escrita e paramétrica sobre medidas preventivas em cada um dos elementos modelados. A inclusão da informação de carácter preventivo foi idealizada segundo três fases.

Fase I: *Shared Parameters*: O método de introdução de informação é por parâmetros, sendo necessário introduzir, no programa, os *Shared Parameters*. Esta escolha permite que os parâmetros possam ser usados em vários projetos. Os *Shared Parameters* assumem-se assim como uma “base de dados” de elementos de carácter preventivo. Para a caracterização dos parâmetros são requeridas propriedades como: o nome, a especialidade a ser utilizada (Arquitetura, Estruturas, Mecânica), tipo de parâmetro e ainda adicionar uma descrição, indicando o que representa.

Fase II: *Project Parameters*: Segue-se a associação dos parâmetros aos elementos construtivos. A dificuldade surge quanto ao tipo de conjunto de parâmetros, por instância ou por família. A atribuição por família apresenta vantagens dado que atribui a mesma informação a todos os objetos da família, economizando tempo e trabalho. No entanto, torna-se impraticável dado cada elemento estrutural poder possuir vários riscos com diferentes medidas preventivas. Resta a hipótese de atribuição do parâmetro por instância (ou seja, por cada elemento modelado), onde a informação difere em todos os elementos, sendo independente e única.

Fase III: *Associação dos Parâmetros a cada elemento construtivo*: Como resultado, obtém-se a integração, em formato escrito, de informação paramétrica sobre riscos e medidas no respetivo elemento-neste caso, uma laje de um piso superior (Figura 8).

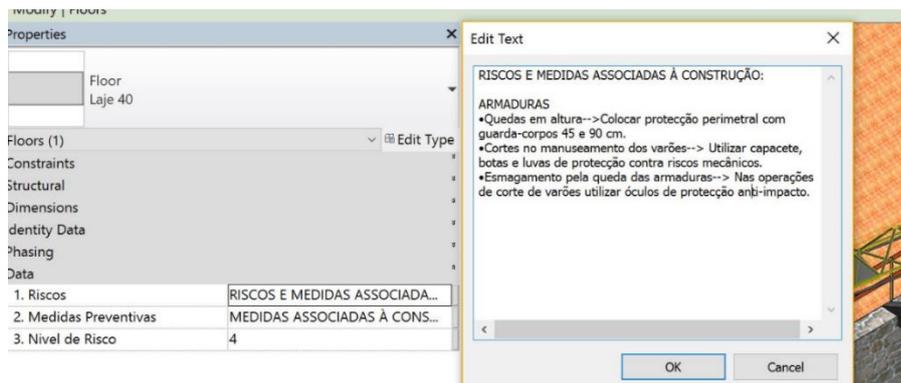


Figura 8: Integração de informação paramétrica

3. Inquérito

O inquérito avaliou a utilidade do novo modelo quanto ao modo de visualização e indexação de informação a cada elemento construtivo. Foram realizados seis planos, onde foram apresentadas duas versões para cada plano, o formato tradicional e o novo formato de apresentação com metodologias BIM. Realizaram-se dois inquéritos (PSS e CT) apresentados a técnicos da área de construção civil. No primeiro inquérito (relativo a PSS) foram obtidas 58 respostas e no segundo (relativo a CT) 42 respostas. A maior parte dos inquiridos (29%) desenvolvem funções de Coordenador ou Técnico de Segurança e tem uma média de 11,5 anos de experiência profissional.

4. Resultados

Os resultados da implementação do inquérito relativo a PSS foram os apresentados na Figura 9.

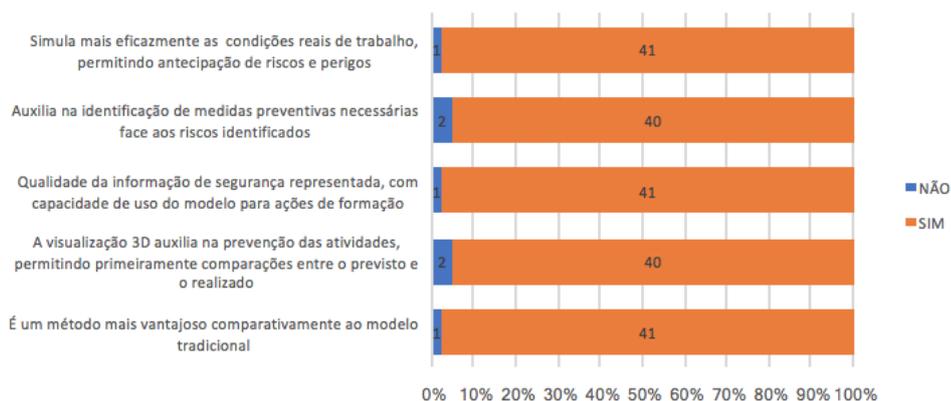


Figura 9: Resultados relativos ao PSS

Os resultados da implementação do inquérito relativo à CT foram os apresentados na Figura 10.

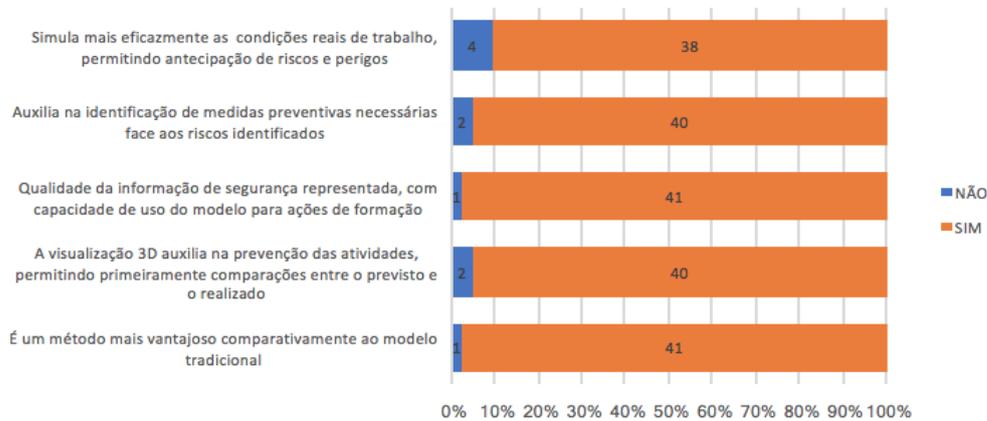


Figura 10: Resultados relativos à CT

5. Discussão de resultados

Questão 1: Relativamente aos resultados obtidos no tocante a PSS, concluiu-se que em grande maioria, os intervenientes no inquérito, concordam que a implementação da nova metodologia caracteriza-se como um método mais eficaz, comparado com o atual modelo de prevenção, evidenciando a adequabilidade do conceito. A análise vai de encontro ao estudado por Azhar que indica que as ferramentas dinâmicas 3D são mais eficazes no planeamento da prevenção, em comparação com a utilização do 2D, pois simulam de perto as condições reais do local de trabalho [2]. Na amostra de inquiridos verificou-se que apenas um dos inquiridos discorda da eficácia do novo modelo comparando com o tradicional. Este resultado pode ser justificado pela rotina que o atual modelo de planeamento de prevenção oferece. Em relação aos resultados obtidos na CT, verificou-se que apenas 4 dos inquiridos negaram a eficácia deste modelo na representação desta tarefa. Podemos justificar este resultado como uma falta de experiência na medida em que possivelmente nunca tiveram a oportunidade de comparar, na vida prática, os dois modelos, o tradicional com o modelo dinâmico.

Questão 2: Nesta questão é possível verificar que a maioria dos inquiridos consideram que a aplicação do conceito *BIMSafety* proporciona uma perceção de medidas preventivas mais eficiente através do novo meio de visualização. Nesta questão os resultados aos 2 inquéritos foram similares verificando-se que apenas 2 inquiridos discordam da utilidade do novo modelo na perceção das medidas preventivas, possivelmente justificável pela opinião conservadora e da inércia à mudança. Estes resultados estão em concordância com a investigação desenvolvida por Sulankivi que conclui que, utilizando o BIM, é possível detetar perigos e consequentemente anteceder a implementação de medidas preventivas [3]. Os resultados vão também de encontro com o estudo realizado por Kiviniemi, que testou a utilidade da comunicação de informações de carácter preventivo através de um modelo similar [4].

Questão 3: Nesta questão os resultados obtidos são esclarecedores. na generalidade os intervenientes do inquérito validam a adequabilidade da qualidade da informação representada, com capacidade de uso do modelo para ações de formação. Estes resultados reforçam os de diversos autores concluindo que um modelo 3D permite ao formador instruir mais facilmente,

num ambiente virtual, sendo possível simular práticas inseguras para que os formandos conheçam os perigos a que estão sujeitos.

Questão 4: A análise dos resultados relativamente ao auxílio da visualização 3D na prevenção das atividades, as respostas foram esclarecedoras, provando que a visualização 3D dos planos de atividades auxilia os intervenientes no planeamento das atividades de construção e de manutenção. Confirma-se assim que o defendido por Biagini: o uso do BIM em obras deste tipo permite a produção de planos com mais detalhe e informações úteis, apresentando-a numa visualização aparentemente mais operacional e que permite facilitar a compreensão das medidas preventivas nas tarefas [5].

Questão 5: Esta questão acaba por resumir/avaliar todo o trabalho realizado nesta investigação assim como todo o objetivo do inquérito. Nas respostas aos inquéritos é possível verificar que quase todos os inquiridos consideram que associar a prevenção à nova abordagem, permite uma simulação mais eficaz das condições reais de trabalho, possibilitando a antecipação de riscos e perigos. A minoria identifica-se por um dos inquiridos que se encontra na faixa etária entre os 40 e os 50 anos o que pode também querer dizer que se terá adaptado e acomodado ao método tradicional.

6. Conclusões

Observando os resultados obtidos no inquérito conclui-se que:

- A implementação da nova abordagem à prevenção de riscos profissionais, através do conceito *BIMSafety*, no tocante aos Planos Específicos analisados, é bem aceite pela amostra de inquiridos.
- A adoção do novo formato nos Planos Específicos estudados, permitindo uma visualização em três dimensões e de informação escrita paramétrica para cada elemento construtivo, é vista como vantajosa, comparativamente com o modelo tradicional, otimizando o planeamento da prevenção, nomeadamente ao nível da simulação, visualização e compreensão (ao longo de todos os trabalhos) das condições reais de trabalho, identificação e antecipação de riscos e planeamento de medidas preventivas; o novo modo de visualização revela bastante utilidade como instrumento de apoio a ações de formação e aparenta possibilitar uma melhor integração entre a produção e a prevenção;
- O estudo e o desenvolvimento do *BIMSafety*, poderá revolucionar a elaboração dos Planos de Segurança e Saúde e das Compilações Técnicas, originando uma mudança de paradigma, dotando-os de uma capacidade de digitalização de conteúdos, implicando uma discussão dos problemas em ambiente virtual, e com um grande potencial de prevenir a ocorrência de acidentes de trabalho.
- São necessários estudos futuros que procurem avaliar a aplicabilidade do *BIMSafety* a outros componentes do Plano de Segurança e Saúde e da Compilação Técnica.
- Verifica-se também ser necessário aferir a possibilidade de realizar o planeamento da prevenção e a respetiva quantificação de equipamentos de proteção coletiva através de ferramentas BIM, investigando assim as várias potenciais vertentes do *BIMSafety*: 3D (visualização), 4D (planeamento temporal) e 5D (custos associados).
- Uma abordagem normativa, devidamente testada num caso prático, revela-se também como necessária em Portugal.

- Adicionalmente, deverá ser ampliada a gama de objetos disponíveis para o Autodesk Revit, nomeadamente quanto à proteção coletiva e individual.

Referências

- [1] The British Standards Institution (2017). Publicly available specification PAS 1192-6 - Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM.
- [2] Azhar, S. and Behringer, A. (2013). A BIM-based approach for communicating and implementing a construction site safety plan. *In: Associated Schools of Construction*, ed. 49th ASC Annual International Conference Proceedings, 9 Abril 2013 2013 Califórnia, EUA. Associated Schools of Construction.
- [3] Sulankivi, K., Zhang, S., Teizer, J., Eastman, C., Kiviniemi, M., Romo, I. and Granholm, L. (2013). Utilization of BIM-based automated safety checking in construction planning *In: CIB*, ed. CIB World Congress, 05-09 May 2013 2013 Brisbane, Australia. Australia: CIB.
- [4] Kiviniemi, M., Sulankivi, K., Kahkonen, K. and Merivirta, M. (2011). VTT Tiedotteita - Research Notes: BIM-based safety management and communication for building construction, VTT.
- [5] Biagini, C., Capone, P., Donato, V. and Facchini, N. (2016). Towards the BIM implementation for historical building restoration sites. *Automation in Construction*, Vol. 71 (1), pp. 74-86.

BIM NA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIDISCIPLINAR

Bruno de Carvalho Matos⁽¹⁾, Pedro Ferreirinha⁽¹⁾

(1) Teixeira Duarte, Oeiras

Resumo

Este artigo refere-se ao projeto BIM aplicado na fase de obra de um edifício multidisciplinar executado pela Teixeira Duarte - Engenharia e Construções, S.A.

Este projeto teve uma duração aproximada de 4 meses e um total de 1740 horas alocadas pela equipa envolvida, que foi constituída por 15 pessoas provenientes de diferentes setores da Teixeira Duarte - Engenharia e Construções, S.A.

Os objetivos deste projeto incluíram: o desenvolvimento de competências ao nível da informação geométrica de diferentes disciplinas e da organização e classificação da informação não geométrica; a avaliação e demonstração do potencial BIM através do apoio à obra (antecipação de incompatibilidades, deteção de erros e omissões); e a conceção de processos e procedimentos para a gestão de projetos BIM e para a modelação em Revit de elementos de Arquitetura, Estrutura e Instalações Especiais.

A execução do projeto materializou-se com a entrega de 6 relatórios BIM para apoio à obra, contribuindo também para o desenvolvimento de manuais BIM TD. Culminou com a constituição de uma equipa TD multidisciplinar de 15 pessoas, um incremento da produtividade global da equipa estimado em 2 vezes, um dado potencial de retorno estimado, e várias perspetivas de desenvolvimentos futuros.

1. Enquadramento geral

As principais mudanças de processo implementadas no âmbito deste projeto BIM foram as seguintes:

- 1) Modelação 3D das várias disciplinas de acordo com as respetivas especificações técnicas e critérios de preparação de obra, procedendo-se posteriormente à compatibilização entre disciplinas na fase de obra, em alternativa à metodologia tradicional em que a modelação de cada projeto é feita de forma individualizada;

- 2) Extração de quantidades mais fidedigna, de acordo com uma modelação mais integrada e realista das várias especialidades;
- 3) Padronização na organização de objetos modelados, ficheiros de modelação, peças desenhadas, etc., com uma classificação transversal e relacionada entre si.

O processo de gestão da mudança implementado no âmbito deste projeto BIM seguiu as recomendações de *John Kotter* [1], com a seguinte sequência:

- 1) Indicação da empresa para o avanço deste projeto, por força interna e das tendências de mercado;
- 2) Constituição de uma equipa multidisciplinar envolvendo vários setores da empresa;
- 3) Estratégia para a implementação do BIM na TD, com o objetivo de manter a empresa na vanguarda da construção;
- 4) Comunicação dessa estratégia à equipa, ao longo do projeto;
- 5) Concessão de tempo e autonomia à equipa, para agir sobre a estratégia criada;
- 6) Criação de metas de curto prazo, com a execução de notas técnicas de apoio à obra, incluindo relatórios e apresentações para o cliente;
- 7) Perceção de que pequenas vitórias são apenas o início do que precisa de ser atingido no longo prazo com vista à implementação BIM, tendo a Teixeira Duarte oficialmente declarado o seu apoio a este processo.

2. Introdução ao projeto

O edifício em estudo é composto por 6 pisos, 3 de estacionamento e 3 de serviços, com uma área bruta de construção total de 12 000 m² - *figura 1*.



Figura 1: Visualização 3D da estrutura e arquitetura do edifício.

O principal objetivo deste projeto BIM foi a modelação geométrica e não geométrica em Revit de todas as disciplinas, desde a Arquitetura e Estrutura às Instalações Especiais, com vista à antecipação de incompatibilidades em obra e à deteção de erros e omissões. Em acréscimo, serviu também para aprofundar competências na organização e classificação de objetos, avaliar e demonstrar o potencial BIM através do apoio à obra, e incrementar procedimentos internos para a gestão de projetos BIM e modelação em Revit.

Este artigo faz assim uma apresentação do projeto desenvolvido percorrendo as várias partes do ciclo da gestão do projeto, referindo primeiro o processo de gestão da mudança adotado e, finalmente, as análises feitas à equipa e ao potencial de retorno do projeto.

3. Gestão do projeto

O projeto foi gerido de acordo com o processo formal: 1) Iniciação; 2) Planeamento; 3) Execução; 4) Monitorização & Controlo; 5) Fecho. Seguidamente são apresentadas cada uma destas fases, com aplicação ao projeto BIM desenvolvido.

3.1 Iniciação

Nesta fase foi reunida toda a informação necessária para começar o projeto BIM e estudar globalmente a sua viabilidade dentro das condições do âmbito e prazo. Desde cedo, foi uma preocupação da equipa a definição de objetivos mensuráveis em termos de tempo e custo.

A equipa deste projeto foi de carácter multidisciplinar, envolvendo 15 pessoas de vários sectores da Teixeira Duarte - Engenharia e Construções, S.A. - ver *figura 2*. A multidisciplinaridade da equipa constituiu um fator relevante para o ganho de valências em diferentes áreas da empresa e partilha de conhecimentos complementares.

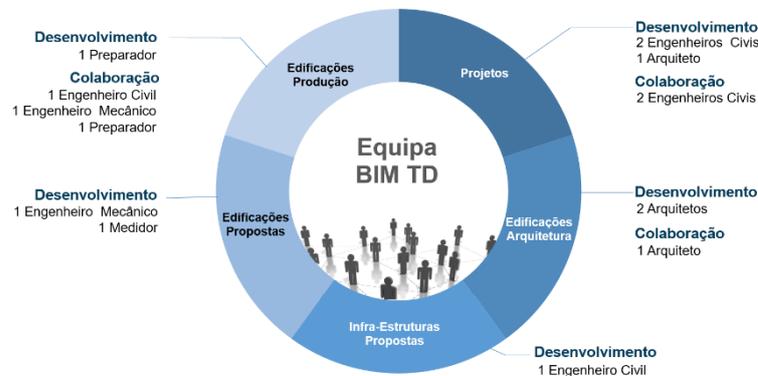


Figura 2: Equipa do projeto.

3.2 Planeamento

Nesta fase a equipa estabeleceu o planeamento do projeto BIM, de seguida, planificou a sua execução, monitorização & controlo, e fecho. Os objetivos definidos inicialmente foram analisados em detalhe, percorrendo os processos e as áreas de conhecimento necessárias para a sua implementação. O planeamento foi iterativo, atendendo sempre às condições de âmbito e prazo. Os tópicos considerados no planeamento são apresentados nas secções seguintes.

3.2.1. Trabalho colaborativo

O conceito BIM está intrinsecamente ligado à comunicação, pelo que a definição de procedimentos de trabalho colaborativo foi uma necessidade. Os principais aspetos considerados foram os seguintes: *software*, normativas BIM [3,4], pasta partilhada, backups, ficheiros de modelação, unidades e medidas, sistemas de coordenadas, eixos, níveis de referência e processamento de projetos em software CAD.

3.2.2. Comunicação

Com anteriormente mencionado, a comunicação é a parte mais importante da gestão de projetos, pelo que os procedimentos necessários a uma adequada transmissão da informação foram com todo o rigor definidos. O plano de comunicação do projeto considerou as seguintes vertentes: ocorrências, pedidos de informação e atas de reunião.

3.2.3. Níveis de desenvolvimento

Os níveis de desenvolvimento (*Level of Development-LOD*) preconizados para a informação geométrica e não geométrica dos objetos foram definidos em função dos objetivos do projeto. Neste sentido, com base no *Level of Development Specification* [2], foi considerado o seguinte: nível 300 para a Arquitetura, Fundações e Estrutura (foco na deteção de erros e omissões); nível 200/300 para as Instalações Especiais (foco na antecipação de incompatibilidades). Os níveis de pormenor indicados não foram estanques, atendendo a que para cumprir os objetivos foram modelados alguns objetos dos níveis 400 e 500, nomeadamente ao nível da Arquitetura.

3.2.4. Critérios de modelação e compatibilização

Os critérios de modelação e compatibilização foram definidos de acordo com os objetivos do projeto, condições técnicas especiais, práticas de preparação específicas de cada disciplina e critérios de medição.

A compatibilização das especialidades foi feita pela seguinte ordem, decrescente em importância: Arquitetura; Estrutura; Águas residuais e pluviais; Instalações mecânicas; Águas de abastecimento e incêndios; Instalações elétricas.

3.2.5. Organização e classificação de objetos

Para o desenvolvimento deste projeto foi criado um sistema de classificação de objetos BIM, que se encontra organizado, por disciplina, da seguinte forma:

- **Códigos:** códigos para os objetos, dependendo da sua função e outras especificidades; códigos para os materiais.
- **Parâmetros partilhados:** definição dos parâmetros partilhados para a organização e extração de informação dos objetos consoante a sua família (*TD Família*), tipo de família (*TD Tipo*), artigo do orçamento (*TD Artigo*), piso (*TD Piso*), etc.; divisão dos parâmetros por tipo e por instância.
- **Nomenclaturas:** nomeação dos objetos em função da sua família e tipo de família, dependendo também se a família é de sistema ou carregável.

3.2.6. Verificação da qualidade

Os procedimentos para a verificação da qualidade do projeto foram definidos e aplicados na fase de monitorização & controlo e na fase de fecho. A análise de qualidade foi feita principalmente de forma manual, sem recurso a programas de verificação automática.

O controlo da qualidade dos modelos BIM considerou um conjunto de verificações para cada um dos seguintes níveis: integridade geral, modelo de arquitetura, modelo de estrutura, modelos de instalações, entrega dos modelos e peças desenhadas.

3.2.7. Extração de quantidades

A extração de quantidades foi feita através de parâmetros globais e parâmetros específicos.

Os parâmetros globais foram os parâmetros partilhados referidos na *secção 3.2.5*, criados pela equipa especificamente para projetos BIM TD: *TD Artigo*, *TD Família*, *TD Tipo*, *TD Piso*. O parâmetro TD Artigo permitiu fazer uma correspondência direta entre os trabalhos modelados e os trabalhos orçamentados.

Os parâmetros específicos foram definidos em função da ordem de grandeza que se pretendia medir para cada objeto (betão - volume, tubagens - comprimento, etc.).

3.2.8. Planeamento de cada disciplina

O planeamento para cada disciplina atendeu aos seguintes pontos: informação geométrica e não geométrica, natureza e referência das tarefas, níveis de pormenor, importâncias, prazos limite, responsáveis, datas de início e de fim, horas alocadas previstas e reais e estado das tarefas.

3.2.9. Planeamento global

O planeamento global atendeu aos seguintes pontos: recursos humanos, alocações das tarefas, prioridades, prazos. O planeamento do projeto foi cruzado com o planeamento da obra no sentido de contribuir para um melhor controlo de gestão e resolução de incompatibilidades. Esta articulação foi conseguida através de uma interacção constante com a direcção de obra, no sentido de conhecer não só o plano de trabalhos inicial mas também os desvios de tarefas e prazos relativamente ao previsto.

3.3. Execução

Em fase de execução o planeamento foi sendo adaptado em função das necessidades da obra e da aprendizagem da equipa, que à medida que o trabalho decorria, foi-se tornando cada vez mais ambiciosa nos seus objetivos.

Em linha com os objectivos definidos inicialmente, na fase de execução foi feita a modelação do edifício para as disciplinas de Arquitectura, Fundações, Estrutura e Instalações Especiais - ver *figura 3*.

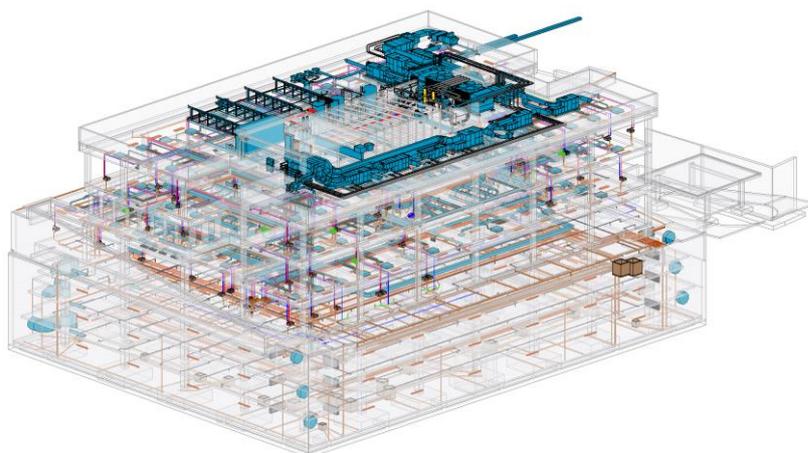


Figura 3: Visualização do modelo com todas as especialidades.

Foi também desenvolvido um trabalho extensivo ao nível da organização e classificação dos objetos, que serviu de base à gestão da informação no modelo para as várias disciplinas. Este trabalho permitiu, por exemplo, fazer a extração das quantidades organizadas por artigo de orçamento (ver *tabela 1*) e comparar directamente com os valores orçamentados. Nas peças desenhadas foi também feita uma correspondência direta entre os objectos modelados e os respetivos artigos de orçamento - ver *figura 4*.

Tabela 1: Exemplo de extração de quantidades do Revit.

TD Artigo	TD Família	TD Tipo	Área	TD
3.11.2	AQ-REV-TINT	0.5cm-tinta-PR09	484m ²	Piso -4
3.11.2	AQ-REV-TINT	0.5cm-tinta-PR09	307m ²	Piso -3
3.11.2	AQ-REV-TINT	0.5cm-tinta-PR09	572m ²	Piso -2
3.11.2	AQ-REV-TINT	0.5cm-tinta-PR09	181m ²	Piso -1
3.11.2	AQ-REV-TINT	0.5cm-tinta-PR09	140m ²	Piso 0
3.11.2	AQ-REV-TINT	0.5cm-tinta-PR09	403m ²	Piso 1
3.11.2	AQ-REV-TINT	0.5cm-tinta-PR09	6m ²	Piso 2
0.5cm-tinta-PR09			218 Un	2093m ²
3.11.3	AQ-REV-CER	1.1cm-Kerion-PR03	181m ²	Piso -1
3.11.3	AQ-REV-CER	1.1cm-Kerion-PR03	87m ²	Piso 0
3.11.3	AQ-REV-CER	1.1cm-Kerion-PR03	108m ²	Piso 1
1.1cm-Kerion-PR09			42 Un	376m ²
3.11.4	AQ-REV-FEN	0.6cm-PR04	224m ²	Piso -1
3.11.4	AQ-REV-FEN	0.6cm-PR04	221m ²	Piso 0
3.11.4	AQ-REV-FEN	0.6cm-PR04	328m ²	Piso 1
0.6cm-PR04			93 Un	773m ²
3.11.5	AQ-REV-MAD	5cm-regua soalho-PR05	75m ²	Piso -4
3.11.5	AQ-REV-MAD	5cm-regua soalho-PR05	75m ²	Piso -3
3.11.5	AQ-REV-MAD	5cm-regua soalho-PR05	75m ²	Piso -2
3.11.5	AQ-REV-MAD	5cm-regua soalho-PR05	311m ²	Piso -1
3.11.5	AQ-REV-MAD	5cm-regua soalho-PR05	205m ²	Piso 0
3.11.5	AQ-REV-MAD	5cm-regua soalho-PR05	251m ²	Piso 1
5cm-regua soalho-PR05			166 Un	992m ²

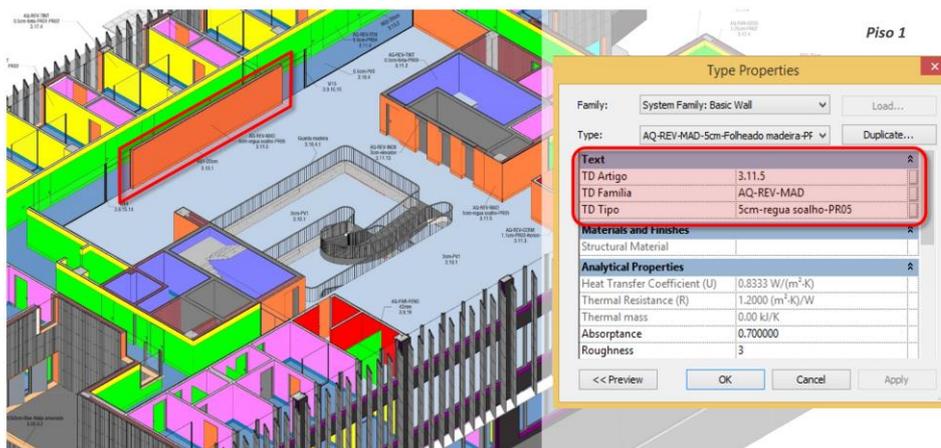


Figura 4: Correspondência direta entre os objetos modelados e os respetivos artigos de orçamento para a disciplina de Arquitetura.

A fase de execução distinguiu-se pela entrega de 4 notas técnicas de instalações e 2 notas técnicas de erros e omissões para apoio à obra (ver figuras 5 a 7), assim como um manual BIM e um manual Revit.



Figura 5: Notas técnicas entregues à equipa da obra.

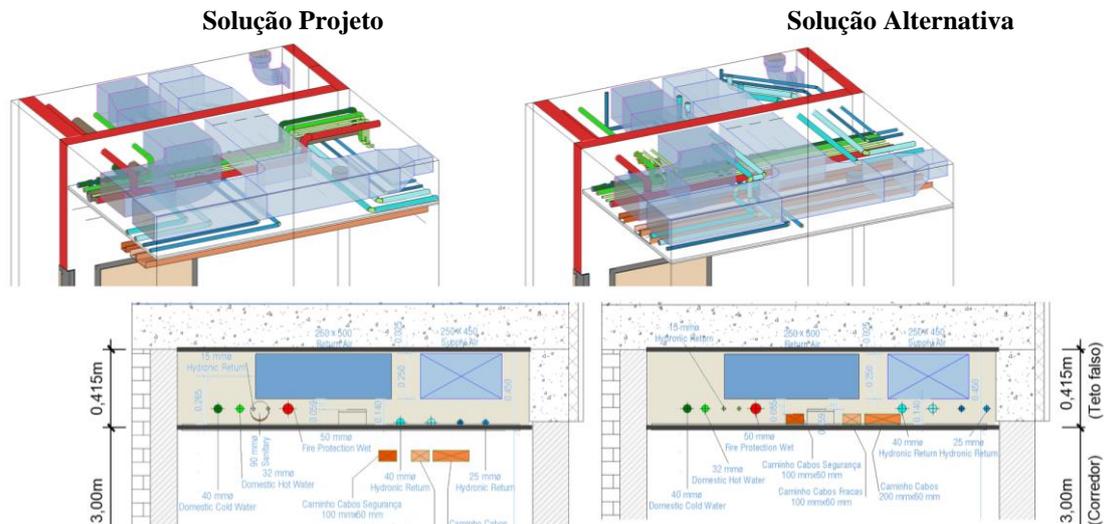


Figura 6: Compatibilização da tubagem dos esgotos, esteiras elétricas e águas do AVAC.



Figura 7: Execução da obra com base nas alternativas BIM apresentadas pela equipa.

Foram realizadas 6 reuniões de equipa, 2 em sede e 4 em obra, onde foram discutidos vários pontos e definidas várias ações a tomar - na *figura 8* encontram-se imagens de reuniões realizadas em obra.



Figura 8: Imagens de reuniões realizadas em obra.

Todas as ocorrências detetadas (incompatibilidades, falta de informação, limitações do Revit) e pedidos de informação foram sendo registados ao longo da execução de acordo com os procedimentos definidos na fase de planeamento.

3.4. Monitorização & controlo

Nesta fase procedeu-se à comparação entre o planeamento do projeto e o seu desenvolvimento real. O impacto das variações ocorrentes e pedidos de alteração foi sendo avaliado ao longo do projeto.

O planeamento inicial previa uma duração de 3 meses para o projeto, tendo este contudo sido terminado em 4 meses, com um total de 1740 horas alocadas pela equipa. A duração acrescida de 1 mês deveu-se aos seguintes motivos: definição de objetivos mais ambiciosos (à medida da evolução do projeto), variação da disponibilidade da equipa e das necessidades da obra, e variação das produtividades previstas para algumas tarefas. O fator mais condicionante foi o facto dos elementos da equipa estarem neste projeto em regime de tempo parcial e sem horários pré-definidos.

3.4.1. Controlo de qualidade

O controlo de qualidade dos modelos foi feito de acordo com requisitos de verificação definidos em fase de planeamento para cada uma das seguintes vertentes: integridade geral, modelo de arquitetura, modelo de estrutura, modelos de instalações, entrega dos modelos e peças desenhadas.

3.4.2. Planeamento de cada disciplina

O controlo do planeamento de cada disciplina foi feito por tarefa, considerando os seguintes pontos: *prazos limite previstos, datas de início/fim reais, horas alocadas/reais*.

3.4.3. Alocações por disciplina

O controlo das alocações por disciplina considerou os seguintes pontos: estado da disciplina (*pendente/ativo/concluído*), responsáveis, datas de entrada/saída, estado dos responsáveis (*pendente/ativo/concluído*).

3.4.4. Estado global do projeto

O controlo do estado global do projeto foi feito em duas frentes:

- 1) Alocação de horas previstas/reais, por disciplina e por pessoa - *figura 9*.
- 2) Peso das disciplinas e das respetivas partes modeladas no orçamento global - *figura 10*.

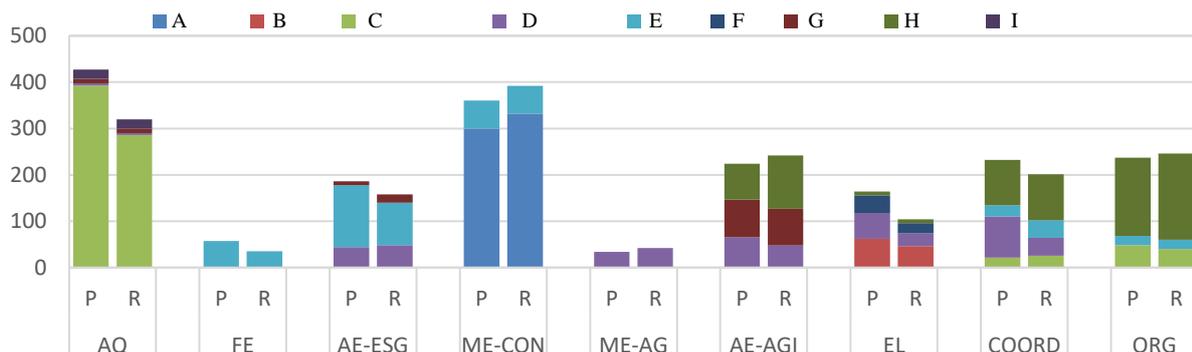


Figura 9: Alocação de horas previstas/reais, por disciplina e por pessoa.

AQ: Arquitetura

ME-CON: Conduitas de AVAC

EL: Elétricas

FE: Fundações e Estrutura

ME-AG: Águas de AVAC

COORD: coordenação das especialidades

AE-ESG: Esgotos

AE-AGI: Águas e Incêndios

ORG: organização.

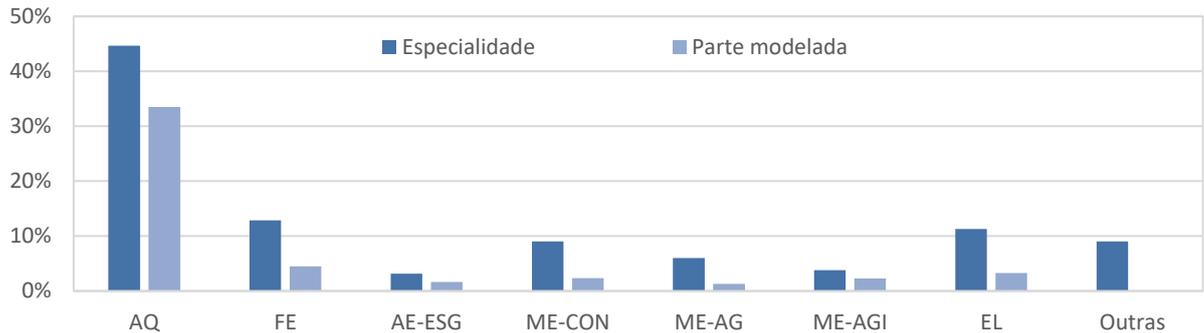


Figura 10: Peso das disciplinas e as respetivas partes modeladas no orçamento global

AQ: Arquitetura

ME-CON: Conduitas de AVAC

EL: Elétricas

FE: Fundações e Estrutura

ME-AG: Águas de AVAC

Outras: Dados e voz, SI, gás, GTC

AE-ESG: Esgotos

AE-AGI: Águas e Incêndios

3.5. Fecho

Nesta fase verificou-se se todos os requisitos do projeto tinham sido cumpridos e confirmou-se se o produto final era aceitável, nomeadamente pela obra. O fecho do projeto incidiu nos seguintes pontos: verificação da qualidade dos modelos; verificação das quantidades extraídas; avaliação do estado global do projeto; análise da equipa; análise económico-financeira; relatório final; arquivamento da documentação do projeto; perspectivas de desenvolvimentos futuros.

4. Análise da equipa

A análise da equipa foi feita em termos de produtividades atingidas por disciplina e por piso, ordenando os pisos consoante a sua complexidade e data de execução. A unidade de medida utilizada foi “metros quadrados por hora (m^2/h)” - figura 11.

A informação base utilizada nesta análise foi o planeamento de cada disciplina, onde, ao longo do projeto, as horas reais e as datas de início e de fim foram alocadas por tarefa e por piso.

Os resultados obtidos têm uma validade relativa, dada a diferente complexidade das disciplinas, dos pisos e das pessoas, tendo servido contudo como ordem de grandeza para avaliar a evolução das produtividades ao longo do tempo e obter rácios de referência para o planeamento de futuros projetos BIM.

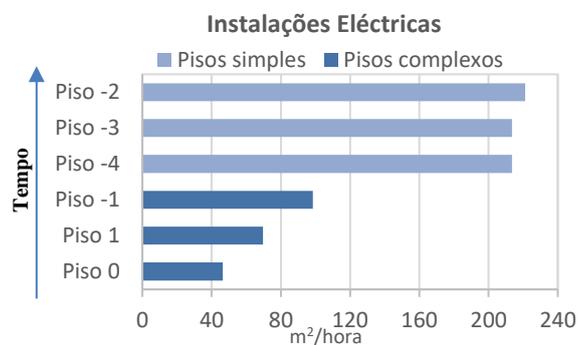


Figura 11: Produtividades para as Instalações Eléctricas, por complexidade do piso

5. Análise económico-financeira

A análise económico-financeira do projeto foi feita com base nas seguintes variáveis: erros e omissões detetados na parte modelada das várias disciplinas; incompatibilidades detetadas ao nível das instalações.

A análise foi assim feita com base no conceito de “custo de oportunidade”, calculando o benefício perdido por não ter sido utilizada a abordagem BIM atempadamente, ou seja, calculando o valor monetário que a empresa poderia ter ganho e, por outro lado, poderia não ter gasto.

Os resultados obtidos no âmbito desta análise económico-financeira são de carácter confidencial.

6. Conclusões

O projeto BIM foi executado por uma equipa TD multidisciplinar de 15 pessoas que cumpriu os objetivos a que se propôs inicialmente, percorrendo as várias fases do ciclo da gestão de projetos.

O projeto realizado distinguiu-se pelo contacto com a realidade da obra, em que a equipa foi adaptando o planeamento do projeto às necessidades da obra, apoiando-a na antecipação de incompatibilidades ao nível das instalações e na deteção de erros e omissões. Em paralelo foram desenvolvidos vários procedimentos internos para a gestão de projetos BIM e para a modelação em Revit, em que o maior desafio foi ao nível da organização e classificação da informação e do trabalho sincronizado. Em acréscimo, o projeto foi 100% desenvolvido internamente (sem recurso a outsourcing), consistindo na modelação integrada de um edifício, em que todas as disciplinas foram modeladas, compatibilizadas e analisadas no seu todo pela mesma equipa.

A estimativa de rácios de produtividade por disciplina, em função da complexidade dos pisos, foi também um ponto marcante da monitorização e controlo deste projeto, assim como a avaliação do ponto de vista económico-financeiro, onde foi calculado o potencial de retorno gerado pelos erros e omissões e incompatibilidades detetadas.

Finalmente, foram de facto reconhecidas várias potencialidades da aplicação do conceito BIM e concluiu-se de que esta abordagem inovadora na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção deve continuar a ser implementada no grupo Teixeira Duarte, com vista a uma utilização mais alargada em outros projetos de Engenharia Civil.

Referências

- [1] J. P. Kotter, "Leading Change," Harvard Business Review Press, Boston, Massachusetts, EUA, 2012, pp. 37-153.
- [2] BIM Forum, Level of Development Specification Guide, 2017, http://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-Guide_2017-11-06-1.pdf.
- [3] ISO 12911 – Framework for building information modelling guidance
- [4] ISO 12006 – Framework for classification of information

IMPROVING CONSTRUCTION SAFETY USING BIM-BASED SENSOR TECHNOLOGIES

Adeeb Sidani⁽¹⁾, J. Duarte⁽²⁾, J. Santos Baptista⁽²⁾, João Poças Martins⁽¹⁾, Alfredo Soeiro⁽¹⁾

(1) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil. Gequaltec – CONSTRUCT.

(2) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Minas – PROA – LAETA .

Abstract

Construction sites are dynamic and complex environments which makes them difficult to control. Indeed, safety and performance efficiency are often inadequate. Construction industries are relying on new equipment and machinery to keep up with the dense and complex design projects. To cope with the development, new techniques and technologies are being adopted to deal with the rising safety risks.

Automated recognition of construction risks using Building Information Modeling (BIM), is being developed and looks promising to manage and minimize accidents. The objective of this research is to show the relation between BIM and construction health and safety. As well highlight some of the sensing techniques and technologies, used with the integration of BIM, that helps with identifying, monitoring, and training workers which may lead to lower on-site accidents.

The methodology adopted in this work consisted in the selection of several research papers using a reproducible approach and then a narrative and thematic analysis is performed to evaluate their contents. Several tools have been listed as well as the risks they are targeting.

Based on the result of the review it is believed that BIM is rapidly growing around safety. In the future, BIM should be integrated within the start of every project and develop to anticipate threats, to maximize the proficiency and ensure the safety and good performance of workers.

1. Introduction

Construction sites encompass several engineering and areas, all working under one schedule with different actions and different durations set for each task, as well utilizing different sets of skills and man power. Accordingly, construction industries tend to have dynamic and complex working environments, hence health and safety as well as performance is often inadequate [1].

The Construction Industry still holds a considerable amount of injuries and fatalities, making it one of the industrial activities with more fatalities (Figure 1) [2].

The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) identified the most common accidents which are falls, struck-by-objects, electrocution, and stuck-in; these accidents, named “The Fatal Four”, were responsible for 58.1% of worker deaths in 2014. There are several theories identifying the cause of accidents; according to Heinrich, accidents are events which are uncontrolled and unplanned, in which an act or effect of a certain person, object, material, or radiation results in injuries [3]. One of the theories identifies that three factors are responsible for triggering accidents, which are ignoring an unsafe condition and proceeding with the activity, not being able to identify an unsafe condition related to a certain task, and/or acting unsafe whatever the current environment was [3].

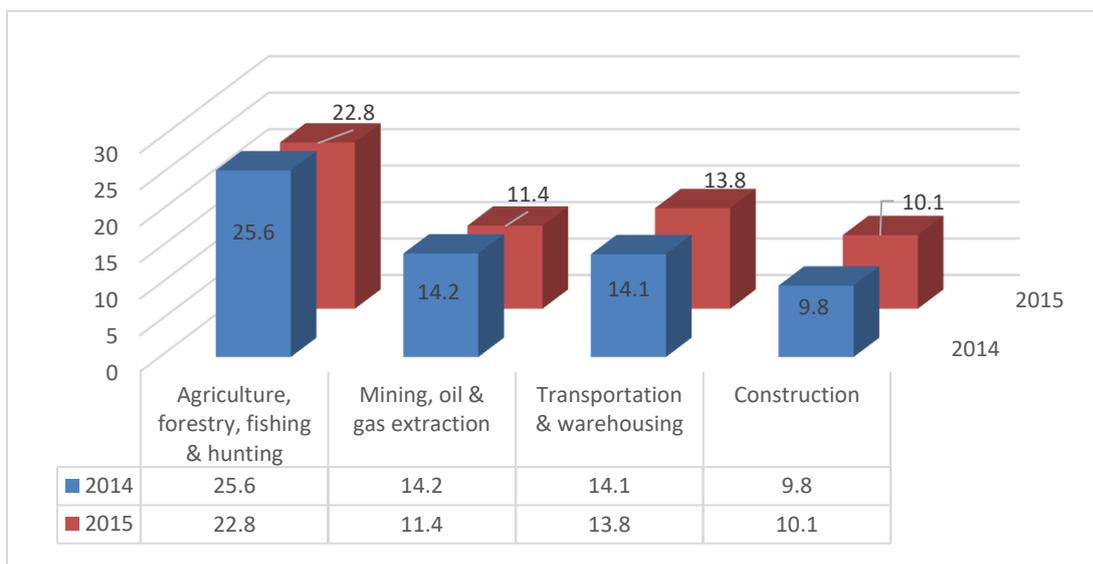


Figure 1: Fatal Injury Rates by Industries. Source:

<https://www.constructconnect.com/blog/construction-news/construction-leads-industries-worker-deaths/>

The unsafe construction environment exerts a risk related to the status of the workplace, tools or equipment. This includes unclosed edges and holes, flawed ladders, faulty scaffolding, overloaded or defected equipment, unorganized chemicals, explosives, and toxic material, unprotected nails, steel bars, wires and sharp objects. Natural disasters could also occur like earthquakes and storms.

The type of the construction works plays a major role in the safety status of the job. The hazardous construction jobs are shown in (figure 2) from the most dangerous to the least these jobs being, specialty trade construction which includes foundation, structure and concrete works. Heavy and civil engineering work is the second most dangerous which includes utilities, roads, oil and bridges. Building construction is the third most dangerous with works like houses remodeling, and residential. Equipment or mechanical construction is considered a little safer with works such as electrical, plumbing, and ventilating systems. And the safest type of construction works is the finishing works such as painting, flooring and insulation, which still account for 7% of deaths.

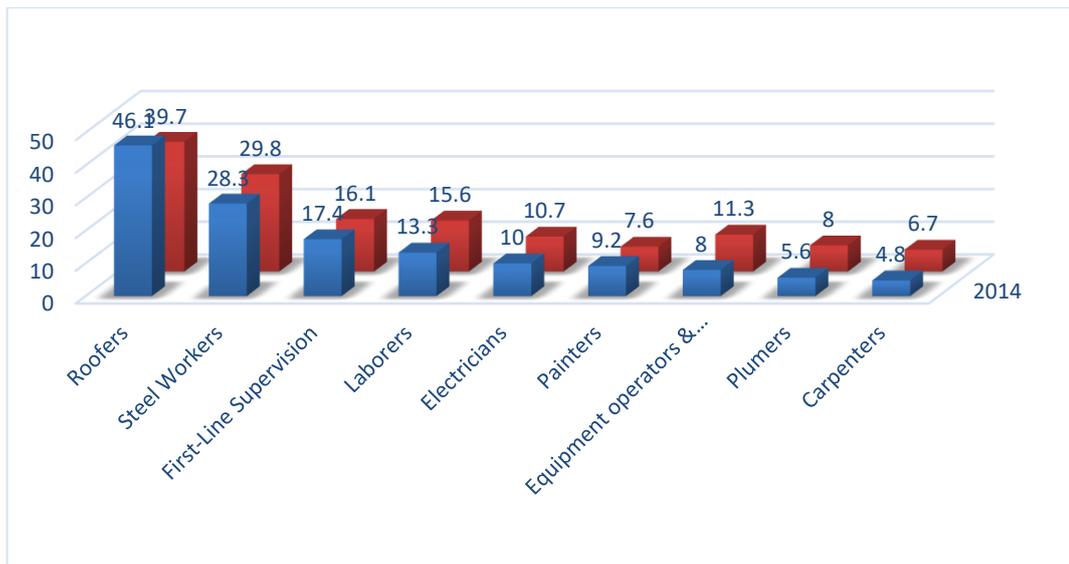


Figure 2: Fatal Injury Rates in Construction by occupation. Source: <https://www.constructconnect.com/blog/construction-news/construction-leads-industries-worker-deaths/>

Thus, the construction site needs to be regularly monitored and supervised. In addition, workers need to be trained to avoid unsafe actions. But manual monitoring and supervision is prone to error, due to the complex and dynamic site conditions. To assist the supervisors and visual inspection of the risks on site, automated safety monitoring such as using Building Information Modelling (BIM) is being adopted by the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry [4]. The implementation of BIM looks promising and could also assist the continuous advancements in construction processes. This could provide essential decision-support tools for engineers throughout the design stage, improving the safety and the performance of the workers, as well as enriching onsite training [5].

The objective of this review is to identify BIM methods that are being implemented into the construction projects to reduce the accidents. As well as listing some of the sensors and technologies that might be linked to BIM to assist in health and safety management, site monitoring, and workers training.

2. Literature Review

This chapter will highlight the major tools and techniques that are being researched and developed in the domain of BIM-based safety management and planning. Furthermore, it will mention some of the new technologies and equipment being implemented for construction safety.

Many efforts had been made to create a new approach for safety management to decrease accidents and hazards [2]. Some significant works target aspects such as changing schedules and timings of the activities to avoid hazards [6]. Saurin and Formoso (2007) developed a theory that was based on safe planning by estimating the risk distribution of a project developed safety planning and control model, which targeted safety by identifying the type of work being done,

based on proactive and reactive performance indicators of safe work, doing so by defining three levels of safety depending on the durations short-term, long-term and medium-term [7]. Construction Job Safety Analysis (CJSA) Rozenfeld, Sacks, Rosenfeld, and Baum aim to identify each work type and its level of safety by questioning workers and learn from their experience [8].

Developing tools and safety management systems enrich the safety management to a certain extent but it just states nonspecific information, and how to apply them for managing any project [2]. These strategies are not enough to prevent the accidents at an earlier stage at every different construction project. The limitations of these methods led managers to start thinking about automated safety management and virtual approaches to solve site safety issues. The Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry started implementing BIM, Augmented reality (AR), Virtual Reality and Geographic Information Systems (GIS). Robotics and machine learning are a major research field at the moment, not so much impact on the industry yet. These tools have become recognized for detecting and preventing hazards, as well as improving the efficiency and flow of work.

Using an automated approach for preconstruction work and design phases will assist designers and planners to relate health and safety to their work, which will be passed on to the site work accordingly further safety and health would be eliminate. Automated health and safety will have additional benefits such as visual and virtual training, the possibility to introduce regulations and standards, better communication between different employment levels, time and cost reduction, clearer schedules, and many other direct and indirect benefits.

2.1 BIM and Safety Management

BIM refers to a geometric model of a building or to the building information modeling which is the development and use of a computer software model to simulate the construction and operation of a project [9]. Urbina Velasco, Blanco Fernández and Urbina (2012) considered BIM as a tool that improves the way in which information is produced, managed, transferred and visualized throughout the project lifecycle [10]. It strengthens the communication between all stakeholders and workers at all levels and phases of the project [11]. Nonetheless, BIM is being applied to manage feasibility studies and stakeholder concerns, cost, constructability, and environmental analysis, site organization and management, and facilities management [12].

Recent advancements of BIM technologies are providing suitable starting points for the development of solutions for pro-active site safety planning and management [13]. Recently, researchers are showing interest in developing safety using BIM for every phase in the project. Mallasi (2006) developed the Patterns Execution and Critical Analysis of Site Space Organization (PECASO) for site organization [14]. In the design phase, several developments have been achieved, including code checking and conflict anticipation. For example, based on 4D models and rule-based algorithms, Benjaoran and Bhokha (2010) developed a construction integrated system [15]. As a design for safety assistant tool for construction and safety management. Issa, Hinze, and Olbina (2011) formulated a design for safety suggestions by reviewing the developed model suggestions will be given to improve the safety aspects [16]. As for the onsite BIM integration, VTT Technical Research Centre of Finland developed 4D-construction safety planning, as a strategy to use BIM for onsite planning, management, and communications for safety and health [17]. This includes features such as tackling falls suggesting railings and covering edges and holes.

However, BIM as a stand-alone tool cannot acquire real-time data from the construction site, identify hazardous zones, monitor, supervise and train workers, and help with inspection. To assist in acquiring real-time data some technologies such as sensors and tracking devices are being deployed onsite [18]. These technologies vary from being Radio Frequency Identification Devices (RFID), magnetic field, Laser Detection and Ranging (LADAR), Radio Detection and Ranging (RADAR), ultra-wide band (UWB) [19], ultrasonic, infrared heat and magnetic sensors, sonar, Inertial Measurement Unit (IMU), Bluetooth, Global Positioning System (GPS) Global Navigation Satellite System (GNSS), laser, video and static camera including Vision Cameras (VC), electrocardiogram (ECG/EKG), traffic management, Audio Technology and electromyography (EMG), galvanic skin response (GSR) [20], accelerometers, gyroscopes, and magnetometers and light sensors [21].

2.2 Sensors

In addition to site monitoring, sensors are being explored for other activities such as schedule and material flows, equipment uses and movement [22]. A study has been carried out, demonstrating that there are significant productivity gains when comparing traditional identification methods with the new and automated ones [23].

In order to improve health and safety management on site, three aspects need to be taken into consideration, being, obliged, continuously improved: identification of the hazardous areas, monitorization and inspection, and training [22]. Several research is done with this aim, including John Teizer (2007) who developed an algorithm to track workers' movement, at the same time it identified the hazards along their paths. Another study mentioned a real-time warning system working on Radio-Frequency Identification (RFID) technology with the same purpose [24]. Concerning training, an integrated system with a 3D virtual reality assisting workers to performed tasks related with steel elevations was reported by Teizer, Cheng and Fang (2013) [25].

A systematic review on this topic was addressed and it was found out that there are several sensors with different functions: location and tracking (of both workers and equipment), proximity detection, pressure sensing, scanning of structural deformation, environmental sensing (temperature, air quality) physiological monitors (for workers), amongst others. However, most authors used only the tracking/location type of sensor [1, 26-34]. The Bluetooth Low Energy beacons (BLE) was the most mentioned and it helps to decrease the risk of collisions (indicating places that can be potentially hazardous), providing alerts in real time for equipment operators, being a managing risk tool [26]. This monitorization occurs during normal operations with minimal distractions for its operators.

Li, Lu, Hsu, Gray, and Huang in their study considered Proactive Construction Management System (PCMS) which consists of two major parts: the real-time location system (RTLS) and the Virtual Construction Simulation System (VCS) [27]. With it, they could prevent risks such as falling, striking against objects or equipment, and being struck by moving vehicles. The experiment results showed that this system performed well on construction accident prevention and the Safety Index (SI) of the two project teams, with increased improvements by 36.07% and 44.70% respectively.

Lee, Lin, Seto, and Migliaccio (2017) had another approach to the safety mater as they made use of sensors (Total Worker Health – TWH by Zephyr Bioharness™) which main goal was to measure physiological parameters such as heart rate, metabolic equivalents (METs), sleep quality, and on-duty and off-duty physical activity levels as the physiological and individual

features of the roofers, in order to try to understand the type of behaviours which lead to unsafe practises and unhealthy lifestyles [35]. Although some of the workers reported a highly satisfaction of the usage of such devices, it is crucial to understand the causes behind workers' unsafe behaviours or fatigue exposures as to remove these issues.

Despite the diverse methodologies with regard to the safety issue, combining technologies might improve their final result. Park, Chen, and Cho used a hybrid tracking system integrating BLE, motion sensors and a mobile BIM model which allowed to reduce the errors developed by each of the sensors when considered apart [32]. The integration of both the motion sensors and the map knowledge removed the problem of high fluctuation in an absolute positioning system, reducing positioning errors in about 42% which proved to be a model to improve tracking sensors.

3. Conclusions

This research demonstrated a literature review of some methods and ideas being used to promote health and safety in construction sites. The start of the research showed that health and safety is a major concern in the construction field and still have a significant number of injuries and fatalities. Currently, BIM is just being introduced to be a part of safety and health planning in the construction industry. In the past it was not meant to prevent injuries and save lives of workers, there is a rising interest in improving worksite safety through BIM with safer design and proper constructability methods [37]. BIM is being used for visualization and analysis procedures to improve health and safety programs during the project lifecycle. Even in a complex and dynamic environments BIM provides new tools and technologies, to improve site health and safety aspects in an efficient way. Prevention planning using BIM can be 4D visualization and transferred to all project levels and stakeholders. In addition, to the work space conflicts could be analyzed and prevented in earlier stages and avoid collisions according to construction schedules.

Safety training, safety planning, pre-task planning, job hazard analysis, site equipment planning, design for safety and accident investigations are major areas where Safety and Health professionals can use BIM [38]. BIM-based prevention through design (PtD) and designing for efficiency and optimization [12]. Before material installation BIM is used as a 4D model to review the installations for any further risks or accidents to be prevented. Monitoring the site using sensors could decrease the manual monitoring, a centralized data base could be used to store data and retrieve them whenever needed, that will help to take necessary actions and planning.

BIM is still facing some limitations, these limitations starts of BIM being an immeasurable tool, benefits that are related to any phase other than the design phase is hard to assess, never the less project managers also consider BIM as money and time. BIM requires model familiarity and good modeling skills, as well understanding the model and relate schedules and components, as well the person developing the model should also be familiar with the safety regulations and requirements. Furthermore, the models need to be detailed and having all necessary safety information for safety planning and checking, lacking these details will prevent identifying risks. In addition, still BIM is considered hard to use and for subcontractors, site workers and foremen they might be uncomfortable using it and they rather stick to the traditional 2D

drawings instead. As for health and safety professionals, access to BIM models could be limited and the technical skills and tools to use the model are not yet in place.

BIM is still not able to fully simulate the construction process, and still rely on manual assistance, as an example changes in the construction site where hazards arise might suddenly occur for workers, BIM do not simulate the rapid changes. Some accidents are still not able to be fully covered with BIM, for example operating from heights, machinery operation, personnel safety management. Nevertheless, BIM technology requires a high level of inter-organizational coordination. This coordination must be flexible in technological structure, secure, easy system to use and cost-effective. This is more effective and beneficial if and only if both parties adopt 3D CAD system, also either they use the same software, or any software which follows same standards.

Assisting BIM system by sensing tools improved the safety status but still most of the location tracking system do not gather accurate indoor data. As well as some sensors loose connection in underground or tunnel works where Wi-Fi is not available. The sensing technologies still rely on heavy infrastructure. In addition, the implemented system creates additional efforts to safety manager such as attaching Tags, analyzing data and training individuals. Results of the research also shows that sensor data may provoke false alarms and may cause inaccurate reading of sensing subsystem. Most of the sensing devices that relies on batteries have energy deficiency and cannot be continuously used for monitoring.

Future research will be necessary in several areas, for implementing BIM and making it reliable a validation strategy must be done and standardized in terms of performance, cost, field monitoring, risk recognition, and work interruptions. In addition to a measurable metric technique that will clearly show the benefits of BIM. Safety rule checking should be developed more till it be possible to influence a more complex and dynamic construction environment. Research in BIM should be widened to target more safety issues other than falls, moving vehicles, ungraded edges and holes, and temperature related threats. Research should also focus on developing high level of the detail to safety elements, as well making a stand rized format to facilitate data exchange.

References

- [1] S. Zhang, J. Teizer, N. Pradhananga, and C. M. Eastman, “Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning,” *Autom. Constr.*, vol. 60, pp. 74–86, 2015.
- [2] S. Zhang, J. Teizer, J. K. Lee, C. M. Eastman, and M. Venugopal, “Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules,” *Autom. Constr.*, vol. 29, pp. 183–195, Jan. 2013.
- [3] T. S. Abdelhamid and J. G. Everett, “Identifying Root Causes of Construction Accidents,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 126, no. 1, pp. 52–60, Jan. 2000.
- [4] S. Eleftheriadis, D. Mumovic, and P. Greening, “Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 67, pp. 811–825, Jan. 2017.
- [5] X. Wang and H.-Y. Chong, “Setting new trends of integrated Building Information Modelling (BIM) for construction industry,” *Constr. Innov.*, vol. 15, no. 1, pp. 2–6, Jan. 2015.

- [6] K.-J. Yi and D. Langford, “Scheduling-Based Risk Estimation and Safety Planning for Construction Projects,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 132, no. 6, pp. 626–635, Jun. 2006.
- [7] T. A. Saurin, C. T. Formoso, and L. B. M. Guimarães, “Safety and production: an integrated planning and control model.”
- [8] O. Rozenfeld, R. Sacks, Y. Rosenfeld, and H. Baum, “Construction Job Safety Analysis,” *Saf. Sci.*, vol. 48, no. 4, pp. 491–498, Apr. 2010.
- [9] AGC, “The Contractors Guide To BIM,” 2006.
- [10] A. Urbina Velasco, E. Blanco Fernández, and A. Urbina, “Assessment of 4D BIM applications for project management functions,” 2012.
- [11] S. Azhar, M. Khalfan, and T. Maqsood, “Building information modelling (BIM): now and beyond,” *Australas. J. Constr. Econ. Build.*, vol. 12, no. 4, p. 15, Dec. 2012.
- [12] I. Kamardeen, “8D BIM MODELLING TOOL FOR ACCIDENT PREVENTION THROUGH DESIGN,” pp. 6–8, 2010.
- [13] G. A. G. Abdulkadir John, “Integrating building information modeling and health and safety for onsite construction,” *Saf. Health Work*, vol. 6, no. 1, pp. 39–45, 2015.
- [14] Z. Mallasi, “Dynamic quantification and analysis of the construction workspace congestion utilising 4D visualisation,” *Autom. Constr.*, vol. 15, no. 5, pp. 640–655, Sep. 2006.
- [15] V. Benjaoran and S. Bhokha, “An integrated safety management with construction management using 4D CAD model,” *Saf. Sci.*, vol. 48, no. 3, pp. 395–403, Mar. 2010.
- [16] J. Qi, R. R. A. Issa, J. Hinze, and S. Olbina, “Integration of Safety in Design through the Use of Building Information Modeling,” in *Computing in Civil Engineering (2011)*, 2011, pp. 698–705.
- [17] K. Sulankivi, K. Kähkönen, and Kiviniemi, “4D-BIM for Construction Safety Planning.”
- [18] A. Carbonari, B. Naticchia, A. Giretti, and M. De Grassi, “A Proactive System for Real-time Safety Management in Construction Sites,” 2009.
- [19] D. L. and M. S. Jochen Teizer, “Rapid Automated Monitoring of Construction Site Activities Using Ultra-Wideband,” *24th Int. Symp. Autom. Robot. Constr.*, no. 2, pp. 23–28, 2007.
- [20] M. V. Villarejo, B. G. Zapirain, and A. M. Zorrilla, “A Stress Sensor Based on Galvanic Skin Response (GSR) Controlled by ZigBee,” *Sensors*, vol. 12, no. 12, pp. 6075–6101, May 2012.
- [21] N. Wahlström, *Localization using Magnetometers and Light Sensors*, no. 1581, 2013.
- [22] S. Dong, H. Li, and Q. Yin, “Building information modeling in combination with real time location systems and sensors for safety performance enhancement,” *Saf. Sci.*, vol. 102, pp. 226–237, Feb. 2018.
- [23] D. Grau, C. H. Caldas, C. T. Haas, P. M. Goodrum, and J. Gong, “Assessing the impact of materials tracking technologies on construction craft productivity,” *Autom. Constr.*, vol. 18, no. 7, pp. 903–911, Nov. 2009.
- [24] J. Teizer, B. S. Allread, C. E. Fullerton, and J. Hinze, “Autonomous pro-active real-time construction worker and equipment operator proximity safety alert system,” *Autom. Constr.*, vol. 19, no. 5, pp. 630–640, Aug. 2010.
- [25] J. Teizer, T. Cheng, and Y. Fang, “Location tracking and data visualization technology to advance construction ironworkers’ education and training in safety and productivity,” *Autom. Constr.*, vol. 35, pp. 53–68, Nov. 2013.
- [26] P. Nowotarski, J. Pasławski, and D. Mielcarek, “Accuracy of BLE systems in the H&S improvement aspects in construction,” *Procedia Eng.*, vol. 208, pp. 98–105, 2017.

- [27] H. Li, M. Lu, S.-C. Hsu, M. Gray, and T. Huang, “Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement,” *Saf. Sci.*, vol. 75, pp. 107–117, Jun. 2015.
- [28] H. J. Kim and C. S. Park, “Smartphone Based Real-Time Location Tracking System for Automatic Risk Alert in Building Project,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 256–259, pp. 2794–2797, Dec. 2012.
- [29] G. Lee et al., “A BIM- and sensor-based tower crane navigation system for blind lifts,” *Autom. Constr.*, vol. 26, pp. 1–10, Oct. 2012.
- [30] C.-S. Park and H.-J. Kim, “A framework for construction safety management and visualization system,” *Autom. Constr.*, vol. 33, pp. 95–103, Aug. 2013.
- [31] O. Golovina, J. Teizer, and N. Pradhananga, “Heat map generation for predictive safety planning: Preventing struck-by and near miss interactions between workers-on-foot and construction equipment,” *Autom. Constr.*, vol. 71, Part 1, pp. 99–115, 2016.
- [32] J. W. Park, J. Chen, and Y. K. Cho, “Self-corrective knowledge-based hybrid tracking system using BIM and multimodal sensors,” *Adv. Eng. Informatics*, vol. 32, pp. 126–138, 2017.
- [33] M. Y. Cheng, K. C. Chiu, Y. M. Hsieh, I. T. Yang, J. S. Chou, and Y. W. Wu, “BIM integrated smart monitoring technique for building fire prevention and disaster relief,” *Autom. Constr.*, vol. 84, no. August, pp. 14–30, 2017.
- [34] J. Park, K. Kim, and Y. K. Cho, “Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 143, no. 2, p. 5016019, Feb. 2017.
- [35] W. Lee, K.-Y. Lin, E. Seto, and G. C. Migliaccio, “Wearable sensors for monitoring on-duty and off-duty worker physiological status and activities in construction,” *Autom. Constr.*, vol. 83, pp. 341–353, Nov. 2017.
- [36] L. Y. Ding, B. T. Zhong, S. Wu, and H. B. Luo, “Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology,” *Saf. Sci.*, vol. 87, pp. 202–213, Aug. 2016.
- [37] S. Chi, K. Hampson, and H. Biggs, “Using BIM for Smarter and Safer Scaffolding and Formwork Construction: A Preliminary Methodology.”
- [38] B. Rajendran, S. Clarke, “Building Information Modeling Safety Benefits and Opportunities,” *Professional Safety*, no. 2010, pp. 44–51, 2011.

O BIM 3D, 4D E 5D COMO FERRAMENTA DE GESTÃO E PREVENÇÃO NUM ESTALEIRO DE CONSTRUÇÃO

Manuel Tender⁽¹⁾, Ricardo Reis⁽²⁾, João Pedro Couto⁽¹⁾, Paulo Monteiro⁽³⁾, Tânia Rocha⁽⁴⁾, Guiomar Vicente⁽⁵⁾, Tiago Delgado⁽⁶⁾, João Pinto⁽⁷⁾

- (1) Universidade do Minho, Guimarães;
- (2) Xispoli Engenharia, Felgueiras;
- (3) Paulo Monteiro, Lda;
- (4) Shay Murtagh, Viana do Castelo;
- (5) Universidade de Coimbra, Coimbra;
- (6) Propósito Projectos, Matosinhos;
- (7) Enes - Consulting Engineering, SA, Porto

Resumo

A utilização de ferramentas BIM como meio de otimizar a prevenção de riscos profissionais tem vindo a assumir uma posição cada vez mais relevante. A alteração dos Planos de Segurança e Saúde para este novo formato irá ser inevitável, como já está a acontecer com os restantes projetos de especialidade, pelo que urge aferir como pode ser implementada. A gestão de estaleiro, como elemento integrante do Plano de Segurança e Saúde, é relevante, atendendo à importância que tem para uma correta gestão da obra e devido aos riscos que cria para os trabalhadores e para terceiros. Este artigo expõe a aplicação de ferramentas BIM ao planeamento de estaleiro, designadamente ao nível da visualização (3D), do planeamento (4D) e do controlo de custos (5D). É apresentado um caso de estudo de planeamento de estaleiro de uma obra numa zona urbana. Para aferir a adequação e potencialidades desta nova abordagem, são apresentados os resultados de um inquérito a um painel de 31 técnicos do setor. Conclui-se que esta abordagem permite uma melhor perceção de riscos, e respetiva minimização, apresentado também impactos positivos a nível da própria gestão logística e financeira de estaleiro, melhorando a integração da prevenção no planeamento de obra.

1. Introdução

Embora se constatem diversas evoluções nos processos construtivos e o setor da construção tenha recentemente sofrido um decréscimo do volume de trabalho, os índices de sinistralidade no setor da construção continuam a ser bastante elevados [1]. Por outro lado, as ferramentas BIM têm vindo a ganhar cada mais relevo na elaboração de projetos, mas, no caso do Plano de Segurança e Saúde (PSS) e da Compilação Técnica (CT), elementos do projeto legalmente obrigatórios há vários anos e utilizados para gerir a segurança e saúde em fases de construção e exploração, tal ainda não se verifica. Na verdade, a dinamização atual destes documentos é consumada, salvo honrosas exceções, numa extensa lista de documentos, pouco inteligíveis e baseados em informação gráfica em formato 2D, que limita a capacidade de identificar e

analisar perigos antes de iniciar a construção [1]. Adicionalmente, constata-se, uma vez que a abordagem usada é habitualmente manual e oral [2], e baseada na experiência pessoal dos profissionais intervenientes, os resultados obtidos são propensos a erros, derivados de julgamentos subjetivos. Mais se verifica que muitas vezes existem lacunas na identificação de riscos e das respetivas medidas preventivas [1]. Tem-se também vindo a constatar frequentemente que um fraco planeamento em fase de projeto desempenhou um papel relevante em mais de metade dos acidentes de trabalho ocorridos na construção [3]. Acresce que é, em geral, encarada como algo que está separado do planeamento, e esta perspetiva dificulta a análise de quais as medidas preventivas necessárias e de quando e onde terão de ser implementadas [4]. Constata-se também que, na maior parte dos casos, não é feita uma análise dos riscos existentes para cada projeto: muito frequentemente, é criado um modelo-base que é depois usado para todos os projetos, independente do tipo de obra. Na realidade, salvo nas empreitadas de maior envergadura, a implementação dos Planos de Segurança e Saúde encontra-se bastante aquém do que seria esperado e desejável. Toda esta conjuntura cria um espírito de desvalorização e secundarização do tema, sendo assim necessário criar mecanismos para combater as lacunas identificadas e minimizar os riscos até níveis aceitáveis.

2. O BIM na prevenção de riscos profissionais

2.1 As abordagens mundial e nacional

A tentativa da melhoria das condições de trabalho através de ferramentas BIM é uma tendência cada vez mais nítida. As publicações sobre o tema, tem vindo a aumentar de ano para ano [1]: Aguilera analisou os artigos publicados em 11 países sobre a utilização de metodologias BIM aplicadas à prevenção na construção, verificando que 89% dos artigos foram publicados entre 2012 e 2016, com especial ênfase a partir de 2013 [5]. Da leitura dos artigos, pode concluir-se que o BIM aparenta ser um instrumento válido para o planeamento da prevenção de riscos profissionais [6] e que a sua utilização desde fases precoces do projeto tem vindo a ser relacionada com uma melhoria das condições de segurança, através de uma mais eficaz ligação com processo produtivo [1] e um decréscimo da taxa de sinistralidade nos últimos anos [3].

Em termos mundiais, com especial realce para países como os EUA, a Finlândia, a Inglaterra ou Singapura, existem já algumas abordagens institucionais à temática da prevenção de riscos profissionais com BIM, das quais destacamos: “Building Information Modeling Site Safety Submission Guidelines and Standard”, do New York City Department of Buildings, “Common BIM Requirements”, da Finlândia, e “PAS 1192-6 - Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM”, que se encontra em fase adiantada de lançamento no Reino Unido. No entanto, e derivado da juventude do tema, verifica-se que o potencial do BIM está longe de estar totalmente explorado [3]. Quanto a Portugal, as investigações sobre este tema são ainda escassas. Em termos de utilização da componente de visualização tridimensional, salienta-se a experiência realizada no estaleiro do Túnel do Marão pelo primeiro autor, a primeira a nível nacional. O objetivo foi aferir se este tipo de visualização se revela útil para efeitos preventivos, e a conclusão foi que *“o BIM aparenta ser um instrumento válido para a gestão de riscos, dado que permite antecipar situações, tem o potencial de ser um meio eficaz de transporte de informação, ajuda a otimizar o planeamento de recursos, (...) possibilitando, conseqüentemente, uma melhor gestão e um maior controlo da obra e do estaleiro, especialmente se estes, em consequência do reduzido espaço disponível, primarem por uma densidade de constituintes potencializadora de conflitos”* [7]. Atendendo à

pertinência dos resultados obtidos na referida experiência, e tendo em conta o grande caráter prático que uma abordagem técnico-científica sobre a aplicabilidade do BIM na prevenção de riscos profissionais obriga, foi criada uma parceria estratégica, de foro académico-empresarial, entre a Escola de Engenharia da Universidade do Minho (EEUM) e a Xispoli Engenharia. No âmbito desta parceria, por questões estratégicas relacionadas com divulgação, foi criado um conceito, o *BIMSafety*, que se definiu como tendo o objetivo de associar, para cada elemento ou equipamento instalado, os riscos ligados a operações de manutenção e reparação a realizar durante a vida útil da construção. No âmbito do estabelecimento deste conceito, verificou-se que *“tem todo o potencial, pelo formato de visualização que apresenta, para abrir caminho a uma maior agilização do planeamento da prevenção, designadamente ao nível de identificação dos riscos e medidas preventivas, através de novas abordagens ao PSS e à CT, dentro de um espírito de integração entre questões de produção e de segurança”* [8]. Estabilizado o conceito *BIMSafety*, foi feito um primeiro teste com um caso prático, com o objetivo de aferir se é viável elaborar os documentos de foro preventivo (PSS e CT) com recurso a ferramentas BIM. Esta abordagem foi consumada em duas dissertações de Mestrado Integrado da EEUM, em meio empresarial na Xispoli Engenharia, que analisaram um caso prático de uma obra de reabilitação de um edifício no centro urbano do Porto, tendo submetido um inquérito com resultados a um painel de mais de 40 técnicos da área. Concluiu-se que *“a adoção do novo formato nos Planos Específicos estudados, permitindo uma visualização em três dimensões e a apresentação de informação escrita paramétrica para cada elemento construtivo, é considerada vantajosa, comparativamente com o modelo tradicional, otimizando o planeamento da prevenção (...) nomeadamente ao nível da simulação, visualização e compreensão das condições reais de trabalho, da identificação e antecipação de riscos, e do planeamento de medidas preventivas. (...) Revela-se bastante útil como instrumento de apoio a ações de formação, e aparenta possibilitar uma melhor integração entre a produção e a prevenção (...) com grande potencial para prevenir a ocorrência de acidentes de trabalho”* [9]. De referir que uma das conclusões deste estudo foi ser *“necessário aferir a possibilidade de realizar o planeamento da prevenção através de ferramentas BIM nas várias potenciais vertentes: 3D, 4D (planeamento temporal) e 5D (custos associados)”* [9]. A investigação que agora se apresenta pretende fazer isso mesmo.

2.2 As várias dimensões do BIM na prevenção

O BIM pode ser utilizado em diversas dimensões, permitindo abranger todo um ciclo de vida do edificado, ao incidir na automatização de tarefas habitualmente manuais e com grande propensão para erros: 3D (modelação automatizada a três dimensões e parametrização de objetos, em ambiente colaborativo); 4D (planeamento de atividades); 5D (controlo de custos), 6D (sustentabilidade), 7D (gestão da manutenção).

Ao longo dos diversos estudos já realizados, têm vindo a ser identificadas diversas vantagens na utilização de BIM na área preventiva. Estas vantagens são consumadas através de [10]: visualização tridimensional de processos de trabalho, através de modelos; visualização de representação e duração de riscos elevados; inserção de informação sobre riscos em modelos; deteção automática de conflitos; identificação de zonas de riscos. Indicam-se abaixo as vantagens identificadas na revisão bibliográfica realizada sobre as potencialidades do BIM:

- melhora a capacidade do projetista, numa oportunidade direta de melhorar mitigação riscos [10], para identificar, antecipar e minimizar riscos em fase de projeto, podendo os projetistas usar uma variedade de aplicações que mostram melhor localizações, sequências e planeamento [10] previamente ao aparecimento dos problemas no terreno [11];

- permite a visualização de condições antes de iniciar trabalhos [3], designadamente a existência de colisões espaciais, melhorando a perceção de riscos e a comunicação entre intervenientes, permitindo uma imediata resolução de problemas [11] poupando tempo e custos;
- a identificação de medidas preventivas é realizada de uma forma mais automatizada [3];
- os *out-puts* obtidos podem ser facilmente utilizados para efeitos formativos [3];
- ajuda a realizar o planeamento das tarefas, bem como dos recursos necessários a cada uma [6] e ao respetivo planeamento da segurança [3];
- otimiza o planeamento da prevenção, nomeadamente ao nível da simulação, visualização e compreensão de condições reais de trabalho;
- corresponde a um meio de passagem de informação mais rápido [6], melhorando, através de ferramentas de visualização e de planeamento, a comunicação entre os participantes [2];
- auxilia a investigação de acidentes [3];
- facilita a tarefa de inspecionar os locais de trabalho [11];
- diminui o número de dúvidas sobre o projeto [11].

Alerte-se que nem só da visualização 3D vive o BIM. A utilização das várias dimensões do BIM para efeitos preventivos tem vindo a ser um repto lançado por diferentes meios, sendo alvo de um especial enfoque na PAS 1192-6: “*deve-se equacionar o uso de 3D e 4D para suportar o desenvolvimento de métodos seguros, incluindo implicações de trabalho em altura, trabalhos temporários e necessidade de zona de exclusão*” [10], realce que pode ser justificado pelo facto de as situações de risco variarem durante o tempo do empreendimento. Surge, assim, o 4D, com as vantagens já identificadas:

- permite uma análise, espacial e temporal, de tarefas, otimizando o planeamento, melhorando a logística e produtividade e permitindo uma análise de problemas mais eficaz [12];
- permite uma mais efetiva deteção e análise de perigos, eliminando alguns dos problemas antes de construção começar, designadamente zonas de conflito, possuindo assim um grande potencial de diminuição de improvisação em opções de estaleiro [3];
- facilita comunicação com subcontratados e melhora colaboração entre membros equipa [12];
- permite demonstrar como os elementos temporários e as áreas de transição se comportam ao longo das diversas fases da construção [1];
- permite criar novos instrumentos de caráter formativo com a particularidade de ultrapassar facilmente a barreira linguística [1].

Do mesmo modo, a introdução da quinta dimensão do BIM (5D), o controlo de custos apresenta o potencial de:

- possibilitar uma abordagem expedita a estimativas de custos por cada atividade [3];
- gerar a representação de custos com o tempo diminuindo o tempo gasto na orçamentação e aumentando a precisão dos resultados diminuindo assim futuras disputas em termos financeiros;
- agilizar a gestão das mudanças de materiais, equipamentos ou mão de obra;
- facilitar a aferição do gasto e a gastar, interrelacionar custos com quantidades, áreas e volumes.

2.3 O BIM e a gestão de estaleiro

A gestão de estaleiro, como elemento a integrar no PSS, é relevante, atendendo à importância que tem para uma correta gestão logística da obra, com respetivo impacto financeira e devido à sua natureza dinâmica [4] e aos riscos que cria para os trabalhadores e para terceiros. A capacidade de modelar e visualizar o *layout* do estaleiro tem o potencial para suportar uma análise detalhada da logística do estaleiro, que pode ser utilizada para rentabilizar os fluxos de materiais e equipamentos, aumentar a produtividade, otimizando o espaço disponível em

estaleiro e melhorar as condições de segurança [4] designadamente em termos da perceção de riscos por parte dos novos trabalhadores em estaleiro [12]. No entanto, a abordagem temporal e espacial do estaleiro nem sempre é muito sistemática [2], muitas vezes devido: às limitações que os desenhos bidimensionais apresentam e porque a montagem e desmontagem de instalações provisórias, geralmente possuindo riscos muitos elevados, é subvalorizada pelos projetistas.

A nível internacional, têm vindo a ser desenvolvidos alguns estudos sobre gestão de estaleiro utilizando o BIM. Realce-se a importância dada ao tema pelo Departamento de Edifícios do município de Nova Iorque (NYCDOB), onde os planos de estaleiros são agora submetidos eletronicamente ao município, possibilitando uma análise e revisão virtuais, acelerando bastante o processo de aprovação [11]. Em termos nacionais, e posicionando-se no outro extremo, verifica-se que, para além da já referida visualização 3D realizada no Túnel do Marão [7] e do caso prático de obra de reabilitação acima referido, ainda não foi realizada qualquer abordagem específica à gestão de estaleiro, no âmbito de segurança e saúde, utilizando ferramentas BIM nas suas várias vertentes.

A abordagem realizada nesta investigação - inédita em Portugal - que se concentra num dos mais importantes componentes do PSS, a gestão de estaleiro, adotou um ponto de vista integrado, de modo a acautelar riscos para os trabalhadores, mas também para terceiros que estejam nas zonas adjacentes ao edifício em construção. Assim, e utilizando um caso prático de obra, foram analisadas três dimensões do BIM relativamente ao estaleiro: de um ponto de vista de visualização (3D), de planeamento (4D) e de custos associados (5D).

3. Metodologia

3.1 Caso de estudo

Em Portugal, designadamente nos grandes centros urbanos, assiste-se ao crescimento de intervenções de reabilitação de edifícios. O caso de estudo escolhido diz respeito a uma obra de construção de um edifício no centro do Porto. A obtenção de um caso de estudo de obra onde se pudesse realizar este trabalho revestiu-se de alguma dificuldade dado o BIM ainda não ser de utilização comum, em Portugal, em obras desta dimensão.

O ambiente colaborativo utilizado durante este estudo foi a plataforma VIEWPOINT FOR PROJECTS, que se revelou um instrumento válido para a gestão de informação.

3.1 Abordagem ao 3D

O programa escolhido para modelação do edifício foi o *Autodesk Revit*, um *software* de modelação BIM que tem vindo a ser bastante utilizado, sendo inclusivamente recomendado pelo NYCDOB, para projetar, construir e gerir estruturas e infraestruturas. O modelo foi carregado, tendo sido sobreposto a uma nuvem de pontos (ferramenta cada vez mais utilizada como instrumento facilitador do planeamento de obra [1]), obtida a partir de um levantamento por fotogrametria com recurso a VANT (veículo aéreo não tripulado), de modo a que o levantamento a realizar fornecesse não só informação sobre a topografia do terreno, mas também sobre os edifícios que compõem o quarteirão, para uma correta análise do impacto do edifício na sua envolvente próxima [11] (Figura 1).



Figura 1 – *Render* fotorrealista com nuvem de pontos (edifício e envolvente)

A partir desde modelo foi realizada a implantação de estaleiro. Para as instalações provisórias de estaleiro, foram escolhidos alguns dos objetos previstos no NYC como de inclusão obrigatória nos planos de estaleiro submetidos [11]. Houve ainda necessidade de modelar diversos objetos dada a inexistência de bibliotecas de objetos BIM relativos a alguns equipamentos de estaleiro específicos [13]. Quanto ao LOD dos objetos criados, tendo em conta que a necessidade de informação geométrica e paramétrica para cada fase é diferente [14], e considerando que esta investigação se concentra na fase de preparação de obra, estes foram adaptados às necessidades do estudo. De referir que, nesta fase, o mais importante não era obter uma figura geométrica perfeita e detalhada, mas sem dados paramétricos, e sim que os objetos fossem devidamente dimensionados e contivessem os dados paramétricos [11] para este estudo.

O resultado final da modelação geral foi o ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Resultado final de modelação de estaleiro

3.2 Planeamento (4D)

Para a simulação de planeamento (4D), foi utilizado o *Autodesk Navisworks*, *software* do mesmo fornecedor que o *Revit*, e recomendando no âmbito do NYCDOB [11]. Para o efeito, foi realizado um vídeo com uma simulação da evolução da montagem do estaleiro, com as datas a decorrerem e a respetiva referência às tarefas em execução, com a percentagem do executado visível a cada dia. Na Figura 3, exemplifica-se o resultado obtido.

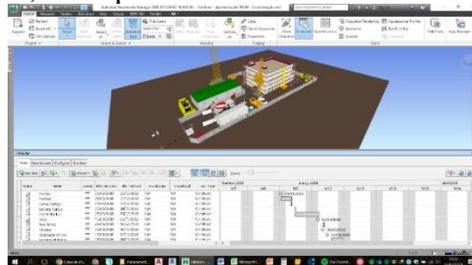


Figura 3 – Resultado final da simulação realizada

3.2 Quantificação (5D)

A quantificação (5D), foi realizada através também do *Autodesk Navisworks*. Na Figura 4, ilustra-se o mapa de trabalhos e quantidades obtido para o estaleiro em questão.

Cap.	Descrição de trabalhos	UN	quantidades	Val unit.	valores totais
1	PREPARAÇÃO DO ESTALEIRO				
1.1	Demolições e remoção de elementos existentes	VG	1,0	800,00	800,00 €
1.2	Demontagem e limpeza	m2	2.100,00	5,00	10.500,00 €
1.3	Fornecimento e instalação de betão para obras de fundação de grua e	m3	12,34	100,00	1.234,00 €
2	VEDAÇÕES, GUARDAS E ANDAIMES				
2.1	Montagem módulos de vedação metálica 2x1 m incluindo postes	un	168,00	15,00	2.520,00 €
2.2	Montagem de módulos 2,8x1 para portão incluindo postes	un	3,00	200,00	600,00 €
2.3	Montagem de guarda corporal incluindo guarni e tubos	un	55,00	10,00	550,00 €
2.4	Montagem de barreiras divididas de 1m de altura	m	13,25	10,00	132,50 €
2.5	Montagem de andaimes				0,00 €
2.5.1	no piso 0	un	54,00	25,00	1.350,00 €
2.5.2	no piso 1	un	42,00	25,00	1.050,00 €
3	SINALIZAÇÃO				
3.1	instalação de barreira de tráfego à entrada do estaleiro	Vg	1,00	100,00	100,00 €
3.2	Fornecimento de cones de tráfego	un	9,00	50,00	450,00 €
3.3	Fornecimento de New Arreys para organização de tráfego	un	6,00	120,00	720,00 €
3.4	Fornecimento e instalação de sinalização vertical	un	6,00	75,00	375,00 €
4	INSTALAÇÕES DE APOIO				
4.1	Montagem de contentores para escritório	m2	133,80	40,00	5.352,00 €
4.2	Montagem de contentores para armazenagem de apoio à obra	m2	30,00	40,00	1.200,00 €
4.3	instalação de passadizo coberto no acesso ao contentor de apoio	m	12,00	30,00	360,00 €
5	EQUIPAMENTOS (mobilização)				
5.1.1	Bulldozer	un	1,00	5.000,00	5.000,00 €
5.1.2	Cilindro	un	1,00	2.500,00	2.500,00 €
5.1.3	Contentor de Resíduos	un	1,00	1.500,00	1.500,00 €
5.1.4	Escavadora	un	1,00	2.400,00	2.400,00 €
5.1.5	Geradores	un	1,00	2.000,00	2.000,00 €
5.1.6	Gratária	un	1,00	2.400,00	2.400,00 €
5.1.7	Grua	un	1,00	4.500,00	4.500,00 €
5.1.8	Monte Cargas	un	1,00	1.900,00	1.900,00 €
5.1.9	Equipamento de iluminação	un	1,00	1.200,00	1.200,00 €
5.1.10	Montagem de Resíduos	un	1,00	1.100,00	1.100,00 €
TOTAL (Euros)					47.893,50 €

Figura 4 – Mapa de trabalhos e quantidades obtido

3.3 Inquérito de validação

Para aferir a pertinência desta abordagem, foi implementado um inquérito a um painel de especialistas do setor da construção. O inquérito pretendeu avaliar a utilidade do novo modelo quanto à utilização das dimensões 3D, 4D e 5D do BIM. O inquérito foi realizado via email e aplicado a um painel de 31 especialistas com, no mínimo, 5 anos de experiência no setor de construção (nas diversas vertentes). Em termos de caracterização do painel, refira-se que 35,48% desenvolvem funções na área de prevenção, 25,81% na área de Direção de Obra, 29,03 na área de Projeto e 9,68% na área de ensino, possuem uma média de 16,54 anos de experiência profissional (superando bastante a experiência mínima estipulada). O inquérito era constituído por quatro questões: uma sobre cada uma das dimensões do BIM estudadas (3D,4D e 5D), e uma questão final de apreciação global.

O modo de apresentação deste plano de estaleiro (relativamente ao tradicional e no âmbito da prevenção de riscos) no tocante a....	Igual	Melhor	Bastante melhor
Q1 - visualização (3D) das instalações de estaleiro, é...			
Q2 - planeamento (4D) , é...			
Q3 - controlo de quantidade/custos (5D), é...			
Q4 - melhores resultados do que utilizando o método tradicional?			

Foi também solicitado aos inquiridos que indicassem, numa frase, a característica do modelo que me mais tenha chamado á atenção.

4. Resultados e discussão

Na Figura 5 ilustram-se os resultados obtidos.

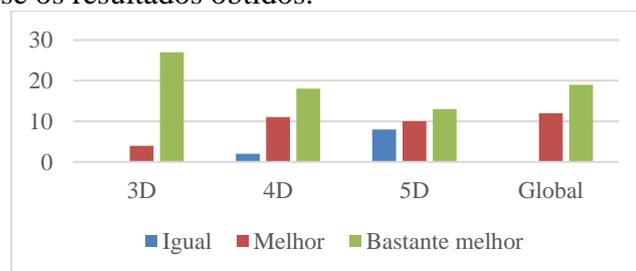


Figura 5 – Resultados obtidos

Verifica-se a existência, nas quatro questões, de uma maioria absoluta do painel de inquiridos, de que as abordagens adotadas são melhores do que as metodologias tradicionais. Tornam-se assim bastante esclarecedores quanto a validação, viabilidade e adequabilidade da metodologia.

Q1 – Em termos de abordagem relativa à visualização (3D), a quase totalidade dos inquiridos (87%) considerou-a como bastante melhor do que a abordagem tradicional. Os dados obtidos evidenciam que esta abordagem é considerada como permitindo uma visualização, quer das instalações (e respetivas áreas) quer das tarefas, mais ampla e próxima da realidade, mais precoce, mais entendível e menos dúbia, do que recorrendo ao desenho bidimensional. Verifica-se também que este tipo de visualização, sendo de leitura simples, propicia uma melhor perceção e identificação dos diversos elementos de estaleiro (e respetivo corelacionamento). Esta abordagem melhora ainda a capacidade de planeamento (salientando-se as tarefas relativas a circulação de equipamentos em estaleiro e movimentações de grua-torre) e facilita as alterações geométricas a realizar, sendo que qualquer alteração realizada por motivos ligados à área produtiva da obra implica uma alteração em termos preventivos, que é bastante simples de realizar automaticamente. Em termos de perigos e riscos e respetivas medidas preventivas a implementar, verifica-se que existe uma mais expedita identificação destes, em cada local de trabalho. Saliente-se a possibilidade de uma melhor identificação de zonas ou alturas temporais onde existe um maior nível de riscos, designadamente de atropelamento (principalmente na zona de acesso a estaleiro), de queda de materiais em elevação (no raio de influência da grua) e queda em altura. Outra das vantagens identificadas foi o facto de que também que se torna mais simples identificar potenciais condicionalismos, quer no espaço de obra quer na envolvente. Em termos de comunicação em estaleiro, cria-se um instrumento novo e útil, quer para implementação de ações de formação e sensibilização aos trabalhadores, quer para instrumento de comunicação com os responsáveis pela instalação e exploração do estaleiro, minimizando ou eliminar os típicos “conflitos” comunicacionais.

Em termos de inspeção a estaleiro, facilita a comparação entre o previsto e realizado. A utilização da nuvem de pontos agilizou a integração da envolvente, maximizando a identificação de condicionalismos, e assim diminuindo o impato e riscos para terceiros, designadamente os moradores e peões que circulam em zonas adjacentes a obra.

Q2 - Em termos de abordagem relativa ao planeamento (4D), verifica-se que esta vertente é menos valorizada do que a vertente de visualização tridimensional, mas ainda assim a maioria dos inquiridos (58%) a considera como bastante melhor do que a abordagem tradicional. Constata-se que esta abordagem permite um melhor planeamento derivado de uma aproximação mais antecipada, estruturada e menos abstracta às tarefas, tornando o processo mais próximo da realidade, melhorando e otimizando movimentações de equipamentos bem como a ocupação de espaços e volumes (e respetivos tempos de execução) e expondo nitidamente a sequência de montagem, do ponto de vista da segurança, diminuindo a necessidade de improvisação ou soluções de última hora. A simulação do encadeamento de tarefas permitiu identificar antecipadamente diversos cenários, principalmente em situações derivadas de alterações da organização de estaleiro ou nas alturas críticas em que, p.e. por sobreposição de atividades, existe um evidenciar ou elevar do nível de riscos, por exemplo de atropelamento, ou em que existe uma incompatibilidade de tarefas em termos espaciais, permitindo uma reavaliação expedita da situação. Possibilita também que se enquadrem as movimentações ocorridas na envolvente do estaleiro e que tenham interferência com a envolvente.

Q3 - Em termos de quantificação de quantidades e custos (5D) para a montagem de estaleiro, verifica-se que esta dimensão foi considerada como “Bastante melhor” por 42% dos inquiridos,

valor que conjugado com 32% dos inquiridos que consideraram “Melhor” ainda se revela como bastante aceitável (74%). Com a extração automatizada de quantidades (tarefa impossível no processo tradicional) obtém-se uma listagem expedita, a cada momento (principalmente face a alterações de estrutura de estaleiro ou planeamento de obra), de elementos de carácter preventivo (guarda-corpos, barreiras, sinalização, etc) instalados ou montados. A esta listagem basta associar o custo unitário para assim produzir um orçamento completo. Com esta automatização da integração entre equipamentos de proteção a mobilizar e os respetivos custos, torna-se possível separar, no caderno de encargos, os diferentes equipamentos de proteção a utilizar, ao invés do habitual “preço por valor global” deste artigo (resolvendo o “velho” problema da inexistência de quantificação dos itens relativos à prevenção, e criando um instrumento com um grande potencial para minimizar a concorrência desleal). Torna-se também possível, a qualquer momento e em qualquer fase de obra, saber qual o material necessário, bem como antever o custo final previsto relacionado com a atividade de montagem e manutenção do estaleiro (tendo em conta os itens em estudo), e o custo faseado de cada parcela, otimizando a gestão financeira do estaleiro (designadamente na relação com fornecedores), quer em termos de exploração corrente, quer em termos de alterações de materiais, equipamentos, mão-de-obra, ou previsões orçamentais. Durante o inquérito foi apontado um ponto menos favorável que futuramente se melhorará: a não contemplação de fases de manutenção e desmontagem.

Q4 - Esta questão acaba por resumir toda a investigação, assim como todo o objetivo do inquérito. Nas respostas ao inquérito, é possível verificar que a maioria absoluta dos inquiridos (61%) considera que esta abordagem é mais bastante melhor que a tradicional, baseada em desenhos a duas dimensões, evidenciando a adequabilidade da proposta.

5. Conclusões

Observando os resultados obtidos no inquérito que reforçam os resultados de anteriores estudos (e salvaguardando que grande parte dos inquiridos não conhece ainda todas as potencialidades das ferramentas informáticas utilizadas), pode concluir que:

- A implementação da nova abordagem à gestão do estaleiro é bem aceite pela amostra de inquiridos sendo inegável que, para o caso estudado, existe uma implicação bastante positiva em termos de gestão de segurança bem como na otimização de tempos e custos;
- A implementação do estudo apresentou algumas dificuldades que advieram da não existência de histórico, em Portugal, de estudos similares;
- A vertente 3D revelou-se como a dimensão do BIM mais atrativa para os inquiridos;
- Os resultados obtidos neste caso indiciam que esta abordagem pode revolucionar a elaboração dos planos de estaleiro (componente essencial dos Planos de Segurança e Saúde) originando uma mudança de paradigma com um grande potencial para prevenir a ocorrência de acidentes de trabalho (pela incidência na identificação de riscos e tomada de medidas preventivas, nas vertentes comunicativas, formativas, implementacionais e inspeccionais). Constata-se também que esta abordagem tem o potencial de agilizar o procedimento de análise, validação técnica pelo Coordenador de Segurança e Saúde em fase de Obra, e aprovação pelo Dono de Obra, conforme legislação em vigor.
- Quanto ao uso de objetos criados e suas funcionalidades, pode considerar-se o processo como completo, dado que a sua funcionalidade foi testada num caso de estudo.
- Cumpre realçar o efeito positivo da união entre o meio académico e o empresarial, que potencia e facilita a implementação de ações de investigação deste carácter.

No futuro:

- Deverão ser realizados estudos, de modo a verificar a aplicabilidade desta abordagem noutros componentes do Plano de Segurança e Saúde e da Compilação Técnica;
- Deverão desenvolver-se bibliotecas de objetos específicos para esta temática;
- Dever-se-á juntar esforços institucionais, para a criação de um documento normativo a nível nacional, no âmbito da transmissão e uso de informação de carácter preventivo utilizando o BIM.
- Deverão ser realizados testes para aferir qual o melhor modo de parametrização, de carácter preventivo, esclarecendo as várias perspetivas ainda existentes em termos internacionais;
- Deverão ser aferidas as práticas estado-da-arte em países com um nível de implementação mais avançado do que Portugal, de modo a avaliar a sua adaptabilidade à realidade nacional.

Referências

- [1] S. Azhar and A. Behringer, "A BIM-based approach for communicating and implementing a construction site safety plan," in *49th ASC Annual International Conference Proceedings*, Califórnia, EUA, 2013.
- [2] S. Choe and F. Leite, "Construction safety planning: Site-specific temporal and spatial information integration," *Automation in Construction*, vol. 84, pp. 335-344, 2017.
- [3] M. Martínez-Aires, M. López-Alonso, and M. Martínez-Rojas, "Building information modeling and safety management: A systematic review," *Safety Science*, vol. 101, pp. 11-18, 2018.
- [4] S. Zhang, K. Sulankivi, M. Kiviniemi, I. Romo, C. Eastman, and J. Teizer, "BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning," *Safety Science*, vol. 72, pp. 31-45, 2015.
- [5] A. Aguilera, "Review of the state of knowledge of the BIM methodology applied to health," in *Occupational Safety and Hygiene V*, Londres, Inglaterra: CRC Press/Balkema, 2017, pp. 447-452.
- [6] M. Tender, J. Couto, and J. Fernandes, "Using BIM for risk management on a construction site.," in *Occupational Safety and Hygiene V*, Londres, Inglaterra: CRC Press/Balkema, 2017, pp. 269-272.
- [7] J. Fernandes, M. Tender, and J. Couto, "Utilização do BIM na gestão de segurança do estaleiro da construção do Túnel do Marão," in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, Guimarães, Portugal, 2016, pp. 427-436.
- [8] M. Tender, J. Couto, R. Reis, C. Lopes, and T. Cunha, "A integração do BIM na gestão da prevenção na construção," *Revista Segurança*, vol. 237, 2017.
- [9] M. Tender, J. Couto, R. Reis, C. Lopes, and T. Cunha, "O BIM (Building Information Modelling) como instrumento de prevenção em fases de projeto, de obra e da manutenção do edificado," *Ingenium*, vol. 161, pp. 106-107, 2017.
- [10] The British Standards Institution, *Publicly available specification PAS 1192-6 - Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM*, 2017.
- [11] New York County Buildings, "Building Information Modeling Site Safety Submission Guidelines and Standards," Nova Iorque: New York City Department of Buildings, 2013.
- [12] J. Godfaurd and G. Abdulkadir, "Integrating BIM and planning software for health and safety site induction," in *The Royal Institution of Chartered Surveyors International Research Conference*, University of Salford, Inglaterra, 2011.

- [13] M. Trani, M. Cassano, D. Todaro, and B. Bossi, "BIM level of detail for construction site design," *Procedia Engineering*, vol. 123, pp. 581-589, 2015.
- [14] M. Cassano and M. Trani, "LOD standardization for construction site elements," *Procedia Engineering*, vol. 196, pp. 1057-1064, 2017.

DO INÍCIO DO CICLO À VIDA DO EDIFÍCIO À GESTÃO DE INFORMAÇÃO; BIM - METODOLOGIA E ESTUDO DE UM CASO

Pedro Ferreirinha⁽¹⁾ Mário João Alves Chaves⁽¹⁾

(1) Universidade Lusíada de Lisboa – Faculdade de Arquitetura e Artes, Lisboa

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da minha tese para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura. A minha grande motivação foi desenvolver competências na gestão da informação em BIM, bem como adquirir uma visão global do contexto em que a metodologia BIM está atualmente a ser abordada à escala mundial.

Para apreender o espectro de aplicação das ferramentas BIM disponíveis optei por desenvolver o estudo de um caso real de um edifício hospitalar, com aproximadamente 12.000 m², e explorar todas as dimensões BIM (3D ao 7D). Neste trabalho elaborei uma análise do seu potencial na gestão de informação, comparando resultados com o processo tradicional de projeto. Este trabalho foi baseado nos elementos fornecidos pelas equipas projetistas e da obra. Esta articulação permitiu a comparação direta de resultados e de metodologias.

O foco foi dado à análise das mais-valias e das desvantagens desta metodologia, desde o desenvolvimento do primeiro traço de arquitetura até à gestão de ativos, mantendo toda a informação centralizada e atualizada.

Outro objetivo foi descrever todos os requisitos de informação cuja introdução fosse necessária para um planeamento eficaz e criar a sequente simulação da construção, de forma a antecipar / acompanhar as ocorrências em obra. Com a correta parametrização da informação foi também possível desenvolver a análise de incidência solar e da gestão de ativos imobiliários.

1. Introdução

A indústria de Arquitetura, Engenharias, Construção e Operação (AECO) portuguesa tem espaço para melhorar o seu desempenho no cumprimento de prazos contratados e na gestão dos articulados e orçamentos. Há, também, margem para desenvolvimento tecnológico que permita uma boa performance desde a fase de projeto à obra, como acontece na indústria automóvel. Por estes motivos torna-se claro que o setor da construção tem de mudar de estratégia para aumentar a competitividade, minimizando custos e erros, desde as incompatibilidades de projeto à informação que não chega a todos os elementos da cadeia, de modo a que a informação disponível seja a atualizada e a correta na altura das decisões.

A metodologia Building Information Modelling (BIM) está a ganhar terreno na indústria AECO em Portugal. O impulso privado, com origem nas empresas, tem sido um dos principais polos dinamizadores desta alteração de paradigma.

2. Metodologia utilizada

Ao longo deste trabalho analisa-se a capacidade de troca de informação entre as especialidades, evidenciando o estudo na aplicação do BIM.

No âmbito das especialidades foi utilizado o *Revit* como programa preferencial para a modelação do edifício. Foi desenvolvido um trabalho extensivo ao nível da organização e classificação dos objetos, que serviu de base à gestão da informação no modelo para as várias especialidades e dimensões BIM.

Com o avançar do projeto e da dissertação quis abranger toda a cadeia do edifício, desde o desenvolvimento do projeto até à gestão de ativos 7D, passando pelo planeamento 4D, os custos da obra 5D e a análise solar 6D.

A 3D-modelação foi desenvolvida pela Teixeira Duarte por uma equipa multidisciplinar, de 15 pessoas, em que estive envolvido e onde desenvolvi a especialidade de arquitetura. Para a 4D-planeamento e a 5D-custos utilizei o *software Vico Office R6.5*. Na 6D-sustentabilidade utilizei o *Revit 2017*, com a subscrição de créditos da *Autodesk* para a utilização do *Insight Lighting e Solar*, para desenvolver a análise solar e luminosa do edifício. Por último, na 7D-Gestão de Ativos, utilizei o *software YouBIM* para testar a gestão e a manutenção do edifício.

3. 3D – Modelação e compatibilização

Sabendo os objetivos 4D-7D, definiu-se um patamar de LOD 300 [1] para o desenvolvimento do modelo global. Na modelação de arquitetura foi necessário desenvolver alguns elementos com o LOD superior para conseguir ter a informação exata; a estrutura ficou pelo LOD 200, visto não terem sido modeladas as armaduras nem as cofragens. As restantes especialidades foram modeladas com o LOD 200, à exceção do AVAC, modelado com o LOD 350.

Após a modelação estar concluída foi necessário perceber se a metodologia oferecia ferramentas para extrair entregáveis, como acontece com a metodologia tradicional. Foi então criado um *template* de controlo e definição gráfica, que permitisse a obtenção de um aspeto gráfico equivalente ao método tradicional, em *AutoCAD*. Foi então possível extrair as folhas de desenho em PDF e exportar em DWG com as cores previamente definidas, de modo a corresponderem ao CTB (*colour-dependent plot style table*) utilizado pela empresa.

3.1 3D – Verificação de qualidade / *Clash detection*

Para executar a verificação automática foi utilizado o *software Navisworks Manage 2017*.

Aqui existem várias opções de configuração – entre elas a definição de que especialidade vai ser compatibilizada com qual, e qual o grau de colisão aceitável. Para o grau de colisão escolhi um mínimo de 5 cm de sobreposição, o que significa que todas as sobreposições inferiores a 5 cm não foram contabilizadas no relatório final. Na Figura 1 podemos verificar as especialidades que foram compatibilizadas.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	
Estrutura vs Águas	Done	44	0	44	0	0	0	
Estrutura vs AVAC águas	Done	5	0	5	0	0	0	
AVAC condutas vs Elétricas	Done	25	0	25	0	0	0	
AVAC condutas vs águas	Done	19	0	19	0	0	0	
Arquitetura vs Elétricas	Done	158	0	158	0	0	0	
Arquitetura vs AVAC condutas	Done	777	0	777	0	0	0	

Figura 1: Exemplo de *clash detection* por especialidades

As especialidades que careceram de maior cuidado de análise foram as de estrutura *vs.* AVAC. O relatório apresentou 71 incompatibilidades, na sua maioria condutas em colisão com vigas ou paredes de betão. Este foi um passo extremamente útil para aferir a qualidade dos projetos e compatibilizar todas as especialidades.

Em relação à arquitetura *vs.* AVAC-condutas, foram registadas 777 colisões – isto porque, quando uma conduta atravessa uma parede, é apresentada como uma colisão. Na realidade, é necessário fazer uma abertura na parede para a passagem da conduta, o que não constitui um erro de modelação.

Outro aspeto refere-se ao facto de os equipamentos de ventilação colocados nos tetos falsos serem reportados como uma sobreposição, visto que aos tetos não foram subtraídos os espaços para a colocação dos equipamentos. Todas as outras colisões foram retificadas e o modelo foi atualizado.

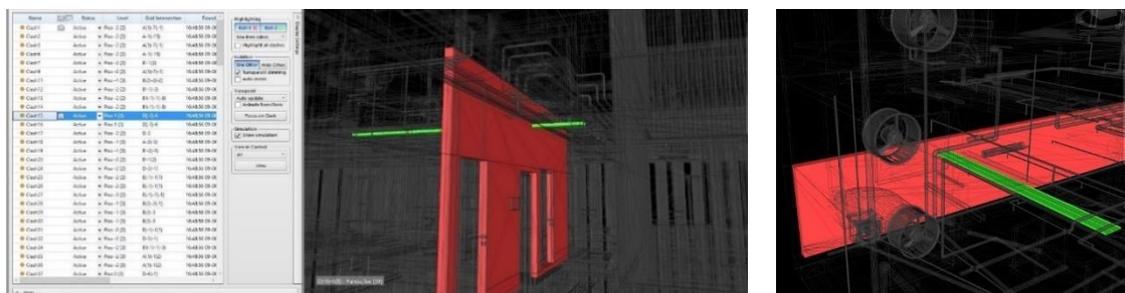


Figura 2: Exemplo de colisões entre especialidades

A metodologia tradicional demonstra-se desadequada às necessidades das equipas de arquitetura no que respeita à compatibilização de especialidades. O CAD 2D acarreta um risco elevado de que haja potenciais colisões a passarem despercebidas até uma fase comparativamente tardia de projeto – ou até à obra.

Note-se que, neste caso, a obra estava a decorrer; foi o processo de *clash detection* que permitiu ganhar algum tempo para que as respetivas equipas projetistas encontrassem soluções antes de a equipa da obra chegar àquela etapa de construção.

4. 4D – Planeamento

Esta fase refere-se à análise da dimensão 4D-BIM aplicada ao caso de estudo – o que corresponde à simulação de planeamento de obra.

Este projeto teve como singularidade a possibilidade de comparar o planeamento tradicional, previamente realizado em concurso, com o que efetivamente se seguiu durante a construção – e estes com uma alternativa 4D-BIM.

4.1 4D – Exportação do Modelo

A simulação 4D começa com a exportação do modelo do *software* de modelação onde foi realizado para a ferramenta de gestão e planeamento escolhida. No caso, o modelo foi executado em *Revit 2017* e exportado para *Vico*, versão R6.5.

4.2 4D – Medição de Quantidades

A extração de quantidades foi feita através de parâmetros partilhados e parâmetros de sistema. Os parâmetros partilhados foram criados especificamente para projetos BIM. Estes parâmetros permitiram fazer uma correspondência direta entre os elementos modelados e os trabalhos orçamentados. Os parâmetros de sistema foram utilizados em função do que se pretendia medir para cada objeto (betão - volumes, paredes – áreas, rodapés - comprimentos, etc.).

Todas as quantidades encontradas são agrupadas em classes e cada uma engloba todos os objetos idênticos encontrados. Geradas na folha de medições (*Takeoff Manager*), estas quantidades compreendem uma grande diversidade de dados, desde as áreas de superfícies laterais às áreas de topos ou aos volumes dos objetos selecionados. Caso não seja possível a extração destes valores para algum dos objetos do modelo, surgem identificados a vermelho os campos correspondentes à informação em falta.

Associado à operação de *Quantity Takeoff* surge o conceito de localizações, que tem como objetivo a divisão da construção em zonas, facilitando a execução dos trabalhos, mas, sobretudo, permitindo à equipa de planeamento uma melhor gestão do espaço e do tempo, em coordenação com as tarefas e as equipas que lhes estão associadas.

Os critérios para a criação destas localizações são, na esmagadora maioria, eventos de circunstância relacionados com o projeto em questão. Pode, por exemplo, existir um pedido expresso do dono de obra, ou pode haver condicionalismos espaciais na execução de obras especialmente complexas ou de grande desenvolvimento, que obriguem ou prevejam essas divisões. Neste projeto a equipa da obra desenvolveu três frentes de obra para otimizar o tempo de construção.

No *Vico*, as divisões por frente de obra foram geradas em planta através de uma *polyline*. A seguir decompôs-se o edifício em altura, associando, no caso em questão, cada área a um nível diferente. O método de divisão em área é aplicável a cada um dos níveis, podendo zonas vizinhas não possuir os mesmos limites em planta.

Na Figura 3 mostra-se o critério utilizado neste estudo: dividir o edifício de forma a que incluísse divisões por nove áreas, necessárias ao desenvolvimento do projeto.

Na Figura 4 apresentam-se a divisões em três zonas por cada piso, que tiveram o objetivo de utilizar o planeamento definido pela obra.

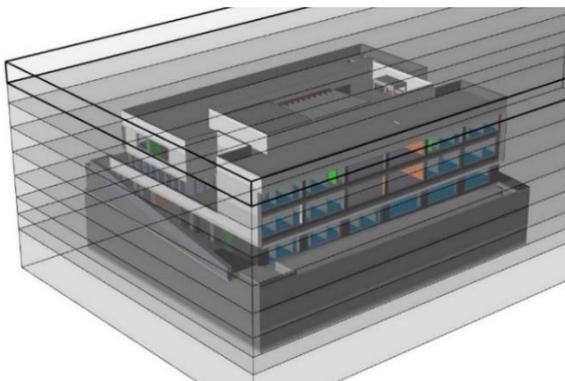


Figura 3: Divisão por pisos

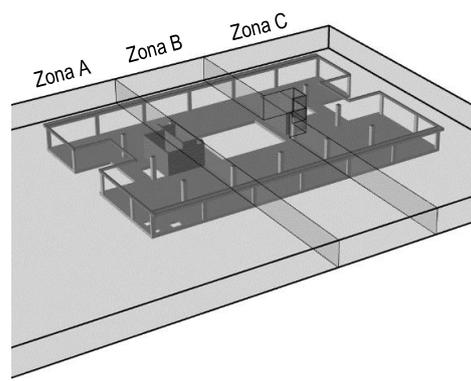


Figura 4: Divisão por pisos e por zonas

Na Figura 5 podemos verificar a associação das quantidades – no exemplo, as paredes de alvenaria de tijolo furado divididas por pisos e pelas três zonas (A, B e C).

Name	Unit	Cost Mj	Task Mj	Project	Estrutural	Piso -4	Zona A	Zona B	Zona C	Piso -3	Zona A	Zona B	Zona C	Piso -2	Zona A	Zona B	Zona C	Piso -1	Zona A	Zona B	Zona C
Count	NR	No	No	42,00	42,00	8,00	4,00	0,00	4,00	3,00	3,00	0,00	0,00	8,00	8,00	0,00	0,00	10,00	4,00	4,00	2,00
Length	M	No	No	63,58	63,58	13,80	6,66	0,00	7,14	6,62	6,62	0,00	16,41	16,41	0,00	0,00	16,31	6,52	1,45	8,35	
Reference Side Surface Area	M2	Yes	No	184,29	184,29	33,00	15,89	0,00	17,11	18,49	17,12	0,00	1,37	45,27	45,27	0,00	0,00	51,89	19,89	5,08	26,91
Opposite Side Surface Area	M2	No	No	184,28	184,28	33,00	15,89	0,00	17,11	18,49	17,12	0,00	1,37	45,27	45,27	0,00	0,00	51,89	19,89	5,08	26,91
Top Surface Area	M2	No	No	7,32	7,32	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	0,70	0,00	0,75	2,42	2,42	0,00	0,00	1,11	0,59	0,19	0,32
Bottom Surface Area	M2	No	No	7,20	7,20	1,45	0,70	0,00	0,75	0,70	0,00	0,00	0,00	1,72	1,72	0,00	0,00	2,18	1,15	0,19	0,84
Ends Surface Area	M2	No	No	29,67	29,67	4,40	2,20	0,00	2,20	2,00	1,83	0,00	0,18	5,10	5,10	0,00	0,00	7,58	3,20	2,12	2,26
Reference Side Opening Surface Area	M2	No	No	2,27	2,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27	2,27	0,00	0,00
Opposite Reference Side Opening Surface Area	M2	No	No	2,27	2,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27	2,27	0,00	0,00
Net Volume	M3	No	No	20,23	20,23	3,63	1,75	0,00	1,88	2,03	1,88	0,00	0,15	4,98	4,98	0,00	0,00	5,71	2,19	0,56	2,96

Figura 5: Lista de quantidades por pisos e por zonas

Estabelecido o processo de ligação lógica com a extração automática de quantidades é visível que as quantidades estão alocadas a cada um dos locais definidos. Esta associação influi no planeamento – que pode ser cada vez mais discriminado – e na previsão de custos – que passa a ter mais pontos de controlo ao longo da obra.

Para as tarefas de arquitetura foi definido que a separação do edifício seria feita por pisos e por compartimentos, de onde é possível extrair o detalhe máximo para separação das quantidades por compartimentos.

Para associar os elementos modelados ao articulado, encontramos a folha de custos, onde todos os objetos podem ser colocados ou ser decompostos pelos materiais, equipamentos e mão-de-obra que os constituem. A forma como essa alocação é feita assenta numa estruturação de dados baseada nos sistemas de classificação, onde a forma simples de descrição de cada campo tornava bastante perceptível a forma como se deveria organizar a informação.

Uma listagem dos processos, materiais ou recursos descritos, que nesta fase se situam na folha de custos consoante a prioridade do planeamento, pode ou não acontecer devido às tarefas que foram, entretanto, estabelecidas na folha de tarefas (*Task Manager*). As tarefas criadas geralmente correspondem às exigências do grau de planeamento que se pretende implementar. Todos os dados que correspondem a uma determinada tarefa têm associada toda a informação que até esse ponto tinha sido introduzida, como as medições, os consumos, as unidades de medida, os custos unitários ou até informações sobre desperdícios previstos na execução dos trabalhos.

Id	Description	Source	Consumpt.	Consumpt.	Waste	Qty	Labor	Unit.	UOM	Unit Cost
3.03	Enchimentos, betonilhas e missâneas	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	0,00
3.04	Isolamentos e impermeabilizações	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	0,00
3.06	Revestimento de Fachadas	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	606 481,25
3.07	Revestimento de Pavimentos Exteriores	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	37 202,51
3.08	Capamentos	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	9 658,45
3.09	Divisórias	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	323 931,27
3.10	Revestimentos de Pavimentos Interiores	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	188 090,66
3.11	Revestimentos de Paredes Interiores	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	237 974,03
3.12	Revestimentos de Tectos Interiores	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	168 752,53
3.13	Rodapés	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	24 062,96
3.13.1	Fornecimento e montagem de rodapé tipo '383 Teixeira', em contraplacado	341,18	1,000	1,000	1,000	341,18	0,00	ml	-	16,07
3.13.2	Fornecimento e montagem de rodapé em resina fenólica tipo 'TRESPA', referência a	400,65	1,000	1,000	1,000	400,65	0,00	ml	-	26,33
3.13.3	Fornecimento e assentamento de rodapé vinílico da 'GERFLOR' Taralay Premium	1 193,33	1,000	1,000	1,000	1 193,33	0,00	ml	-	6,73
3.16	Guardas e Corrimões	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	m	-	17 792,47
3.17	Pinturas	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00	0,00	-	-	51 687,77

Figura 6: Associar elementos 3D aos artigos do orçamento

Além de termos as quantidades separadas por zonas agora temos, também, as quantidades que irão ser consideradas no orçamento.

No final, todas as tarefas têm discriminadas as quantidades necessárias à sua construção. Têm também uma indicação das durações previstas, que aparecem por defeito provenientes de um rendimento-tipo introduzido anteriormente. Estas durações podem agora ser objeto de refinamento mediante as características do trabalho e das equipas que as vão realizar, tendo em conta que estes ajustes não impedem o principal da elaboração de um modelo 4D: o planeamento da construção.

4.3 4D – Linhas de Balanço

Os modelos 4D-BIM são produzidos num *software* BIM de planeamento para que sejam usadas as características de cada objeto do modelo. O resultado é um planeamento da sequência de construção dessas entidades ao longo do tempo.

Em BIM está a tornar-se comum o planeamento por linhas de balanço – em inglês *lines of balance*, ou LOB [2].

O método de planeamento por linhas de balanço é uma técnica baseada nas localizações das tarefas. A sua representação é feita por um diagrama de linhas, em que cada linha corresponde a uma tarefa. Este grafismo permite visualizar a produtividade da obra através dos fluxos de trabalho geral, as atividades associadas a cada localização, quem as está a executar e quanto tempo demorará a sua execução. Neste método a equipa de planeamento consegue associar datas, tarefas, locais e equipas com vista a uma previsão mais exata e uma gestão otimizada dos trabalhos.

A Goodyear, nos anos 40, já usava linhas de balanço – tal como a Alemanha, uma década antes, no fabrico de aviões. O fabrico de aviões alemão seguindo o método rítmico das linhas de balanço espalhou-se à indústria de aviação japonesa, e desta à automóvel. Ainda hoje a Toyota planeia a sua produção por este método.

Esta técnica constitui ainda novidade para muitos profissionais do sector AECO – apesar de ter sido o método usado na construção do *Empire State Building*, em Nova Iorque, EUA, nos anos 30 do século passado [3].

O planeamento por LOB perdeu terreno para o CPM devido a críticas que o apontaram como um método gráfico, pouco analítico. Apesar de se terem revelado infundadas pouco depois, o CPM dominou o planeamento durante décadas, até o LOB ter voltado a ser aplicado numa renovação do edifício do Pentágono, em 2002 [3]. Desde então que várias pesquisas académicas e uma gradual reintrodução do LOB na indústria AECO tem permitido obter resultados mais eficientes no planeamento da obra [3].

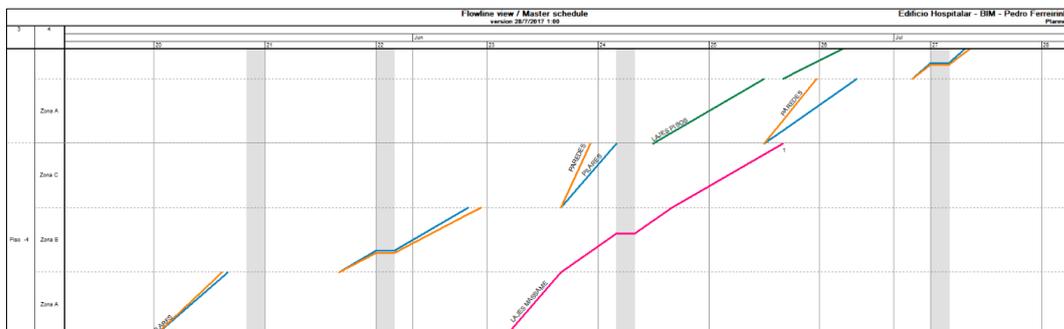


Figura 7: Linha de balanço relativo à estrutura

5. 5D – Custo

Concluído o planeamento 4D-BIM, e dispondo já do orçamento associado às tarefas, foi possível extrair todo o tipo de custos, não só para entrega e adjudicação das empreitadas, como também para o controlo da obra por parte do empreiteiro.

Com as localizações definidas foi possível extrair os custos da obra por localizações e por datas, de modo a conseguir uma minuciosa gestão financeira da empreitada.

Os gráficos apresentados no capítulo 4D-BIM são um bom exemplo da estreita relação entre estas duas fases de trabalho. A calendarização da obra com base nas quantidades e os orçamentos atribuídos a cada material por período de tempo são possíveis de extrair após a execução desta fase.

Finalmente, e com toda a informação geométrica e não-geométrica definidas, foi possível extrair relatórios, tanto em PDF com em *Excel*, tanto para entrega ao cliente como para análise.

6. 6D – Sustentabilidade

Optou-se por focar a análise do caso de estudo na exposição solar, o que permite perceber a que nível a arquitetura potenciou a entrada de luz solar controlada e, por inerência, a entrada de energia térmica.

Nas imagens seguintes ilustra-se a incidência solar no edifício no dia 20-06-2017 ao longo de todo o dia. Dividiu-se o estudo por segmentos de horas, desde o nascer ao pôr-do-sol; a incidência solar é mostrada em kWh/m². O resultado é um gráfico de cores, apresentado em gradação: a verde-claro correspondem as zonas com menor incidência e, a vermelho, as zonas mais expostas à incidência dos raios solares.

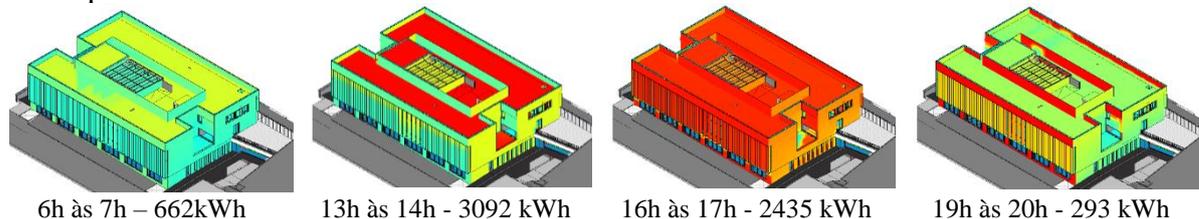


Figura 8: Incidência solar do edifício pelo exterior. Vista das fachadas sul e poente

A análise pelo exterior foi complementada pelo estudo da incidência solar no interior dos pisos 1 e -2 do edifício. Para uma melhor noção do impacto das opções de sombreamento adotadas pela arquitetura efetuou-se um modelo alternativo, sem as lamelas de sombreamento verticais.

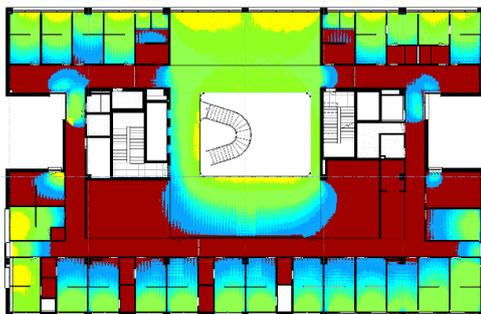


Figura 9: Incidência solar sem *brise-soleil*

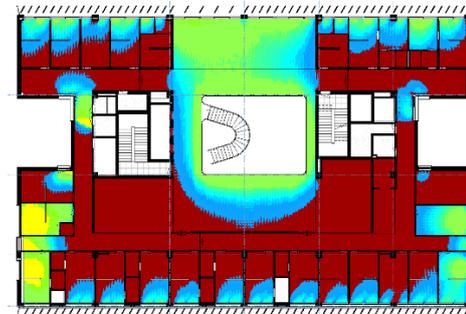


Figura 10: Incidência solar com *brise-soleil*

Comparando os resultados das soluções com / sem sombreamento tornou-se claro que as lamelas de sombreamento permitem garantir níveis apropriados de luz natural nos espaços de permanência, ajudando à redução da necessidade de iluminação artificial.

É possível, durante o desenvolvimento do projeto de arquitetura e em articulação com as especialidades relevantes, elaborar modelos de análise de incidência solar e outros estudos relevantes para a otimização de soluções de eficiência energética do edifício.

Salienta-se que o potencial do BIM no desenvolvimento de projetos sustentáveis assenta não só na fase de projeto de arquitetura, mas no cruzamento e na colaboração entre equipas de especialistas – e, crucialmente, na posterior gestão do ativo.

7. 7D – Gestão de Ativos

Tendo terminado o projeto de execução e sido executada a obra passamos à vida do edifício. Todos os intervenientes, tanto do projeto como da obra, terão de entregar a informação necessária para que para o cliente consiga efetuar a manutenção necessária ao bom funcionamento do edifício. Na obra, o empreiteiro e os subempreiteiros incluem informações adicionais aos materiais e aos equipamentos.

Apenas 20% dos custos relacionados com um edifício são referentes à fase de projeto e construção. Os restantes 80% são imputáveis à manutenção e à gestão de ativos, *facility management* (FM) [5].

O espectro da gestão é vasto – e parte do que efetivamente os *facility managers* vão gerir é definido ainda aquando do projeto e da construção. Coloca-se, por isso, a questão: como é que o cliente vai receber e organizar a informação?

A dificuldade na gestão de informação prende-se com o modo como esta lhes é apresentada e arquivada. Com perdas críticas de informação e de dados sobre o ativo começa a criar-se um ciclo de ineficiência – e um aumento de custos desnecessários. A inexistência de controlo em tempo real leva a que a gestão do ativo seja feita numa base de reparação em vez de em prevenção.

Optou-se pelo *YouBIM* para a elaboração da análise 7D. O processo começou pelo cruzamento do modelo BIM elaborado em *Revit* com a plataforma *YouBIM*, recorrendo ao COBIE para uma correta gestão da informação.

O COBIE é um padrão para a troca de informações relativas ao edifício, cuja finalidade é a troca de informação não-geométrica dos elementos do modelo. Esta ferramenta “incentiva à recolha e introdução de informação no modelo durante as fases em que ela é obtida, ao invés do processo tradicional, onde é acumulada e reunida no final” [4].

O COBIE tem automatismos de recolha de informação que permitem atualizar todos os elementos com a informação não-geométrica conforme as indicações e definições que escolhi para este estudo.

Após a informação não-geométrica dos elementos a gerir na gestão de ativo estar totalmente preenchida é necessário exportá-la para um ficheiro *Excel*. Neste ficheiro podemos incrementar informação, de modo a que a gestão de ativos tenha toda a informação necessária para a manutenção do edifício.

Toda a informação apresentada no *Excel* pode também transitar para o programa de desenvolvimento do 3D de modo a que o modelo virtual continue atualizado (como se diz no meio BIM, para “que o modelo virtual continue vivo”).

Todos os elementos ou equipamentos são listados por edifício, por pisos ou por espaços. A lista de equipamentos vai-se ajustando à filtragem que vamos fazendo.

O nome de cada entidade no *software* de gestão pode ser aqui definido. Neste caso de estudo coloquei o nome (*Family_Type_ID*). Ao selecionarmos um equipamento acede-se à informação que foi previamente adicionada através do *Revit/COBie*, e que transitou para o *YouBIM*. Pode-se complementá-la com outros elementos (manuais, certificados, etc.).

Para a gestão de manutenção, é possível então associar uma ordem de trabalhos ao equipamento ou equipamentos. Neste caso, criei uma ordem de manutenção com a duração de um dia, que se repete todos os meses, de modo a enviar *e-mails* automáticos para a equipa responsável de manutenção.

É assim possível verificar que todos os trabalhos (incluindo os trabalhos concluídos e os trabalhos em aberto) ficam no histórico do equipamento, sendo assim possível ter um rastreio de tudo o que se passou com um determinado equipamento.

8. Conclusão

No âmbito do caso de estudo, ao trabalhar todas as dimensões BIM (3D ao 7D), foi-me possível confirmar a solidez da informação, a facilidade do seu acesso e a sua qualidade. Estes aspetos relacionam-se com a atualização permanente e com o facto de se trabalhar constantemente com a última versão de trabalho – tanto ao nível geométrico como não-geométrico.

O BIM é uma metodologia que urge implementar no sector AECO – um dos mais ineficientes do mundo. Seja total, seja parcialmente, a implementação do BIM em projetos tem-se provado uma metodologia alternativa mais clara e mais eficaz do que a metodologia tradicional.

É possível usar os mesmos recursos de forma mais eficaz, melhorando exponencialmente a comunicação entre especialidades e intervenientes no projeto. Comprova-se que, em ambiente BIM, é mais fácil gerir as equipas da obra e a própria obra em si, diminuindo a quantidade de decisões que são tomadas durante a construção devido a erros e omissões de projetos, que são desta forma mais facilmente detetáveis numa fase precoce do projeto do que através da metodologia tradicional. Com efeito, na metodologia tradicional, parte dos erros e omissões são detetados já na fase de obra. O próprio processo de trabalho induz a que seja inviável um detalhe extensivo no desenho da totalidade de um edifício em 2D. O BIM permite que esta dificuldade seja transposta – nomeadamente, e a título de exemplo, através da visualização da interação entre especialidades, permitindo antever colisões.

O facto de se operar num modelo central faz com que todas as informações do projeto (desde as peças de desenhadas aos mapas de quantidades, passando pelas estimativas de custos e orçamentos) estejam continuamente a ser atualizadas. Num cenário de total implementação, será exequível prover a uma efetiva redução de custos de projeto inerentes ao tempo e aos recursos despendidos na atualização de elementos que, num processo tradicional, são etapas que consomem muito do tempo das equipas.

A coordenação das várias especialidades é mais ágil e as peças desenhadas são geradas automaticamente, libertando a equipa para o *core* do ofício.

Num setor com crescente consciência e legislação aplicável à sustentabilidade concorre o facto de que a sustentabilidade energética é uma das dimensões de trabalho BIM. Existem ferramentas BIM que tornam possível, numa lógica solar passiva e de redução de consumos, melhorar o projeto desde uma fase embrionária de desenho.

Também ao nível da gestão do ciclo de vida do edifício e até à sua demolição é óbvio o contributo da informação parametrizada, pois é possível fazer uma gestão otimizada e assertiva – seja ao nível dos equipamentos, seja sob o ponto de vista imobiliário. Se o dono de obra o entender, será possível ter uma visão global em tempo real das necessidades, índices de ocupação, rentabilidades ou necessidade de reparação de equipamentos do edifício.

É interessante notar que as empresas que optam pelo BIM o fazem por mais-valias imediatas, como a melhoria da comunicação e da visualização do processo e pela redução de custos e de tempo. É por esta abordagem que a metodologia será provavelmente implementada em Portugal. Contudo, a implementação do BIM exige um investimento *a priori* que, no nosso país, terá de ser suportado pelos particulares.

Com efeito, a aposta tem de ser feita não só ao nível da aquisição de licenças dos *software* como do investimento e *hardware* mais poderoso, dadas as exigências que os modelos BIM acarretam. Além disto, é necessário ter em conta que a exequibilidade na implementação do BIM assenta no fator humano. Para este aspeto concorrem dois fatores negativos.

O primeiro prende-se com a mudança de processos em si. Empresas com dimensão suficiente para terem estabelecidos processos de trabalho fixos terão uma potencial maior dificuldade na transição para uma abordagem de processo diferente de trabalho.

O segundo relaciona-se com o facto de que a formação em BIM é crucial. Aumentar as qualificações das pessoas envolvidas é um encargo financeiro que terá de ser feito antes de se poder verificar o retorno do investimento.

Não obstante, sou da opinião de que a transição para o BIM não é uma mera possibilidade: está já a decorrer. É uma metodologia que não só é bem aceite a nível mundial como estão já a ser dados passos para a sua implementação em território nacional. Penso que as mais-valias são incontornáveis e que, por esse motivo, a transição será inevitável.

Referências

- [1] BIM Forum, Level of Development Specification Guide, 2017, http://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-Guide_2017-11-06-1.pdf.
- [2] Project Knowledge Index, WP1021, White Paper Line of Balance. pp. 1-5.
- [3] A. Frandson, LeanConstruction, A Brief History of Location-based Scheduling and Takt Time Planning, 2015, <http://leanconstructionblog.com/A-Brief-History-of-Location-Based-Scheduling-and-Takt-Time-Planning.html>
- [4] ndBIM, O proximo passo em BIM: gestão de empreendimentos, 2016, <http://www.ndbim.com/index.php/pt/component/k2/item/5-o-proximo-passo-em-bim-gestao-de-empreendimentos>>
- [5] Belimo, National Conference on Building Commissioning, 19 Jun 2015, <http://blog.belimo.com/Blog/bid/78209/Belimo-Highlights-National-Conference-on-Building-Commissioning>

UTILIZAÇÃO DO BIM NA OTIMIZAÇÃO DO PLANEAMENTO E CONSTROLO DAS CONSTRUÇÕES

Bruno Vaz⁽¹⁾, José Carlos Lino⁽²⁾, João Pedro Couto⁽¹⁾

(1) Universidade do Minho, Guimarães

(2) NEWTON – Consultores de Engenharia, Porto

Resumo

O progresso tecnológico é um importante fator do desenvolvimento económico. As tecnologias de informação têm evoluído de uma forma significativa, influenciando, de modo mais ou menos homogéneo todos os setores. O setor da construção não é exceção, mas enfrenta alguns desafios tecnológicos, nomeadamente no uso de software dissociados, o que se traduz num entrave à produtividade do setor.

O BIM surge assim como uma aplicação tecnológica que procura responder a este problema, permitindo uma maior interação entre todos os intervenientes, uma melhor execução de projetos mais complexos, a antecipação de conflitos evitando possíveis erros e omissões e ainda um melhor planeamento e controlo das obras.

Este artigo tem por objetivo apresentar um estudo de como a modelação e interação entre as especialidades modeladas, influi na gestão do projeto, nomeadamente na gestão de colisões, bem como de criar um procedimento que permita automatizar o processo de planeamento.

No âmbito do desenvolvimento deste projeto, o caso prático selecionado, foi um Edifício multifamiliar em Cascais, onde foi efetuada a modelação tridimensional do mesmo, seguindo-se uma análise 4D e 5D, em *MS Project* e *Autodesk Navisworks* e, por fim, a automatização do processo de planeamento, que foi desenvolvida através de programação em *Dynamo*.

1. Introdução

Num mercado cada vez mais competitivo, as empresas de construção necessitam de automatizar tarefas e processos, bem como de métodos mais eficientes, em particular nas fases em que a rapidez e eficácia da troca de informações é essencial, como é o caso da fase do planeamento [1].

No setor da construção, as metodologias associadas às trocas de informação, são, essencialmente, baseadas num conjunto de software dissociado, aplicado por cada um dos

intervenientes da obra, traduzindo-se num entrave à produtividade e empreendedorismo deste setor [3].

Neste artigo, irá ser apresentado um conjunto de ferramentas de planeamento e gestão de apoio ao controlo do tempo e do custo ao longo da construção bem como a integração destas com o BIM 4D e 5D. O BIM 4D adiciona uma nova dimensão ao modelo tridimensional, o tempo. Esta adição, permite a visualização da construção em qualquer momento, assegurando um maior controlo e eficiência no planeamento e gestão de construções [4]. A quinta dimensão do BIM (5D), no planeamento e gestão de construções, vem combater lacunas existentes, nas metodologias tradicionais, nomeadamente no Diagrama de Gantt e no Método do Caminho Crítico (CPM) [5] [6].

O presente artigo, teve como principal objetivo, a criação de um procedimento de planeamento e gestão de uma obra, através de ferramentas BIM. Com o objetivo de obter um maior controlo e planeamento dos projetos bem como uma maior rapidez na execução dos processos inerentes aos mesmos, foram explorados métodos de automatização recorrendo à programação. Com isto, pretende-se dotar os diretores de obras, de métodos capazes de mostrar visualmente o estado atual da construção, relativamente ao planeamento previamente ao planeamento previamente definido e de ferramentas que controlem o custo das construções.

2. Modelação 3D

2.1 Metodologia BIM e fluxo de trabalho

O fluxo de trabalho é composto por 4 fases principais: (1) a modelação tridimensional da arquitetura e das estruturas relativas ao caso de estudo, (2) identificação de incompatibilidades e conflitos (clash-detection) entre estas especialidades, (3) simulação 4D e 5D do caso prático e (4) aplicação de uma metodologia que permite o controlo de tempo e custos deste caso prático. Na Figura 1 pode ver-se um esquema onde se identificam os fluxos e as trocas para realizar o planeamento e gestão da obra.

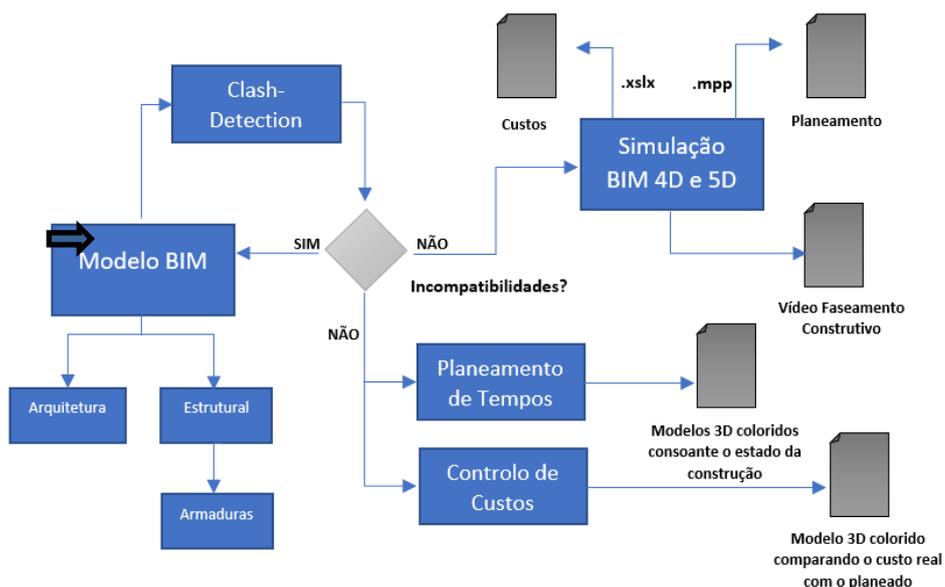


Figura 1: Metodologia e o fluxo de trabalho realizado e aplicado ao caso prático.

O caso prático refere-se a um Edifício multifamiliar localizado em Cascais, com uma área de implantação de 1306 m², com 7 pisos acima da cota do terreno e 2 pisos enterrados, com um pé direito de 3,38 metros.

Nesta fase, modelou-se o edifício, bem como as especialidades de projeto e adicionou-se informação pertinente para a gestão e controlo da obra, nomeadamente com a criação de modelos de vista no software de modelação (*Autodesk Revit 2017*), com a deteção de conflitos e incompatibilidades e consequente correção do modelo, que será usada para a antecipação de problemas que possam surgir na obra.

Foi então elaborada a modelação, em primeiro lugar das Estruturas, em segundo modelaram-se as armaduras dos vários elementos construtivos e por último modelou-se a Arquitetura.

2.2 Estrutura

A modelação foi baseada no faseamento construtivo da obra, sendo que para o efeito, a modelação do projeto foi dividida em diferentes fases, (1) fundações, (2) elementos da superestrutura dos pisos enterrados, (3) elementos da superestrutura dos pisos elevados e (4) cobertura e elementos exteriores, como ilustrado nas figuras 2 e 3.

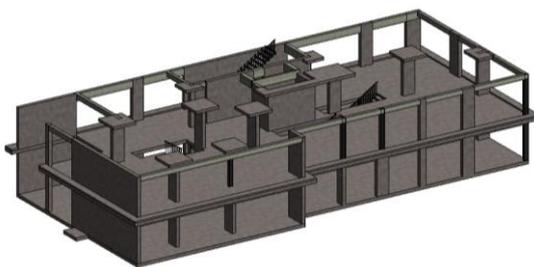


Figura 2: Exemplo da modelação dos vários elementos estruturais.

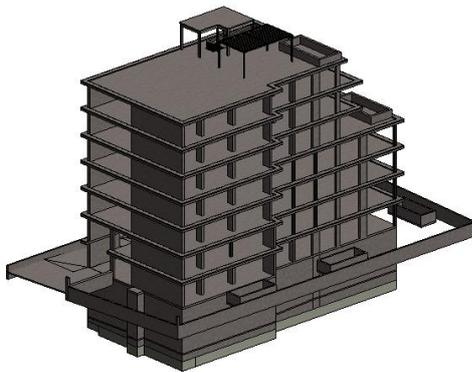


Figura 3: Modelo estrutural completo.

É de salientar a importância da modelação de acordo com as práticas construtivas, pois posteriormente facilita a extração de quantidades bem como a orçamentação dos elementos.

2.3 Modelação de Armaduras

A modelação das armaduras cingiu-se apenas aos elementos das fundações, pisos enterrados e laje do piso 0. Na figura 4 pode ver-se apenas um exemplo de modelação das armaduras de uma viga de equilíbrio, que ilustra a sua pormenorização.



Figura 4: Pormenorização das armaduras de uma Viga de Equilíbrio.

2.4 Arquitetura

Na figura 5, é apresentado o modelo tridimensional da arquitetura, onde é possível identificar o detalhe de alguns dos elementos exteriores modelados.



Figura 5: Vista tridimensional do modelo de arquitetura.

2.5 Gestão de *Clash-Detection*

A gestão de conflitos ou *Clash-Detection* permite que colisões e incompatibilidades sejam detetados antecipadamente. A probabilidade de incompatibilidades aumenta, consoante a maior quantidade de objetos, especialidades modeladas e dimensão e complexidade do projeto.

Para a deteção de conflitos foi utilizado o software *Navisworks*, da *Autodesk*.

Neste caso prático foram avaliados todos os tipos de incompatibilidades.

Após a realização do primeiro teste, foram detetados 2111 conflitos entre a arquitetura e as estruturas. Após análise das colisões, foram corrigidos e classificadas como “resolvidas”.

3. Faseamento Construtivo

O faseamento construtivo 4D compreende consiste em associar ao modelo tridimensional, o cronograma de tempos (em semanas). Em relação ao faseamento construtivo 5D, ao cronograma de tempos 4D, este adiciona também os custos da construção.

Para isto, o software utilizado foi também o *Autodesk Navisworks*. Este software foi apenas utilizado como visualizador 4D, pois este não é o mais recomendado para a execução de planeamentos, derivado às falhas que apresenta, nomeadamente na relação entre atividades. Ao Software 4D e 5D, é então adicionado o cronograma, realizado em *Microsoft Project 2016* e o modelo tridimensional, realizado em *Autodesk Revit 2017*.

A abordagem 4D e 5D foi elaborada através de planeamentos de tempos arbitrados e o planeamento de custos foi obtido com base na ferramenta online gerador de preços da CYPE.

3.1 Planeamento da construção

O planeamento dos trabalhos foi elaborado através do *Microsoft Project 2016* (ficheiro .mpp). O cronograma obtido para a construção deste edifício (Edifício 25 de Abril) apresentava a duração de 615 dias (demolição, movimentação de terras, especialidades de arquitetura e estruturas), começando a ser construído a 7 de junho de 2017 e com término a 15 de outubro de 2019.

3.2 BIM 4D e 5D (Navisworks)

Os passos a seguir para realizar o faseamento construtivo 4D e 5D são: (1) Exportar o Modelo do *Revit* para *Navisworks*; (2) Importar o planeamento do *MS Project* para o *Navisworks*; (3) Associar os objetos do modelo às respetivas tarefas do planeamento (*Search e Selection Sets*); (4) Construir o Vídeo 4D do faseamento da construção.

A figura 6, corresponde a um “*frame*” retirado do vídeo do faseamento construtivo (Término da construção - Semana 123).



Figura 6: Conclusão da construção do Edifício (Semana 123).

3.3 Extração de Quantidades e Estimativa de Custos

A extração das quantidades foi realizada no software *Autodesk Revit*, pois foi neste que se realizou a modelação, evitando assim possíveis erros na quantificação, aquando da exportação para outro software. Este software permite a extração das quantidades de todos os elementos presentes no modelo 3D, podendo estes ser seleccionadas, de acordo com critérios á escolha do utilizador.

Mapas de Quantidades

Os mapas de quantidades são elementos fundamentais no controlo de uma edificação, pois neles reside toda a informação relativa às quantidades dos materiais que irão ser utilizados em cada elemento.

O software utilizado foi o *Autodesk Revit*.

De seguida, apresenta-se um excerto da tabela de quantidades das lajes relativas a este caso prático.

Tipo	Família	Material estrutural	Nível	Espessura (m)	Área (m2)	Volume(m3)
U_B15	Floor	Concrete - Cast In Situ - Betão	PISO -2	0,15	56	8,4
U_B15	Floor	Concrete - Cast In Situ - Betão	PISO -2 PATAMAR 1	0,15	111	16,72
U_B15	Floor	Concrete - Cast In Situ - Betão	PISO -2	0,15	124	18,54
U_B15	Floor	Concrete - Cast In Situ - Betão	PISO -2 PATAMAR 2	0,15	138	20,76
U_B15	Floor	Concrete - Cast In Situ - Betão	PISO -2	0,15	72	10,83

Figura 7: Excerto da tabela de quantidades de lajes.

Este processo foi realizado para os dois modelos.

Estimativa de Custos

A estimativa de custos, a par da extração de quantidades, é também uma peça fulcral no controlo de uma obra. Assim, podemos obter uma estimativa do custo de cada material, de cada atividade e ainda o custo total do edifício.

O processo inerente à quantificação de custos foi baseado na plataforma online do gerador de preços da CYPE.

Nos elementos estruturais foi apenas contabilizado o betão, e respetivos custos associados. Sendo as armaduras, um elemento construtivo que representa uma grande parte do custo dos elementos, é espectral que o custo obtido não seja o mais aproximado com a realidade.

4. Ferramentas de planeamento e controlo de obra

Com o objetivo de melhorar o controlo e planeamento dos projetos, reduzir o tempo dos processos inerentes aos mesmos, foram explorados métodos de automatização recorrendo à programação.

Utilizando o “plug-in” *Dynamo* para o software *Autodesk Revit*, foram criados códigos, tendo em vista o alcance dos objetivos traçados acima.

Para a obtenção do primeiro objetivo, o projeto foi dividido em dois instantes, denominados, Instante 1 e Instante 2. O Instante 1 corresponde ao término da betonagem da laje do piso 0 e o Instante 2 corresponde ao término da betonagem da laje do piso 4.

Nas figuras 8 e 9, pode-se ver a divisão do modelo tridimensional estrutural nos dois instantes.

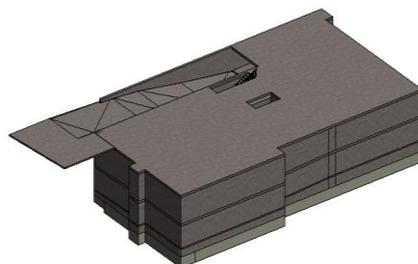


Figura 8: Modelo tridimensional referente ao Instante 1.

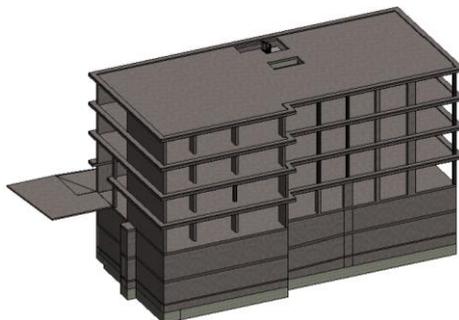


Figura 9: Modelo tridimensional referente ao Instante 2.

4.1. Controlo da Construção a partir do Modelo 3D

O código elaborado para controlo de tempos consiste na atribuição de cores aos elementos construtivos, consoante a seu estado relativamente ao cronograma de trabalho (construído ou não construído). Se o elemento estiver construído em conformidade com o cronograma, assume a cor verde, caso contrário, assume a cor vermelha.

Como resultado final iremos ter dois modelos tridimensionais bicoloridos, que correspondem ao Instante 1 e Instante 2, representando as duas análises temporais.

O código é composto por três partes interligadas entre si, (1) seleção do elemento diretamente do modelo tridimensional e das propriedades do objeto que possuem a data de término planeada; (2) consulta da data de término do cronograma real em Excel; (3) verificação da condição de igualdade entre as datas de término real e planeada e atribuição da cor.

O código repete-se tantas vezes quantos os objetos. Na figura 10, apresenta-se uma imagem simplificada que retrata a distribuição da linha de código total.

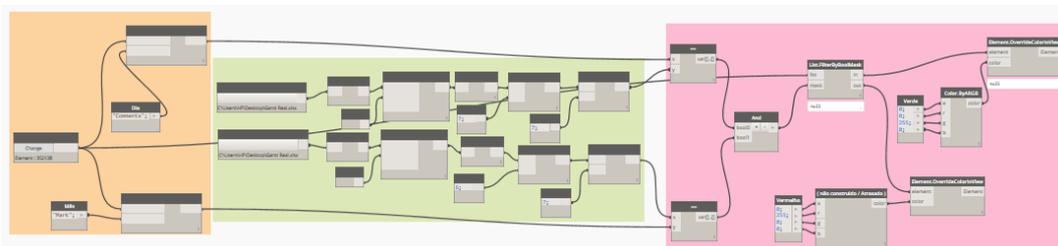


Figura 10: Linha de código completa.

Foram criados 2 cenários. No Instante 1, admitiu-se que uma pequena parte do projeto não se encontra construído de acordo com o cronograma, e no Instante 2 toda a parte do edifício planeada até àquele momento se encontrava construída.

Aplicação prática

Como forma de comprovar a validade do código proposto, foi necessário apresentar um exemplo prático do mesmo.

Centrando atenções no elemento Sapata 1 (S1), em relação ao Instante 1 repara-se que no cronograma planeado inicialmente «*Gantt Planeado.xlsl*», este elemento terminaria a sua construção a «*Vinte e cinco de Junho*».

De seguida tem lugar a atribuição desta data, às propriedades “*Comments*” e “*Mark*” do objeto Sapata 1. Esta atribuição, é feita manualmente pelo diretor de obra.

Acedendo ao cronograma real da construção «*Gantt Real.xlsx*», verifica-se que a data de término cumpre com o planeado inicialmente.

Atentando agora ao elemento laje do piso 0, relativamente ao Instante 1, o cronograma planeado inicialmente «*Gantt Planeado.xlsx*», indica que o término da construção seria a «*Catorze de Outubro*».

Seguindo o mesmo princípio acima, atribui-se o valor da data às propriedades da laje do piso 0 e verifica-se o cronograma real «*Gantt Real.xlsx*». Ao analisar o mesmo, repara-se que a data de término real sofreu um atraso e só foi possível o seu término a «*Um de Novembro*».

Nas figuras 11 e 12, apresentam-se os modelos visuais obtidos, relativamente aos dois cenários.

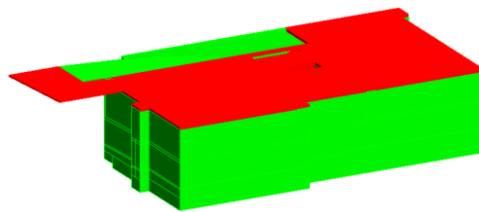


Figura 11: Resultados visuais obtidos do Instante 1.

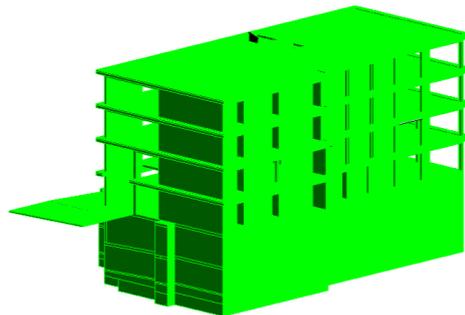


Figura 12: Resultados visuais obtidos no Instante 2.

Podemos verificar que na Figura 11, as escadas, capitéis e laje do piso 0, ainda não se encontram construídas e na Figura 12, todos os elementos estão construídos e de acordo com os tempos planeados inicialmente.

4.2 Controlo de Custos

O código elaborado que tem como finalidade o controlo de custos de um edifício, visa a atribuição de cores aos elementos construtivos. Estes, em conformidade com o faseamento construtivo, são alvo de uma comparação entre o, custo acumulado real e o custo acumulado planeado. Sempre que o custo real acumulado for inferior ao planeado acumulado, os elementos que se encontram construídos até ao momento assumem a cor verde, caso o custo real acumulado seja superior ao planeado acumulado e este não ultrapasse o 20% acima do custo real acumulado, os elementos arcam assumem a cor amarela. No entanto, se o custo real acumulado for superior a 20% do custo planeado acumulado, então assume a cor vermelha.

O código é composto por quatro partes, (1) seleção dos elementos construtivos e do custo planeado da construção; (2) multiplicação do volume de cada elemento pelo custo; (3) consulta

do Excel com o custo real acumulado e a junção dos custos planeados das tarefas antecedentes para assim obter o acumulado; (4) comparação do custo planeado com o custo real, para assim, poder atribuir cores aos elementos.

Como resultado, irá ser apresentado um modelo tridimensional colorido, que permitirá aos diretores de obra aferir o custo ao longo da construção.

Aplicação prática

O código realizado, utiliza o volume dos objetos, em m³, que multiplicado por um custo indicado no mesmo código, em €/m³, obtém um custo dos objetos, funcionando assim, como um planeamento de custos.

Analisando a laje do piso -2, repara-se que, o acumulado de custos planeado é 56.670,27 € e o custo real acumulado, retirado do Excel, é 58.373,23 €.

Comparando os dois custos, podemos concluir que o custo real acumulado é ligeiramente superior ao planeado, não ultrapassando, no entanto, os 20%, pelo que assume a cor amarela.

No que diz respeito à laje do piso 0, identifica-se que o custo planeado acumulado até à construção do mesmo, é 110.362,53 € e o custo real acumulado, através do *Excel* de custos reais, é 135.526,33 €.

Comparando os dois custos, nota-se que o custo real acumulado é muito superior ao custo planeado acumulado, ultrapassando os 20%, sendo-lhe então atribuída a cor vermelha (ver figura 13).

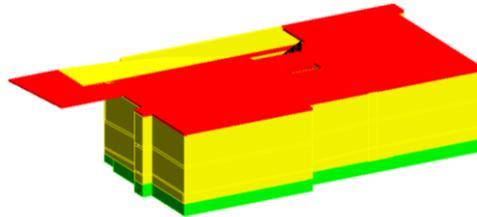


Figura 13: Resultados visuais obtidos do código de controlo de custos.

De referir que o um objeto pode ter um custo inferior ao custo planeado e ainda assim apresentar a cor vermelha, basta que a diferença entre o custo planeado e real seja inferior á diferença dos custos reais e planeados dos elementos anteriores, pois esta análise é por acumulados.

5. Conclusões

Conclui-se então, que a modelação tridimensional se torna relevante na gestão de projeto, uma vez que, permite não só detetar incompatibilidades entre as especialidades, mas também a possibilidade de associar os elementos modelados a cada tarefa no cronograma temporal. Também o nível de desenvolvimento, a quantidade de informação dos objetos e modelo tridimensional e adequada classificação são fatores importantes para os objetivos e ambições do projeto, bem como para uma melhor leitura e cruzamentos de informação.

Foi igualmente possível analisar a passagem de informação dos modelos tridimensionais para o 4D, sem perda de qualquer informação, permitindo assim a ligação dos elementos 3D às tarefas do cronograma simulando assim o faseamento construtivo da obra. A simulação 4D e 5D fornece dados temporais e de custo, que proporcionam a análise dos mesmos, contribuindo

para uma otimização do diagrama de tempos de construção, nomeadamente no reagendamento e distribuição espacial e temporal. Foi ainda possível concluir que, quanto maior for o nível de detalhe dos objetos presentes nos modelos tridimensionais, e a quantidade de informação nos mesmos, maior será a veracidade do faseamento construtivo, como também a estimativa de custos da construção.

Quanto aos procedimentos criados, observou-se que a automatização deste processo devolve informações importantes quanto ao estado da construção, comparando datas e custos reais/planeados, com o objetivo da obtenção de modelos coloridos visuais.

Por último conclui-se que a interação de uma equipa no desenvolvimento do trabalho, facilitou a gestão de tarefas, diminuindo o tempo de execução das tarefas, nomeadamente a modelação tridimensional, aumentando assim o tempo disponível.

Agradecimentos

Na sequência do trabalho desenvolvido, importa agradecer a colaboração e disponibilidade de Catarina Silva ao longo da modelação do caso prático, aos todos os colaboradores das empresas Newton e BIMMS. Um agradecimento especial ao dono de obra e direção do Edifício 25 de Abril, sem a autorização e ajuda dos quais este trabalho não seria possível.

Referências

- [1] Lázaro, Pedro Miguel Andrade. 2010. *Gestão Da Informação Na Construção - Aplicação De Ferramentas Colaborativas No Desenvolvimento De Projectos De Construção - Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.* 2010.
- [2] Azenha, Miguel, Lino, José Carlos and Caires, Bruno. 2015. *BIM na Engenharia Civil: Projeto e Construção.* 2015.
- [3] Martins, João Pedro da Silva Poças, *Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção*", Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2009.
- [4] Jacobi, Jim. 2011. *4D BIM or Simulation-Based Modeling.* STRUCTURE Magazine. Abril 2011.
- [5] Ferreira, Ricardo Costa. 2011. *Comparação aplicada entre as técnicas de planeamento CPM e LOB (Line of Balance).* 2011.
- [6] Couto, João Pedro. 2013. *Técnicas de Medição e Orçamentação de Obras.* 2013.

BIM NA GESTÃO DA OBRA: DIGITALIZAÇÃO 3D COMO FERRAMENTA INTEGRADA PARA O CONTROLO DO PLANEAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO DA OBRA

Catarina Silva⁽¹⁾, José Lino⁽²⁾, João Couto⁽¹⁾

(1) Universidade do Minho, Guimarães

(2) BIMMS – BIM Management Solutions, Porto

Resumo

O presente artigo tem como objetivo compreender de que forma o *Laser Scanning* pode contribuir para a otimização do planeamento e orçamentação, bem como para a diminuição das diferenças entre os projetos e a construção.

O caso de estudo escolhido para a aplicação desta nova metodologia foi o do Pavilhão Continente Bom Dia em S. João da Madeira. Inicialmente, realizou-se uma análise 4D e 5D do pavilhão e posteriormente, procedeu-se aos levantamentos do existente em diferentes datas. Foram analisadas as comparações entre levantamentos e o estipulado no projeto à data (tais como a geometria dos elementos), tendo-se revelado um modo possível de controlar eventuais atrasos relativamente ao planeado pela gestão de obra.

1. Introdução

Os processos BIM tem vindo a ser desenvolvidos resultando no surgimento da digitalização 3D com o *Laser Scanning* (LS) e a fotogrametria. O LS permite a obtenção de nuvens de pontos (NP) a partir da varredura das superfícies dos objetos com feixes de raios *laser*, sendo possível obter um levantamento rápido e automático do existente [1]. O levantamento automático de edifícios consiste num processo de engenharia inversa, em que a partir do edifício ou objeto real se constrói o seu modelo digital. Os dados obtidos no LS são utilizados de forma a atualizar desenhos e modelos *as-built*, ou então para gerar documentos digitais, caso não existam esses modelos [2].

Atualmente há uma tendência para a utilização do LS na construção, nomeadamente no planeamento e controlo de obra, pois é possível obter NP da situação atual da obra, detetando eventuais atrasos na obra de forma digital. Como é uma área recente, ainda existem alguns problemas no seu processamento e utilização como sejam a dificuldade de detetar objetos de formas mais peculiares, o facto de alguns serem de elevadas dimensões, de se tratar de um

processamento algo demorado, bem como a dificuldade de classificar e identificar objetos sem a utilização de sensores adicionais [3] [4].

Estas tecnologias podem ser muito úteis na gestão de obras permitindo comparar ao longo do período de construção que foi planeado construir com o que realmente está construído, permitindo assim, criar novos cenários para minimizar os possíveis atrasos da construção.

Este artigo irá focar-se na implementação do LS no planeamento e controlo da obra associado ao BIM.

2. Laser Scanning

A digitalização 3D na construção está mais centrada na reabilitação, isto é, nos edifícios e nas infraestruturas já existentes, mas o LS também pode ser aplicada em construções novas, possibilitando assim o acompanhamento da obra e o seu correto planeamento [5].

O LS surge como uma das melhores ferramentas pela sua rapidez de captação, precisão e capacidade de detalhe, ou seja, num intervalo de tempo pequeno, garantir um elevado nível de informação, rica, fiável e precisa [6].

2.1 Metodologia

Para se obter o modelo final do edifício analisado e varrido pelo LS é necessário percorrer diversas etapas, em que cada uma destas está dividida em diferentes tarefas, tais como:

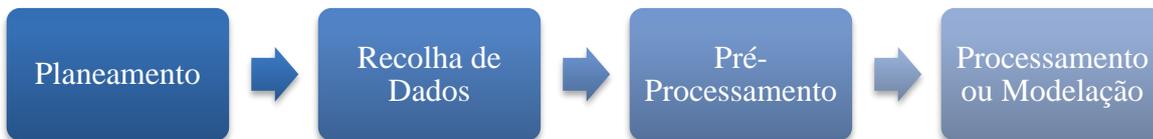


Figura 1: Metodologia do *Laser Scanning*.

- **Planeamento**

Nesta primeira etapa são definidas as finalidades do levantamento: a área, os objetos a serem capturados, bem como o detalhe a atingir. Estes fatores influenciam a localização das estações, a densidade das NP e os posicionamentos dos alvos [1].

- **Recolha de dados (*Data collection*)**

Esta segunda etapa divide-se em duas fases, o varrimento a laser do elemento a estudar e o levantamento dos pontos de controlo. O varrimento é feito a partir de várias estações, obtendo-se diversas nuvens que abrangem todos os pontos de interesse, reduzindo ao máximo as zonas de sombras (oclusões). O levantamento dos pontos de controlo (estações totais) podem ser peculiaridades naturais do edifício ou alvos aplicados sobre a superfície do mesmo, em que o principal objetivo é o registo e a associação da NP para os sistemas de coordenadas permitindo o controlo da precisão dos resultados [1].

- **Pré-processamento (*Data pre-processing*)**

Esta etapa consiste no tratamento das NP para posteriormente ser realizado o processamento. Assim, esta etapa também se divide em duas fases: o registo e as operações para a otimização das NP [1]. O registo baseia-se na união das várias nuvens, em que para tal é necessário posicioná-las nas suas coordenadas locais [6]. Esta técnica pode ser realizada a partir do

reconhecimento automático de alvos físicos do LS, através da utilização de zonas de sobreposição das nuvens (pelo menos 30%) (*Cloud-to-Cloud*), identificação manual de pontos comuns e registos automáticos através de algoritmos avançados para o reconhecimento de padrões comuns (técnica menos desenvolvida) [7] [8]. Posteriormente é realizada a unificação, transformando as várias NP das diferentes estações numa única NP.

Após realizada esta técnica, segue-se a otimização da nuvem, que consiste na sua limpeza, isto é, eliminação de toda a informação não necessária, diminuindo significativamente a quantidade de pontos e o tamanho da nuvem [1] [6].

- **Processamento ou Modelação (*Data processing*)**

A última etapa passa pelo processamento de todos os dados, que inclui a segmentação, modelação, otimização e edição do modelo e a exportação dos produtos [1].

O objetivo da segmentação é agrupar especialidades (ex: estruturas e arquitetura), isto através de processos iterativos de seleção de trechos das NP, definindo limites por alterações nas cores, mudanças de planos, de inclinações ou de material [1].

Para estas tarefas de pré-processamento e processamento das NP foi escolhido o *software Cyclone* da Leica, uma vez ter sido esta a marca do equipamento utilizado.

3. Caso Prático – Continente Bom Dia

3.1 Modelação 3D

O caso de estudo em que, posteriormente se realizou o acompanhamento da obra através do LS foi o edifício do Continente Bom Dia em S. João da Madeira (da *Sonae*). Este é constituído por três pisos: piso -2, destinado a cargas e descargas, piso -1, destinado a estacionamento e o piso 0, correspondente à área comercial. De referir que o pavilhão é genericamente em betão armado, com cobertura metálica, tendo uma área de implantação com cerca de 3303 m².

O modelo 3D deste edifício foi fornecido pela *Newton* (empresa de projetos). Como o pavilhão é constituído por dois tipos de estruturas foram realizados modelos separados, sendo o modelo da estrutura de betão elaborado no *software Revit* e a estrutura metálica no *Tekla*, sendo esta depois *linkada* através de um ficheiro em .IFC ao *Revit*.

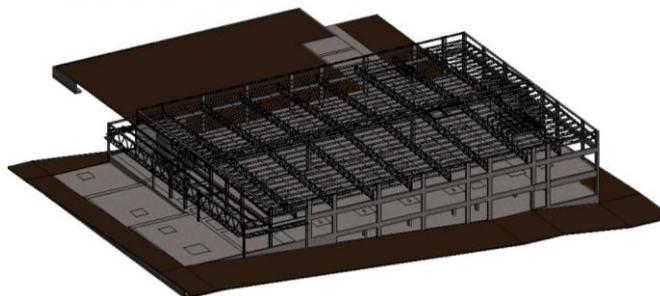


Figura 2: Modelo 3D do Pavilhão Continente Bom Dia (Newton).

3.2 Planeamento 4D

Após a realização da modelação, foi elaborado o planeamento dos trabalhos de obra, através do *MS Project*. Este planeamento foi dividido por pisos, em que cada um, por sua vez foi subdividido nos elementos estruturais que os constituem, nomeadamente, pilares, vigas, lajes, paredes, muros de suporte, escadas e capitéis. A cobertura foi a última tarefa a ser lançada neste

planeamento, não tendo sido dividida nos seus vários tramos e asnas, mas sim considerada como um só elemento, devido ao processo demorado que exigiria caso se optasse por essa divisão. Este planeamento não correspondeu à realidade, tendo sido adotados valores fictícios para este exercício académico, o que não alterou em nada os resultados para o objetivo do presente trabalho. A duração da parte estrutural da obra foi considerada de 120 dias, e a cobertura metálica 45 dias. Posto isto, o cronograma foi importado para o *Navisworks*.

Relativamente à exportação do modelo 3D foram necessários executar dois passos adicionais:

1. Exportação da parte da estrutura em betão armado e da cobertura metálica;
2. Ligação entre as partes estruturais (ver Figuras 3 e 4).

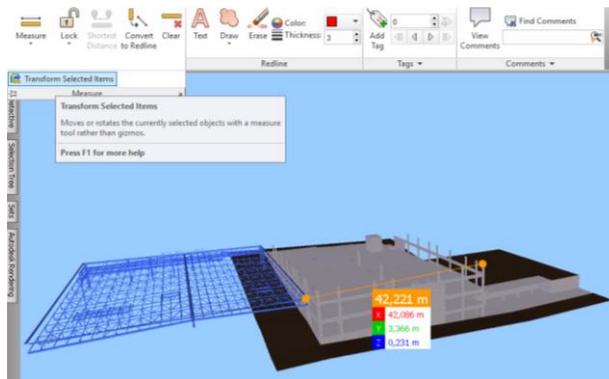


Figura 3: Seleção do ponto comum e deslocação da cobertura metálica.

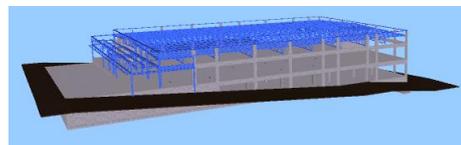


Figura 4: Cobertura metálica na posição correta.

3.3 Extração de Quantidades

Os mapas de quantidades são elementos fulcrais para o controlo de uma obra, pois permitem ter a noção da quantidade de material que irá ser utilizado em determinada tarefa ou elemento construtivo.

O *Revit* permite obter listas de quantidades de todos os objetos presentes no modelo 3D, em que estas podem ser organizadas e alteradas de acordo com a preferência do utilizador para um dado projeto.

As listas de quantidades que se retiraram do *Revit* foram dos seguintes elementos: pilares, vigas, paredes, muros de suporte, lajes, sapatas e a cobertura metálica. Posteriormente importaram-se para o *Excel*. As características extraídas foram: dimensão, quantidade, volume, espessura e área, dependendo cada elemento.

O modelo da cobertura metálica era um ficheiro .IFC pelo que, no *Revit*, não foi possível extrair as quantidades de material que a constituía. A solução encontrada consistiu em criar uma laje com as dimensões aproximadas da cobertura e daí obter-se uma área que permitiu valores equivalentes.

3.4 Atribuição de Custos

A estimativa de custos propriamente dita foi efetuada no *Excel*, utilizando a base de dados do gerador de preços. Esta análise foi simplificada, tendo sido incluídos nos preços unitários, o preço da mão-de-obra, material, equipamento e transporte.

Para a estimativa de custos foram utilizadas as listas de quantidades exportadas anteriormente, em que estas estavam divididas por elementos estruturais, sendo os materiais betão armado e aço (pilares metálicos). As armaduras e cofragem dos elementos não foram modeladas logo,

também não foram contabilizadas. A estimativa do custo final desta obra (parte estrutural) é aproximadamente de 1 milhão de euros.

Tabela 1: Estimativa de custos da obra – Continente Bom Dia.

Volume de Betão (m ³)	Cobertura (m ²)	CUSTO FINAL (€)
3241,76	2154,00	1 022 666,62 €

4. Levantamentos *Laser Scanning*

4.1 1º Levantamento: 26 de Julho de 2017

Após a sobreposição da NP e do modelo (ver Figura 5), seguiu-se a comparação e análise através da ferramenta *Clash Check*, em que se realizaram diversos testes entre os diferentes elementos e pisos do pavilhão, ou seja, no piso -2, -1 e 0 e se efetuaram verificações aos pilares, paredes, lajes e vigas.

Não foi possível realizar-se o varrimento do piso -1 uma vez que estava escorado.

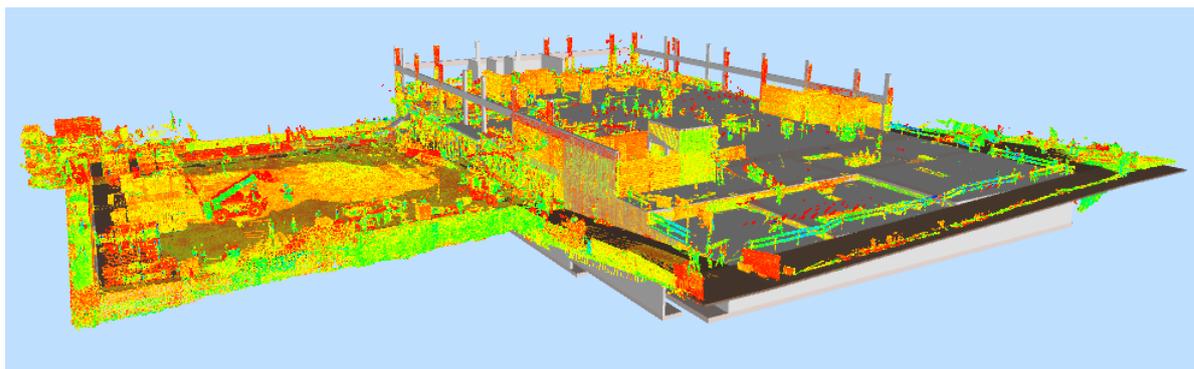


Figura 5: Sobreposição da NP e do modelo 3D.

a) Pilares

Os pilares que o aparelho LS captou estavam todos construídos, tendo num total 8 *clash*.

A cor rosa representa a NP e a amarelo o objeto do modelo. Neste exemplo (Figura 6) no pilar P2(60x30) do piso -2 que está construído, a nuvem de pontos preenche quase a totalidade do pilar.

No piso 0 existiam 3 pilares não construídos, 6 apenas com a amadura e 11 betonados até ao nível das vigas.

Na NP não é possível ter uma noção se as dimensões dos pilares construídos correspondem às dimensões projetadas pelo facto de ainda não estarem contruídos na totalidade.

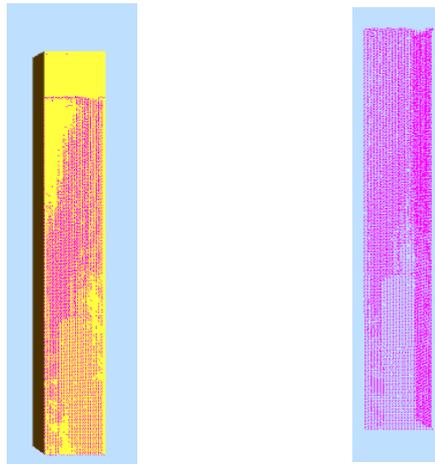


Figura 6: Análise do Pilar P2(60x30) do piso -2.

b) Paredes:

As paredes foram dos elementos mais difíceis de analisar uma vez que estavam inseridas no interior, impossibilitando que o aparelho LS realizasse o devido varrimento.

Nos muros de suporte que se encontravam construídos, no MS5(30) existe uma falha de pontos, isto devido a algum tipo de equipamento ou material que estaria a ocultar o muro. Como se pode observar este muro já se encontrava construído (ver Figura 7). Esta é uma das grandes dificuldades que por vezes se encontra na realização deste tipo de trabalho, a existência de obstáculos. Estes levantamentos são realizados no decorrer da obra pelo que é muito improvável obter-se uma NP sem oclusões. Uma das possibilidades de melhorar esta limitação passa por realizar mais levantamentos e obter informações complementares por outro método.

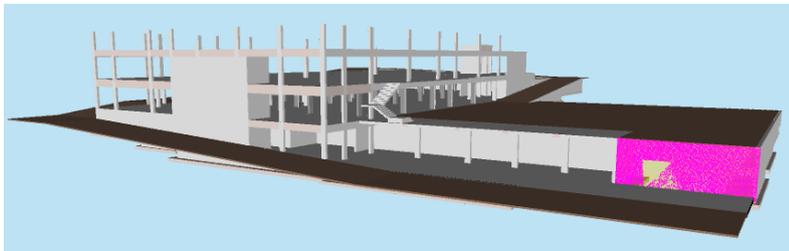


Figura 7: NP do muro de suporte MS5(30).

c) Lajes:

As lajes são elementos de fácil análise. Apesar do piso -1 não ter sido sujeito ao levantamento, em obra era perceptível que as lajes já se encontravam prontas. No piso -2, os terrenos exteriores ainda se encontravam em terra e no piso 0 algumas lajes apenas estavam armadas, faltando assim a sua betonagem.

Na laje exterior do piso -1 (ver Figura 8), existiam diversos equipamentos e materiais que não permitiam ver esta laje na totalidade, podendo identificar-se algumas falhas.

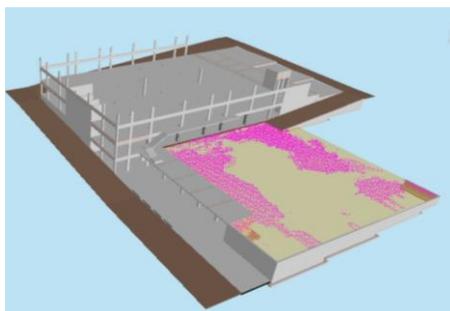


Figura 8: Laje exterior do piso -1.

d) Vigas:

Os testes de colisões para os elementos vigas foram realizadas para o piso -1 e 0. Quando se modela este tipo de elementos, por norma, atribui-se o nível de referência do piso acima com um *offset* da espessura da laje, ficando o topo da viga na parte inferior da laje do piso seguinte. A maioria das vigas do piso -1 não foram possíveis de analisar, como se tem referido ao longo deste capítulo, mas de modo geral a maior parte das vigas já estavam construídas, exceto as vigas do piso 0: VJ5.1(30x80) e VC5.1(30x80) em que só o primeiro de dois tramos apresentava armadura (Figura 9).

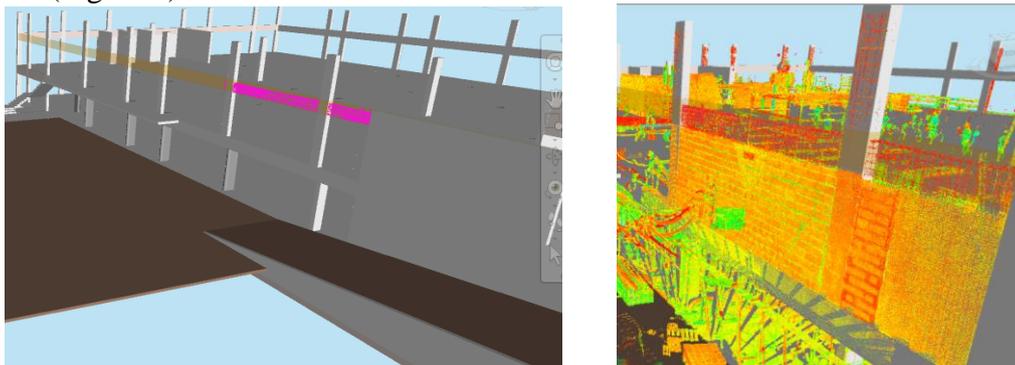


Figura 9: NP da viga VC5.1(30x80) - Armadura.

Em resumo:

O diagrama de *Gantt* elaborado foi fictício, de qualquer modo, após análise da nuvem de pontos obtida pode-se concluir que o planeamento não foi cumprido, uma vez que, nem todos os elementos, como se pode analisar anteriormente, apresentavam a sua construção total.

Após a análise da nuvem de pontos e a devida comparação com o modelo 3D e o respetivo planeamento, conclui-se que a obra sofreu um atraso na sua construção e que elementos estavam em falta.

4.2 2º Levantamento: 21 de Agosto de 2017

O segundo levantamento foi realizado no dia 21 de Agosto, em que o principal objetivo era perceber o estado da cobertura metálica. Neste momento a estrutura de betão armado estava construída e a cobertura metálica faltava completar a chapa do lado esquerdo e o contraventamento.

Após a sobreposição da NP e do modelo (ver Figura 10), deparou-se com a existência de algumas falhas no piso 0, nomeadamente nas extremidades, em que alguns pilares não foram

captados. Apesar de o objetivo ser levantar a cobertura metálica, era importante conseguir perceber se a estrutura em betão armado estava conforme o projeto, mas tal não foi possível confirmar.

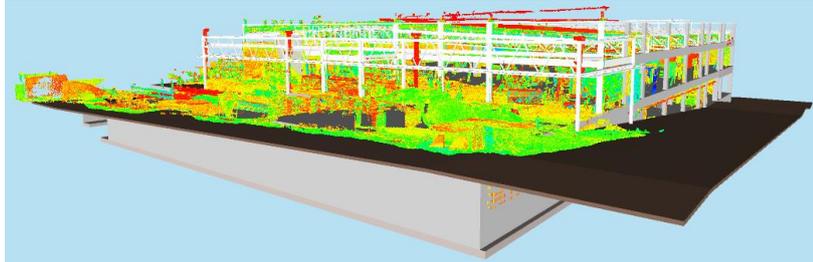


Figura 10: NP da cobertura metálica sobreposta ao modelo 3D.

Devido à quantidade de elementos, decidiu-se apenas verificar visualmente algumas partes que faltavam construir na cobertura e não verificar cada elemento dos testes, isto porque seria um processo muito moroso.

Esta análise não foi muito fácil e intuitiva como se estava à espera, uma vez que na metade direita da cobertura metálica já tinha sido colocada a chapa, dificultando a visualização dos restantes elementos.

a) Zona Esquerda da Estrutura Metálica

Os elementos identificados com o número 1 e 2 na Figura 11, não estão posicionadas de acordo com o modelo (erros na sobreposição dos dois modelos). Apesar disto, a maior parte dos elementos já estão construídos, exceto a chapa.

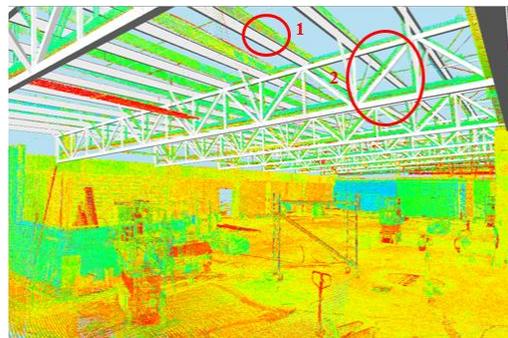


Figura 11: Análise da metade esquerda da cobertura metálica.

b) Zona Direita da Estrutura Metálica

A chapa já está colocada (ver Figura 12) e devido a tal, os pontos relativos às treliças parecem nem existir, apesar de estarem construídas.

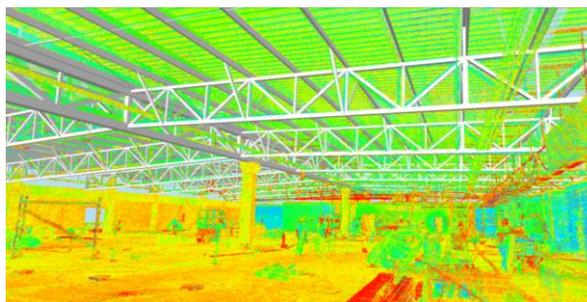


Figura 12: Análise da metade direita da cobertura metálica.

c) Zona Frontal da Estrutura Metálica

Os pilares metálicos (cor vermelha) frontais também não estão corretamente posicionados (ver Figura 13), possivelmente devido ao problema de união dos modelos. De salientar também que nesta zona praticamente o que está construído são os pilares, faltando bastantes elementos.

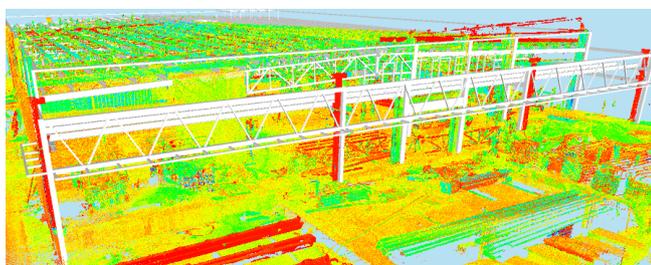


Figura 13: Análise da zona frontal da estrutura metálica.

Em resumo:

O controlo da NP em relação ao modelo e ao planeamento fictício, identifica que a obra continua com um atraso relativamente ao planeado e apresenta algumas indicações sobre os elementos ainda em falta e as suas dimensões.

5. Conclusão

A comparação entre o modelo 3D e as NP obtidas foi a tarefa mais relevante para o alcance do objetivo principal, facilitando aos donos de obra a perceção da evolução da obra tanto a nível de tempo, como possíveis alterações realizadas na obra relativamente ao que estava previsto no projeto.

A análise 4D realizada permitiu perceber a duração total da obra, bem como uma melhor visualização e compreensão de todo o planeamento devido às simulações construtivas efetuadas do modelo. Uma das dificuldades neste processo está relacionada com o modo como o modelo é entregue para esta análise, uma vez que a modelação deverá ser feita de acordo com os levantamentos efetuados. Se estes levantamentos forem realizados com muita frequência, o edifício deverá ser modelado piso a piso, isto de modo a ser possível dividi-lo por pisos e compará-lo com a realidade. Como o modelo de estruturas fornecido estava dividido em dois: betão armado e cobertura metálica, realizaram-se apenas dois levantamentos para comparar com estes dois modelos.

Após as várias comparações efetuadas, concluiu-se que a obra estaria atrasada, na data do primeiro levantamento, uma vez que a estrutura em betão armado já deveria estar construída na sua totalidade e os trabalhos de construção e montagem da estrutura metálica já deveriam estar a decorrer. Daí ser importante realizar-se um maior número de levantamentos, pois assim o dono de obra tem conhecimento dos eventuais atrasos mais cedo, podendo assim aperceber-se e analisar os motivos desses atrasos e agir em conformidade. Caso contrário, o atraso irá estender-se por um período mais alargado, atrasando ainda mais o começo de outras tarefas. Além disto, esta técnica permitiu o controlo geométrico das diferenças para o projetado e a avaliação das suas tolerâncias, logo da sua pertinência para a qualidade da obra.

Agradecimentos

Cumpramos um especial agradecimento aos responsáveis pelas entidades empresariais envolvidas neste trabalho, nomeadamente ao Eng. Jorge Pessoa da SONAE por autorizar a utilização deste caso de estudo, ao Eng. Luís Santos da Leica por todo o apoio e ensinamento e à FVPS na pessoa do Engº Pedro Santos por disponibilizar o aparelho de Laser Scanning, bem como todo o trabalho de levantamento em campo e processamento em gabinete.

Um agradecimento especial à Newton e BIMMS por todo o apoio demonstrado e pela oportunidade de realizar este trabalho.

Referências

- [1] N. J. Groetelaars e A. L. Amorim, “Tecnologia 3D Laser Scanning: Características, Processos e Ferramentas para Manipulação de Nuvens de Pontos,” 2011.
- [2] E. Dezen-Kempton, L. Soibelman, M. Chen e A. V. M. Filho, “3D Laser Scanner, Photogrammetry and BIM for Historic,” 2015.
- [3] E. P. Baltsavias, “A comparison between photogrammetry and laser scanning,” *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, p. 12, 1999.
- [4] A. C. M. d. Silva, “BIM na Gestão de Obra: Digitalização 3D como Ferramenta integrada para o controlo do Planeamento e Orçamentação da Obra,” Universidade do Minho, Azurém, Guimarães, 2017.
- [5] D. Gleason, “Laser Scanning for an Integrated BIM,” em *Lake Constance 5D*, Constance, 2013.
- [6] N. L. Lopes, T. Yamanashi, R. Braz, J. C. Lino, B. Caires, P. Ferreira, K. M. Kensek, J. Monteiro e L. Santos, *BIM is More*, N. L. Lopes, Ed., Porto, 2016.
- [7] L. A. Dias, N. M. Almeida, V. F. Sousa e C. O. Cruz, “Organização de Gestão de Obras,” 2016.
- [8] BuildingSmart, “BuildingSmart - IFC development history,” 2017. [Online]. Available: http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/figures/20100409_ifc_development_history.png/view. [Acedido em 22 Fevereiro 2017].

O USO DA TECNOLOGIA BIM NA QUANTIFICAÇÃO E NO PLANEJAMENTO: ESTUDO DE CASO DE RESIDÊNCIA RN - BRASIL

Josyanne Giesta⁽¹⁾, Emilha Lira⁽¹⁾, Thalita Costa⁽¹⁾, Jessyka Silva⁽¹⁾

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal

Resumo

A elaboração de uma quantificação confiável e a definição de um cronograma físico preciso são requisitos essenciais para o sucesso da construção de um empreendimento. Nesse contexto, o *Building Information Modeling* (BIM) se destaca como uma filosofia de trabalho inovadora que vem apoiar de maneira relevante à área da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), possibilitando um modelo único de construção, facilitando a colaboração entre as disciplinas e permitindo uma maior interoperabilidade entre os softwares. Esse trabalho tem como objetivo colaborar para a análise da utilização do BIM na quantificação e no planejamento da obra. A metodologia desenvolvida foi: a) revisão teórica sobre BIM, quantificação e planejamento; b) treinamento nos softwares Revit e Navisworks; c) estudo de caso de uma edificação de uso residencial. Como resultado, verifica-se que com o uso da modelagem 3D é possível obter grandes vantagens na etapa de quantificação, com a extração de quantidades de materiais e serviços através da elaboração de tabelas no próprio software. Outro benefício é a possibilidade de vinculação do planejamento aos objetos 3D do projeto, permitindo simulações gráficas que auxiliam na compreensão das etapas dos serviços. Nesse sentido, percebe-se a importância do BIM, quando fornece informações rápidas e precisas, favorecendo a minimização de erros. No entanto, o presente trabalho alerta a necessidade de um alto nível de detalhamento nas modelagens 3D, bem como tomada de decisões claras com relação às especificações dos serviços e materiais.

1. Introdução

O *Building Information Modeling* vem se consolidando na área da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e sua progressiva utilização se mostra irreversível. Muitos países se encontram em níveis avançados de BIM e seu uso já pode ser considerado comum nas empresas

do meio. No Brasil, tentativas de fomentação da adoção do BIM podem ser exemplificadas, como é o caso do Governo do Estado de Santa Catarina.

Em abril de 2014, o Comitê de Obras Públicas da Secretaria de Estado do Planejamento, elaborou o Caderno de apresentação de projetos BIM, no qual aborda “os procedimentos que deverão ser utilizados pelos prestadores de serviços ao Estado para a apresentação de projetos com a Modelagem da Informação da Construção (BIM)”[1]. A criação desse caderno pretende facilitar a implementação do BIM no Estado, disseminando o conhecimento, de forma a que em pouco tempo seja possível a exigência dessa tecnologia para todos os editais [2].

Também é exemplo de promoção desse processo construtivo a ação do Governo de Mato Grosso, através da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística (Sinfra). A Sinfra foi a primeira instituição pública do Brasil a apresentar um edital para contratação de empresas para a execução de projetos de rodovias utilizando a plataforma BIM. Esse edital diz respeito a projetos para 3.500 km de rodovias e se espera que, com a implementação dessa nova metodologia de projeto dentro da plataforma BIM, haja um ganho na qualidade, uma vez que a ferramenta permite o trabalho de maneira integrada [3].

O planejamento com utilização do BIM é denominado BIM 4D e ele adiciona ao BIM 3D paramétrico a variável do tempo, o que possibilita a incorporação de um cronograma de tempo no modelo, que permite simular e analisar as diferentes fases de execução da construção, de acordo com Gouveia, Lino e Couto [4]. Os autores ainda afirmam que são benefícios do uso dessa dimensão nas ferramentas BIM, a melhor comunicação e o maior envolvimento das partes interessadas, uma vez que a comparação de cronogramas, do rasteio do progresso construtivo [4,5] e das simulações 4D, potencia o poder de decisão e de replanejamento, bem como a análise e a detecção de conflitos [4,6].

A quantificação precisa assenta sua importância no “fato do planejamento e custos estarem dependentes desse processo, pois simples falhas no processo de quantificação do projeto poderão ter um impacto forte no processo de gestão da construção”, segundo Quintela, Couto e Reis [7].

Apesar das já existentes iniciativas de efetivação da prática de BIM a nível nacional, como a elaboração de normativas como a ABNT NBR 15.965 que trata das diretrizes para a produção de componentes para Modelagem da Informação da Construção e o decreto presidencial de 5 de junho de 2017, que institui o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modeling (CE-BIM) com a finalidade de propor estratégia nacional de disseminação do BIM, a utilização dessa tecnologia na quantificação e no planejamento ainda não é um tema muito abordado, tanto no ambiente acadêmico, quanto no ambiente construtivo. Em decorrência disso, é imprescindível o estudo das potencialidades e dificuldades do uso de softwares BIM e do processo em si no referente à quantificação de materiais e planejamento das etapas da obra.

O presente artigo objetiva, então, apresentar um estudo de caso de uma residência na cidade de Parnamirim, no Rio Grande do Norte, Brasil, e a análise da utilização da filosofia de trabalho BIM na quantificação e no planejamento da obra dessa residência. A partir dessas verificações, pretende-se obter informações sobre as qualidades e as dificuldades dos processos de

quantificação de materiais e planejamento das etapas da obra com o uso de softwares BIM e respectiva metodologia.

2. Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento dessa pesquisa foi dividida em três etapas (Figura 1), a saber: revisão teórica sobre BIM, quantificação e planejamento; treinamento nos softwares relacionados a essas etapas; e o estudo de caso acadêmico de um projeto de edificação residencial real.

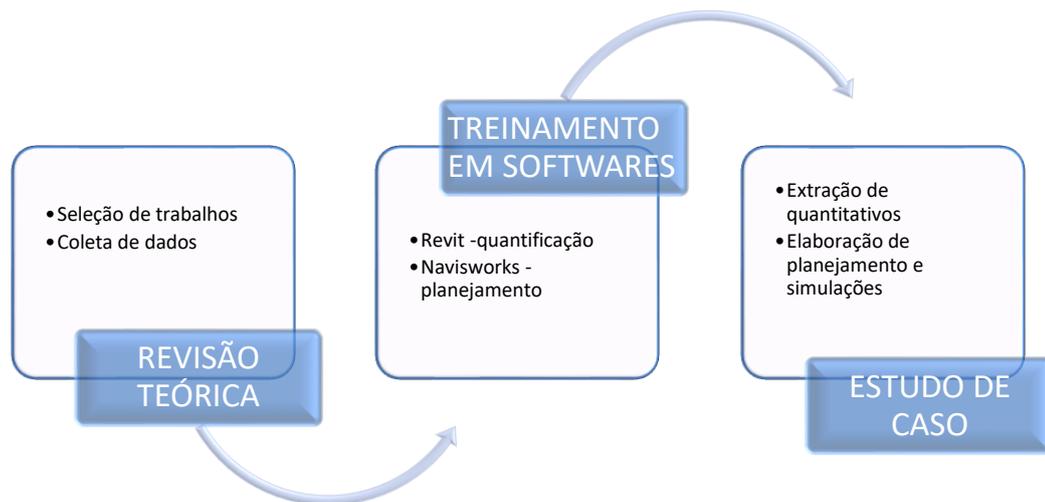


Figura 1: Descrição da metodologia.

A revisão bibliográfica ocorreu a partir da seleção de trabalhos contidos no Livro de Atas do PTBIM 2016 e nos Anais do Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (SBTIC-2017), com o intuito de apresentar um estudo proveitoso, com novas conclusões e condizente com a maturidade de trabalhos anteriores. Os artigos foram escolhidos com base em seus resumos, atentando sempre à semelhança entre seus assuntos e aquele aqui tratado.

Posteriormente, na etapa de treinamento nos softwares Revit e Navisworks, ambos da Autodesk, foram aprimorados conhecimentos adquiridos, através de pesquisas desenvolvidas anteriormente, como a que comparou o processo de extração de quantitativos através do Revit, com o método de quantificação tradicional [8] e a que confrontou o BIM 4D realizado com o Navisworks com o planejamento tradicional, utilizando Gráfico de Gantt [9].

Buscou-se o refino das competências no manuseio das ferramentas para modelação 4D, que inclui a variável tempo ao protótipo 3D, e também para utilização do 5D, que relaciona planejamento e quantidade aos custos. Essa iniciativa possibilitou a obtenção de condições confiáveis para a resolução de determinados problemas comumente encontrados no desenvolvimento dessas etapas, como descontos ou acréscimos em quantitativos de alvenaria e rodapé.

O Revit é um software amplamente utilizado no mercado de trabalho pela sua potencialidade de modelagem e quantificação, enquanto o Navisworks é preferível para atividades de detecções de conflitos, cronogramas e simulações. Optamos pela utilização de ambos por atenderem às necessidades da pesquisa e, sobretudo, por serem compatíveis.

Por fim, os conhecimentos adquiridos nas etapas precedentes foram aplicados ao projeto de uma residência real, analisando a competência da metodologia BIM para a quantificação e para o planejamento, de forma a captar os principais benefícios e dificuldades ainda encontrados em seu uso.

3. Resultados

Os resultados encontrados ao final da verificação da literatura selecionada mostraram que, apesar de o BIM já ser bastante discutido, há ainda uma escassez de pesquisas relacionadas à modelagem 4D e 5D, como exemplificado na Figura 2, que mostra a baixa quantidade de artigos referentes a esse assunto nos anais consultados. Assim, este trabalho se caracteriza como inovador no ramo da AEC, trazendo experiências totalmente vividas dentro do ambiente BIM, explorando o máximo de seus benefícios.

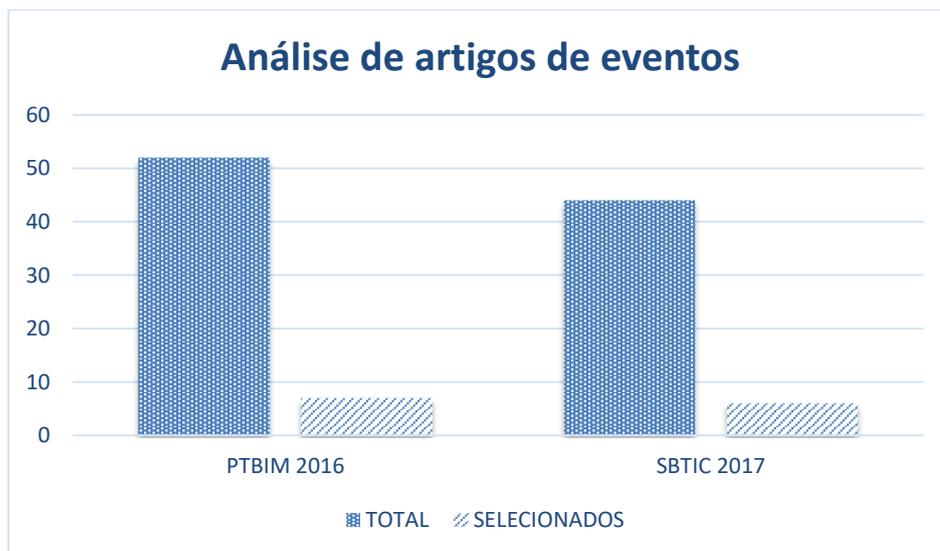


Figura 2: Análise de artigos de eventos.

Durante o treinamento para a extração de quantitativos em software Revit, houve uma maior preocupação referente aos critérios de medição adotados pela indústria da construção brasileira, que comumente segue as Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) [10], pois percebemos que o sistema operacional não obedece a tais critérios. Tal fato ocasionaria problemas para os profissionais responsáveis pela orçamentação da obra, uma vez que tabelas extraídas automaticamente não poderiam ser seguidas com total confiabilidade e apresentariam erros consideráveis, relacionados às quantidades de serviços contidos no projeto.

Entretanto, a resolução desses conflitos foi encontrada no próprio software, em virtude da possibilidade de inserir, rapidamente e sem grandes esforços, fórmulas e parâmetros na composição das tabelas, mostrando que o Revit é altamente eficaz e confiável para aqueles que sabem manuseá-lo corretamente.

Já para o treinamento no software Navisworks, foram aprimorados os conhecimentos sobre a ferramenta de planejamento e simulação, buscando explorar todas as possibilidades para uma visualização mais realista, contemplando todas os processos e etapas que compõem a obra, garantindo, assim, uma maior qualidade e compreensão do gerenciamento e da construção.

O estudo de caso acadêmico aplicado a um projeto de edificação real, que serviu para a consolidação dos novos conhecimentos adquiridos, levou à observação da relação entre o nível de detalhamento da modelagem e os objetivos almejados, de forma que a precisão do planejamento, cronograma e quantificação está diretamente relacionada à descrição dos dados no modelo.

A partir desse entendimento, foram identificadas três situações conflitantes, ocasionadas devido à real finalidade da modelação que, a princípio, não seria a coordenação, mas sim apenas a visualização do design. Esses erros estavam relacionados ao cálculo de alvenarias, rodapé e áreas impermeáveis que, caso fossem consolidados, trariam danos consideráveis à orçamentação e ao cronograma.

No tocante às alvenarias, a TCPO assegura que devem ser descontadas as áreas de vãos excedentes a 2,00 m²[10]. Entretanto, o Revit considera como vazio todo e qualquer vão existente, sendo necessário acrescentar, para cada abertura presente e que esteja dentro desses critérios, a área descontada automaticamente pelo software.

O modelo utilizado contém 34 esquadrias, sendo 12 janelas e 22 portas, onde 6 destas e 3 daquelas ultrapassam os 2,00 m². Foi necessário acrescentar ao cálculo total automático das alvenarias todas as áreas descontadas, exceto daquelas que estão dentro desse parâmetro (Figura 3), pois, para este caso, adiciona-se apenas os 2,00 m², resultando em um acréscimo total de 49,71 m² (Figura 4).

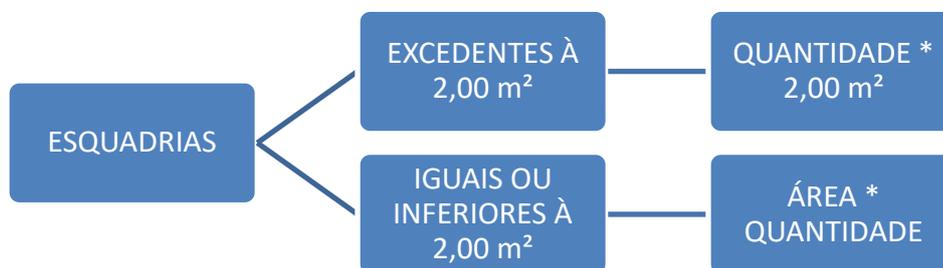


Figura 3: Cálculo total das alvenarias.

<ptbim.ACRESCIMOS NA ALVENARIA I>						
A	B	C	D	E	F	G
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	TIPO	ÁREA NUM.	QUANTID.	ACRESC.
J01	0.40 m²	Janela boca de lobo alumínio bronze e vidro bronze	Boca de lobo	0.40	1	0.40
J02	0.48 m²	Janela boca de lobo alumínio bronze e vidro bronze	Boca de lobo	0.48	1	0.48
J02	0.48 m²	Janela boca de lobo alumínio bronze e vidro bronze	Boca de lobo	0.48	1	0.48
J02	0.48 m²	Janela boca de lobo alumínio bronze e vidro bronze	Boca de lobo	0.48	1	0.48
J03	0.72 m²	Janela com 02 folhas em alumínio bronze e vidro bronze	Correr	0.72	1	0.72
J04	1.02 m²	Janela com 02 folhas em alumínio bronze e vidro bronze	Correr	1.02	1	1.02
J05	1.00 m²	Janela com 02 folhas em alumínio bronze e vidro bronze	Correr	1.00	1	1.00
J06	1.15 m²	Janela com 02 folhas em alumínio bronze e vidro bronze	Correr	1.15	1	1.15
J07	1.20 m²	Janela com 02 folhas em alumínio bronze e vidro bronze	Correr	1.20	1	1.20
J08	5.20 m²	janela fixa em alumínio bronze e vidro bronze	Fixa	5.20	1	2.00
J09	2.32 m²	Janela com 02 folhas em alumínio bronze e vidro bronze	Correr	2.32	1	2.00
J09	2.32 m²	Janela com 02 folhas em alumínio bronze e vidro bronze	Correr	2.32	1	2.00
Total geral: 12						12.93

<ptbim.ACRESCIMOS NA ALVENARIA II>						
A	B	C	D	E	F	G
ITEM	ÁREA	DESCRIÇÃO	TIPO	QUANT.	ÁREA NUM.	ACRESCIMOS
P01	1.26 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.26	1.26
P02	1.47 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.47	1.47
P02	1.47 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.47	1.47
P02	1.47 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.47	1.47
P02	1.47 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.47	1.47
P02	1.47 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.47	1.47
P02	1.47 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.47	1.47
P2c	1.47 m²	Porta de giro em jacobá	correr	1	1.47	1.47
P2m	1.47 m²	Porta em MDF	correr	1	1.47	1.47
P2m	1.47 m²	Porta em MDF	correr	1	1.47	1.47
P03	1.68 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.68	1.68
P03	1.68 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.68	1.68
P03	1.68 m²	Porta de giro em jacobá	giro	1	1.68	1.68
P3c	1.68 m²	Porta de giro em jacobá	correr	1	1.68	1.68
P4c	1.68 m²	Porta de giro em jacobá	correr	1	1.68	1.68
P4m	1.89 m²	Porta em MDF	correr	1	1.89	1.89
P05	7.25 m²	Porta de giro em caixa de jacobá	giro	1	7.25	2.00
P06	3.36 m²	Porta em vidro temperado na cor bronze e	Correr	1	3.36	2.00
P07	4.80 m²	Porta em vidro temperado na cor bronze e	Correr	1	4.8	2.00
P08	6.24 m²	Porta em vidro temperado na cor bronze e	Correr	1	6.24	2.00
P08	6.24 m²	Porta em vidro temperado na cor bronze e	Correr	1	6.24	2.00
P08	6.24 m²	Porta em vidro temperado na cor bronze e	Correr	1	6.24	2.00
Total geral: 22						36.78

Figura 4: Tabelas de alvenarias extraídas do software Revit.

Concernente ao cálculo de rodapé, seria necessário que este estivesse devidamente modelado para que a ferramenta extraísse a quantidade real de materiais sem retrabalhos, sendo esse o motivo de uma das situações conflitantes constatadas. No entanto, como mencionado anteriormente sobre a intenção da modelação do projeto em questão, o nível de detalhamento não contempla tais quesitos.

Posto isso, a quantificação desse foi realizada diretamente na tabela de pisos a partir de seus perímetros, atentando sempre aos vãos de portas existentes, bem como a exclusão de ambientes que não possuem rodapé por receberem outros acabamentos de parede (Figura 5).

<ptbim.CÁLCULO DE RODAPÉ>					
A	B	C	D	E	F
AMB.	PER.	PAREDE	LARG. DE PORTAS I	LARG. DE PORTAS II	RODAPÉ
CIRCULAÇÃO	15.15 m	Pintura acetinada na cor branco neve	0.00	0.00	15.15
CLOSET	11.13 m	Pintura acetinada na cor branco neve	0.90	0.00	10.23
CLOSET I	5.95 m	Pintura acetinada na cor branco neve	0.70	0.00	5.25
CLOSET II	6.62 m	Pintura acetinada na cor branco neve	0.70	0.00	5.92
DECK CARAMANCH	18.00 m	Textura na cor branco neve	0.00	0.00	18.00
DEPÓSITO	7.71 m	Pintura lavável	0.70	0.00	7.01
DESPENSA	5.55 m	Pintura lavável	0.60	0.00	4.95
ESCRITÓRIO	13.40 m	Pintura acetinada na cor branco neve	0.80	0.00	12.60
GARAGEM - 02 CAR	22.42 m	Textura cinza claro	0.00	0.00	22.42
HALL	5.50 m	Pintura acetinada na cor branco neve	0.80	0.00	4.70
HALL ENTRADA	8.50 m	Pintura acetinada na cor branco neve	1.25	1.60	5.65
HALL ESCADA	6.71 m	Pintura acetinada na cor branco neve	0.00	0.00	6.71
SALA DE ESTAR E J	23.46 m	Pintura acetinada na cor branco neve e cinza	2.60	2.60	18.26
SALA DE TV	16.14 m	Pintura acetinada na cor branco neve	0.00	0.00	16.14
SUÍTE CASAL	16.87 m	Pintura acetinada véu de noiva	0.80	2.60	13.47
SUÍTE I	13.10 m	Pintura acetinada véu de noiva	0.70	0.00	12.40
SUÍTE II	13.42 m	Pintura acetinada véu de noiva	0.70	2.00	10.72
VARANDA II	23.87 m	Textura cinza claro	0.00	0.00	23.87
Total geral: 18					213.45

Figura 5: Tabela de cálculo do rodapé extraída do software Revit.

Alusivo à extração de áreas sujeitas à impermeabilização, as boas práticas de mercado de sistemas construtivos determinam que, além de todo o piso, as paredes interiores também devem receber material impermeabilizante até 0,20 m de altura em todo o ambiente [11]. Em

vista disso, realizamos um procedimento semelhante ao descrito anteriormente, calculando a área de impermeabilização com base nos perímetros obtidos e na altura de contorno, com a devida cautela na retirada dos vãos de portas. Obtivemos uma área total de 55,81 m², que corresponde à somatória das áreas de piso e do contorno, determinada pelo referido critério (Figura 6).

<ptbim.IMPERMEABILIZAÇÃO DE PISO>							
A	B	C	D	E	F	G	H
AMB.	ÁREA	PER.	PISO	DESC. DE IMPERMEAB	DESC. DE IMPERMEABI	ALTURA DA IMPERMEA	IMPERMEABILIZAÇÃO
BWC CASAL	6.49 m ²	10.58 m	Porcelanato natural 80 x 80 na cor cinza	0.80	0.00	0.20	1.96 m ²
BWC I	3.63 m ²	7.90 m	Porcelanato natural 80 x 80 na cor cinza	0.70	0.00	0.20	1.44 m ²
BWC II	3.25 m ²	7.60 m	Porcelanato natural 80 x 80 na cor cinza	0.70	0.00	0.20	1.38 m ²
VARANDA I	11.71 m ²	15.72 m	Porcelanato natural 80 x 80 na cor cinza	1.59	0.80	0.20	2.67 m ²
VARANDA II	19.43 m ²	23.87 m	Porcelanato natural 80 x 80 na cor cinza	2.60	2.00	0.20	3.85 m ²
Total geral: 5	44.51 m ²						11.30 m ²

Figura 6: Tabela de impermeabilização de piso extraída do software Revit.

Com a importação do modelo de construção no Navisworks, foi factível reconhecer que o desenvolvimento do BIM 4D facilita a identificação de incompatibilidades nas precedências entre os serviços que compõem a obra, visto que, conforme Figura 7, é facilmente perceptível, através da visualização, a falta de determinado serviço ou a sequência errada, ao acionar a visualização em 3D da sequência construtiva definida para a obra.

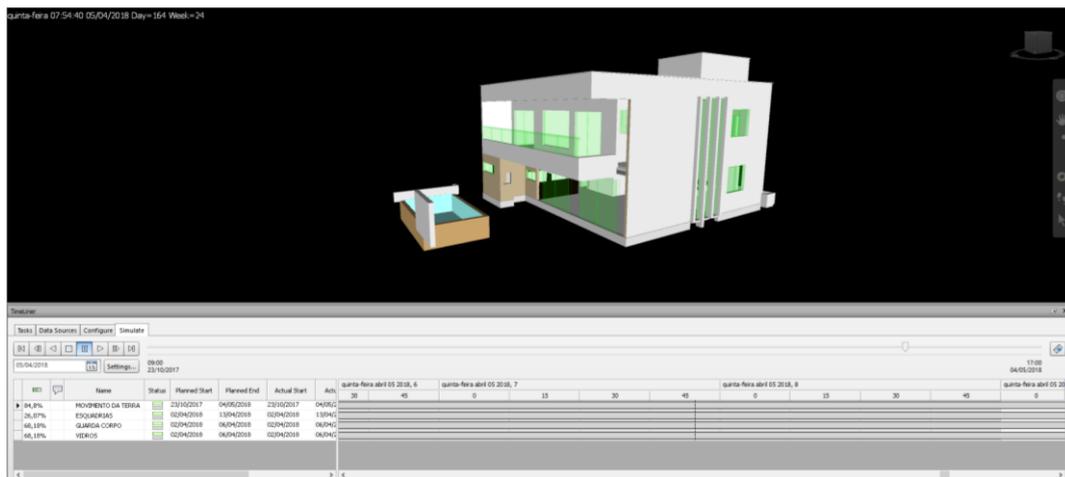


Figura 7: Visualização da sequência construtiva em 3D.

Referente à simulação e planeamento elaborados no Navisworks, foi possível perceber a importância de uma visualização mais concreta que, ao ser aliada à animação de máquinas e equipamentos (Figura 8), permite maior controle sobre o desenvolvimento das atividades no canteiro de obra, proporcionando a percepção de prováveis conflitos e a consequente prevenção deles. Na animação representada na Figura 8 se tem como objetivo, por exemplo, identificar os conflitos entre os serviços iniciais a serem desenvolvidos na obra. Como estratégia para atendimento ao prazo de execução da obra, optou-se por trabalhar em duas frentes de serviços. Sendo a primeira nos serviços de escavação manual da piscina com a retirada do material através de minicarregadeira “Bobcat” e a segunda frente na execução das fundações (baldrames e radier). A animação foi útil para identificar as áreas necessárias à movimentação do

equipamento juntamente com a definição do plano de concretagem das fundações e a melhor posição do gabarito.

A característica do software Navisworks, de permitir a simulação da evolução da obra, ao juntar o modelo 3D com um cronograma elaborado em softwares como o MS Project, o Primavera ou ainda através da construção no próprio Navisworks, favorece a compreensão das precedências dos serviços e suas durações, minimizando erros e interpretação, bem como facilitando consideravelmente o acompanhamento da execução da obra.

Dessa forma, o gerenciamento de obras realizado em plataforma BIM garante mais confiabilidade, qualidade, rapidez e, como resultado, permite um melhor cumprimento dos prazos e custos determinados no planejamento da obra.

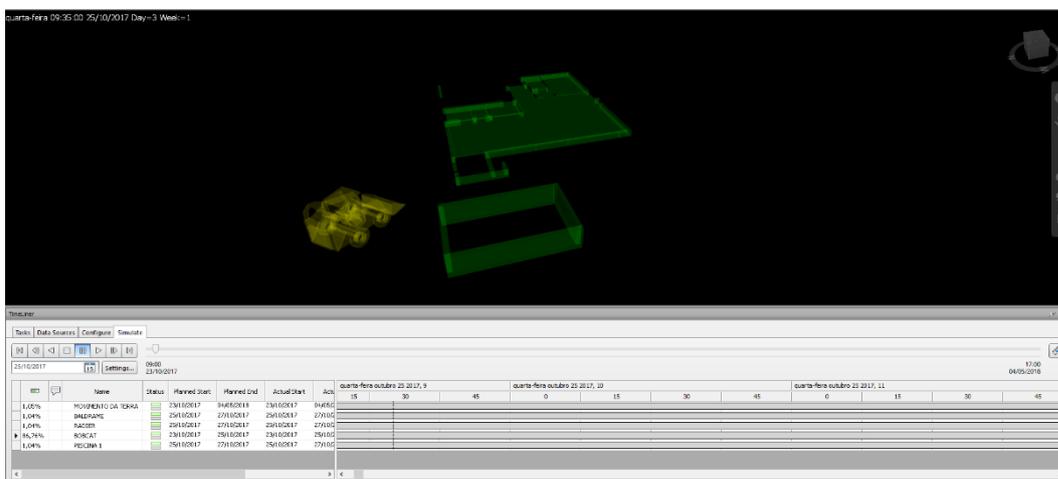


Figura 8: Visualização aliada à animação de máquinas e equipamentos.

4. Conclusão

Concluiu-se, ao final do estudo, que a utilização de softwares BIM promove mais facilidade, rapidez e confiabilidade aos processos essenciais da construção, já que eles implicam diretamente na avaliação da viabilidade da obra. A determinação dos custos e prazos, bem como o cumprimento dos mesmos, são fatores capazes de garantir o sucesso de empresas da indústria da construção. O BIM, portanto, apresenta-se como um grande contribuinte para a melhoria desses processos, pois permite a redução de gastos, erros e tempo quando comparado à metodologia tradicional.

O presente trabalho traz como principal contribuição para a área da AEC a comprovação da praticidade e automaticidade fornecida pelo uso de BIM na execução das etapas de coordenação do projeto, mostrando não só uma análise acadêmica baseada em teorias, mas também uma aplicação meticulosa a um projeto de obra real.

As limitações encontradas no desenvolver do estudo se referem à necessidade de adaptação aos softwares existentes, que na grande maioria são importados, o que significa que por vezes,

seguem normativas diferentes das aplicadas no segmento da construção civil brasileira, principalmente com relação a determinados sistemas construtivos. Nesse sentido, é relevante que seja considerado a importância de conhecimentos técnicos e prática nos softwares, além de atenção para com a utilização de diretrizes e regras próprias da área AEC do Brasil. Também se caracteriza como de grande relevância a definição prévia do nível de detalhamento dos projetos, quando se pretende direcioná-los a procedimentos que estão além da visualização.

Apesar destas limitações não impedirem a obtenção de resultados satisfatórios, é importante salientar que o BIM pode oferecer mais benefícios relacionados ao planejamento e orçamentação quando essa intenção prevalece desde o momento de modelação 3D. Portanto, recomenda-se que tais processos sejam aplicados a um projeto elaborado com a finalidade de coordenar a construção.

Referências

- [1] *Governo de Santa Catarina*. Caderno de Apresentação de Projetos em BIM. 2015.
- [2] M. Renner, “*Santa Catarina investe em BIM*”. Disponível em: <<https://m.baguete.com.br/news/readnews/4/76813>>. Acesso em: 12 fev. 2018.
- [3] B. Fontes, “*MT é o 1º Estado do Brasil a lançar edital de projetos em 3D para rodovias*”. Disponível em: <<http://www.sinfra.mt.gov.br/-/8452919-mt-e-o-1-estado-do-brasil-a-lancar-edital-de-projetos-em-3d-para-rodovias>>. Acesso em: 12 fev. 2018.
- [4] T. Gouveia, J. C. Lino, J. P. Couto, “Integração de Ferramentas BIM Aplicadas a um Caso de Estudo – Coordenação e Quantificação”, in *1º Congresso Português de Building Information Modelling (2016)*, Guimarães, Portugal, 2016, pp. 409-418. doi: 10.5281/zenodo.166758.
- [5] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*, 2nd Edition. New Jersey, EUA: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [6] A. U. Velasco, “*Assessment of 4D BIM applications for project management functions*,” Tese de Mestrado, Santander, University of Cantabria, Polytechnic University of Valencia, Espanha, 2013.
- [7] A. F. da Quintela, J. P. Couto, F. Reis, “Classificação e organização de objetos BIM e sua aplicação em modelos 4D & 5D” in: *1.º Congresso Português de Building Information Modelling (2016)*, Guimarães, Portugal, 2016, pp. 153-162. doi: 10.5281/zenodo.166758.
- [8] J. P. Giesta, J. A. A. da Silva, T. G. Costa, E. C. F. da S. Lira, E. M. S. Paiva, “Potencialidades do BIM no processo de quantificação para orçamentação e planejamento de obras”, in *Conecta IF - Encontro de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (2017)*, Brasília, Brasil, 2017.
- [9] T. G. Costa, E. C. B. Dias, E. C. F. da S. Lira, J. A. A. da Silva, J. P. Giesta, “Modelagem BIM 4D: Potencialidades e vantagens sobre o planejamento de obras tradicional”, in *XIII CONGIC - Congresso de Iniciação Científica do IFRN (2017)*, Caicó, Brasil, 2017.
- [10] PINI, *TCPO - Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos*. 13ª Edição. São Paulo, Brasil: Pini, 2008.
- [11] PINI, *Construção passo a passo*. 1ª Edição. São Paulo, Brasil: Pini, 2012.

DIGITALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO NO DSTGROUP: IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM

João Marcelo Silva⁽¹⁾, Alexandra Calheiros⁽¹⁾, Miguel Azenha⁽²⁾

(1) dstgroup, Braga

(2) Universidade do Minho, Guimarães

Resumo

O controlo efetivo dos processos construtivos da cadeia de valor do sector da construção é uma mudança crucial e fundamental, em face dos desafios colocados pelo mercado e pela sociedade em geral. A atual revolução tecnológica veio proporcionar ao sector da construção a alavanca que este necessitava na implementação de processos de controlo digitais, através da metodologia BIM. A implementação da metodologia BIM na construção cria desafios que têm que ser ultrapassados bem como oportunidades que poderão ser traduzidas em mais-valias para a organização. Assim, o dstgroup avançou com a implementação de metodologia BIM em colaboração próxima com a Universidade do Minho (UMinho) com o objetivo de dar apoio à equipa de produção de obra; de efetuar a deteção e correção de incompatibilidades, o controlo de quantidades; e o balizamento do planeamento. No presente artigo é dado um conjunto de testemunhos dos esforços encetados, quer ao nível metodológico, quer ao nível de exemplos de aplicação. A implementação da metodologia BIM demonstrou que tendo como base os modelos existe um melhoramento de perceção de obra por parte dos intervenientes e que a utilização de uma equipa pluridisciplinar, promove uma maior agilização no processo de definição de uma nova solução técnica-económica enquadrada com os prazos de execução da obra. No que respeita ao processo de gestão de orçamento, há uma maior facilidade na validação dos mapas de quantidades e apoio na extração de quantidades de acordo com o faseamento de execução da obra. Adicionalmente, através dos modelos também é possível efetuar um balizamento do estado da obra através de elementos gráficos que facilitem a perceção por parte de todos os intervenientes na obra, dos trabalhos já executados e por realizar, bem como realizar simulações que permitam validar alterações às soluções construtivas, alterações ao nível do planeamento, e analisar a viabilidade de utilização de determinados equipamentos.

1. Introdução

O impacto social que a 4.^a Revolução Industrial tem vindo a proporcionar não passa despercebido. A velocidade e a facilidade com que a transmissão da informação é hoje realizada, garante uma maior proximidade entre pessoas, bens e serviços que, até então, era um fator condicionante ao desenvolvimento dos processos conceptuais e industriais. Atualmente, recai sobre o sector da construção uma má imagem, face à dificuldade de garantia do cumprimento dos prazos de execução, e dos limites orçamentais dos projetos [1].

No horizonte 2016-2025 o sector da construção irá deparar-se com inúmeros desafios entre os quais o aumento da pré-fabricação; a garantia de precisão das quantidades; a garantia de menos desperdício e gestão *Lean*; aumento das capacidades dos *softwares*, *Internet of Things* (IoT); bases de dados, medições e monitorização; *Big data*; *Bid models and Big databases.*, cujas técnicas e tecnologias estão prontas e disponíveis para serem exploradas [2].

Atualmente, a indústria da construção tem vindo a utilizar com sucesso a metodologia BIM como uma ferramenta para melhorar o processo de conceção [3]. Assim, tirar vantagem da visualização 3D e da deteção de colisões disponíveis através da metodologia BIM, faz com que empresas do setor da construção possam executar eficientemente desenhos/modelos de coordenação, planeamentos de construção bem como interfaces de coordenação e integração complexas [4]. Adicionalmente, a tecnologia BIM pode melhorar significativamente a eficiência dos processos de gestão de orçamento no que diz respeito à qualidade de extração das listas de quantidades que podem ser calculadas com uma maior precisão [5].

Neste contexto, em 2016, o dstgroup introduziu valências de digitalização na construção na sua cadeia de valor de forma alargada. Desde modo, avançou-se com a implementação de metodologia BIM em colaboração próxima com a Universidade do Minho (UMinho), quer ao nível da formação BIM dos recursos humanos, quer ao nível de formação pós-graduada, com estudos de Doutoramento conduzidos por membros do dstgroup na UMinho.

Neste artigo será dada uma perspetiva atualizada dos desenvolvimentos já atingidos, e em fase de implementação, com especial ênfase à discussão crítica dos desafios encontrados e resultados atingidos, apresentando o exemplo de uma obra onde se aplicou a metodologia BIM com o objetivo de: apoio á equipa de produção de obra; deteção e correção de incompatibilidades; controlo de quantidades; e balizamento do planeamento.

2. Estratégia na Área da Construção Digital

2.1 Objetivos

O dstgroup definiu a abrangência dos proveitos resultantes da aplicação de processos digitais, quer no âmbito de otimização da construção (áreas de controlo e previsão internas), quer ao nível do alargamento da abrangência apoio de proximidade aos clientes (área comercial e de apoio ao cliente), auxiliando-os na definição dos seus espaços e edifícios, através de projetos de arquitetura e engenharia, dotados de compatibilização entre especialidades, proporcionando ao cliente um forte sentimento de confiança durante a execução de obra.

No âmbito das áreas de controlo e previsão internas, os objetivos da digitalização na construção centram-se em quatro áreas principais (detalhadas na Figura 1): extração de quantidades garantindo precisão e padronização; na compatibilização pela deteção de erros e omissões; na execução de simulações transversais ao método de execução da obra; e na procura de

otimização de soluções nas mais diversas especialidades. No que respeita ao apoio ao cliente, enquanto serviço externo, pretende-se implementar capacidade de fornecimento de compatibilizações, planeamentos, e quantidades necessárias das diversas especialidades do projeto.

CONTROLO E PREVISÃO			
QUANTIDADES	COMPATIBILIZAÇÃO	SIMULAÇÃO	OTIMIZAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Padronização; ▪ Precisão. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detecção de Erros e Omissões; ▪ Melhor compreensão do projeto (cliente); ▪ Otimizar solução de execução da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planeamento de execução de obra; ▪ Soluções de arquitetura; construtivas; e estruturais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arquitetura; ▪ Betão Armado; ▪ Estrutura Metálica; ▪ AVAC; ▪ Redes Hidráulicas.
APOIO NO PROCESSO DE RE-ENGENHARIA			

Figura 1: Esquema síntese dos objetivos da digitalização da construção em âmbito interno

2.2. Equipa

Para atingir os objetivos indicados, foi constituída em 2016 uma equipa multidisciplinar de 10 colaboradores provenientes das empresas do dstgroup, todos com experiência profissional mínima de 5 anos. A formação de base dos elementos da equipa enquadra-se nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia Mecânica e Arquitetura, dotando deste modo a equipa do necessário cariz multi-disciplinar aquando da análise de um problema/ou alteração que afete diversas especialidades.

Definiu-se um dos elementos desta equipa como o coordenador, sendo que os restantes desenvolveram capacidades de modelação, cada um numa área em específico, através de formações complementares especializadas.

2.3 Processo Interno BIM

O processo de implementação da metodologia BIM iniciou-se com a elaboração do diagrama ilustrativo da coordenação/comunicação interna, representado na Figura 2. O coordenador designado (*'BIM Manager'*) garantiu que este plano fosse cumprido por todos os elementos da equipa de trabalho, supervisionando também a garantia a qualidade dos modelos e o cumprimento dos prazos de entrega.

Importa referir que a utilização do formato IFC como base de comunicação ao longo de todo o trabalho visou garantir a aproximação do trabalho a um ambiente prático em que o recurso a esta forma geral de interoperabilidade seja necessário. A estratégia adotada incluiu a definição de um espaço partilhado baseado em OneDrive/Microsoft onde todos os elementos da equipa de trabalho têm acesso a informação dos modelos BIM e da documentação relacionada. Após criada a pasta de partilha entre todos os elementos da equipa de trabalho, foi definida a forma como todo o processo de verificação e troca de informação seria efetuado. É seguida a prescrição de nível de desenvolvimento da BIMFORUM [6].

Para os processos de cálculo, modelação, análise e verificação dos modelos, assim como extração de desenhos técnicos, listas de quantidades, apoio à execução do planeamento de

obras, orçamentação e controlo de obra, a equipa dispõe de um conjunto de softwares que envolvem todas as especialidades/domínios que afetam uma obra, nomeadamente:

- Arquitetura Exterior e Interior: Archicad e Revit;
- Estrutura Metálica e Estrutura de Betão: Tekla Structures e Revit;
- MEP (Instalações Hidráulicas, AVAC e Eletricidade): Archicad e Revit
- Análise e Validação dos modelos: Navisworks

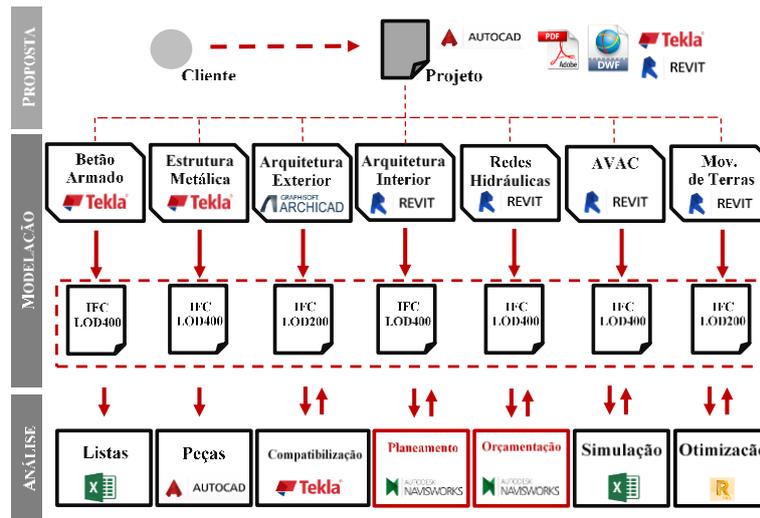


Figura 2: Esquema ilustrativo do esquema de trabalho no seio da equipa bim

3. Caso Prático

Neste ponto apresenta-se uma das obras onde se implementou a metodologia BIM. Trata-se de um pavilhão com um fim comercial edificado no ano 2017, dotado de dois pisos para lugares de estacionamento em estrutura de betão, um piso de zona comercial em estrutura metálica e um totem publicitário, com 10000 m² de área total. Desde modo, descrever-se-á o trabalho BIM realizado, bem como um conjunto de casos em que o BIM se constituiu como uma importante mais-valia.

3.1 Trabalho BIM Realizado

Para a aplicação do BIM na obra, estabeleceu-se um conjunto de passos que materializam o processo interno BIM proposto:

Passo 1: Modelação das especialidades que são o tronco principal da obra - Estruturas Metálicas e Betão (incluindo a modelação da movimentação de terras). O modelo da estrutura metálica proveio da entidade projetista em Tekla Structures em LOD200. O modelo da estrutura de betão foi realizado internamente pela equipa, em Tekla Structures 2016i, LOD200. O modelo da movimentação de terras materializou-se recorrendo-se ao Revit 2017, em LOD200;

Passo 2: Modelação da arquitetura exterior e interior, respetivamente através do Archicad 2017 e Revit 2017, ambos em LOD400 e tendo como base, as peças desenhadas de projeto,

materializadas sobre os IFC's provenientes dos modelos executados para a estrutura de betão e metálica;

- Passo 3:** Em simultâneo com o Passo 2, efetua-se modelação das infraestruturas MEP - redes hidráulicas, eletricidade e AVAC, através do Revit 2017, em LOD400, também tendo por base os IFC's provenientes dos modelos executados para a estrutura de betão e metálica;
- Passo 4:** Através dos IFC's provenientes dos modelos, o *BIM Manager*, realizou avaliação contínua das incompatibilidades entre especialidades, incoerências de projeto, incompatibilidades das soluções de projeto com o método construção ou com o planeamento de obra. A avaliação é realizada por duas vias: de forma visual, através do software Tekla BimSight apurando deste modo cerca de 90% dos problemas e posteriormente através software Navisworks, para que através de um processo automático, se consiga catalogar problemas não detetáveis por inspeção visual (dada a complexidade do modelo).
- Passo 5:** Gestão das situações detetadas no Passo 4, segundo duas tipologias fundamentais: a) os problemas que podem ser retificados internamente, sendo efetuada comunicação direta entre o *BIM Manager* e o modelador para respetiva correção; e b) os problemas que terão que ser comunicados à entidade de projeto, procedendo-se nesse caso a simulação de possibilidade de resolução do problema de modo a facilitar e agilizar a tomada de decisão por parte do projetista e fiscalização;
- Passo 6:** Estando os modelos validados pelo *BIM Manager* ao nível das incompatibilidades entre especialidades, efetua-se a transmissão dos modelos, desenhos e mapas de quantidades para a direção de obra, com o objetivo de auxílio da equipa de produção, assim como de imagens obtidas através do Navisworks para melhor ajudar a compreender o planeamento de obra.

Notar que o processo descrito, envolve vários ciclos, em face de sucessivas revisões nas várias especialidades, assim como de alterações que possam ser propostas quer pelo cliente, quer pela equipa interna. Apesar de se tratar de um processo evolutivo acompanhando a obra, é um processo que corre sempre antes da tomada de decisão em obra, de modo a tentar minimizar potenciais alterações ou correções em obra. Apresenta-se de seguida um conjunto de exemplos de modelos desenvolvidos para as especialidades inerentes à obra, indicando os proveitos obtidos através dos modelos.

Modelo de movimentação de terras

No decorrer da avaliação do mapa de quantidades, no artigo referente à movimentação de terras (volume de aterro e de escavação), percebeu-se, face aos trabalhos de topografia efetuados em obra, que as quantidades poderiam diferir. Deste modo, efetuou-se o modelo de movimentação de terras da obra com o intuito de se conferir qual o correto. Uma vez que o volume de escavação para suporte do terreno, não é considerado no mapa de quantidades, optou-se por se realizar a modelação sem a introdução dos mesmos ou seja apenas o volume de escavação/aterro efetivamente necessário para o edificado, Figura 3 (modelo em LOD200). A partir das quantidades extraídas do modelo, conseguiu-se validar a análise topográfica, assim como apoiar a tomada de decisão do cliente/fiscalização da obra, para a correção das quantidades no mapa de obra.

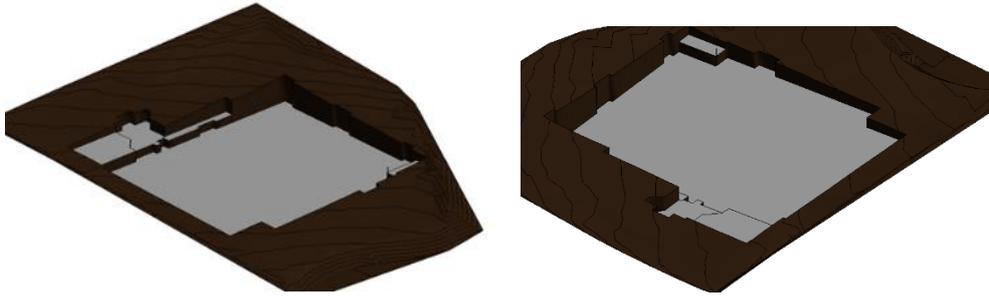


Figura 3: Modelo movimentação de terras, Revit 2017 LOD200

Modelo da Estrutura de Betão

Na Figura 4 apresenta-se o modelo da estrutura de betão, em Tekla Structures LOD200, modelado de acordo com a execução de obra, de modo a obter as quantidades correspondentes para cada faseamento construtivo auxiliando a equipa de direção de obra para a alocação de material (encomenda de betão) no momento da sua aplicação. O modelo auxiliou também a averiguação das áreas de cofragem.

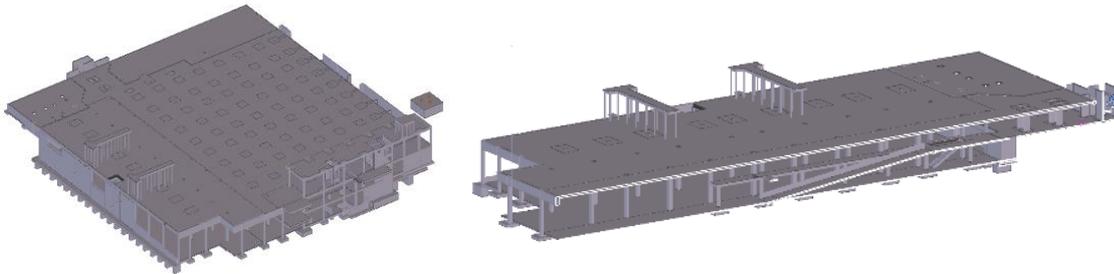


Figura 4: Modelo Estrutura de Betão, Tekla Structures 2016i LOD200

Modelo de Estruturas Metálicas

Na Figura 5, apresenta-se a configuração do modelo de estruturas metálicas e revestimentos. Indicar que todos os desenhos de fabrico e montagem da estrutura metálica, assim como listagens para encomenda de material (aço, parafusaria e revestimentos) foram provenientes do modelo.

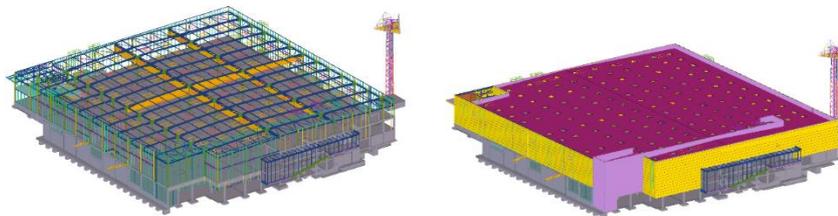


Figura 5: Modelo Estrutura Metálica e Revestimento, Tekla Structures 2016i LOD400

Modelos de Arquitetura

Desenvolveram-se dois modelos de arquitetura: interior e exterior. No modelo de arquitetura interior, representado na Figura 6, efetuou-se extração das quantidades. A modelação LOD400 incluiu todos os elementos constituintes (por exemplo, nas paredes modelou-se individualmente o elemento de pintura, reboco, tijolo, e os restantes), de forma a poder obter individualmente as

quantidades de cada constituinte, permitindo deste modo auxiliar a equipa de direção de obra e o departamento de compras.

Por sua vez, o modelo de arquitetura exterior, representado na Figura 7, teve como objetivo a obtenção de imagens para fins comerciais, para além do enquadramento do edifício com os terrenos e edifícios adjacentes.

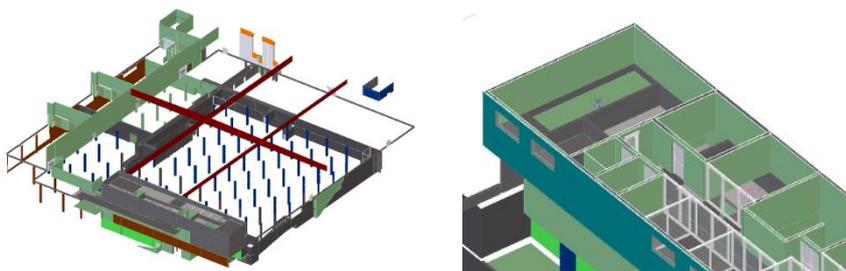


Figura 6: Modelo Arquitetura Interior, Revit 2017 LOD400

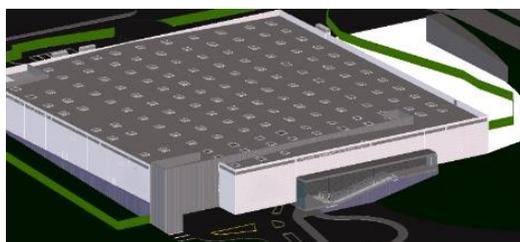


Figura 7: Modelo Arquitetura Exterior, Archicad 2017 LOD400

Modelos MEP

Os modelos MEP: redes hidráulicas, AVAC e eletricidade, Figura 8, são os que resultaram num maior esforço (tempo de modelação) para a equipa BIM, devendo-se ao facto da não existência de objetos BIM obrigar ao desenvolvimento de famílias próprias. Contudo, este tempo foi recuperado nos projetos subsequentes, dada a reutilização das famílias de objetos criadas. Importa referir que o desenvolvimento de famílias próprias demonstra-se tratar de procedimento eficaz uma vez que a atribuição de propriedades aos elementos vai de encontro à informação que se pretende extrair destes, otimizando-se deste modo a obtenção de listas de quantidade e a informação a incluir nos desenhos.

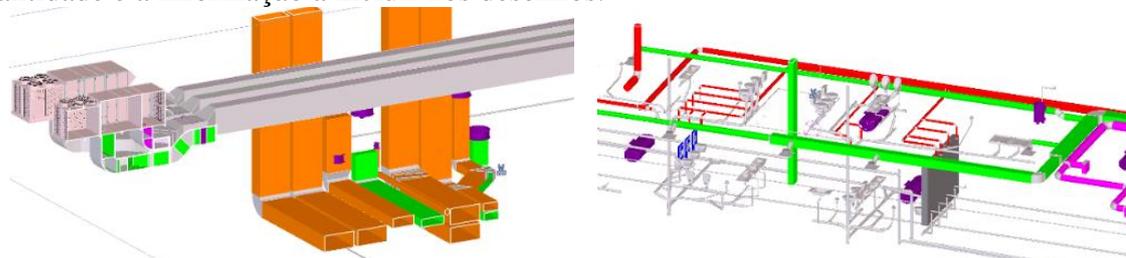


Figura 8: Modelos MEP, Revit 2017 LOD400

Modelo global

Foi também desenvolvido o modelo global que se traduz na aglomeração dos ficheiros IFC resultantes dos modelos parcelares descritos. Através deste modelo global procede-se à análise de incompatibilidades, assim como extração de desenhos com a inclusão de todas as

especialidades. Na Figura 9, podem observar-se dois cortes efetuados no contexto da análise de incompatibilidades.



Figura 9: Modelo Global

3.2 Compatibilização entre Especialidades

Nos seguintes pontos, apresenta-se um conjunto de situações de compatibilização que ajudam a compreender os principais proveitos alcançados devido à aplicação da metodologia BIM: melhor comunicação entre as partes intervenientes; rapidez no processo de definição de uma nova solução; previsão atempada de incompatibilidades, permitindo estudar possíveis impactos nas diversas especialidades; aferição das cotas para o correto posicionamento dos elementos em obra; verificação se a peça a instalar é a correta face as especificidades.

Compatibilização: Arquitetura, Estrutura Metálica e Rede AVAC

Em fase de construção, ao compatibilizar as especialidades, a Arquitetura solicitou que o “*Rooftop*”, máquina de AVAC aprovada em fase de concurso, não ficasse visível a partir do exterior (ver ilustração na Figura 10). Com uma análise através dos modelos digitais foi possível perceber rapidamente que, ao ocultar a referida máquina, não iriam ser garantidas as dimensões mínimas necessárias à correta ventilação da mesma, tendo sido necessário proceder a uma alteração do modelo da máquina.

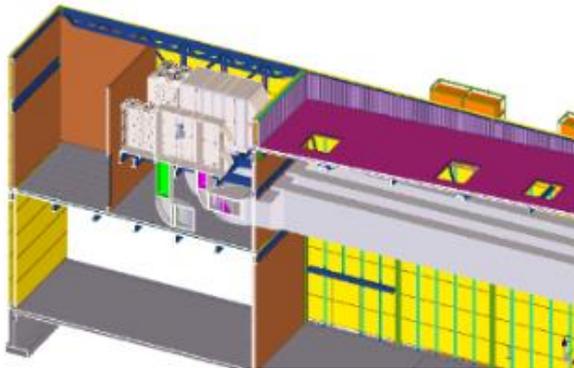


Figura 10: Compatibilização entre arquitetura; estrutura, e rede de AVAC

Todo o processo de decisão foi suportado em modelos digitais, por forma a encontrar um modelo que se adequasse às dimensões livres de arquitetura. Contudo, ao analisar os modelos, detetou-se que as condutas do novo modelo de “*Rooftop*” escolhido colidiam com a estrutura metálica, pelo que foi necessário efetuar ajustes na estrutura metálica, nas ligações da mesma, nos revestimentos e nas alvenarias. Os modelos federados foram fundamentais para avaliar que o “*Rooftop*” inicial não seria o indicado face às alterações da Arquitetura e o impacto do novo modelo de “*Rooftop*” nas restantes especialidades.

Compatibilização: Estrutura de Betão e Rede AVAC

Neste caso, durante a compatibilização das especialidades de AVAC com a estrutura de betão armado, verificou-se que não estava contemplada abertura com dimensão suficiente para o atravessamento das tubagens de AVAC através dos elementos de betão armado (ver Figura 11). Realizou-se uma revisão atempada ao projeto da estrutura de betão, prevendo o atravessamento das condutas de AVAC.

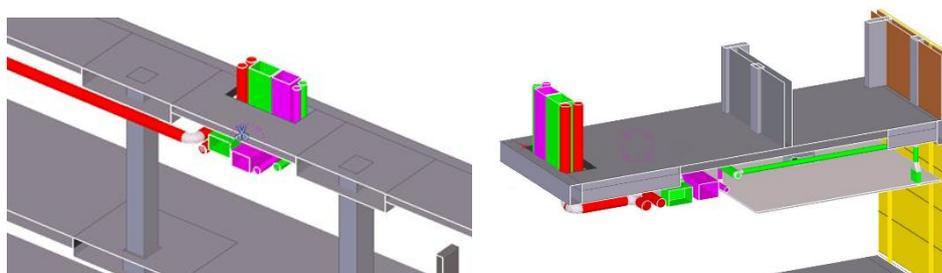


Figura 11: Compatibilização entre piso de betão e rede de AVAC

Compatibilização: Estrutura de betão, revestimento e rede AVAC

Este caso envolve um muro de betão e estrutura metálica, previstos com o objetivo de proteger uma conduta de AVAC. Ao compatibilizar o modelo de AVAC (LOD400) com o modelo da estrutura de betão/metálica, verificou-se que as dimensões da abertura para o atravessamento da conduta não eram suficientes para albergar a conduta, o revestimento da mesma e os seus elementos de suporte, Figura 12. Face à análise efetuada, foi possível incrementar atempadamente a dimensão livre para a passagem da conduta incluindo todos os elementos, acessórios e revestimento.

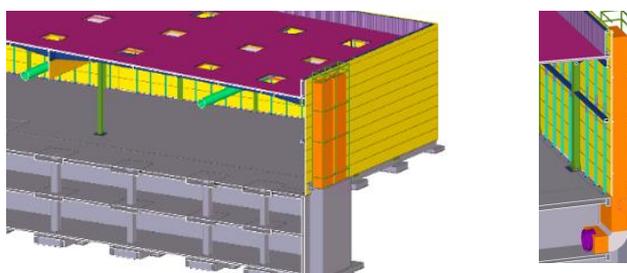


Figura 12: Compatibilização entre piso de betão e rede de AVAC

4. Conclusão

O artigo apresenta um conjunto de aspetos estratégicos e de implementação prática de processos BIM no dstgroup, com particular ênfase em exemplos demonstrativos no caso duma obra real. Dadas as características da obra apresentada e tendo como base os modelos supra apresentados, pode sistematizar-se um conjunto de observações e conclusões principais:

- Constatou-se melhoramento de perceção de obra por parte dos intervenientes;
- Sendo a equipa composta por pessoas com formação base e experiência em múltiplas áreas, foi possível proporcionar uma maior agilização para encontrar a melhor solução do ponto de vista técnico, económica e enquadrada nos prazos da obra;

- A partir dos modelos, foi rápida e eficaz a validação dos mapas de quantidades, bem como a extração de quantidades de acordo com o faseamento de obra;
- Foi possível demonstrar a viabilidade de realizar simulações que permitam validar alterações às soluções construtivas, alterações ao nível do planeamento, e analisar a viabilidade de utilização de determinados equipamentos.
- Relativamente ao trabalho desenvolvido para a especialidade de estrutura metálicas, na qual o próprio projetista já usava metodologias BIM, há que ressaltar que a troca de informação com base por modelos em vez de desenhos mostrou-se ser um processo ágil, obtendo-se uma iteração extremamente facilitada e acelerando processos. Sendo a adoção BIM uma tendência crescente, a disponibilidade de modelos por parte da generalidade dos projetistas, tornará ainda mais evidentes os benefícios sentidos nas empresas de construção que recorrem ao BIM.

Referências

- [1] M. M. Tahir, Haron, N. A., Alias, A. H., Harun, A. N., I. B. Muhammad and D. L. Baba “Improving Cost and Time Control in Construction Using Building Information Model (BIM): A Review” in *Pertanika Journal of Science and Technology* (January 2018)
- [2] Glema, A. 2017. *Building Information Modeling BIM – Level of Digital Construction*. *Archives of Civil Engineering*, 63(3), 39-51
- [3] Fredrik Svalestuen, Vegard Knotten, Ola Lædre, Frode Drevland and Jardar Lohne “Using Building Information Model (BIM) devices to improve information flow and collaboration on construction sites” in *Journal of Information Technology in Construction - ISSN 1874-4753* (October 2017)
- [4] Hui-Yu Chou and Pei-Yu Chen “Benefit Evaluation of Implementing BIM in Construction Projects” *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 245 062049in (2017)
- [5] Li wei 2017 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 100 012178 “Application of BIM technology in construction bidding”
- [6] BIMFORUM “Level of Development Specification, Part I”. Novembro de 2017. <http://bimforum.org/lod/> - acedido em Abril de 2018.

IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA ELEVO

Paulo Rodrigues⁽¹⁾

(1) Elevation Engenharia SA, Lisboa

Resumo

O Grupo Elevo tem principal atividade a construção e obras públicas, com cerca de 4.500 colaboradores, está presente em cerca de vinte mercados internacionais.

É nossa intenção neste artigo, partilhar os nossos objetivos com a construção digital nos mercados públicos e privados, divulgar vantagens inerentes aos novos processos e perceber junto da "comunidade BIM", possíveis soluções para as dificuldades encontradas.

Num mundo cada vez mais global, temos de munir-nos das ferramentas que já começam a ser exigidas internacionalmente, sendo fundamental a normalização nacional aproximada às normas dos mercados onde o BIM já se encontra implementado. Por outro lado, nos dias que correm, estamos perante a quarta revolução industrial, conhecida pela **Indústria 4.0** que consiste na fusão de métodos de produção com os mais recentes desenvolvimentos na tecnologia de informação e comunicação. Este desenvolvimento é atualmente estimulado pela tendência de digitalização da economia e sociedade.

A base tecnológica deste desenvolvimento é possível graças a “sistemas ciber-físicos” inteligentes e interligados que permitirão que pessoas, máquinas, equipamentos, sistemas logísticos e produtos comuniquem e cooperem diretamente entre si.

1. Introdução

A construtora durante os últimos dois anos, e em particular a Direção Geral Técnica e Inovação (DGTI) tem acompanhado ao pormenor a evolução desta metodologia de trabalho, fazendo inclusivamente parte da Comissão Técnica (CT) 197, que como é sabido tem desenvolvido esforços para que a normalização do BIM seja uma realidade a nível nacional. Para o efeito,

tem colaborado com três membros, inseridos em duas das subcomissões de trabalho criadas para o desenvolvimento de temas como as “Metodologias BIM” e a “Modelação e Objetos”, entre outros.

O objetivo principal da DGTI, é poder contribuir para uma atualização tecnológica do Grupo da construtora, contribuindo para o aumento da competência, competitividade e diferenciação nas geografias onde opera.

O primeiro contacto com softwares de modelação, foi cerca de cinco anos atrás, com o Archicad 18, para modelarmos modelos estruturais de grandes projetos, a fim de serem extraídas as quantidades automaticamente, para apoio ao nosso Departamento de Propostas.

Com o início de solicitações de clientes, para experiência com outros softwares, tivemos de aumentar o conhecimento dos nossos colaboradores sobre este tema.

Até que chegou o dia esperado pela equipa da DGTI, o dia em que surge a adjudicação de um equipamento hospitalar e em que os projetistas nos informam que vão modelar o projeto.

Foi o clique para a implementação do BIM no Grupo, pois à data já nos tínhamos apercebido das mais valias da metodologia. Nos capítulos seguintes descrevemos as principais linhas de orientação desse caminho, que nos dias de hoje ainda decorre. Cremos que tem de ser um período de adaptação, pois um projeto com estas dimensões e especificidades, envolve um grande número de técnicos e nem todos têm a mesma capacidade de mudança de paradigma.

2. Apresentação geral do caso

Para a implementação do BIM@elevo, teria de existir um projeto piloto. Sendo que no verão de 2016, adjudicaram ao grupo no mercado da Bolívia a conceção/construção de um Hospital na cidade de Trinidad, localizada a cerca de seiscentos quilómetros da capital da Bolívia, La Paz.

O Hospital deveria ter a capacidade para duzentas camas e ser implantado num lote com 47.000 m², usando para o efeito 15.000 m² para implantarmos cerca de 25.000 m² de área de construção.

O complexo hospitalar é constituído por dois edifícios, um bloco principal clínico e outro um edifício industrial onde se situam as centrais de produção, reservas de água e na cobertura deste edifício o heliporto.

O edifício principal desenvolve-se em duas bandas programáticas de onde resultam diferentes alturas, a primeira banda de serviços não clínicos é constituída por três pisos, a segunda banda de serviços clínicos desenvolve-se através de vários módulos de dois pisos e de um módulo central de cinco pisos, que alberga as unidades de internamento nos pisos quatro e cinco, um piso técnico no piso três que dá serviço a todo o hospital.

A terceira banda programática dos restantes serviços é constituído por dois pisos.

O edifício industrial desenvolve-se em dois pisos, com as mesmas alturas dos pisos do edifício hospitalar, num único módulo estrutural conectado por passadiços metálicos ao edifício principal.

Ambos os edifícios unem-se através de passadiços, para passagem de macas do heliporto para o hospital, bem como para a passagem de todos os traçados das instalações especiais.



Figura 1: Render extraído do modelo de Arquitetura.



Figura 2: Organização espacial do edifício.

3. Metodologia de trabalho

Uma vez que se tratava de um projeto conceção/construção, foi da responsabilidade da construtora angariar projetista externo à empresa, de preferência com conhecimento do mercado e da legislação em vigor naquela geografia, tendo em vista a execução de um equipamento hospitalar que respeita-se as normas de qualidade que o grupo faz questão de vincar em todos os projetos em que se envolve.

No entanto até há data de arranque deste projeto, apenas tínhamos tido contacto dentro da empresa, com modelação digital, como referido anteriormente. Ou seja, modelávamos projetos com um LOD reduzido, tendo em vista a extração automática de quantidades.

Logo aí no início verificámos as potencialidades de uma das ferramentas BIM, o Archicad-18 naquela altura. A rapidez com que apenas três modeladores, transpunham para o modelo digital todo o projeto e automaticamente, com “templates” de mapas de quantidades, toda a informação era compilada.

A data chave para a implementação da metodologia BIM, foi na primeira reunião que tivemos com os projetistas, pelo facto de nos apercebermos que já acumulavam cerca de oito anos de experiência na elaboração de projetos de arquitetura e restantes especialidades com a ferramentas BIM.

Posto isto, identificado o nosso projeto piloto, demos início à elaboração do Plano de Implementação BIM, onde descrevemos as principais diretrizes para os objetivos a que nos propomos:

- Objetivos:
 - **Diminuição do custo da construção** com maior rigor na quantificação, maior controlo no planeamento do projeto, eliminação dos erros e omissões;
 - **Redução dos desperdícios na construção;**
 - **Imagem organizacional e competitividade reforçadas.**
- Definição dos **usos BIM** - Cada modelo quando é concebido tem uma finalidade. Dependendo do seu uso as regras de modelação podem variar:
 - **Pré-construção** digital da obra **3D**;
 - Controlo real da **Qualidade** dos modelos;
 - **Quantificação** total dos objetos modelados;
 - Planeamento e controlo **4D**;
 - Gestão dos custos do projeto **5D**.
- Metodologia

Foram escolhidas as ferramentas BIM, para interagirem com os modelos tendo em vista a definição dos usos, começando também a envolver outros departamentos da empresa, como o Controlo de Gestão (orçamento e planeamento) Departamento Comercial.

O *workflow* para os modelos foi o representado na figura seguinte.

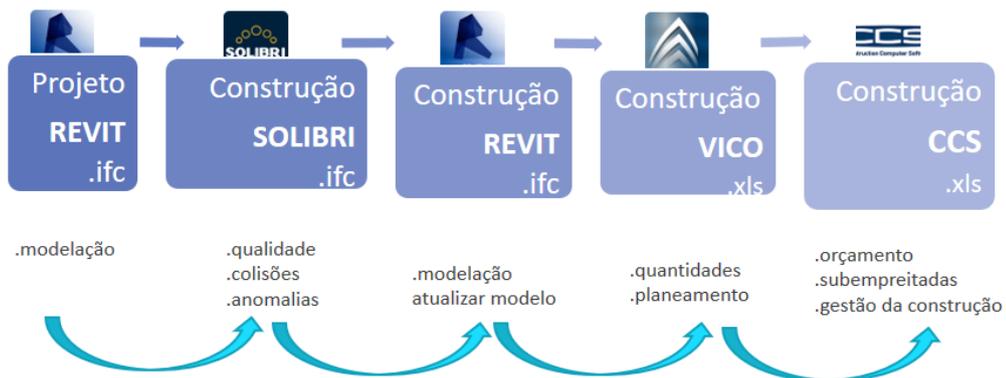


Figura 3: *workflow* dos modelos pelas ferramentas.

Um facto comprovado é que a extensão/formato .ifc (*industry foundation classes*) dos ficheiros de modelação á data de hoje, ainda não é a 100% “*um formato de dados neutro para escrita, troca e partilha de informação*”.

Uma vez que trabalhávamos em Archicad e o projetista em Revit e quando editávamos algo no Archicad, por vezes o Vico Office não reconhecia alguns objetos.

Esperemos em breve que as regras estabelecidas de interoperabilidade através deste formato .ifc 2x4, sejam cumpridas com mais rigor por parte das *softwarehouses*.

Por esse motivo foi necessário eliminar uma variante de insucesso da implementação. Adquirimos para o facto, licenças Revit, e demos formação aos nossos técnicos, deste e restantes softwares. Em média os doze técnicos envolvidos tiveram cerca de 120 horas de formação.

Foram feitos testes de comunicação entre as várias ferramentas, de forma a que a solução informática a implementar nos garantisse a interoperabilidade entre todos os agentes do processo.

3.1 Desenvolvimento da Implementação

Um ponto essencial para uma implementação da metodologia com rigor, é elaborarmos á partida um Plano de Execução BIM, com o máximo de *players* possível, nós a construtora, projetistas, fornecedores e instaladores.

No entanto no início do processo, ainda a equipa da DGTI não estava envolvida e o contrato foi assinado com os projetistas sem a vertente BIM, mas à posteriori foi elaborada uma adenda ao contrato com esse propósito.

Nesta fase foi importante estarmos envolvidos na colaboração com a subcomissão 3 da CT197, no desenvolvimento de guias sobre as fases dos empreendimentos, mapeamento da respetiva informação, nos guias de Contratação e Gestão, nos Guias de usos BIM e nos instrumentos de apoio à simulação BIM.

Com tudo o dono de obra, que no caso é o Ministério da Saúde da Bolívia, colocou-se à parte desta interoperabilidade, mas a nós juntamente com os projetistas espanhóis, na reunião *kick off* do projeto, delineararam as diretrizes desta implementação no nosso projeto piloto, nomeadamente:

- Regras de modelação, para o uso que iríamos ter dos modelos;
- Rede de processos para troca de informação;
- Datas chave de entregas;
- Plataforma da gestão entre todos os vários intervenientes.

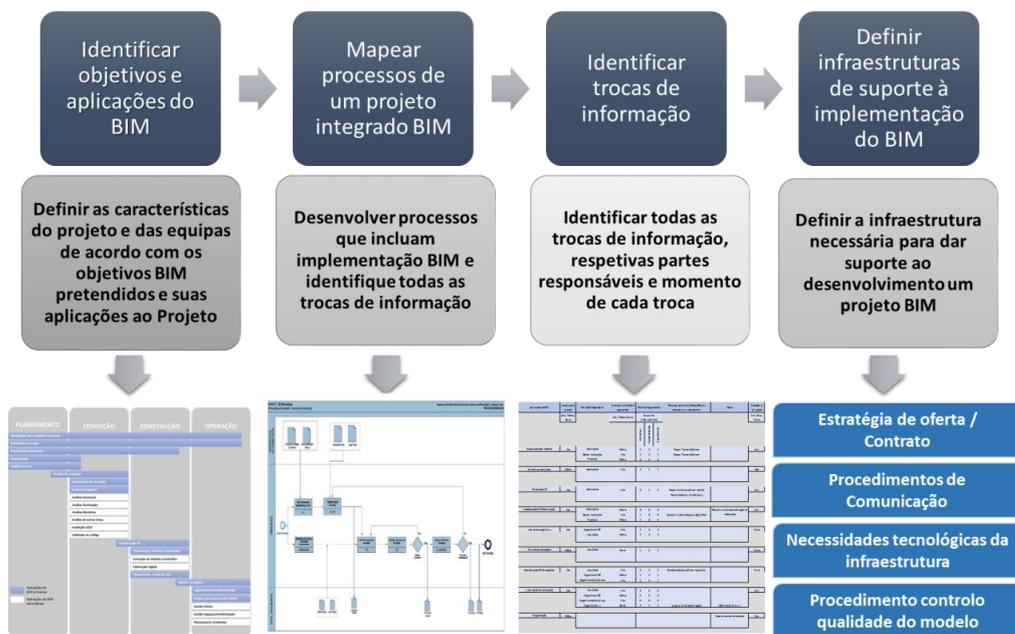


Figura 4: principais fases de desenvolvimento do PEB
(adaptado de “BIM Project Execution Planning Guide”, The Pennsylvania University).

3.2 Os usos principais no BIM@elevo

Há data de hoje temos seis meses de obra, onde já podemos ter a precessão das mais valias no emprego da metodologia BIM. Um exemplo disso são os pedidos de esclarecimento, pois o seu número é muito mais reduzido nesta fase, relativamente ao que é usual, pois durante a nossa

coordenação de projeto fomos disseminando os problemas encontrados entre as diversas disciplinas.

As encomendas de materiais também são feitas de forma mais rigorosas, pois os desperdícios são diminutos, e os prazos de entrega ajustam-se melhor com o início das atividades.

As ferramentas fundamentais para alcançarmos estes propósitos são o Solibri e o Vico Office, o primeiro na análise da qualidade dos modelos digitais e o segundo na extração automática das quantidades e no planeamento 4D do projeto.



Figura 5: deteção de conflitos no Solibri e quantificação no Vico Office de todos os materiais já associados aos artigos do caderno de encargos.

4. Principais desafios

Durante esta fase de implementação, surgem sempre desafios neste inovador método de trabalho: a alteração de processos, as mudanças culturais, as adaptações da organização, o investimento em tecnologia, o risco de perda da informação partilhada e por ultimo conseguir calcular o (ROI) *return of investment*.

A implementação do BIM na nossa construtora tem sido um processo complexo, que está a ser abordada de forma estruturada e sistematizada. Para o efeito, tivemos a competente colaboração dos nossos consultores externos a ndBIM, que com a sua vasta experiência nos ajudaram a mapear os processos, identificar trocas de informação, adaptar a nossa estrutura organizativa e implementar métodos e planos de execução BIM integrados, sempre com a premissa de manter os processos tradicionais já existentes, para ser uma implementação gradual.

O aumento do carácter colaborativo nos processos de trabalho nem sempre é bem recebido por todos, daí a necessidade de escolhermos os técnicos mais aptos e motivados para a mudança.

Outro importante desafio é o de trabalharmos nos dias de hoje no arame e sem rede, ou seja, urge a necessidade da normalização BIM a nível nacional. Trata-se de um ponto crítico, cuja complexidade exige especial atenção, mas que contribui em muito para aumentar a vantagem competitiva no emprego desta metodologia. A elaboração de normas nacionais e internacionais assumem especial importância, na uni formalização de processos, detetar problemas a

montante, na orientação estratégica na exploração do *life cycle* de um empreendimento, edifício ou infraestrutura.

Por mais estranho que pareça, apesar de ainda não termos em Portugal suporte legal para trabalharmos em BIM, já existem instituições públicas como câmaras municipais por exemplo, com obras a concurso, exigindo projetos em BIM, com o apoio a normas e outros países.

5. Conclusões

Tentamos neste artigo, descrever o estado atual do BIM no grupo, a evolução e as mudanças de processos que estão ainda a ocorrer. A metodologia e a sua implementação têm de ser dinâmicas e ajustáveis às necessidades particulares de cada projeto. Pretendemos demonstrar que para entrarmos no processo BIM não é impeditivo que alguns dos envolvidos não estejam no mesmo patamar de amadurecimento de implementação que os demais. O essencial é que exista um planeamento e mapa de processos. Cremos que essa é a chave do sucesso do processo.

Com esse objetivo elaboramos um Plano de Execução BIM, que precedeu o início dos trabalhos, vinculando os projetistas às necessidades da construtora, garantindo uma maior sincronização entre a evolução dos modelos e entregas de revisões.

Pensamos que no futuro com o nosso conhecimento adquirido, poderemos potenciar ao dono de obra/cliente entrar no processo com mais profundidade, de forma a entender essas mudanças de metodologia, esclarecendo e assumindo as suas expectativas em relação ao BIM.

Por outro lado, a normalização BIM em Portugal deve ser encarada como uma oportunidade de reorganização da indústria AEC e otimização dos processos e fluxos de informação que lhes estão diretamente associados.

A sua correta implementação na Elevo permitirá, de forma clara, potenciar sinergias entre os diversos agentes e abrir espaços de inovação fundamentais para o aumento da competitividade no mercado global.

Referências

- [1] PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. “The Computer Integrated Construction Research Program. BIM” – Project Execution Planning Guide, version 2.0, [S.I.:s.n.] de Julho de 2012.
- [2] <http://www1.ipq.pt/PT/Site/Destaques/Historico/Paradigma-BIM-e-a-normalizacao-como-fator-de-competitividade.aspx>
- [3] GTBIM – Grupo Técnico BIM AsBEA. “GUIA AsBEA BOAS PRATICAS EM BIM” – Fasciculo I de outubro de 2013.
- [4] GTBIM – Grupo Técnico BIM AsBEA. “GUIA AsBEA BOAS PRATICAS EM BIM” – Fasciculo II de agosto de 2015
- [5] Dale Sinclair. “BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of work”, de maio de 2012
- [6] João Pedro Costa Oliveira. “NORMALIZAÇÃO BIM - Especificação do nível de desenvolvimento e modelação por objetivos”, Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Parte V

Gestão de Operações e Manutenção

IMPLEMENTAÇÃO BIM NO CONTEXTO DE INSPEÇÃO E GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE OBRAS DE ARTE EM BETÃO ARMADO: PROPOSTA DE METODOLOGIA E APLICAÇÃO PILOTO

Gabriel Sousa⁽¹⁾, Miguel Azenha⁽¹⁾, José Matos⁽¹⁾, Vitor Brito⁽²⁾

(1) Universidade do Minho, Guimarães

(2) Betar Consultores Lda., Lisboa

Resumo

Os trabalhos reportados neste artigo versam uma análise das possibilidades e desafios decorrentes do uso de técnicas '*Building Information Modelling*' no contexto da inspeção e manutenção de pontes de betão armado. O trabalho divide-se em duas partes fundamentais. A primeira parte do artigo está relacionada com o estabelecimento de metodologias de modelação em software BIM, tendo em conta a orientação do modelo para gestão da manutenção. Definem-se processos e metodologias de modelação de informação e geometria, com particular ênfase à necessidade de criação de objetos específicos para inclusão da informação de danos e extração de amostras, entre outros. O modelo está também capacitado para registo cumulativo de informação e permissão de análise comparativa entre dados de inspeções consecutivas. A segunda parte do artigo diz respeito à aplicação das propostas efetuadas no contexto de um caso de estudo de ponte em betão armado localizada no Gerês.

1. Introdução

O património das obras de arte de engenharia civil, depois de construído, tem de ser acompanhado ao longo da sua vida útil, de forma periódica e com amostragem relevante, para que se possa garantir, simultaneamente, a segurança da sua estrutura e um adequado desempenho em serviço. As ações de inspeção e de gestão da manutenção são fundamentais para que seja possível detetar atempadamente situações de maior perigosidade, e possibilitar uma programação otimizada das intervenções necessárias a médio/longo prazo. No âmbito das mais recentes recomendações das Infraestruturas de Portugal [1] emitida em 2015, prevê-se que ao longo da vida útil de uma obra de arte sejam realizadas inspeções com as seguintes tipologias: inventário, rotina, principal, especial e subaquática. No entanto, neste trabalho apenas foram abordadas as inspeções de rotina, principal e especial, sendo nessas que se baseia

fundamentalmente o estudo. Assim sendo, nas inspeções de rotina o objetivo principal é avaliar o estado de manutenção das obras de arte, o qual traduz o desempenho suficiente ou insuficiente. Duma forma geral, as inspeções de rotina devem ser realizadas com periodicidade de 2 anos. As inspeções principais são mais detalhadas e realizam-se, em geral, com periodicidade de 6 anos. Distinguem-se das inspeções de rotina, uma vez que contemplam a avaliação detalhada das anomalias mais graves, cuja retificação terá de passar pela realização de trabalhos de reparação ou pela preparação de projetos de reparação. As inspeções especiais surgem normalmente após a realização de uma inspeção principal, sendo que não existe nenhuma periodicidade definida para as mesmas, e realizam-se sempre que se considere necessário identificar e analisar com maior detalhe alguma deficiência detetada, de forma a garantir a segurança e durabilidade da estrutura. Hoje em dia, os conceitos e metodologias de gestão de ativos (*'facility management'*) têm vindo a ser aplicados de forma generalizada no contexto dos edifícios, particularmente com o apoio de modelos BIM. De uma forma geral, a gestão de ativos representa uma abordagem integrada para a manutenção, melhoria e adaptação de edifícios de uma organização, de modo a promover um ambiente fértil que suporte os objetivos principais da mesma [2]. Nesse campo, quer na gestão global ou simplesmente na manutenção de edifícios, o BIM veio auxiliar as operações de manutenção e conservação, tornando as mesmas mais rápidas, fiáveis e precisas. Face às oportunidades de inclusão de informação melhorada através das novas tecnologias [3], e tendo em conta o cariz de gestão de informação inerente ao *Building Information Modelling*, faz todo o sentido modelo seja aproveitado e a informação seja utilizada de forma relevante ao longo do ciclo de vida do projeto [4].

O trabalho aqui reportado reflete numa colaboração entre a Universidade do Minho e a Betar. Refira-se que a Betar conta com cerca de 20 anos de experiência na área de inspeção de obras de arte, tendo inclusive desenvolvido um sistema de Gestão de Obras de Arte - GOA® [5]. O GOA é um *software* que contempla uma base de dados ordenada que permite apresentar o registo de toda a informação e das características de uma obra de arte num inventário ou catálogo, produzir relatórios, calcular custos associados às reparações e ainda realizar ajustes orçamentais. No entanto, a abordagem do GOA não inclui a indexação geométrica da informação e respetiva integração BIM. Por essa razão, e pela noção de premência de modernização e atualização, este trabalho centrou-se na exploração das oportunidades na implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de obras de arte em betão armado. Refira-se adicionalmente que este artigo tem relação direta com os aspetos principais desenvolvidos no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Universidade do Minho que pode ser consultada na referência [6].

O artigo contempla uma parte inicial que apresenta uma proposta de aplicação de metodologias BIM para gestão de informação de inspeção de obras de arte na qual se evidenciam os desafios existentes na realização de um plano de execução BIM para inspeção em obras de arte, incluindo discussão do que poderão ser os níveis de detalhe, as regras de modelação para cumprir o bom procedimento da realização do modelo no contexto de inspeções, a forma de apresentar a informação, e, ainda, como proceder à sua colocação (Secção 2). Seguidamente, na Secção 3, apresenta-se um caso de estudo no qual se criou um modelo BIM completo de uma ponte em Ruivães, no Gerês, seguindo as metodologias *'Building Information Modelling'*. As conclusões do trabalho realizado apresentam-se na Secção 4.

2. Proposta de aplicação de metodologias BIM para gestão de informação de inspeção de obras de arte

2.1 Enquadramento estratégico

Em termos estratégicos, é importante que a proposta de uso de BIM para gestão da informação de inspeção de obras de arte seja capaz de satisfazer integralmente os requisitos atuais colocados pelas Infraestruturas de Portugal (EP, 2015). Perante os tipos de inspeção que foram referidos acima, e tendo em conta a potencial necessidade de digitalizar todo o parque construído para modelos BIM, é necessário tomar decisões estratégicas sobre a forma de atuar em cada caso, que se discutem de seguida (com base na Figura 1). Para obras de arte existentes que não têm modelo BIM, há que tomar a decisão se vale ou não a pena criar o modelo BIM. Nem sempre se justificará a criação de um modelo BIM, tendo em conta fatores de ordem económica, incertezas ou falta de desenhos. Pelo contrário, em obras de arte novas, a existência de modelos BIM em fase de projeto será provável doravante, tendo até em conta o guia de contratação BIM [7] da CT197 que foi recentemente emitido.

De uma forma resumida, pode indicar-se que em obras de arte existentes, apenas se considera razoável a ponderação de execução de modelo BIM de uma ponte específica em face de uma inspeção principal ou especial, nas quais os meios despoletados poderão tornar justificável o esforço de modelação. No entanto, em inspeções de rotina, é recomendável que cada vez mais sejam adotadas tecnologias que apoiem a melhor compreensão da ponte como um todo e respetiva envolvente, recorrendo a técnicas expeditas como a fotografia 360° [6].

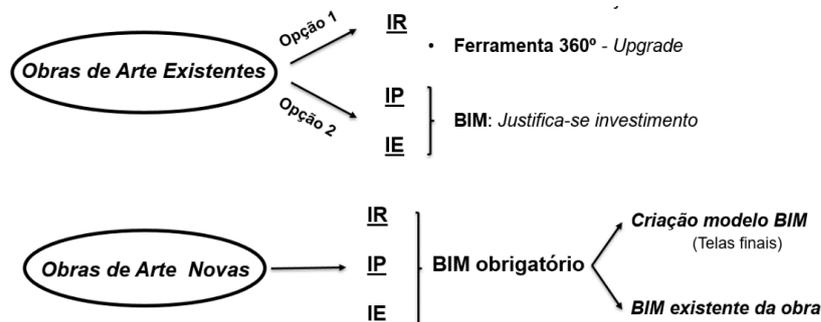


Figura 1-Estrutura de suporte em pontes existentes e pontes novas perante o tipo de inspeção

2.2 Proposta de Regras de Modelação, Níveis de desenvolvimento e Metodologias de Representação

Uma vez que não foram encontradas recomendações concretas sobre a aplicação de metodologias BIM no contexto específico das inspeções em obras de arte e na gestão da correspondente informação recolhida, foi fundamental definir regras de modelação para que o modelo possa ser utilizado e manipulado de forma apropriada para a realização de uma inspeção numa obra de arte.

A criação do modelo BIM tem de ser realizada de forma a facilitar todo o processo ao inspetor, aproximando-se da realidade de forma adequada ao seu uso.

Assim, elaborou-se um documento no qual se apresentam vários conceitos gerais de modelação diretamente direcionados para a criação de modelos BIM para inspeção e gestão da manutenção em obras de arte de betão. Na Figura 2 transcreve-se um conjunto de regras de modelação

propostas para o Tabuleiro de uma ponte, sendo que para mais detalhes se recomenda a consulta da referência [6]. Apesar de não se ter prescrito nenhum sistema de classificação em específico, o conjunto de regras de modelação é compatível com a adição de informação relativa a um ou mais sistemas de classificação.

Tabuleiro
<ul style="list-style-type: none">• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. No caso de não existir um elemento da biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados.• Modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações/ armaduras e objetos incorporados.• Modelar por níveis.• Modelar com a classificação e o tipo de família adequada.• Modelar a localização de forma a que o topo do tabuleiro seja coincidente com o plano de referencia associado.• Modelar todas as aberturas• Modelar variações de espessura.• Modelar todas as inclinações.• Modelar ressaltos ou rebaixos no tabuleiro.

Figura 2-Regras de modelação para o tabuleiro

Tendo em conta as finalidades de inspeção e a reduzida necessidade de informação detalhada sobre aspetos geométricos de uma obra de arte, efetuou-se também uma proposta relativa ao nível de detalhe geométrico e de informação que um modelo deve ter para atividades de inspeção em obras de arte, designado por *LOD Bridge* e que pode ser consultado em detalhe na referência [6].

A título exemplificativo mostra-se a Figura 3 de *LOD Bridge 300* e *LOD Bridge 400* de um tabuleiro de uma ponte que têm analogia com o LOD 300 e LOD 400 da BIMForum em termos de conteúdo da informação [8].

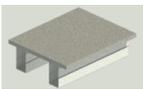
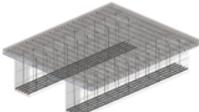
Tabuleiro	
<p>LOD Bridge 300 Este elemento deve incluir:</p>  <ul style="list-style-type: none">• Elemento apropriado da biblioteca. Caso não existir um elemento na biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados.• Tamanho específico e geometria exata do elemento.• Tipo de betão do elemento estrutural.• Posicionamento exato do elemento através da grelha estrutural definida com a orientação específica.• Variações de espessura sem simplificações relativamente à geometria real.• Todas as superfícies têm inclinações precisas ou pontos pretendidos.• Penetrações para itens como o MEP.• Principais aberturas do elemento estrutural.• Inclinação necessária para o escoamento das águas.	<p>LOD Bridge 400 Este elemento deve incluir:</p>  <ul style="list-style-type: none">• Armaduras modeladas por tipo e forma detalhada, elementos de reforço incluindo pós-tensão e zonas de ligação.• Espessura total que explica enquadramento e acabamento específico.• Amarrações e equipamentos detalhados que completem o elemento estrutural.• Tipo do betão definido por especificações (força, ar, tamanho agregado, etc.)• Juntas de expansão.• Componentes permanentes de formação ou escoramento.• Varas de ancoragem

Figura 3-LOD Bridge 300 e LOD Bridge 400 para um tabuleiro

Para as informações recolhidas durante a inspeção, foi selecionado um conjunto de entidades principais a modelar. Essas entidades dizem respeito a situações de danos observados, mas também de informação sobre amostras recolhidas (p.ex. carotes).

Consideraram-se duas estratégias possíveis para a informação da inspeção. Uma primeira que seria a colocação direta da caracterização geométrica das informações obtidas, nomeadamente carotes com a sua forma real (Figura 4a), janelas de inspeção com a sua forma real (Figura 4b), bem como fendas com o seu desenvolvimento real em cada fase da modelação (Figura 4c). Porém, a complexidade que a representação explícita da geometria representa e o tempo inerente na modelação iria complicar o processo. Uma vez que não interessa a representação do objeto, mas sim a informação que nele está contida, e como se pretende que a caracterização do dano e a forma como se introduz a informação se aproxime em todas as inspeções, esta solução não foi considerada viável.

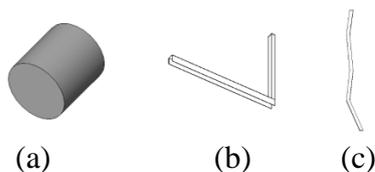


Figura 4-Objetos com representação explícita da geometria: (a) carote, (b) janela de inspeção, (c) fenda

Assim, em oposição, considerou-se a representação da geometria através de representações simbólicas superficiais com configurações retangulares normalmente designadas por *Patch* (Figura 5). Este tipo de representação permite acumular a informação relevante relativa a danos e amostras colhidas. De facto, e a título exemplificativo, considera-se suficiente conhecer a evolução de abertura de uma dada fenda, localizada numa dada região, e que pode ser acompanhada diretamente com modelos preditivos. Para observação da evolução da geometria duma fenda específica, podem ser consultadas fotografias específicas indexadas ao modelo (quer no espaço, quer no tempo).



Figura 5-Objetos com representação simbólica: Patch

Por último, uma vez que existem novas tecnologias de apoio à inspeção para as quais se pode considerar que já existe alargada disseminação/disponibilidade (por exemplo, *laser scanning* e fotografia 360°), foi também considerada a sua integração nos modelos BIM em contexto de inspeção/gestão. A informação do *laser scanning* consegue ser importada diretamente para os modelos e ainda ser indexada a data na qual a inspeção foi feita. Por outro lado, a captura de fotografia 360° pode ser colocada no modelo através de elementos fictícios esféricos a colocar no modelo BIM, em correspondência com os locais de onde foram adquiridas as fotos 360°. Nesses elementos esféricos podem ser colocados links para os URL's das várias fotos tiradas ao longo das inspeções a que vai sendo sujeita a estrutura.

Refira-se adicionalmente que foi também preparado um conjunto de modelos de folha de desenho, com montagem de vistas do modelo de inspeção, facilitando a produção de peças desenhadas automáticas semelhantes àquelas que hoje em dia se produzem no contexto das inspeções.

2.3 Desenvolvimento de automatismos para introdução de dados

Perante a necessidade de introduzir uma elevada quantidade de informação nos modelos BIM após a realização de uma inspeção, e sendo um processo com baixo grau de automatismo, desenvolveu-se uma aplicação específica para o *software* Revit (plataforma utilizada neste trabalho) nesse contexto. A ferramenta desenvolvida interage diretamente com a API do Revit, permitindo que o inspetor coloque toda a informação da inspeção sistematizada numa folha de Microsoft Excel e exporte a informação para os objetos do modelo de forma direta. Isto permite que os técnicos de inspeção não precisem de ter conhecimentos avançados de modelação, nem tão pouco precisem de interação direta no modelo para atualização de dados. Apenas será imprescindível a utilização direta da plataforma de modelação para introdução de novos objetos

o modelo, portanto. Esta estratégia foi inspirada na técnica usual de gravação de informação de inspeção em formato áudio (durante a inspeção), para que em ambiente ‘escritório’ se passe a informação para a plataforma de dados (GOA no caso da Betar). Assim sendo, com recurso à metodologia BIM proposta, acaba por se mimetizar o processo de introdução de dados em ambiente ‘escritório’, potencialmente a partir de gravações áudio, sem que por isso seja necessária a utilização direta da plataforma BIM.

Foram desenvolvidos dois *add-ins* distintos para a plataforma BIM: um primeiro que permite edição direta de informação de classes/famílias de objetos (Figura 6a); um segundo, que permite edição de parâmetros gerais do modelo (Figura 6b). Ambos os *add-ins* foram preparados com recurso à plataforma de programação visual (Dynamo), que interage diretamente com a Revit-API através da linguagem de programação Python.

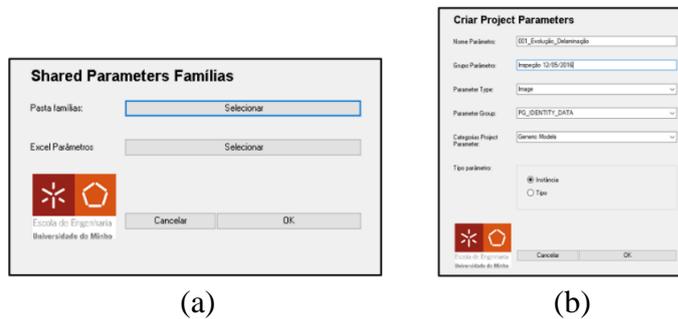


Figura 6-(a) Parâmetros partilhados; (b) Parâmetros do projeto

A primeira aplicação (Figura 6a) tem capacidade de automaticamente criar os parâmetros definidos na base de dados (ficheiro de Excel) no ficheiro dos parâmetros partilhados do da plataforma de modelação, caso estes não existam. De seguida, é possível atribuir valores a estes parâmetros diretamente a partir de Excel (Figura 7).

Shared Parameter Name	Shared Parameter Group	Parameter Type	Parameter Group	Is Instance?	Parameter Value
001_Evolução_Fenda_D9.73	Inspeção 30/04/2016	Integer	PG_DATA	true	2cm
002_Evolução_Fenda_D9.73	Inspeção 13/06/2017	Integer	PG_DATA	true	3cm
001_Manutenção_Fenda_D9.73	Inspeção 31/05/2016	Text	PG_IDENTITY_DATA	true	Recobrimento com argamassa
		Text Integer Number Length Area Volume Angle URL			

Figura 7-Tabela Excel para introduzir informação recolhida nas inspeções

A segunda aplicação (Figura 6b) permite, ao nível do modelo, criar parâmetros, neste caso de imagem, para todos os objetos de uma determinada categoria. Trata-se de um automatismo para facilitar a introdução de imagens da inspeção no modelo, em face de limitações inerentes à plataforma de modelação.

3. Aplicação a caso de estudo (Ponte Saltadoiro)

O estudo aqui efetuado tinha como objetivo a modelação BIM da Ponte do Saltadoiro (Figura 8a), situada em Ruivães, seguindo as regras de modelação e níveis de detalhe que foram propostos para a aplicação da metodologia BIM em inspeções de obras de arte. Trata-se de uma

ponte em betão armado, constituída por dois vãos livres de aproximadamente 16.8 metros suportados por um pilar central. Ambos os vãos da ponte são simplesmente apoiados nos encontros e no pilar. A seção transversal do tabuleiro corresponde a uma viga dupla (normalmente designada por “ π ”).

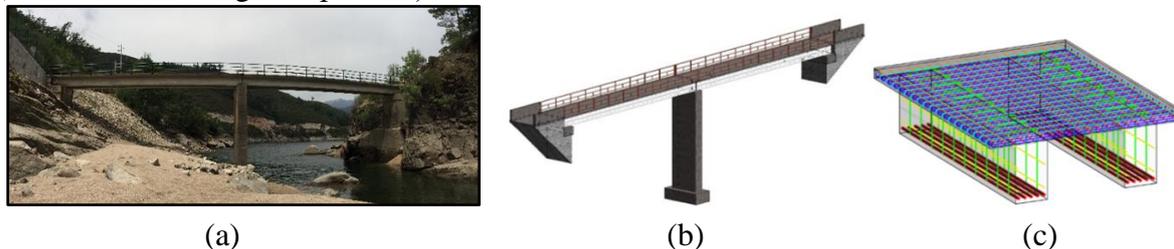


Figura 8- a) Aspeto geral da Ponte do Saltadouro; b) vista geral do modelo BIM; c) pormenor de armaduras numa parte do modelo

A inspeção que se realizou foi análoga a uma inspeção especial, e surgiu no contexto de caracterização da condição estrutural atual da ponte, tendo em conta a ausência de documentação relativamente à mesma (ausência de peças desenhadas e escritas). A inspeção compreendeu as seguintes técnicas/diligências/amostras: carotes, janelas de inspeção, amostras de armadura, georadar, fotografia 360°, *laser scanning*, fotogrametria e imagens termográficas. Realça-se de seguida um conjunto de aspetos relacionados com a modelação e captura de informação relevante do processo de inspeção que permitiu testar a metodologia proposta. O primeiro aspeto prendeu-se com a modelação da geometria (Figura 8a), que se baseou inicialmente em LOD Bridge 300. A modelação foi bastante facilitada pela disponibilidade da nuvem de pontos resultante de levantamento *laser scanning* efetuado pela Leica Geosystems (Eng. Luís Santos). Subsequentemente atingiu-se um nível de modelação LOD Bridge 400 em consequência da modelação das armaduras com base nos resultados obtidos por aplicação de georadar (Figura 8c).

A nuvem de pontos recolhida com *laser scanning* permitiu também o registo da deformada longitudinal (ver Figura 9) com um nível interessante de acuidade. Foi possível inferir deformada de cerca de 2,6cm no vão, sendo que a dispersão da nuvem de pontos em torno do que será a geometria real aparente ser da ordem ± 2 mm. Esta é uma interessante característica para monitorização simplificada do comportamento estrutural em inspeções consecutivas, face à crescente disponibilidade de equipamentos *laser scanning* (inerente à sucessiva redução do seu custo no passado recente).

A modelação da informação dos elementos recolhidos ao longo da inspeção passou pela modelação simbólica, como foi referido na secção 2.2, com a criação de famílias denominadas de *Patch* nas quais se colocou a informação relevante da inspeção. Na Figura 10 ilustram-se dois exemplos de modelação de sinais de corrosão e colonização biológica observados na ponte.

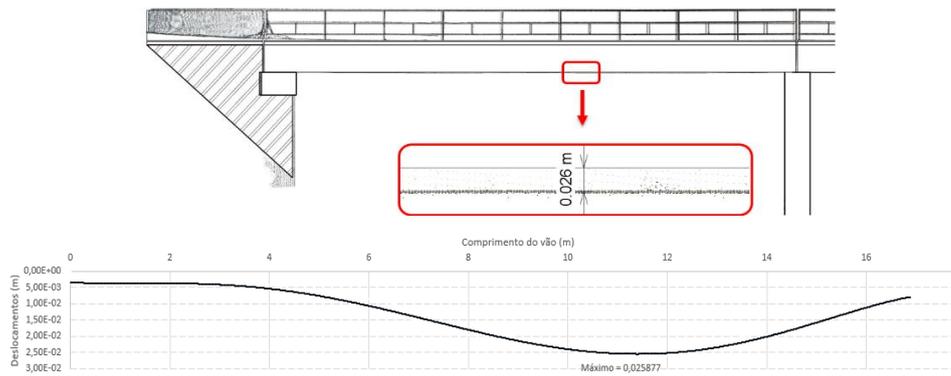


Figura 9-Identificação da deformada num dos trechos do tabuleiro

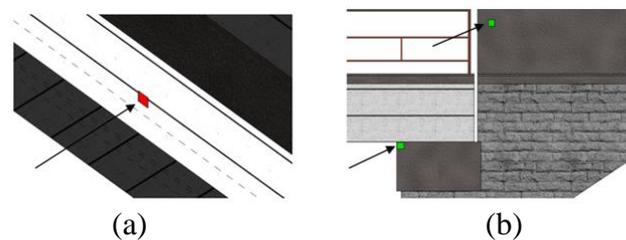


Figura 10: Identificação de anomalias por Patch no modelo BIM (a) corrosão; (b) colonização biológica

Para introduzir a informação nos objetos, recorreu-se à aplicação apresentada na seção 2.3, que demonstrou ter capacidades e funcionalidades para adicionar quantidades elevadas de informação a um conjunto de objetos. Refira-se que os objetos estão indexados à data de inspeção, contendo um conjunto de informação (ver Figura 11).

<1.2 Patologias>					
A	B	C	D	E	F
Family and Type	Comments	Imagem	Imagem Patologia	Phase Created	Imagem termográfica
Patologia_Corrosão: Patologia_Corrosão	Corrosão visível no troço E2-P1 (face later	P11.JPG	https://www.dropbox.com/sh/ly	30 de Abril de 2016	
Patologia_Colonização biológica: Patologia_Colonização biológica	Colonização biológica no encontro E2	Colonização biológica.JPG	https://www.dropbox.com/sh/ly	30 de Abril de 2016	
Patologia_Delaminação_V: Patologia_Delaminação_V	Delaminação na face superior de P1	P18.JPG	https://www.dropbox.com/sh/ly	30 de Abril de 2016	
Patologia_Colonização biológica: Patologia_Colonização biológica	Colonização biológica nos acrotérios de E	Colonização biológica nos acrotéri	https://www.dropbox.com/sh/ly	30 de Abril de 2016	
Patologia_Corrosão_H: Patologia_Corrosão_H	Corrosão e delaminação parcial em corres	P2.JPG	https://www.dropbox.com/sh/ly	30 de Abril de 2016	
Patologia_Delaminação: Patologia_Delaminação	Delaminação na face inferior da laje no tro	P20.jpg	https://www.dropbox.com/sh/ly	30 de Abril de 2016	https://www.dropb
Patologia_Colonização biológica: Patologia_Colonização biológica	Colonização biológica nos acrotérios de E	Colonização biológica nos acrotéri	https://www.dropbox.com/sh/ly	31 de Maio de 2016	

Figura 11: Informação das patologias organizada em tabela no Revit

Para além desta informação, também foi embebido nas superfícies correspondes das vigas do modelo um levantamento fotográfico detalhado (orto-foto) das faces interiores/inferiores do tabuleiro (Figura 12a). Resultou, assim, uma forma de visualização que combina o modelo com a realidade em resolução compatível com a análise de todas as imperfeições observadas. Este embebimento da foto superficial fica também indexado à data de inspeção, podendo vir a ser facilmente sobreposto com levantamentos posteriores para efeitos comparativos.

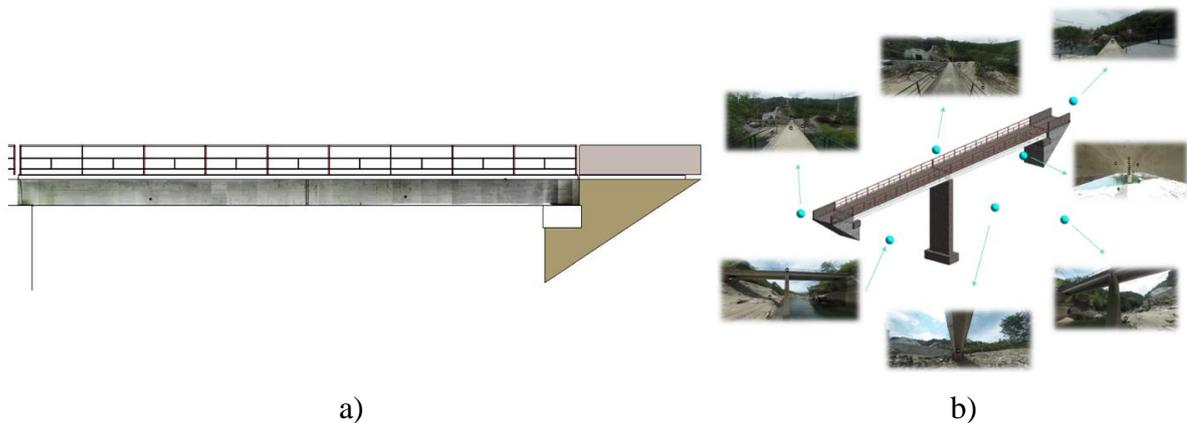


Figura 12: a) Sobreposição direta da fotogrametria no modelo BIM; b) Colocação de fotos 360° em objetos ‘esfera’ no modelo BIM

Foram também criados os objetos ‘esfera’ para colocação cumulativa de fotos 360°, tendo sido possível aferir a viabilidade de utilização dos mesmos com links externos (ver Figura 12b).

Adicionalmente, toda a informação presente no modelo foi disponibilizada em visualizador BIM gratuito (Autodesk 360®), permitindo assim que um utilizador inexperiente e não detentor da licença do software consiga aceder facilmente a vistas da localização de patologias, armaduras, etc., selecionando vistas gravadas no modelo (Figura 13). O acesso a relatórios também é possível através do visualizador, e a ferramenta digital ainda permite identificar ou adicionar em qualquer zona do modelo, alterações ou informações adicionais durante uma atividade de inspeção. Possibilita, ainda, navegar no modelo e pesquisar qualquer objeto pela sua tipologia, consultando todas as propriedades a que a ele estão associadas.

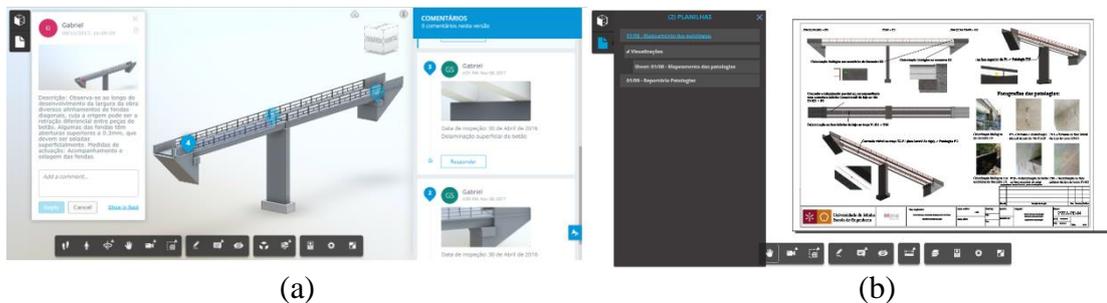


Figura 13: Vistas gerais do visualizador BIM: (a) comentários associados a objetos e localizações específicas do modelo; (b) relatório de inspeção Revit

4. Conclusões

Apresentou-se neste artigo uma proposta de metodologia e uma aplicação piloto para a implementação ‘*Building Information Modelling*’ no contexto de inspeção e gestão da manutenção de obras de arte em betão armado. Foi também contemplado o recurso a tecnologias de apoio específicas, como o *laser scanning* e a fotografia 360°. Os vários aspetos propostos/discutidos foram testados no caso de estudo da inspeção e modelação de uma ponte em betão armado (Ponte do Saltadouro). A metodologia desenvolvida para inspeção e gestão

da manutenção nas obras de arte em betão armado em BIM dentro de um software existente, permitiu agrupar toda a informação recolhida nas inspeções, seguindo um conjunto de regras de modelação proposto, bem como uma definição de qualidade/quantidade de informação designada de LOD Bridge. Conseguiu-se uma contribuição positiva do uso do BIM na manutenção deste tipo de contexto, nomeadamente, na consulta de informação fornecida pelo modelo e posterior atualização com dados relativos a inspeções efetuadas no local. Apesar do cariz exploratório do presente estudo, os autores consideram que foi possível estabelecer bases sólidas que permitem justificar a continuidade de trabalhos no sentido de integrar metodologias BIM nas práticas correntes de inspeção de pontes em Portugal.

Referências

- [1] EP, Manual de Inventário, Rotina, Principal, Especificações Técnicas, Estradas de Portugal, S.A., 2015.
- [2] E. Pärn, D. Edwards e M. Sing, “The building information modelling trajectory in facilities management,” *Automation in Construction*, pp. pp.45-55, 2017.
- [3] Y. Arayici, J. Counsell, L. Mahdjoubi e al., *Heritage Building Information Modelling*, Routledge, 2017.
- [4] Historic England, *BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model*, Swindon: Historic England, 2017.
- [5] T. Mendonça, V. Brito e F. Milhazes, “Aplicação de Gestão de Obras de Arte - GOA - Nova Geração,” BETAR Consultores Lda., pp. pp.1-10, 2010.
- [6] G. Sousa, “Implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de Obras de Arte em betão armado: proposta de metodologia e aplicação piloto”, *Dissertação de Mestrado*, Universidade do Minho, 2017.
- [7] A. Costa, B. Matos, D. Drumond e I. Rodrigues, *Guia de Constratação BIM*, CT197, 2018.
- [8] BIMForum, *Level of Development Specification*, 2017, [Online]. Available: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-Part-I-2017-11-07-1.pdf>.

GESTÃO DE ATIVOS NUM PROJETO DE REABILITAÇÃO URBANÍSTICA COM RECURSO A METODOLOGIAS BIM

Eduarda Macedo⁽¹⁾, José Lino⁽²⁾, Francisco Reis⁽²⁾, João Couto⁽¹⁾

(1) Universidade do Minho, Guimarães

(2) BIMMS – BIM Management Solutions, Porto

Resumo

As intervenções de reabilitação visam aumentar os níveis de qualidade de um edifício existente para que este se ajuste aos padrões de desempenho mais elevados e para prolongar a sua vida útil. Esta adaptação pode levar a novos usos e transformações significativas no edifício, pelo que é necessário organizar todas estas informações de modo a alcançar a sua gestão eficaz.

Para tal, são necessários métodos de levantamento de edifícios existentes, que recolham de modo eficaz e expedito a informação geométrica, como é o caso da fotogrametria. Adicionalmente, as bases de dados municipais fornecem informações como o estado dos edifícios e os seus usos.

No presente trabalho, com recurso à metodologia BIM como fonte de organização e gestão da informação, foi realizado um modelo de objetos de um conjunto de edifícios na Área de Reabilitação da Campanhã e identificadas as suas potencialidades como ferramenta de apoio para os serviços dos municípios, permitindo o registo da informação tais como o estado de conservação e a função do edificado. A aplicação do caso prático baseia-se neste modelo, em que se atribuem valores económicos às intervenções de reabilitação a à futura venda do edifício. Conclui-se que o recurso a ferramentas BIM nestes projetos de planeamento urbano é vantajoso, pois alia a representação tridimensional dos objetos urbanos ao acesso à informação não geométrica destes, constituindo um suporte claro de apoio à tomada de decisão nas atividades de reabilitação urbana.

1. Introdução

Em Portugal, as perspetivas para o futuro são positivas principalmente para a requalificação de áreas urbanas. O conceito de reabilitação urbana deve ser encarado como uma ação mais abrangente e se alargue a outros espaços consolidados em que se verifique a necessidade de requalificação e revitalização do tecido urbano. O Porto é um exemplo desse desenvolvimento,

tendo muitos edifícios desabitados ao longo dos anos e hoje em dia estão a ser reconstruídos e adaptados para novos usos [1].

Paralelamente, as soluções informáticas têm influenciado na modernização das cidades. Uma dessas soluções é a utilização das metodologias BIM, *Building Information Modeling* [2]. No domínio da reabilitação, os modelos de informação são cada vez mais usados ao longo do ciclo de vida de uma instalação para o planeamento e gestão do espaço e manutenção do edifício. No entanto, são necessários métodos de levantamento de edifícios existentes: neste caso a fotogrametria, que recorre a fotografias para extrair informação precisa e detalhada para a formação de uma nuvem de pontos [3].

O tema deste trabalho consiste no recurso às ferramentas BIM, com o propósito de extrair as informações do existente num quarteirão da ARU da Campanhã. Juntamente com os dados fornecidos pela Câmara Municipal do Porto, são realizados dois modelos de um conjunto de edifícios: um com a disposição e usos atuais e o outro representativo da alteração da configuração e usos, representando o modelo futuro (Figura 1).

Todo o trabalho foi desenvolvido na empresa BIMMS: *Building Information Modeling Management Solutions*, que apoiou todo este estudo através do conhecimento e experiência dos seus colaboradores.

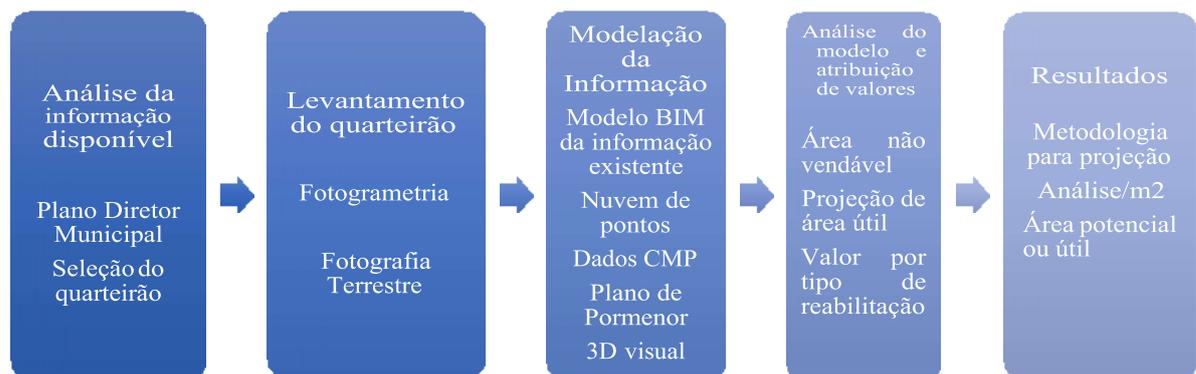


Figura 1: Procedimento usado para a realização deste trabalho.

2. Análise e seleção do caso de estudo

2.1 Introdução

O estudo de zonas que apresentem potencial de crescimento económico e de atribuição de valor, nomeadamente a análise de edifícios existentes com necessidade de intervenções de reabilitações, deve ser implementado nos municípios com o propósito de prever as necessidades habitacionais ou de outros usos e as ajustar às intervenções de reabilitação. A verdadeira reabilitação não poderá realizar-se sem a participação ativa e financeira. Deste modo, para a metodologia tida em conta nesta trabalho ser aplicada foram tidos em conta os seguintes objetivos e os respetivos motivos: (i) uma área de interesse económico: para o estudo ter uma aplicabilidade num caso real; (ii) análise de um conjunto de edifícios: de modo a abranger características diferentes, variando nos usos atuais e futuros; (iii) área de Reabilitação Urbana (ARU): no sentido de propor uma metodologia mais eficaz para atrair futuros investidores para melhorar as condições de oferta das cidades [4].

Assim, a ARU de Campanhã foi selecionada para este caso de estudo, tendo em conta as informações disponíveis nas bases de dados municipais que servirão como fonte para a preparação do modelo BIM.

2.2 Bases de dados

Em projetos de reabilitação é crucial a análise da informação ao dispor, desde desenhos técnicos existentes, entre outros. No entanto, para uma ação incidente numa área a reabilitar, relacionou-se maioritariamente nas bases de dados disponíveis na Câmara Municipal do Porto. O Balcão Virtual do Porto fornece informações detalhadas sobre a função atual do edifício e com base no Plano Diretor Municipal do Porto é possível saber a possibilidade de vocacionar o edifício para um diferente uso, objeto essencial da reabilitação. Deste documento foram retiradas as informações para serem aplicadas na modelação dos objetos.

O estudo incide na frente urbana da Rua da Estação, edifícios com potencial económico: a rua diariamente é bastante movimentada por pessoas que usam os serviços da estação, que por sua vez são potenciais investidores naquela zona. A ARU da Campanhã é dividida em quatro unidades: Poente, Nascente, Norte e Sul. A zona de Mira, alvo de estudo, está situada na unidade Poente (Figura 2), que é caracterizada pelos vários edifícios de habitação datados de fins do séc. XIX, com um total de 79 fogos. A área de implantação deste conjunto é, aproximadamente, 2 900 metros quadrados [4].



Figura 2: Área de intervenção – Área de Reabilitação Urbana Campanhã-Estação.

O “polígono” alvo deste estudo é constituído maioritariamente por edifícios com quatro pisos, de usos mistos, ou seja, o rés-do-chão é utilizado para fins de comércio e os restantes para habitação, na generalidade. Apresentam um estado de degradação médio, uma vez que necessitam de reabilitação a nível dos revestimentos das fachadas e vãos (Figura 3).



Figura 3: (a) Localização do caso de estudo, via *Google Earth Pro*; (b) Vista do conjunto de edifícios da Zona 1 Mira, da ARU Campanhã.

2.3 Informação não geométrica

Todos os edifícios localizados na ARU Campanhã estão descritos e disponíveis nos documentos do Balcão Virtual com o seguinte conjunto de informações: (i) localização: rua e número; (ii) cadastro: edificado ou livre, áreas de implantação e total, entidade proprietária e classificação patrimonial; (iii) uso, tipo, número de pisos e estado de ocupação do edifício por piso; (iv) estado de conservação: ruína, mau, razoável a necessitar obras profundas, razoável a necessitar obras ligeiras, bom ou em obras; (v) relevância urbanística: interesse de preservação para o mesmo ou diferente uso e a sua finalidade; (vi) atributos: o tipo de funções urbanas associadas ao edifício [3].

Estas informações são fulcrais no sentido de avaliar de um modo global e simultaneamente pontual a área a reabilitar. O estado de degradação também é uma informação importante para analisar que tipo de intervenção de reabilitação será elaborada assim como a utilização futura que será atribuída ao ativo.

3. Recurso a ferramentas BIM

3.1 Introdução

Para a recolha da geometria de cada edifício recorreu-se a métodos de levantamento do existente, uma vez que a informação contida no *Google Maps* e desenhos técnicos disponíveis no Balcão Virtual não é suficiente para a preparação de um modelo BIM. Posto isto em consideração, em primeiro lugar foi realizado o levantamento do edificado, obteve-se uma fonte de informação geométrica e de seguida foi elaborado o modelo BIM do existente.

Para o levantamento deste conjunto de edifícios foi escolhida a técnica da fotogrametria aérea, uma vez que para este tipo de análise a precisão não necessita de ser tão alta como a do *laser scanning*, revela-se mais económica, e cobre uma área mais vasta. Deste modo, foi tida em consideração a seguinte metodologia que necessita de interoperabilidade entre as diferentes aplicações, nomeadamente do *software* de formação de nuvem de pontos e o de modelação:



Figura 4: *Workflow* da interoperabilidade entre a fotogrametria e a modelação BIM.

3.2 Levantamento do existente

Numa primeira fase, ainda na análise do conjunto de imóveis a direcionar este estudo, foram definidos alguns parâmetros para se poder aplicar a fotogrametria: (i) espaço em torno do conjunto de edifícios para a possibilidade de captura de fotografia aérea oblíqua; (ii) distância com cerca de cinco metros à volta do edifício para poder ser feita a fotografia terrestre. Deste modo, ainda na fase anterior ao planeamento do voo foi selecionada inicialmente a área total da Zona de Mira na ARU (Área de Reabilitação Urbana) Campanhã que cumpria os requisitos anteriores, como representado o seu plano de voo na seguinte figura:



Figura 5: Plano inicial do voo, cortesia de Arqº Tiago Delgado.

O voo foi realizado com o recurso a um *drone* que capta fotografia vertical e oblíqua. Tendo em consideração o espaço a levantar e as suas condicionantes limítrofes, não foi necessário recorrer a fotografia terrestre como inicialmente esboçado. Posteriormente, foi realizado o levantamento topográfico dos pontos de ligação, que têm como função a orientação das fotografias com o *input* das coordenadas. Estes pontos de ligação, definidos pelo arquiteto Tiago Delgado, foram localizados em áreas bem definidas e visíveis, como por exemplo, no canto esquerdo de uma passadeira. A localização clara dos pontos de ligação serve para estes serem anteriormente localizados corretamente no local de estudo e posteriormente nas fotografias aéreas oblíquas.

Para a formação da nuvem de pontos foi utilizado o software *Tekla Inpho*. A nuvem de pontos, neste trabalho, representa a fonte de informação geométrica usada para a preparação do modelo BIM. Esta foi fornecida no seu formato bruto extraído do *Trimble Inpho*: .pts e apresenta um tamanho de 701 MB.

O passo seguinte para a interação de nuvem de pontos – aplicação BIM foi a passagem para o software *Autodesk Recap*, onde o ficheiro foi exportado como .rcp, com um tamanho de 688 KB no final, valor muito menor que o ficheiro original. O tratamento da nuvem de pontos foi elaborado na aplicação: foi feita a sua limpeza, para a área que abrange o caso de estudo.

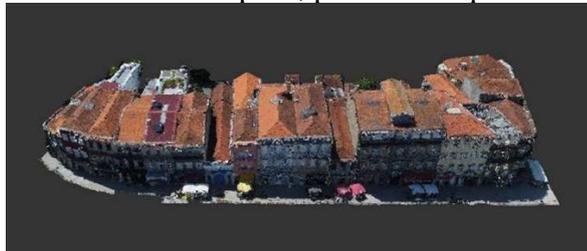


Figura 7: Nuvem de pontos limpa

3.3 Modelação do existente

O passo ulterior à interação fotogrametria – BIM é a importação da nuvem de pontos na aplicação *Autodesk Revit* através da função *link*. O *Revit* aceita ficheiros com o formato bruto da nuvem de pontos, ou seja .pts; no entanto, foi importada a nuvem de pontos no formato .rcp, processo mais rápido e simples.

Como a análise a realizar é baseada nas informações de cada piso dos edifícios, foi selecionada uma modelação à base de massas e não objetos, uma vez que se trata de um conjunto de edifícios nos quais não existem informações sobre elementos construtivos. O detalhe da informação dos edifícios seria necessário para posteriormente elaboração de mapas de quantidades para a realização de uma empreitada de reabilitação.

Postas estas considerações, é feita a modelação de cada piso com base na visualização da nuvem de pontos. Foram atribuídas nomenclaturas por número de edifício e piso, por exemplo Z1_E60_P1, relativos à zona 1 de Mira, ao edifício 60 e piso do primeiro andar. A atribuição dos números aos edifícios foi realizada com base nos documentos da câmara, uma vez que possuem numeração dos edifícios.

A modelação de massas é baseada na formação de um sólido, com a geometria do edifício, a qual a nuvem de pontos fornece. Foi realizada a modelação de massas para edifícios, com o nome de, por exemplo, Z1_E72, e os considerados “anexos” como logradouros, andares recuados já existentes foi dada a nomenclatura de Z1_E72_A, Z1_E72_B e assim sucessivamente. Na Figura 8 é possível notar os objetos correspondentes às massas e os pisos de cada edifício.

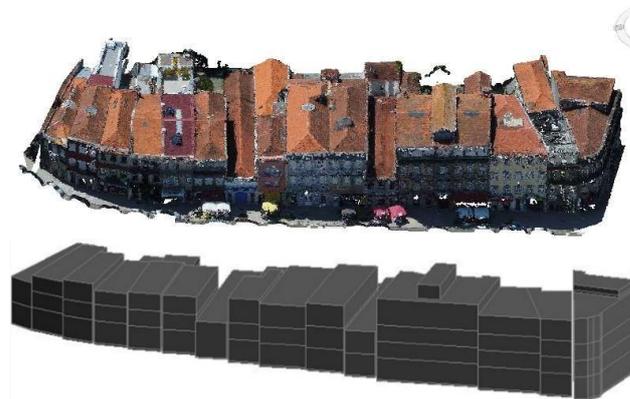


Figura 8: Nuvem de pontos e, modelo de objetos BIM correspondente

A cada objeto são atribuídos os pisos e a estes é introduzida a informação relevante não geométrica. Posto isto, todos os pisos foram considerados como fase existente, e as informações foram atribuídas a campos de preenchimento manual. Relativamente ao tipo de reabilitação foi dada a seguinte numeração de acordo com a classificação do LNEC: (i) 1-ligeira: razoável a necessitar obras ligeiras;(ii) 2-média: razoável a necessitar obras ligeiras - elementos deteriorados; (iii) 3-profunda: razoável a necessitar de obras profundas - Elementos estruturais muito danificados;(iv) 4-excecional [5].

Tabela 1: Controlo da informação não geométrica no mass floor schedule

<Schedule 1_Existente>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Mass: Family	Level	Floor Area	Usage	Future Usage	Phase Created	Phase Demolished	Type of Rehabilitation
Z1_E72	Z1_E72_P1	128 m²	Habitação	Escritórios	Existing	None	3
Z1_E01	Z1_E01_P0	173 m²	Serviços	Serviços	Existing	None	1
Z1_E01	Z1_E01_P1	173 m²	Serviços	Serviços	Existing	None	1
Z1_E01	Z1_E01_P2	173 m²	Serviços	Serviços	Existing	None	1
Z1_E01	Z1_E01_P3	173 m²	S/Info	S/Info	Existing	None	1
Z1_E69	Z1_E69_P0	301 m²	Serviços	Serviços	Existing	None	1
Z1_E69	Z1_E69_P1	301 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E69	Z1_E69_P2	301 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E69	Z1_E69_P3	301 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E69_A	Z1_E69_P0	62 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E69_A	Z1_E69_P1	62 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E69_C	Z1_E69_P0	21 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E69_D	Z1_E69_P0	39 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E69_B	Z1_E69_P1	55 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E68	Z1_E68_P0	196 m²	Serviços	Serviços	Existing	None	2
Z1_E68	Z1_E68_P1	196 m²	Armazenagem	Armazenagem	Existing	None	2
Z1_E67	Z1_E67_P0	172 m²	Serviços	Serviços	Existing	None	1
Z1_E67	Z1_E67_P1	172 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E67	Z1_E67_P2	172 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E66	Z1_E66_P0	199 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E66	Z1_E66_P1	199 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E66	Z1_E66_P2	199 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	1
Z1_E65	Z1_E65_P0	92 m²	Serviços	Serviços	Existing	None	2
Z1_E65	Z1_E65_P1	92 m²	Habitação	Habitação	Existing	None	2
Z1_E65	Z1_E65_P2	92 m²	Habitação	Habitação	Existing	None	2
Z1_E64	Z1_E64_P0	179 m²	Comércio	Comércio	Existing	None	1
Z1_E63	Z1_E63_P0	115 m²	Serviços	Serviços	Existing	None	2
Z1_E63	Z1_E63_P1	115 m²	Hotelaria	Hotelaria	Existing	None	2

O controlo de qualidade geométrica realizado ao longo da modelação dos objetos foi obtido de maneira visual, através das ferramentas básicas de navegação do Revit, assim como as vistas de diferentes pisos para aferir o contorno dos edifícios.

A modelação de objetos a um nível mais simplificado, tanto sejam objetos mais simples ou massas, revela-se importante para a construção de um *City Information Model*. O modelo do existente possui a geometria simples de cada edifício, o que é adequado para a modelação com o fim de reunir informações maioritariamente não geométricas, como os usos existentes e futuros e o tipo de reabilitação que necessita.

3.4 Modelo dos edifícios com usos futuros

O modelo “futuro” da mesma fração de ARU foi idealizado com base no modelo do existente, com a atribuição de novos usos, o aumento da cércea de alguns edifícios até à altura da frente urbana e a alteração da configuração de edifícios e logradouros tendo em conta o valor arquitetónico, patrimonial e ambiental, de acordo com o Plano Diretor Municipal do Porto. As modificações que podem ocorrer ao nível do piso poderá ser aumentá-lo, utilizando a área do logradouro e foi optado por adicionar um piso recuado a alguns edifícios.

O processo de tratamento da informação foi semelhante à modelação do existente, com base no mesmo modelo. Assim, foram adicionados objetos representativos como andares recuados e o aumento do edifício para o logradouro, assim como o aumento da área bruta através do aumento do número de pisos em alguns edifícios de modo a cumprir a cércea da frente urbana.



Figura 9: Modelo dos usos futuros e nova configuração

As informações extraídas deste modelo dos usos futuros baseiam-se na possibilidade anteriormente referida de adicionar áreas, pisos recuados e a alteração dos usos na configuração do modelo existente. De notar que este processo é simples de efetuar, uma vez tendo o modelo do existente. Uma base de dados que contenha estes modelos torna-se um sistema fácil de analisar e simples de alterar as informações não geométricas.

4. Gestão do projeto de reabilitação

As empresas adotam índices médios por metro quadrado para realizarem estimativas de custo de empreendimentos de reabilitação. Esses índices são adaptados aos tipos de intervenções e, portanto, não refletem as condições reais específicas de execução e são criados riscos de desequilíbrios financeiros e de prazo nos contratos de execução das obras. No entanto, para uma análise do investimento inicial, esses índices apesar de posteriormente não corresponderem aos custos reais, são credíveis para fazer uma análise global.

4.1 Necessidade de um modelo de gestão

Na fase inicial de investimento privado de um investimento em projetos de reabilitação urbana, os processos tradicionais apresentam as debilidades: (i) a dificuldade de perceção do estado de degradação dos edifícios sem a deslocação ao local; (ii) a falta, insuficiência ou dificuldade no acesso à informação relativa ao uso, estado de ocupação e degradação e a disponibilidade para usos futuros; (iii) a comunicação entre os intervenientes do processo, devido a base de dados múltiplas torna-se reduzida; (iv) a falta de processos simplificados para o estudo inicial de investimentos de reabilitação e (v) a ausência de uma base de dados que contenhas todas estas informações geométricas e não geométricas.

Consequentemente, a informação organizada e apresentada no modelo BIM permite: (i) a melhoria das bases de dados disponíveis para consulta do território municipal; (ii) que a informação de cada projeto possa ser utilizada no futuro e apenas numa base de dados, que constitui o modelo e (iii) a associação de custos de investimento em áreas totais do antigo edifício para reconversão em áreas úteis de edifícios com melhor qualidade. Assim, esta metodologia representa uma mistura de conceitos, da gestão do edificado com a tecnologia BIM para a análise de um investimento inicial num projeto de reabilitação.

4.2 Áreas úteis

Nas operações de reabilitação e de reconversão para novos usos, são perdidas áreas para a adaptação do edifício às normas de conforto atual. Desde o processo de compra do imóvel com a área total, é depois reabilitado e resulta daí a área útil. O investidor no edifício a reabilitar compra a área total do edifício, isto é a área de implantação. Já o possível revendedor quando alugar o espaço, apenas aluga a área útil e não a técnica, que neste caso é considerada 10%, com base na experiência de colaboradores na empresa em que este estudo foi inserido. Neste processo de investimento em áreas totais do antigo edifício para reconversão em áreas úteis de edifícios com melhor qualidade, estão associados custos.

4.3 Atribuição de valores monetários

A atribuição de valores monetários aos processos de reabilitação no bloco de edifícios foi idealizada com base na experiência dos colaboradores da empresa BIMMS. Tratam-se,

portanto, de valores representativos e não reais, a serem aplicados na metodologia resumida na seguinte figura:



Figura 10: Metodologia do estudo do investimento num projeto de reabilitação

Nesta fase foram estudados dois casos de investimento: a venda e o aluguer do edifício reabilitado. Para se proceder a um investimento de reabilitação urbana, é necessária a compra do edifício. Nos edifícios deste caso de estudo, através da análise de mercado para a zona da Campanhã na data atual, o valor de venda de imóveis antigos ronda entre os 1 000 e 1 200€ por metro quadrado construído. Por sua vez, os custos da reabilitação dos edifícios variam com o tipo de intervenção, desde uma mais superficial e ligeira, até às profundas, valores atribuídos à área total da construção: (i) 1 - ligeira: 300€/m²; (ii) 2 - média: 400€/m²; (iii) 3 - profunda: 500€/m²; (iv) 4 – excepcional: 600€/m².

Paralelamente, após uma análise de mercado na data atual para aluguer de edifícios, foram considerados, em média, os valores para os seguintes usos: (i) habitação: 8 €/m²/mês; (ii) escritórios: 10 €/m²/mês; (iii) hotelaria: não foi considerado para aluguer; (iv) comércio ou serviços: 4,10 €/m²/mês; (v) armazém: 2,70 €/m²/mês.

Através do estudo destes valores, é possível calcular o valor aproximado que uma reabilitação irá custar assim como a rentabilidade após as alterações de reabilitação para o aluguer ou venda. O investidor tem um ganho: a diferença entre o gasto na reabilitação e o preço realizado pelo aluguer ou pela venda. O gasto monetário para manutenção do edifício não foi considerado. Para o aluguer não foi considerada a compra do imóvel, considerando assim o mesmo proprietário.

4.4 Resultados obtidos

O resultado principal a analisar é a rentabilidade por metro quadrado para a venda dos edifícios reabilitados e o valor da rentabilidade a fim de um período, considerado 10 anos, do edifício do mesmo proprietário que investe na reabilitação. Estes valores apontam para uma rentabilidade positiva, apesar de não estarem incluídas taxas nem custos adicionais de manutenção.

A construção de um piso recuado nos edifícios Z1_E63, Z1_E66 e Z1_E67, uma vez que são edifícios inseridos numa frente urbana, traz menos rentabilidade por metro quadrado, uma vez que se compra o espaço e o valor investido é semelhante ao de uma construção nova. Nos edifícios Z1_E65 e Z1_E63, os quais se aumentaram a sua área do logradouro e anexos, a rentabilidade é menor, uma vez que o grau da reabilitação foi próximo da construção nova. O edifício Z1_E72, o qual se alterou o uso de habitação para escritórios, apresenta uma rentabilidade moderada, aproximadamente 200 euros por metro quadrado.

A metodologia, apesar de ser uma análise global, revela-se com resultados positivos, considerando uma metodologia a ser utilizada pelos investidores.

4.5 Limitações

Esta metodologia apresenta debilidades as quais não são possíveis de ultrapassar. Para uma melhor visualização da localização do modelo realizado seria necessária a interação deste com as tecnologias GIS (*Geographic Information Systems*), o que não foi possível explorar. Para além disso, a geometria dos edifícios, como se pode aferir, não é precisa, devido aos vários erros na interação: a modelação “em cima da nuvem” e a falta de automatismo no processo. Numa fase de estudo de investimento inicial a precisão não é requerida, mas numa fase avançada do projeto seria necessária.

Os valores associados às operações de reabilitação não são precisos, pelo que são suficientes para uma análise global. Nos projetos de reabilitação ocorrem muitos imprevistos por falta de diagnóstico, o que também constitui um risco à incerteza destes valores arredondados.

5. Conclusões

O objetivo de sistematizar procedimentos de gestão que atendam às práticas mais eficientes e com contributo para organizar a informação disponível num modelo BIM de um conjunto de edifícios foi alcançado, e experimentado uma análise económica aos processos de reabilitação. A análise é meramente representativa; porém, este método pode ser utilizado com base em valores adaptados das empresas.

É importante concluir que o levantamento de edifícios por parte dos municípios, é muito importante para gerir uma base de dados para poder ser acedida e como maneira de combater a desertificação urbana e intervenções de reabilitação que se revelem desnecessárias, facilitando o processo de visualização de edifícios disponíveis para investimento em reabilitação urbana, assim como para verificar o estado destes sem ter que deslocar ao local.

Agradecimentos

Na sequência do trabalho desenvolvido, importa agradecer a colaboração e disponibilidade dos colaboradores da BIMMS pela colaboração e oportunidade de parceria e ao Arqº Tiago Delgado da Propósito e ao Tiago Queirós da RigorDouro pelo suporte e interesse na temática.

Referências

- [1] A. P. Martins, “A Sustentabilidade na Reabilitação do Edificado,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa do Porto, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014.
- [2] N. L. Lopes, T. Yamanashi, R. Braz, J. C. Lino, B. Caires, P. Ferreira, K. M. Kensek, J. Monteiro e L. Santos, BIM is More, N. L. Lopes, Ed., Porto, 2016.
- [3] C. Almeida, “Parceria Leica Geosystems/ PH Informática - Fluxo de trabalho integrado para a indústria AEC,” em Da nuvem de pontos ao modelo BIM, Conferência em Maia, 2017.
- [4] IHRU, “Programa “Reabilitar para Arrendar”,” [Online]. Available: http://www.portaldahabitacao.pt/opencms/export/sites/portal/pt/portal/reabilitacao/reabilitarparaarrendar_ha/RpA_apresentacao.pdf. [Acedido em 6 março 2017].
- [5] R. Oliveira, “Metodologia de gestão de obras de reabilitação em centros urbanos históricos,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Porto, 2012.

BIM NA HOTELARIA - POSSIBILIDADES E DESAFIOS

José Santos⁽¹⁾⁽²⁾, Patrícia Escórcio⁽¹⁾

(1) Universidade da Madeira, Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia, Departamento de Engenharia Civil e Geologia, 9020-105 Funchal

(2) CONSTRUCT-LABEST, Faculdade de Engenharia (FEUP), Universidade do Porto

Resumo

Atualmente o BIM é entendido como uma ferramenta de gestão do ciclo de vida do edifício. De facto, um modelo BIM contém toda a informação do edifício incluindo as fases de projeto, construção e manutenção. Informação essa que é relevante para a gestão do mesmo.

Os edifícios de serviços, dos quais se destacam os hotéis, necessitam de uma gestão permanente das suas instalações, dada a elevada quantidade de sistemas e de operações realizadas no dia a dia. Uma parte desta gestão depende da informação do estado do edifício, informação essa que atualmente está disponível no modelo BIM desse edifício.

Assim, poderão surgir sinergias juntando os modelos BIM à gestão das instalações dos hotéis. Neste artigo são identificadas as principais oportunidades e desafios à implementação do BIM na hotelaria, através de uma recolha bibliográfica e da utilização de um software.

Verificou-se que existem inúmeras vantagens para o setor da hotelaria em adotar o BIM na gestão das suas instalações. Estas estão relacionadas com o facto de a informação estar centralizada, disponível instantaneamente e da mesma poder ser visualizada e editada interactivamente (3D). Relativamente aos obstáculos indicados, estes são típicos dos processos de mudança, pelo que se espera diminuam ao longo do tempo.

1. Introdução

A introdução do BIM no cluster AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações) nas últimas décadas motivou uma mudança relevante cujas inovações ainda estão longe de estar totalmente exploradas e aplicadas.

O conceito de BIM foi evoluindo ao longo do tempo [1]. Inicialmente era considerado uma ferramenta (*Building Information Model*), transformando-se posteriormente num processo colaborativo (*Building Information Modelling*), e atualmente é entendido como uma ferramenta

de gestão do ciclo de vida do edifício, pois é possível utilizá-la nas fases de conceção, construção, exploração e demolição.

Os edifícios de serviços como os hotéis, os hospitais, os estádios, as universidades, etc. necessitam de manutenção diária permanente. Além disso, o seu funcionamento requer um conjunto de atividades. À gestão deste conjunto de atividades, incluindo a manutenção, designa-se Gestão de Instalações (*Facility Management*). O mercado de FM tem crescido bastante na última década [2].

Para apoiar o FM foram desenvolvidos softwares chamados CAFM (*Computer Aided Facility Management*). Estes abrangem as áreas: Gestão de Espaço, Manutenção de Instalações, Planeamento Estratégico, Operações, Gestão de Ativos, Portfólio de Edifícios, Gestão de Projetos, Manutenção de Instalações, Sustentabilidade e Recursos Humanos.

Os edifícios projetados e construídos com base no BIM dispõem de um conjunto de ficheiros informáticos compatíveis entre si (modelo BIM) que contêm todas as informações do edifício e, portanto, também as necessárias à posterior manutenção do edifício.

Assim, os gestores de instalações têm toda a vantagem em recorrer aos modelos BIM e integrá-los com o software CAFM para apoio às suas tarefas, conseguindo então ganhos significativos de produtividade e desempenho dos vários serviços [3]. Esta recente união do BIM com o FM ainda está em desenvolvimento, sendo necessário mais investigação, criação de software e casos de estudo.

Dos edifícios de serviços acima referidos, os hotéis são aqueles que existem em maior número e onde a concorrência é maior, pelo que estes terão todo o interesse em integrar os modelos BIM na sua FM para conseguirem ganhos e assim serem mais competitivos. Note-se que o turismo tem um peso relevante na economia portuguesa.

Deste modo, neste artigo pretende-se identificar quais são as principais oportunidades e desafios que se colocam à hotelaria neste processo. Para isso: i) é feita uma recolha bibliográfica com as principais vantagens e obstáculos à implementação do BIM na hotelaria, e ii) é utilizada e aplicada uma plataforma de CAFM+BIM.

2. Aplicação do BIM na hotelaria

2.1 Ciclo de vida de um hotel

A maioria dos edifícios de serviços, e neste caso em particular os hotéis, passam por várias etapas durante a sua vida útil. Na Figura 1 indicam-se as fases principais habitualmente consideradas. Na fase de Avaliação são realizados estudos preliminares de natureza técnica-financeira onde são analisadas diversas alternativas e a viabilidade do investimento. Na fase de Projeto são desenvolvidos os projetos das diversas especialidades. Na fase de Construção é realizado o hotel. Finalmente, na fase de Exploração o hotel entra em funcionamento sendo necessário gerir o mesmo, proceder à sua manutenção e, pontualmente, à sua reabilitação.



Figura 1: Fases da vida de um hotel.

O BIM pode ser aplicado nas quatro fases apresentadas. O BIM nasceu a partir do desenvolvimento do software existente para a fase de Projeto e tem-se estendido para a fase da

Construção, podendo admitir-se hoje que o seu desenvolvimento nestas fases está consolidado. Por este motivo, as vantagens do BIM nestas fases são já mais do que conhecidas e não serão analisadas neste artigo. Já as fases de Avaliação e de Exploração, indicadas a verde, serão alvo de detalhe e análise mais profunda nas secções seguintes pois têm uma importância acrescida na hotelaria e são as que estão em fase de desenvolvimento mais atrasado.

Note-se que os custos da fase de Exploração de um hotel ao longo da sua vida ultrapassam largamente o custo das fases anteriores [4, 5], pelo que esta fase é muito relevante. Além disso, diversos estudos [1, 6, 7] sugerem que as fases anteriores devem ter em conta a fase da Exploração e como tal devem integrar nas suas equipas profissionais de FM de modo a que, por exemplo, o Projeto facilite a manutenção de todos os componentes e a Construção recolha a informação necessária à sua manutenção. Refira-se também que apenas cerca de 25% dos artigos publicados sobre a aplicação do BIM à fase de Exploração refere casos concretos de implementação, os restantes 75% são conceptuais [8], o que mais uma vez reforça o atraso referido acima.

2.2 Aplicação do BIM na fase de Avaliação

Na Tabela 1 indicam-se as vantagens que o uso do BIM pode gerar na fase de Avaliação e os recursos BIM utilizados. Embora todas sejam aplicáveis a qualquer edifício, as quatro últimas são mais relevantes nos edifícios de serviços.

Tabela 1: Vantagens do BIM na fase de Avaliação

Vantagens	Recursos BIM
Estudo preliminar rigoroso [1, 3]	Visualização 3D, Orçamento, Consumos
Análise custo benefício [1, 9]	Orçamento e Faseamento construtivo
Plano de financiamento rigoroso [10]	Orçamento
Avaliação do enquadramento arquitetónico [6]	Visualização 3D
Procura de soluções otimizadas [1, 6]	Redes Neurais / Algoritmos genéticos
Análises do ciclo de vida [6, 11]	Todos os anteriores
Comparação de soluções [10, 11]	Visualização 3D, Orçamento
Análise prévia do desempenho ambiental [3, 11]	Consumos energéticos e de água
Redução do tempo para a tomada decisão [1, 11]	Elevada produtividade
Produção de vídeos realistas para captação de investimento [10, 12]	Visualização 3D

As vantagens nesta fase prendem-se essencialmente com a rapidez com que se consegue obter uma solução preliminar 3D suficientemente detalhada (quantificada) da qual se pode facilmente extrair toda a informação necessária.

2.3 Aplicação do BIM na fase de Exploração

Na Tabela 2 indicam-se as vantagens que o uso do BIM pode gerar na fase de Exploração e os recursos BIM utilizados.

Tabela 2: Vantagens do BIM na fase de Exploração

Vantagens	Recursos BIM
Tomada de decisões mais rápida [3, 11, 12]	Informação acessível instantaneamente
Melhor sistema de documentação [1, 11, 13]	Informação centralizada
Informação atualizada [3, 4, 11, 12, 14]	Informação recolhida durante projeto e obra
Trabalho colaborativo [11, 13, 15]	Informação acessível e atualizada por todos
Monitorização da segurança, conforto térmico, qualidade do ar interior (QAI), eficiência energética, consumo de água, limpeza e higiene [1, 3]	Ligação a bases de dados de sensores
Certificação ambiental [3, 12]	Informação centralizada
Gestão de espaços e equipamentos [16, 17]	Informação centralizada acessível por softwares BIM ou CAFM
Gestão de contratos, de pessoal e de fornecedores [16, 17]	Informação centralizada acessível por softwares BIM ou CAFM
Gestão, controlo e demonstração de desempenho dos serviços (recepção, segurança, manutenção, correio, catering, limpeza e higiene) [16]	Informação centralizada acessível por softwares BIM ou CAFM
Resposta mais eficaz a emergências [3, 16]	Informação disponível, Visualização 3D
Redução e gestão de custos [4, 18]	Informação recolhida durante projeto e obra
Redução do tempo [3, 4]	Informação recolhida durante projeto e obra
Gestão de ativos [10, 18]	Informação centralizada
Gestão da manutenção [1, 3, 12, 17]	Informação centralizada
Eficiência e rapidez da manutenção [3, 4, 14, 15]	Informação disponível, Visualização 3D
Reporte de erros mais preciso [4]	Visualização 3D
Redução drástica do uso papel e da necessidade de informatizar essa informação [3, 4, 14]	Informação em formato digital
Produção de relatórios automáticos [4]	Informação centralizada
Minimização do impacto de obras [4, 10]	Visualização 3D, Faseamento construtivo
Melhorar a comunicação [3]	Informação em formato digital
Simulações de segurança e incêndio [3]	Visualização 3D, ligação a software específico

De acordo com os gestores de manutenção a informação mais necessária, mas que habitualmente é difícil de obter é: detalhes de ar condicionado, dados de equipamentos e peças sobressalentes, saldo corrente atualizado, garantias, especificações do MEP, dados do painel elétrico, desenhos técnicos, manuais de operação e manutenção, histórico de trabalhos realizados, telas finais [19]. Tendo em conta estes dados é fácil perceber a grande vantagem em

dispor de um modelo BIM do edifício que reúna todas estas informações e da capacidade deste as transmitir aos softwares de CAFM.

2.4 Obstáculos à implementação do BIM

Na Tabela 3 indicam-se os obstáculos à utilização do BIM na hotelaria e indicam-se formas de os ultrapassar.

Tabela 3: Obstáculos à implementação do BIM na hotelaria

Obstáculos	Possíveis soluções
Rápida evolução dos computadores e dos softwares BIM e CAFM e múltiplos softwares [20-22]	Utilização de software e plataformas online
Necessidade de formação dos técnicos com conhecimentos BIM e CAFM [4, 19-22]	Universidades devem oferecer formação ao longo da vida [20]
Falta de visão dos hoteleiros para o BIM e de casos reais onde se prove o retorno [20-22]	Realização de estudos piloto para demonstrar importância do BIM no FM [20]
Falta de informação dos modelos BIM para as necessidades do FM e falta de saber dos modeladores [2, 4, 13, 19-21]	Integração de gestores de FM nas fases de Projeto e Construção
Interoperabilidade entre software BIM e CAFM [4, 9, 13, 14, 20-22]	Uso de plugins [20], adição de mais campos de FM ao formato IFC
Falta de metodologias de medição dos benefícios do BIM no FM [4]	Associações de FM devem definir métricas
Elevado número de instalações técnicas existentes [4]	
Falta de clareza nas regras, responsabilidades e contratos [4, 14, 21, 22]	Seguir documentos base elaborados por diversas entidades ligadas ao BIM
Rigidez da indústria em adotar novos processos e tecnologias [4, 13, 21, 22]	Realização de casos de estudo
Falta de obrigatoriedade de implementar o BIM no FM [14, 19]	Hoteleiros têm de obrigar ao uso correto do BIM desde a fase de Avaliação
Dificuldade e custo de aplicar BIM aos edifícios existentes [9, 18, 22]	Criar norma com indicação da informação mínima e LOD necessários

A introdução do BIM no setor AECO implica uma mudança relevante na forma de gerir instalações e ainda está numa fase prematura pelo que os obstáculos detetados prendem-se com o facto de se estar numa fase de transição com algumas indefinições, receios, produtos inacabados e falta de formação dos técnicos, de especificações, e de casos de estudo.

3. Softwares de Facility Management

Na Secção 2 mostrou-se que na fase de Exploração, cuja maior parte das atividades diz respeito ao Facility Management, ocorrem muitas oportunidades de aplicação do BIM à hotelaria. Assim na Tabela 4 apresenta-se uma lista dos principais softwares de Facility Management existentes no mercado atualmente, tendo por base a fonte [23] e uma pesquisa de mercado. Na prática, a maioria destes: i) pode ser considerado como uma plataforma, ii) o seu funcionamento é online e iii) resultaram da inclusão do BIM em software de CAFM existente. Na mesma Tabela são ainda indicadas nas colunas seguintes quais as empresas que: a) responderam aos pedidos de informação (ou aquisição) do software, b) forneceram informações detalhadas (como tutoriais e vídeos), e c) permitiram utilizar o software.

Tabela 4: Alguns Softwares de Facility Management

Plataforma	Resposta	Informações	Utilização
Archibus	Sim	Sim	Sim
Archifm.net	Não		
Bentley	Não		
Concerto	Não		
EcoDomus	Sim	Não	Não
FM Systems	Sim	Sim	Não
Maximo	Não		
Onuma	Não		
Oporo	Sim	Sim	Não
Valuekeep	Não		
YouBIM	Não		

4. Utilização da plataforma ARCHIBUS

4.1 Apresentação da plataforma

De forma a avaliar o potencial de aplicação do BIM à hotelaria na fase de Exploração foi utilizada a plataforma ARCHIBUS. Esta plataforma cobre a gestão: de portefólio (imobiliário, rendas, custos, faturação, etc.), de projetos de capital (orçamento, gestão de projetos, etc.), de espaços e planeamento (inventário, equipa, ocupação, etc.), de mudanças, de ativos, de operações (manutenção preventiva e corretiva), ambiental e de risco (emergências, conformidade, sustentabilidade, limpeza, energia, materiais perigosos, etc.), serviços de local de trabalho (reservas, hotelaria).

Embora esta plataforma possibilite visualizar o edifício em 3D, não pode ser ainda considerada uma plataforma 100% BIM, pois não permite a modelação dos edifícios ou, em contrapartida, a sua importação através de ficheiros BIM com o formato IFC ou outro. Atualmente, a importação está limitada às plataformas Autodesk Autocad e Autodesk Revit através de um plugin, ou seja, obriga a que o modelo feito num software BIM qualquer (por exemplo ArchiCAD) tenha de ser importado para Revit para então poder ser feito o upload na plataforma

ArchiBUS. Em alguns dos softwares referidos na Tabela 4, a informação é diretamente importada em ficheiros BIM.

4.2 Utilização da plataforma

No âmbito da hotelaria esta plataforma foi explorada essencialmente em duas áreas: a gestão dos espaços e a gestão da manutenção. Como referido acima existem outras áreas da hotelaria onde esta plataforma pode ser utilizada, como a gestão das reservas, mas que por não estarem diretamente relacionadas com o BIM não serão abordadas. Existem ainda na plataforma outras áreas importantes na hotelaria, como a gestão da energia e dos gastos de água, que no futuro poderão ter uma forte ligação com o BIM, mas atualmente essa ligação é incipiente.

Relativamente à gestão dos espaços foram desenvolvidas as seguintes tarefas:

- Correção de dados do edifício e dos pisos.
- Visualização 2D e 3D dos espaços (Figura 2).
- Criação e correção da categoria e tipos (subcategoria) de espaço de alguns compartimentos.
- Definição do nº de funcionários por compartimento e da ocupabilidade e supercategoria dos compartimentos, criação de standard de funcionário, criação de funcionários e alocação a certos compartimentos, pisos e edifício e visualização do plano de ocupação.
- Análise de indicadores do edifício (áreas, taxa ocupação, etc.).

O módulo da gestão dos espaços está suficientemente desenvolvido. A sua utilização tem semelhança com a dos programas de BIM, podendo a informação ser consultada e editada através da visualização ou de menus próprios. Neste módulo a introdução do BIM permite um acréscimo de qualidade e redução do tempo na medida em que as visualizações possibilitam uma mais rápida compreensão dos espaços do edifício, das categorias e dos funcionários.

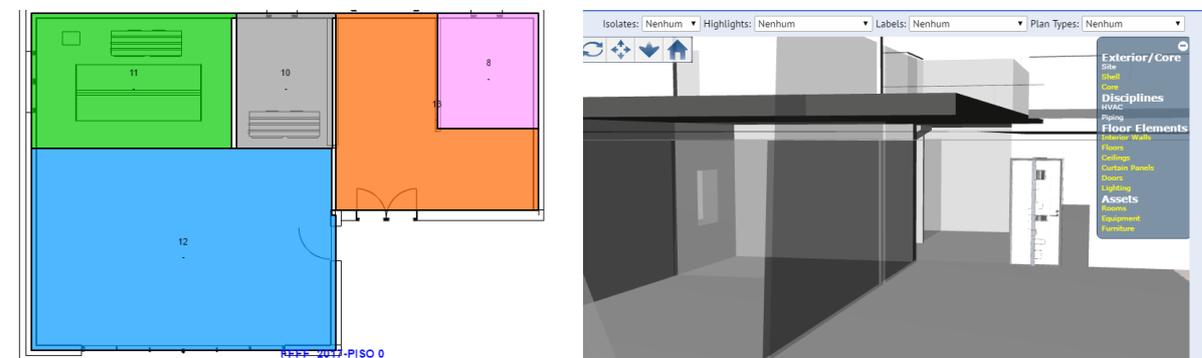


Figura 2: Visualização dos espaços (2D e 3D).

Relativamente à gestão da manutenção a plataforma ARCHIBUS divide a manutenção em: preventiva (planeada a longo prazo) e corretiva (surge no seguimento da deteção de um problema). Foram desenvolvidas as seguintes tarefas para a manutenção preventiva:

- Definição de standard de equipamentos, definição de equipamentos não importados do REVIT, definição de garantias e aplicação aos equipamentos.
- Definição de profissões, definição de profissionais, definição de equipas de trabalho.
- Definição de peças, atribuição de peças aos equipamentos, definição de fornecedores, atribuição de peças aos fornecedores, gestão do inventário de peças, definição de locais de armazenamento de peças, aquisição de peças.
- Definição dos tipos de ferramentas, definição de ferramentas.

- Definição de: tipos e subtipos de problema, de causas de problemas, de tipos de reparação.
- Definição de procedimentos, etapas e recursos de manutenção preventiva, atribuição dos procedimentos de manutenção preventiva aos diversos espaços e equipamentos.
- Definição da manutenção preventiva, visualização da programação da manutenção preventiva ao longo do tempo e edição do quadro planeamento (Figura 3).



Figura 3: Planeamento da manutenção preventiva e quadro de planeamento.

Relativamente à manutenção corretiva foram desenvolvidas as seguintes tarefas:

- Comunicação de problemas (esta tarefa pode ser desempenhada por qualquer pessoa que utilize o edifício e comunique um problema ou insira diretamente o problema na plataforma).
- Estimativa de custos dos problemas, definição do programa de resolução, atribuição das ordens de trabalho, emissão de ordens de trabalho, atualização de ordens de trabalho, paragem ou conclusão de ordens de trabalho.
- Visualização das operações atribuídas, visualização e edição do quadro planeamento.

O módulo da gestão da manutenção é excessivamente detalhado e complexo (muitas etapas), sendo bastante adequado para gestores de instalações de grandes hotéis ou de cadeias de hotéis, podendo não ser o mais adequado para muitos dos hotéis portugueses. Até se conseguir utilizar amplamente o módulo é preciso definir um vasto conjunto de informações relativos à manutenção do hotel, que não têm que ver com o edifício. A ligação com o BIM resulta essencialmente da utilização da vasta informação importada das fases de Projeto e de Construção relativa aos espaços, materiais, sistemas e equipamentos. A introdução do BIM neste módulo permite ter acesso de forma instantânea a toda a informação atualizada do edifício, processo que poderia demorar meses a introduzir na plataforma.

A plataforma por defeito não permite a importação/exportação da informação de acordo com a norma COBie. No entanto, é possível configurar ligações a aplicações desenvolvidas por terceiros (ARCHIBUS Connectors) que fazem essa tarefa.

5. Conclusões

Neste artigo abordaram-se as possibilidades e os desafios atuais à implementação do BIM na hotelaria nas diferentes fases da vida de um hotel. Neste artigo apenas foram analisadas as fases de Avaliação e Exploração por serem aquelas onde a implementação do BIM ainda se encontra

mais atrasada e porque nas fases de Projeto e Construção as vantagens do BIM são já bastante conhecidas e consensuais.

Na fase de Avaliação, o BIM pode constituir uma ferramenta valiosa na medida em que permite modelar rapidamente e extrair dados preliminares úteis para estudos de viabilidade. Constatou-se que existem inúmeras vantagens para este setor se adotar o BIM na gestão das suas instalações. Estas estão relacionadas com o facto de a informação estar centralizada, disponível instantaneamente e da mesma poder ser visualizada e editada interactivamente (3D). Por outro lado, colocam-se alguns obstáculos típicos dos processos de mudança como a existência de receios, produtos inacabados e a falta de formação dos técnicos, de especificações e de casos de estudo.

A utilização da plataforma ARCHIBUS, que ainda está numa fase de transição para a integração total do BIM, possibilitou demonstrar claramente algumas das vantagens da utilização do modelo BIM nos módulos tradicionais da gestão de instalações.

Este artigo debate o potencial que o BIM pode trazer à competitividade do setor da hotelaria.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece o financiamento ao CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções, através do Projeto POCI-01-0145-FEDER-007457, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia I.P.

Os autores agradecem à ARCHIBUS, Inc. a oportunidade de utilizar a plataforma ARCHIBUS.

Referências

- [1] Gökstorp, M., *BIM implementation and potential benefits for the facility managers*. 2012, Sweden: Master of Science Thesis, Chalmers University of Technology.
- [2] Talamo, C. and M. Bonanomi, *Knowledge Management and Information Tools for Building Maintenance and Facility Management*. 2015: Springer.
- [3] Gonçalves, C., *Gestão da Manutenção em Edifícios: Modelos para uma abordagem LARG (Lean, Agile, Resilient e Green)*. 2014, Universidade Nova de Lisboa: Tese de Doutoramento.
- [4] Mohamad, K., et al., *BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex*. *Built Environment Project and Asset Management*, 2015. **5**(3): p. 261-277.
- [5] Korpela, J., et al., *The challenges and potentials of utilizing building information modelling in facility management: the case of the Center for Properties and Facilities of the University of Helsinki*. *Construction Management and Economics*, 2015. **33**(1): p. 3-17.
- [6] Mayouf, M., D. Boyd, and S. Cox. *Different Perspectives on Facilities Management to Incorporate in BIM*. in *CIB Facilities Management Conference*. 2014. Technical University of Denmark.

- [7] Liu, R. and R.R.A. Issa. *BIM for Facility Management: Design for Maintainability with BIM Tools*. in *30th Int. Symp. of Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2013)*. 2013. Montreal, Canada.
- [8] Ebbesen, P. *Information Technology in Facilities Management - A Literature Review*. in *14th EuroFM Research Symposium*. 2015. Glasgow, United Kingdom: EuroFM.
- [9] Parsanezhad, P. and J. Dimyadi. *Effective Facility Management and Operations via a Bim-Based Integrated Information System*. in *CIB Facilities Management Conference*. 2014. Technical University of Denmark.
- [10] Arayici, Y., T. Onyenobi, and C. Egbu, *Building information modelling (BIM) for facilities management (FM): The MediaCity case study approach*. *International Journal of 3D Information Modelling*, 2012. **1**(1): p. 55-73.
- [11] Aziz, N.D., A.H. Nawawi, and N.R.M. Ariff, *Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management: Opportunities to be Considered by Facility Managers*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2016. **234**: p. 353-362.
- [12] Lin, Y.-C. and Y.-C. Su, *Developing Mobile- and BIM-Based Integrated Visual Facility Maintenance Management System*. *The Scientific World Journal*, 2013. **2013**: p. 10.
- [13] Nicał, A.K. and W. Wodyński, *Enhancing Facility Management through BIM 6D*. *Procedia Engineering*, 2016. **164**: p. 299-306.
- [14] Kelly, G., et al. *BIM for Facility Management: A Review and a Case Study Investigating the Value and Challenges*. in *13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*. 2013. London, UK.
- [15] Motawa, I. and A. Almarshad, *A knowledge-based BIM system for building maintenance*. *Automation in Construction*, 2013. **29**: p. 173-182.
- [16] Adeyemi, T.O., *Integration of Facilities Management in Hotels*. 2015.
- [17] Mohanta, A. and S. Das. *Bim as Facilities Management Tool: A Brief Review*. in *7th International Conference on Sustainable Built Environment*. 2016. Kandy, Sri Lanka.
- [18] Fontes, A.D.R., *Proposta de Sistema de Gestão da Manutenção de Edifícios Suportado por Ferramentas BIM*. 2014, Porto: Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Construções, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [19] Liu, R. and R.R.A. Issa, *Survey: Common Knowledge in BIM for Facility Maintenance*. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 2016. **30**(3): p. 04015033.
- [20] Pärn, E.A., D.J. Edwards, and M.C.P. Sing, *The building information modelling trajectory in facilities management: A review*. *Automation in Construction*, 2017. **75**: p. 45-55.
- [21] Kiviniemi, A. and R. Codinhoto, *Challenges in the Implementation of BIM for FM - Case Manchester Town Hall Complex*, in *Computing in Civil and Building Engineering (2014)*, R. Issa Issa and I. Flood, Editors. 2014, American Society of Civil Engineers (ASCE). p. 665-672.
- [22] Dixit, M.K. and V. Venkatraj. *Integrating Facility Management Functions in Building Information Modeling (BIM): A Review of Key Issues and Challenges*. in *International Research Conference 2017: Shaping Tomorrow's Built Environment*. 2017. University of Salford, Manchester.
- [23] Dias, W., J.C. Lino, and J.P. Couto. *Contributo do BIM como Suporte das Fases de Manutenção e Operação dos Edifícios*. in *1º Congresso Português de Building Information Modelling (PTBIM 2016)*. 2016. Universidade do Minho, Guimarães.

DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO PARA A GESTÃO DO PATRIMÓNIO EXISTENTE – CASO DE ESTUDO

José Teixeira⁽¹⁾, Fernanda Rodrigues⁽²⁾, Hugo Rodrigues⁽³⁾

(1) Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro

(2) RISCO, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro

(3) RISCO, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Politécnico de Leiria, Leiria

Resumo

Tem-se verificado no património existente uma desatualização ou até mesmo inexistência de cadastros devido a um ineficiente plano de gestão e manutenção desse mesmo edificado. Por essa razão, torna-se evidente a necessidade de desenvolvimento dum sistema de gestão de informação para suporte das ações de gestão, manutenção e conservação do edificado existente. Assim, este trabalho visou a implementação de novas tecnologias, tais como o BIM, para serem utilizadas como ferramentas de apoio à gestão de informação do edificado, facilitando às varias partes interessadas o acesso automatizado, através do desenvolvimento de uma plataforma de gestão que utiliza uma ligação de dados bidirecional, recorrendo a uma API, que torna possível a comunicação direta de informação entre o modelo BIM do edifício e o utilizador.

A este estudo foi ainda aplicado um caso de estudo para valida a sua aplicabilidade prática. A aplicação deste caso de estudo subdividiu-se em três fases. (1) Desenvolvimento do modelo BIM; (2) Exportação das bases de dados em MSSQL e por fim (3) Interligação dessa base de dados com o API desenvolvida.

Esta metodologia de trabalho permitiu garantir a integração de qualquer modelo BIM desenvolvido no software Revit na plataforma de gestão desenvolvida, garantindo aos utilizadores através da aplicação web a possibilidade de: visualização do modelo BIM; interação com a informação paramétrica do modelo; consulta de plano de ações de manutenção e respetivas calendarizações; consulta de toda a informação, nomeadamente projetos, relatórios, ensaios, permanentemente atualizada e coesa.

1. Introdução

Com a necessidade de intervenção no edificado existente, e especialmente no de interesse patrimonial, aumenta a necessidade de se aceder a documentação fíável e atualizada. Na maioria dos casos, quer devido à idade das construções, quer devido à falta de registos ao longo da sua

vida, existem grandes lacunas (insuficiente, inacessível, fragmentada ou desatualizada) quanto à sua caracterização e às intervenções a que foram sujeitas. Assim, as entidades gestoras, para intervirem na preservação do edificado têm que recorrer a métodos tradicionais de inspeção, prospeção e diagnóstico, que representam um processo moroso e, por vezes, com resultados pouco fiáveis [1].

Torna-se assim necessária, a integração de novas tecnologias, como a de modelação de informação e documentação, que contribui para o entendimento formal, estrutural e morfológico do objeto, servindo para organizar e disseminar a informação documental do bem patrimonial, unificando a informação métrico-arquitetónica com a caracterização dos materiais e processos construtivos [2].

O Building Information Modelling (BIM) surge, como a tecnologia de informação capaz de dar resposta às necessidades do setor da construção, direcionada para a conservação e manutenção do património [3]. Apesar de não ser uma tecnologia nova, atualmente, poucas são as pesquisas que se têm realizado para explorar a importância e utilidade do BIM na documentação e gestão de edifícios de valor histórico e patrimonial. As vantagens da aplicação desta tecnologia residem na redução dos custos e tempo na recolha da documentação desses edifícios, assim como na garantia duma gestão atualizada, mais célere e fidedigna de dados, e na sua permanente acessibilidade. Vários autores já desenvolveram a aplicação do BIM a edifícios históricos, referindo-o como Historical Building Information Modelling (HBIM). O HBIM permite ao utilizador ter uma maior acessibilidade à biblioteca de objetos paramétricos que constituem esses edifícios e a um sistema de mapeamento desses mesmos objetos através de Point Clouds [4]. Funciona como um sistema interativo do BIM, que combina a construção dos objetos paramétricos da biblioteca e o mapeamento desses objetos da Point Cloud, permitindo modelar parametricamente as formas mais complexas existentes nos edifícios históricos [5].

Para explorar e aprofundar os potenciais da tecnologia BIM aplicada ao património histórico, selecionou-se como caso de estudo a Casa de Santo António, localizada no centro da cidade de Ílhavo. Para se comprovar as vantagens da aplicação desta tecnologia à gestão de edifícios com valor patrimonial, definiram-se os seguintes objetivos:

- Desenvolver o modelo tridimensional em BIM da Casa de Santo António, as-managed, contemplando as especialidades de Arquitetura e Estruturas;
- Desenvolver uma base de dados do projeto, contendo pormenores de manutenção e gestão dos elementos;
- Desenvolver um sistema de integração e interação de informação intercooperativa.

2. Caso de estudo

2.1 Apresentação

Localizada em Ílhavo no distrito de Aveiro, na viragem entre a Rua de Santo António e a Avenida 25 de Abril, encontra-se um dos principais edifícios com valor patrimonial da região, um primórdio de arquitetura regional, a Casa de Santo António (Figura 1).



Figura 1: Estado atual do edifício: fachada principal

Datada da década de 30 do século XX, este edifício destinado a residência familiar, foi adquirido, em julho de 2012, pela Associação InovaDomus, para ser objeto do projeto ReabilitaDomus, sendo agora a sede da associação.

Classificada como um edifício de arquitetura de primor, a Casa de Santo António é composta por dois pisos e um sótão, com uma área aproximada de 450 m², na qual o piso térreo e o primeiro piso possuem a maior percentagem de área, igualmente distribuída, apresentando o sótão a percentagem de área mais pequena.

Relativamente aos materiais estruturais aplicados, podem-se destacar – a madeira, o betão, a alvenaria de tijolo e o adobe. O edifício é apoiado em paredes resistentes de alvenaria de tijolo vazado, assentes em fundações contínuas de betão pobre e adobe. A estrutura do pavimento do primeiro piso e do sótão é composta por barrotes (ou vigas de pavimento) com entrega nas paredes da fachada e tarugos. Todavia, como as paredes interiores do primeiro piso não se sobrepõem às paredes interiores do piso térreo, existem também dois reforços de betão (pilares). A cobertura inclinada é constituído por uma estrutura de madeira composta por asnas, madres, barrotes de cobertura (varas), ripas e revestida com telha cerâmica [6].

2.2 Metodologia BIM

O desenvolvimento do modelo 3D do edifício com a metodologia BIM, foi efetuado com recurso ao software Revit da Autodesk, tendo por base toda a documentação fornecida pela InovaDomus [7].

Para compreender o BIM enquanto instrumento de gestão do património, é necessário compreender os pilares fundamentais em que assenta: a modelação orientada por objetos e a interoperabilidade [8]. A modelação orientada por objetos refere-se a objetos paramétricos – tais como janelas, portas, paredes, telhados etc., que no BIM não são definidos isoladamente, mas sim como parte de sistemas que mantêm relação e interação com os outros objetos. Tais objetos apresentam além das propriedades espaciais associadas à sua representação geométrica, propriedades intrínsecas aos mesmos. A interoperabilidade representa a capacidade de

comunicação entre os diversos softwares e sistemas de informação existentes, sem que se comprometa a informação constituinte do projeto, podendo promover a comunicação entre os diversos intervenientes de um projeto.

Com base nestes pilares, o modelo BIM do caso de estudo, teve que ser pensado de forma a agrupar a maior quantidade de informação relativa a cada objeto, que no seu conjunto representa a documentação necessária para uma gestão atualizada e organizada e, no mesmo sentido, organizar essa informação de forma a poder ser editável para usos futuros de conservação e/ou manutenção.

2.3 Modelação Paramétrica do Edifício

A modelação de um projeto em BIM é tão eficiente quanto maior for a alimentação do projeto com informação detalhada. No entanto, o desafio está em atingir o nível de detalhe desejado de acordo com os objetivos a atingir, sendo que, quanto maior for o detalhe maior será o nível de execução do projeto BIM. Neste caso de estudo, o modelo foi desenvolvido até um grau de detalhe intermédio classificado como LOD 200 (Level of Detail), na medida em que o objetivo foi comprovar o potencial da aplicação do BIM à gestão do património e não como uma ferramenta de modelação [9].



Figura 2: Fotografia do edifício vs Modelo 3D - Alçados da Casa Santo António no Revit - Autodesk

Todavia, fez-se por atingir um nível de detalhe considerável, comprovado quando se comparam as fotografias do edifício (ver Figura 1) com o modelo desenvolvido (Figura 2). O projeto foi, como referido anteriormente, modelado tendo como base os dados fornecidos pela InovaDomus, tendo-se desenvolvido um modelo de arquitetura e estruturas do existente, respeitando toda a informação no que diz respeito a materiais, dimensões e estados.

É importante ainda ter em consideração que, este tipo de edifícios são constituídos por objetos complexos, únicos e característicos dos mesmos, pelo que se desenvolveram famílias específicas desses objetos isolados, como se apresenta, a título de exemplo, na Figura 3 e Figura 4, para uma porta e uma janela.



Figura 3: Porta – Fotografia vs modelo desenvolvido



Figura 4: Janela – Fotografia vs modelo desenvolvido

Com o modelo tridimensional efetuado, foi necessário garantir que o modelo não só estava correto geometricamente, mas também parametricamente, pelo que foi necessário alimentar o modelo com toda a informação existente. Como o software Revit não foi especialmente projetado para a gestão de património histórico (prevê a gestão de novas construções, mas não de edifícios já construídos), tornou-se necessária a criação de parâmetros diretamente ligados à gestão/manutenção deste tipo de edifícios, onde se consiga armazenar a informação necessária aos respetivos gestores e a todos os intervenientes que a necessitem de consultar (Figura 5).

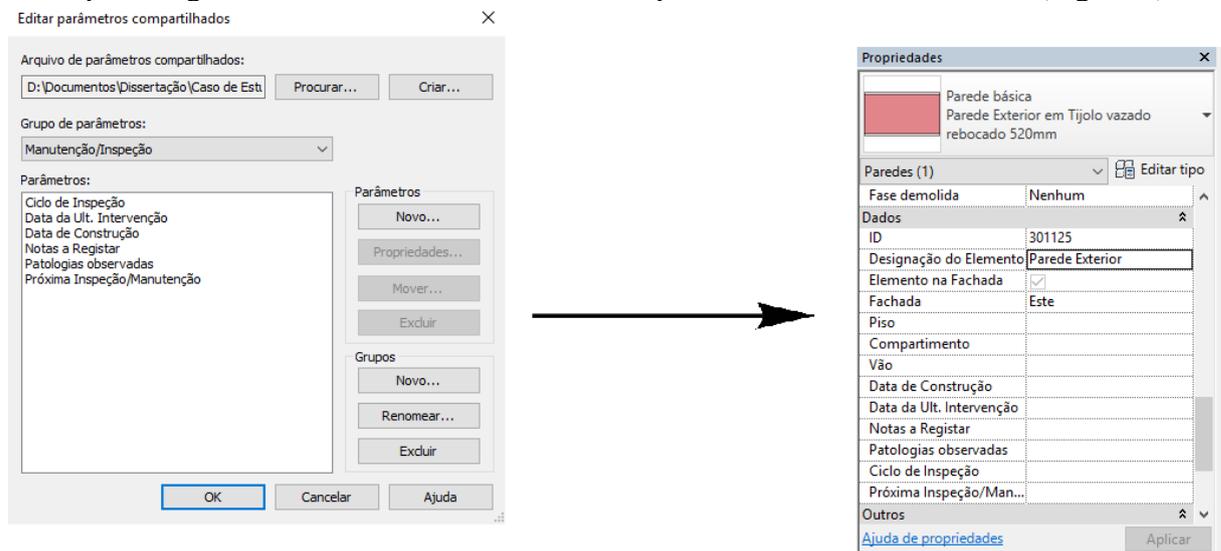


Figura 5: Criação de Shared Parameters direcionados para a Manutenção/Inspeção.

2.4 Sistema de Informação Interativo e Intercooperativo

As aplicações funcionais do BIM, enquanto instrumentos de gestão do património, são tão eficazes quanto a sua capacidade de comunicação com a mais variada documentação existente. Surge assim, a necessidade de interligar o modelo BIM com um sistema de informação que não

só seja funcional, mas que também seja facilmente acessível e atualizável. Estas características vão permitir a qualquer interveniente interagir diretamente com toda a documentação existente de um determinado edifício – consultando e atualizando essa documentação – tornando a gestão deste património um processo mais autónomo e dinâmico.

Este sistema vai permitir reduzir significativamente a quantidade de informação fragmentada/desatualizada ao longo do tempo e consequentemente reduzir os custos de inspeção e manutenção a longo prazo.

O desafio deste projeto passa por desenvolver um sistema de informação, não para um edifício específico, mas sim para ser aplicado a qualquer tipo de edifício existente com interesse patrimonial. Se se partir do princípio que cada projeto é constituído por famílias de objetos e que cada objeto possui as suas próprias propriedades e informação, isto, para projetos de médio a grande porte traduz-se em dezenas de milhar de objetos, com centenas de milhar de dados. É necessário, consequentemente, desenvolver um sistema capaz de armazenar toda esta informação de forma organizada e sustentável, para que seja acessível a utilizadores credenciados para a sua alimentação e consulta, permitindo o acesso a informação e documentação para as mais variadas atividades ligadas ao edifício em questão, e possibilitar ainda a atualização de informação em falta ou que esteja incorreta.

Para que esse sistema seja eficiente, é necessário que a base de dados seja igualmente eficiente e o mais autónoma possível, o que se torna possível através de software que permita a aplicação da metodologia BIM, tal como o Revit, e a exportação/importação de informação para ODBC¹, seja em Excel, Access, MSSQL, MySQL, Oracle, etc. No entanto, é necessário ter em consideração a adaptação e adequabilidade do tipo de base de dados a um sistema de comunicação. Nesse sentido, estudou-se a hipótese de adaptação do sistema a uma base de dados em Access ou MSSQL. O Access tinha como vantagem ser um software com uma interface mais acessível ao utilizador, porém, mais limitado a nível de quantidade de informação e projetos associados. Já o MSSQL apesar de ser um software mais complexo, permite agrupar de forma eficiente toda a informação sem limitações de quantidade, oferecendo ainda, a vantagem de ser compatível com todos as linguagens de informação, necessárias para a programação de um sistema de comunicação entre o utilizador e a base de dados, tendo sido este o tipo de base de dados utilizado (Figura 6). Uma das grandes dificuldades do sistema de gestão de informação a desenvolver, é a interligação de toda a informação do modelo BIM 3D, com a base de dados e a respetiva exportação/importação e interligação. Para se atingir este objetivo do sistema de comunicação, está-se a desenvolver uma API (Application Programming Interface), que como o próprio nome indica, representa a interface de ligação entre a base de dados e o utilizador.

¹ *Open Database Connectivity*

ID	Element Name	Length	Thickness	Height	Structural Usage	Materials	Facade Element	Facade	Level	Room	Span	Construction Year	Last Intervention	Notes
313658	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	17,875	0,52	6,63	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Oeste				1988		
315901	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	2,32	0,52	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							
316863	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 430mm	1,805	0,43	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul						
318105	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 240mm	1,25	0,24	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul						
318474	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 430mm	3,245	0,43	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Sul						
319135	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 290mm	2,425	0,29	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False	Este						
319357	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	5,91	0,52	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False					1935		
319941	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	14,495	0,52	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Este						
320214	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 450mm	4,287	0,45	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
321338	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1,395	0,52	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
321349	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1,23	0,52	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
321358	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1,655	0,52	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
321380	Parede Exterior em Tijolo vazado rebocado 520mm	1,433	0,52	2,61	Bearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional; Pintura de Cor	False	Norte						
322994	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 150mm	1,8	0,15	2,61	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							
323306	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 310mm	2,45	0,31	2,61	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							
323552	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 260mm	3,705	0,26	2,6395858 4644641	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							
323758	Parede Interior em Tijolo vazado rebocado 260mm	4,25	0,26	2,585	NonBearing	Tijolo Vazado; Reboco Tradicional	False							

Figura 6: Base de dados da Casa de Santo António

3. Considerações Finais

O sistema de gestão da informação desenvolvido, com base no modelo 3D BIM apresenta elevada eficácia no âmbito da gestão do património edificado e em outras aplicações que poderão ser associadas ao mesmo. A funcionalidade e eficácia deste sistema depende da quantidade e da qualidade da informação que lhe é fornecida, nomeadamente do nível de detalhe dos modelos associados. O custo e tempo inicial que é necessário investir no seu desenvolvimento, serão compensados a longo prazo, já que ao fornecer dados rigorosos para uma adequada manutenção do edificado permite a respetiva diminuição de custos.

Um dos importantes desafios a ultrapassar diz respeito à quantidade de dados integrada na base de dados, porque à medida que diferentes projetos vão sendo integrados, a quantidade de informação também aumenta de forma significativa, o que eventualmente poderá comprometer o sistema no agrupamento e organização de toda a informação. Nesta situação, o sistema tem de ser adaptado para uma base de dados não relacionais ou “Big Data”. Este tipo de base de dados são pensadas para sistemas com grande quantidade de informação que como não possuem relações, não comprometem o sistema ao nível da organização de informação, mantendo-se, no entanto, a necessidade de se ter um sistema de comunicação eficaz com a base de dados.

Referências

- [1] A. Baik and J. Boehm, “Building information modelling for historical building Historic Jeddah - Saudi Arabia,” 2015 Digit. Herit. Int. Congr. Digit. Herit. 2015, pp. 125–128, 2016.

- [2] M. Tolentino and B. Feitosa, “A Utilização De Tecnologias Digitais Na Documentação Do Patrimônio Arquitetônico,” 2014.
- [3] R. Matos, F. Rodrigues, H. Rodrigues, A. Alves, and P. Ribeirinho, “Building life cycle management for rehabilitation : application to a case study,” CINPAR2016 – XII Int. Conf. Struct. Repair Rehabil. Porto, Port. 26-29 October, 2016. ISBN 978-972-752-203-3, no. Lcc, pp. 1–16, 2016.
- [4] C. Dore and M. Murphy, “Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites,” Proc. 2012 18th Int. Conf. Virtual Syst. Multimedia, VSMM 2012 Virtual Syst. Inf. Soc., pp. 369–376, 2012.
- [5] M. Murphy, E. McGovern, and S. Pavia, “Historic building information modelling (HBIM),” Struct. Surv., vol. 27, no. 4, pp. 311–327, 2009.
- [6] R. Gamelas, “Caracterização e monitorização para reabilitação da sede da InovaDomus,” (Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro), 2013.
- [7] InovaDomus, “Relatório de Caracterização Estrutural da Sede da InovaDomus,” 2016.
- [8] J. D. R. T. Soares, “A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático,” 2013.
- [9] Hassel and M. B. M. Ollmann, “BIM and LOD - Building Information Modelling and Level of Development,” no. November, 2013.

FACILITY MANAGEMENT NO BUILDING INFORMATION MODELING

Tomás Fuzil⁽¹⁾, Paula Couto⁽²⁾, Maria João Silva⁽²⁾, Pedro Silva⁽¹⁾

(1) Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

Resumo

O setor da construção revela algumas vezes uma grande disparidade entre os prazos e custos previstos e os prazos e custos de execução, considerando-se que existem oportunidades de melhoria da eficiência do processo. Desta forma, as novas tecnologias de informação e comunicação na construção, nomeadamente a metodologia Building Information Modelling (BIM), traz um conjunto de procedimentos associados que podem melhorar de uma forma muito positiva as diversas fases do processo construtivo, tentando minimizar erros, sobrecustos, etc. Estes métodos permitem ao dono obra ter um maior controlo sobre todo o processo. No entanto, a estas novas tecnologias é possível associar outros processos, como a gestão de instalações, ou em inglês Facility Management (FM), que deixa de ser feita de forma tradicional e passa a ser realizada utilizando a metodologia BIM. Para isso é importante que todos os intervenientes no projeto tenham em atenção a informação colocada no modelo, pois esta pode influenciar o trabalho futuro, e para que não existam incongruências, deve definir-se desde o início a utilização que se pretende dar ao modelo.

Este trabalho é elaborado no âmbito de uma dissertação de mestrado com vista à apresentação de uma proposta de integração do FM na metodologia BIM. Numa primeira instância realizam-se operações correntes de modelação numa infraestrutura em BIM através de um software proprietário (Revit), sendo posteriormente feita a importação do modelo para um software de clash detection (NAVISWORKS), com vista à deteção e correção de eventuais erros. A exportação usando plugin da especificação COBie será igualmente instalada (como extensão no Revit), sendo através dela que se propões exportar a informação acerca dos diversos elementos e equipamentos presentes no modelo. Para finalizar algumas considerações preliminares sobre o trabalho desenvolvido serão apresentadas assim como perspetivados os desenvolvimentos futuros do trabalho.

1. Introdução

O setor da construção é caracterizado por ter e receber um impacto forte no estado da envolvente económica dos países, sendo também caracterizado por uma grande competitividade. Estes fatores fazem com que os intervenientes da construção, estejam muitas vezes virados para a escolha de opções mais económicas, deixando para segundo plano a qualidade. Tradicionalmente considera-se que a fase da construção é a que corresponde ao maior gasto em todo o processo construtivo. Contudo, esta ideia tem vindo a ser alterada pelo estudo do custo do ciclo de vida, onde é evidente o impacto do custo de operação, que começa a tornar-se num custo da maior relevância a ter em consideração. Neste sentido, as mentalidades tendem a evoluir e a alterar-se, começando os donos de obra a ganhar alguma sensibilidade quanto aos diversos tipos de custos envolvidos no processo, não pensado somente no custo de construção, mas também em custos pós-construção, nomeadamente no custo da operação. Com esta evolução ao nível dos intervenientes e responsáveis pelo processo construtivo, houve a necessidade de evolução dos *softwares* para responder a novos desafios profissionais na área da construção e da gestão da fase de operação.

O gestor de instalações deve ser integrado nas diversas fases do projeto, logo desde a fase de conceção, para que seja possível intervir desde o início do ciclo de vida do edifício, dando sugestões para uma operação mais eficiente e económica e descobrindo eventuais falhas que serão de difícil ou impossível correção após a construção. Assim, o dono de obra deve tentar utilizar as novas tecnologias que tem à disposição, da forma mais correta para tirar o melhor partido das mesmas na fase de operação. O formato COBie foi desenvolvido para reunir informação de forma melhorada e organizada, recolhida ao longo de todo o projeto e construção da obra, que posteriormente vai ser entregue ao gestor de instalações, facilitando assim a consulta de informação e consequentemente aumentando a eficácia do processo de operação [1].

O BIM traduz uma mudança de paradigma, sendo muito importante transmitir aos intervenientes e responsáveis pelo processo construtivo, que o mesmo se baseia no verdadeiro conceito do trabalho colaborativo. Com a adoção desta metodologia, é também possível a existência de um modelo digital continuamente atualizado, permitindo a deteção de erros, como por exemplo, incompatibilidade entre as diversas especialidades. O BIM permite uma continuidade na transferência e gestão de informação entre fases construtivas, evitando perda de informação relevante. Desta forma surge a possibilidade de fazer uma ligação entre o BIM e o FM, possibilitando a realização da operação de um determinado edifício de uma forma mais eficiente [2].

2. Enquadramento teórico

2.1 Facility Management

O Facility Management (FM) surge no final dos anos 60, nos Estados Unidos da América, com a finalidade de descrever a prática crescente seguida pelos bancos de outsourcing na responsabilidade do processamento de transações de cartões de crédito para fornecedores especializados [3]. Esta atividade tem vindo a crescer bastante, uma vez que existe uma maior preocupação com a fase de exploração e operação das instalações. Atualmente, num edifício

com uma vida útil de 50 anos estima-se que os seus custos de operação possam superar os 80% do custo total e apenas 20% dos custos sejam aplicados na sua conceção e construção.

Em Portugal, os primeiros passos ao nível do FM foram dados em 2006, tendo sido então formada a Associação Portuguesa de Facility Management (APFM) com o objetivo da divulgação e do desenvolvimento do FM, “como a gestão integrada dos locais e ambientes de trabalho, com o propósito de realizar a otimização de espaços, de processos e de tecnologias” [4]

Embora existam diversas definições para o FM, todas elas convergem numa ideia principal [5], o Facility Management é um conceito que agrega recursos como pessoas, propriedades e experiência em gestão de processos, de forma que se consiga fornecer serviços vitais de apoio da organização. Na sequência da necessidade de uniformizar o FM no espaço europeu, o CEN aprovou as seguintes sete normas EN 15221 [6]: i) Parte 1: Termos e Definições; ii) Parte 2: Linhas de orientação para a elaboração de acordos de FM; iii) Parte 3: Linhas de orientação para a qualidade no FM; iv) Parte 4: Taxonomia, classificação e estruturas em FM; v) Parte 5: Linhas de orientação relativas a processos de FM; vi) Parte 6: Medição de áreas e espaços em FM; vii) Parte 7: Benchmarking.

2.2 BIM

O *Building Information Modelling* (BIM) permite armazenar informação multidisciplinar e com elevado grau de pormenor, dentro de uma representação virtual do empreendimento, tornando-se num repositório rico em diferentes tipos de informações e com boa capacidade de armazenamento [7]. Uma das formas mais fáceis de descrever o conceito BIM é que se trata de uma partilha de informação entre todos os intervenientes (engenheiros, arquitetos, empreiteiros, donos de obra, etc.) durante todas as diversas fases do ciclo de vida de um empreendimento de construção (Figura 1).



Figura 1: Partilha de informação BIM [9]

De facto a utilização do BIM pressupõe que esta partilha ocorra desde a fase de conceção até à sua demolição (Figura 2). É possível afirmar que o BIM é um processo que se baseia num sistema de informação que cria valor e inovação a longo prazo [2], sendo muito mais do que a representação virtual dos objetos com o intuito da geração de vistas automáticas [8].

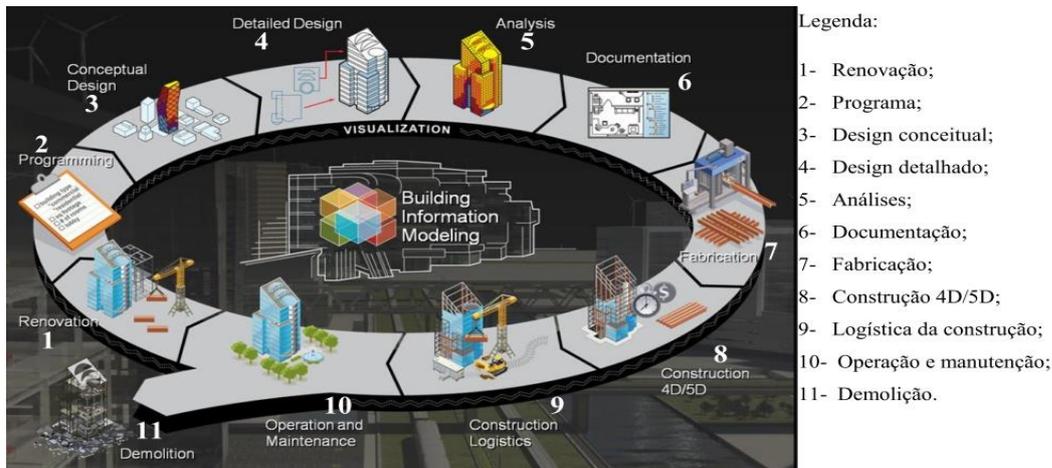


Figura 2: Ciclo de vida de um edifício e as aplicações BIM associadas (adaptado [9])

O BIM é muito mais que um modelo 3D digital do edifício, não se tratando de um modelo puramente geométrico, mas sim de um conjunto de informação sobre os diversos elementos do edifício, que permite ao utilizador realizar alterações e estudar opções antes do edifício estar construído, dar sugestões para alterações do projeto e descobrir previamente erros contidos no mesmo [10].

Atualmente muitos dos potenciais utilizadores colocam algumas barreiras quando se trata de implementar uma mudança, criando algum tipo de resistência porque muitas das vezes terão de aprender novas técnicas, dominar novas ferramentas e sobretudo sair da sua “zona de conforto”. O mesmo aconteceu quando se passou do papel para o CAD-2D e atualmente acontece na passagem do 2D para o 3D [11].

2.3 Metodologia BIM - Facility Management

O BIM permite gerir instalações através da visualização das mesmas, com base em informação exata e precisa acerca dos sistemas e equipamentos, das suas localizações e especificações técnicas, entre outras. Desde logo, esta informação num modelo tridimensional afigura-se como uma enorme vantagem relativamente aos desenhos tradicionais (2D).

Dado que o modelo BIM contém toda a informação necessária de uma instalação, é possível realizar uma gestão rigorosa, incluindo a sua manutenção e exploração. De facto, esta será uma das grandes vantagens do BIM, pois ao controlar todos os elementos de uma instalação, facilita qualquer tipo de intervenção, estando estes processos esquematizados de forma simplificada na Figura 3 [12].

O BIM, na gestão de instalações, passa pela especificação da informação necessária durante toda a fase de projeto e construção, para mais tarde esta informação ser utilizada na fase de operação. Fazendo-se a automatização através do BIM, cria-se também a possibilidade de gerar inventários de equipamentos, como um *Computerized Maintenance Management System* (CMMS). As vantagens não são apenas visíveis ao nível da redução de custos mas também nos

ganhos de qualidade da resposta aos clientes [13]. O *BIM Project Execution Planning Guide* [14-15], fornece guias para a implementação do *Facility Management* na metodologia BIM.

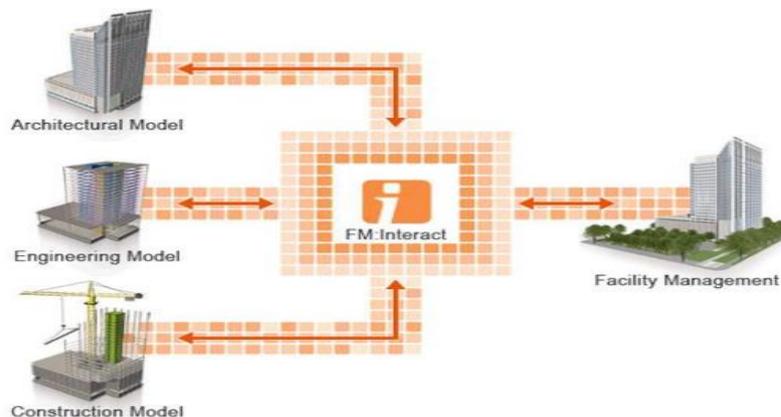


Figura 3: Integração das especialidades BIM no FM [9]

A possibilidade de utilizar o BIM para o FM é o recurso às funcionalidades apresentadas pelo modelo BIM por parte do Gestor de Instalações. Através deste modelo pode recolher informações geométricas ou não geométricas e a partir delas gerir o edifício de uma forma eficiente e organizada [16].

O Construction Operations Building information exchange (COBie) [7] é, para além de outros formatos proprietários de aplicações comerciais, bases de dados especificadas por utilizador, etc, que não são objeto do presente trabalho, um formato de partilha de informação para o ciclo de vida de uma determinada instalação, que permite uma organização de toda a informação, desde o processo inicial até à sua exploração. Criado nos EUA pela buildingSMART, corresponde a um formato que pretende “gerir as trocas de informação dos ativos” apesar de “não adicionar novos requisitos aos contratos, apenas altera a forma de entrega dos documentos de uma forma normalizada” e que tem como objetivo descrever espaços e equipamentos da mesma. A troca de informação ocorre numa primeira instância no fim da construção, contudo o expoente máximo de eficiência do COBie vai ser obtido durante o ciclo de vida de uma instalação, quando existir a necessidade da partilha de informação relativamente a espaços ou equipamentos [2]. Outra informação relevante é o facto de ser suportada por vários softwares, destacando-se se a Autodesk, a Bentley Systems, a Graphisoft e a Trimble. O COBie foi incluído no roadmap de implementação do BIM até 2016 no Reino Unido, sendo considerado como um dos requisitos mínimos a entrega do ficheiro COBie do edifício. No COBie a informação é organizada segundo três grupos principais (Figura 4): projeto, construção e informação comum a ambos [17].

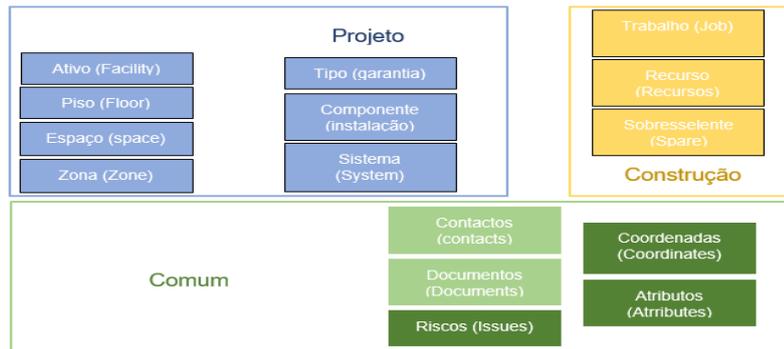


Figura 4: Informação presente no COBie (adaptado de Gamboa, 2015)

3. Caso de estudo

No sentido de explorar esta temática, apresenta-se uma aplicação prática num modelo tridimensional em BIM e a respetiva extensão COBie no Revit, com o objetivo de efetuar uma proposta para a gestão das instalações com toda a informação colocada no modelo. A partir daqui vão avaliar-se as vantagens da aplicação do BIM em conjunto com o FM. O caso de estudo deste trabalho, correspondente a uma parcela do parque de estacionamento do centro comercial Colombo e surge de uma parceria entre o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e a Sierra Portugal.

3.1 Modelação

Para a modelação foram disponibilizados, pela Sierra Portugal, mais de 6000 ficheiros em formato PDF das diferentes especialidades, porém muita da informação era irrelevante para o trabalho a elaborar. Depois de uma análise criteriosa dos todos os ficheiros disponibilizados, foi efetuada a modelação das seguintes especialidades: i) Arquitetura; ii) Estrutura; iii) Rede Elétrica; iv) Rede de Incêndios. É de salientar que a modelação das especialidades de arquitetura e de estruturas foram bastante mais fáceis do que a modelação da rede elétrica e da rede de incêndio, porque existiam plantas em AutoCAD das duas primeiras especialidades e estas apresentavam um grau de atualização bastante aceitável.

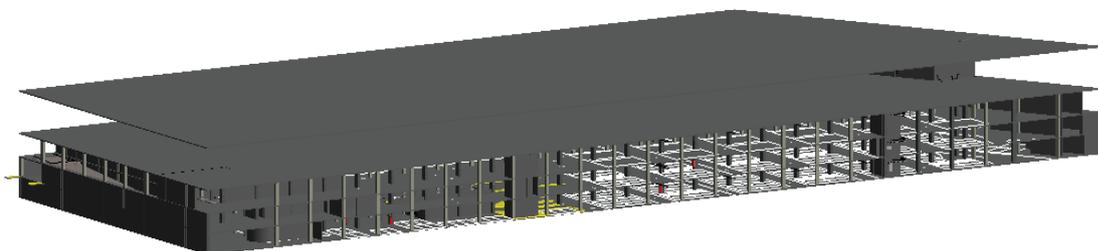


Figura 5: Modelo final do caso estudo

3.2 Integração do COBie no Revit

Uma das formas de exportar informação de um projeto BIM modelado no Revit para as folhas de dados COBie é através do plug-in que é disponibilizado pela Autodesk, sendo intitulado de

COBIE Toolkit for Autodesk. Para o presente trabalho foi este o utilizado, apresentando-se como a solução mais vantajosa, porque existia muita informação sobre a forma como o plug-in funcionava e os passos básicos para familiarização com o COBie.

3.3 Vantagens da utilização do COBie associado ao Revit

A grande vantagem na utilização do COBie associado ao Revit é o facto de gerar folhas de dados com toda a informação disponível no modelo organizada e servindo estas folhas de base para o gestor executar os processos de manutenção e operação da forma mais eficiente possível. A partir destas folhas é possível traçar planeamentos por forma a garantir uma correta gestão de instalações.

Dado toda a informação estar no modelo, é possível criar alertas para quando houver a necessidade de reparação ou substituição de um determinado elemento. Para que estes alertas sejam criados, cabe ao gestor de instalações, colocar a informação de quando é que um determinado elemento deve sofrer alterações ou não. Assim, como foi feito um trabalho prévio nos diversos elementos, ir-se-á saber a altura mais ou menos certa para realizar intervenções. Com a adoção destas metodologias é possível ter uma manutenção planeada, o que leva a que ocorram menos falhas.

4. Estruturação do método proposto para alteração no COBie

Após a modelação em BIM da instalação em estudo e posteriormente proposta a realização da sua gestão através de *softwares* de FM, foi feito o levantamento dos passos necessários seguir, com vista a estruturar um método para alteração no COBie:

- i) Análise dos documentos fornecidos, verificando quais são pertinentes para o modelo BIM;
- ii) Avaliações das telas finais, para verificar se estão idênticas à realidade;
- iii) Se estiverem desatualizadas, traçar um método para atualização das mesmas, no sentido de facilitar a modelação em BIM (levantamento in situ, laser scanning, etc.);
- iv) Levantamento dos equipamentos e elementos presentes nas instalações, através de documentos ou de visitas às mesmas;
- v) Após recolha de toda a informação acerca dos equipamentos e elementos, procurar na internet junto aos sites dos fabricantes e sites BIM a disponibilidade dos mesmos em formato compatível;
- vi) Analisar a informação disponibilizada pelos fabricantes e sites de objetos BIM e identificar as necessidades de mais informação para os objetivos do FM;
- vii) Em caso de faltar informação nos objetos, colocá-la manualmente logo numa fase inicial, para que todos os elementos tenham as informações necessárias para uma posterior eficiente gestão da instalação;
- viii) Depois de colocada a informação nos objetos, fazer a modelação das diversas especialidades, baseada nas telas finais fornecidas ou nas telas finais atualizadas pelo gestor, ou através do levantamento por laser scanning, se assim houver disponibilidade;

- ix) Criar um ficheiro BIM para cada especialidade para não tornar o modelo demasiado pesado;
- x) Terminada a modelação, deve proceder-se à correção dos erros das diversas especialidades;
- xi) Instalação da extensão COBie no Revit;
- xii) Preenchimento dos parâmetros COBie de forma automática, através da exportação dos dados presentes nas famílias de elementos;
- xiii) Verificação dos parâmetros preenchidos automaticamente;
- xiv) Caso faltem alguns parâmetros, fazer o preenchimento dos mesmos nos diversos elementos de forma manual;
- xv) Através da extensão, escolher quais são os parâmetros que se pretendem exportar para as folhas COBie;
- xvi) Fazer a exportação dos parâmetros para as folhas de dados;
- xvii) Verificar nas folhas COBie se está colocada toda a informação necessária para a correta gestão da instalação;
- xviii) Controlar as folhas COBie para que tudo esteja em conformidade com o que se pretende, verificando a necessidade de intervenções através da informação colocada nas folhas e, sempre que necessário, fazer a atualização dos diversos elementos presentes no modelo. É apenas necessário atualizar o que está em falta, não existindo a necessidade de criar novas folhas, pois o COBie permite a atualização sobre as mesmas.

Quanto se pretende utilizar estas metodologias em conjunto é fundamental que toda a informação contida no modelo esteja disponível de forma sucinta e organizada para que se tenha um modelo constantemente atualizado e para que se realize uma correta gestão de uma instalação.

5. Conclusões

Com o crescimento do BIM, abrem-se novas portas na arquitetura, engenharia e construção, porque o conceito vem facilitar a comunicação entre os intervenientes. A associação do Facility Management a este conceito, terá enormes vantagens, pois existirá apenas um ambiente de trabalho, possibilitando que os profissionais trabalhem de forma mais eficaz e que se mantenham atualizados ao longo das diversas fases de processo. A escolha da extensão do COBie para resolver o problema de como e quando é que a informação para a gestão de instalação deve ser recolhida melhora ainda mais a eficiência do Facility Management.

Com o método proposto verificaram-se algumas vantagens na adoção do BIM para a gestão de instalações, como por exemplo a obtenção de uma base de informação unificada, fornecendo um manual para toda a zona modelada, com objetos de equipamentos repletos de dados, permitindo uma maior flexibilidade para dar resposta a problemas de segurança e para o planeamento de diversos cenários críticos. Percebeu-se que quando aplicada esta metodologia pode-se traduzir numa eficiência significativa para o desenvolvimento de projetos, execução de projetos e gestão de projetos. Regista-se que foram encontradas algumas dificuldades e/ou limitações na adoção da estratégia proposta para a gestão das instalações, mas que não objeto

do presente trabalho, prevendo-se a sua apresentação mais detalhada em trabalhos em curso e/ou subseqüentes.

Além da informação disponibilizada pelo modelo, o gestor de instalações pode ir completando a folha de cálculo, colocando mais informação ao longo do tempo, à margem do modelo. Fica assim demonstrado ao longo do presente trabalho que este método assegura que o gestor de edifícios receba toda a informação pertinente para gerir uma instalação da forma mais completa e eficiente.

A automatização dos processos de construção e da gestão de instalações é um benefício para o setor da arquitetura, engenharia civil, construção, etc., porque permite a visualização tridimensional, a compatibilização de erros, a gestão eficiente de instalações, entre outros, o que tudo conjugado conduz à diminuição de custos e tempos.

Referências

- [1] East, B. (2014). East, Bill Construction-Operations Building Information Exchange (COBie). National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance.
- [2] Silva, J. (2013). Princípios para o Desenvolvimento de Projeto com Recurso a Ferramentas BIM. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dissertação de Mestrado.
- [3] Price, I. (2012). The selfish signifier: Meaning, virulence and transmissibility in a management fashion. *International Journal of Organizational Analysis*, 20(3), 337–348. <https://doi.org/10.1108/19348831211243848>
- [4] APFM. Associação Portuguesa de Facility Management (2017). Informação disponível em: <http://apfm.pt/sobre-a-apfm/>
- [5] Nik-Mat, N., Kamaruzzaman, S., & Pitt, M. (2011). Assessing the maintenance aspect of Facilities Management through a Performance Measurement System: A Malaysian case study. *Procedia Engineering*, 20, 329–338. Kuala Lumpur: International Building Control Conference. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.174>
- [6] EN15221: 2016. Facility Management : Integration of processes within an organisation to maintain and develop the agreed services which support and improve the effectiveness of its primary activities. CEN Comité Européen de Normalisation
- [7] Sousa, F. (2013). A evolução de um modelo BIM de construção para gestão de empreendimentos. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, Dissertação de Mestrado.
- [8] Witicovski, L. C., Emilia, L., & Garcia, P. S. S. (2009). A Utilização do BIM em projetos de construção civil, 55(48). *Revista Iberoamericana de Engenharia Industria*, Professor Doutor Nelson Casarotto Filho.
- [9] Fuzil, T. (2017). Facility Management no Building Information Modelling. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa
- [10] Soares, J. (2013). A metodologia BIMFM aplicada a um caso prático. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

- [11] Freitas, J.(2014). Metodologia BIM – uma nova abordagem , uma nova esperança. Madeira: Universidade da Madeira, Dissertação de Mestrado.
- [12] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook, A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. John Wiley & Sons, Inc.
- [13] GSA. BIM Guide for Facility Management, General Services Administration 1–5 (2011). Washington: U.S. General Services Administration, GSA Building Information Modeling Guide Series: 08.
- [14] CIC (2011a) - BIM Planning Guide for Facility Owners, Version 2.0. Pennsylvania: Manual para Facility Management The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.
- [15] CIC (2011b) - Computer Integrated Construction Research Program. BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.1. Pennsylvania: Manual para Facility Management, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.
- [16] Rodas, I. (2015). Aplicação da Metodologia BIM a Gestão de Edifícios. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dissertação de mestrado.
- [17] Gamboa, M. (2015). Contribuição para o desenvolvimento de uma norma BIM nacional Adaptação da COBie a Portugal. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Dissertação de Mestrado.

Parte VI

Software

AUTOMATIZAÇÃO DA MODELAÇÃO BIM DE ARMADURAS NO PROJETO DE ESTRUTURAS

Henrique Pires⁽¹⁾, José Lino⁽²⁾, Carlos Rodrigues⁽¹⁾

(1) Instituto Superior de Engenharia do Porto

(2) Newton – Consultores de Engenharia, Porto

Resumo

A pormenorização das armaduras de lajes é um processo moroso e repetitivo que requer bastantes horas de trabalho por parte de desenhadores especializados ou até mesmo de engenheiros projetistas. O BIM veio alterar este paradigma, introduzindo novas funcionalidades e novas ferramentas que apoiam o projetista permitindo criar algoritmos para automatizar este tipo de tarefas que consomem demasiado tempo quando executadas manualmente.

A modelação BIM de armaduras no projeto de estruturas, designadamente em lajes de betão armado, é ainda uma atividade muito recente e que necessita de ser melhorada no que respeita à sua automatização. Existe muito pouca informação disponível e poucos softwares BIM com capacidade para a modelar de uma forma automática. Por essa razão, alguns projetistas ainda preferem os métodos tradicionais como o CAD.

Neste sentido, o presente artigo tem por base a criação de um algoritmo capaz de automatizar a modelação 3D de armaduras em lajes de betão armado. Foi desenvolvida uma folha de cálculo automática no Excel que permite o dimensionamento de lajes com diferentes condições de apoio. É apresentado um fluxo de trabalho entre *Robot – Excel – Dynamo – Revit*. Deste modo, cria-se um fluxo de trabalho automático para modelação de armaduras em lajes, possibilitando a representação das armaduras no modelo BIM, bem como a extração de mapa de quantidades. De forma a avaliar as ferramentas desenvolvidas, foi abordado um caso de estudo de forma a ilustrar a sua aplicabilidade e interesse prático.

1. Introdução

A metodologia *Building Information Modeling* (BIM) veio alterar a forma de trabalhar entre projetistas, revolucionando o modo como toda a estrutura organizacional de trabalho é aplicada. Esta metodologia permite uma melhor coordenação e colaboração entre os intervenientes no projeto, bem como uma rápida deteção de conflitos e, conseqüentemente, um incremento da qualidade global e uma redução de tempo e custos.

O BIM veio ainda introduzir novas funcionalidades na prática do projeto digital. Neste novo conceito, o projetista não se apoia tanto nos desenhos, mas mais no modelo tridimensional e na informação que lhe está associada.

No enquadramento descrito, a modelação BIM de armaduras é uma dessas atividades. São várias as vantagens inerentes à utilização por parte dos projetistas desta atividade. Possibilita a visualização de todas as soluções o que permite um controlo antes da sua execução em obra, a obtenção de mapas de quantidades e desenhos técnicos, bem como a respetiva orçamentação de uma forma automática e otimizada.

Deste modo, este artigo foca-se na automatização da modelação BIM de armaduras em lajes bidirecionais simplesmente apoiadas nos quatro bordos. Para dimensionamento, foi desenvolvida uma folha de cálculo automático com recurso ao *Microsoft Excel 2016*. Para a automatização do restante processo, foi desenvolvido um algoritmo na plataforma de programação visual *Dynamo*, onde toda a informação é processada de modo a serem criados automaticamente os modelos BIM de armaduras no Revit.

2. Modelação e pormenorização

Tradicionalmente, no projeto de estruturas, a conceção e a preparação das peças desenhadas são auxiliadas por ferramentas de desenho CAD 2D, não existindo interligação com os modelos 3D de cálculo que as suportam, sendo então necessária uma forte componente humana na ligação entre as diferentes plataformas envolvidas no projeto [1].

Os modelos computacionais para análise e dimensionamento de estruturas são já há muito tempo utilizados entre engenheiros de estruturas, sendo estes muito ativos na utilização e criação de novas aplicações informáticas. Desenvolveram ainda vários programas computacionais com capacidade de modelar e simular o comportamento estrutural. O projeto estrutural, desde a década de 80, através das aplicações informáticas, vem-se revelando cada vez mais completo e complexo [2].

2.1 Pormenorização e detalhe de betão armado

Na ótica tradicional, a pormenorização de um projeto de betão armado é um processo complexo e lento que requer uma interação entre os vários intervenientes do processo. Os desenhos do projeto, para além de incluírem desenhos de dimensionamento, incluem também desenhos de pormenorização de armaduras.

Os desenhos de pormenorização das armaduras e do pré-esforço devem ser claros, completos e detalhados contendo toda a informação relevante [3]. Em projetos de grande complexidade e com um elevado número de armaduras para pormenorear e detalhar, essa complexidade vem dificultar a interpretação dos desenhos CAD 2D, tanto para o projetista como para o empreiteiro durante a fase de construção.

Com a metodologia BIM, este processo de pormenorização funciona de uma forma automática e irá reduzir as situações de erros na elaboração de desenhos no projeto. A produção de peças desenhadas (2D e 3D) e a produção de mapas de quantidades, através desta metodologia, é conseguida com o mínimo de esforço (Figura 1). Outra das vantagens ao serem apresentados os desenhos em 3D é a possibilidade de reduzir a quantidade de informação dos esquemas que serão entregues à equipa construtora com a disponibilidade do modelo BIM em simultâneo com a apresentação do seu desenho tradicional, com alçados longitudinais e cortes [4].

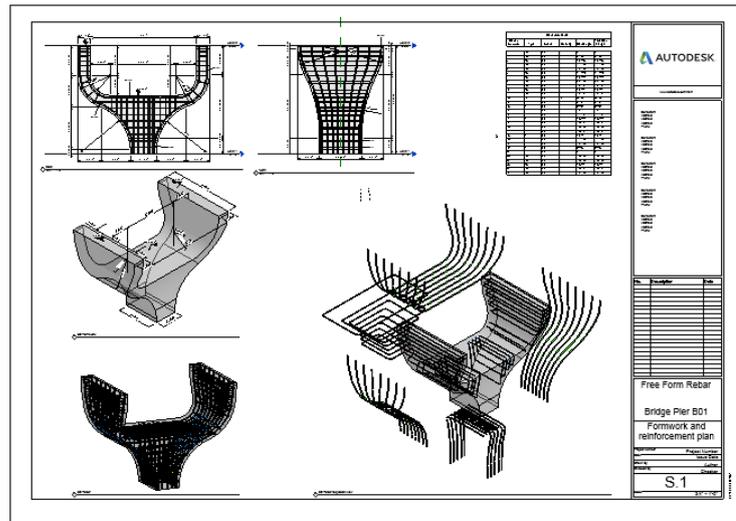


Figura 1 – Desenhos de pormenorização de armaduras em ambiente BIM [5].

2.2 Modelação de armaduras BIM

A modelação de armaduras em ambiente BIM (Figura 2) é um processo que ainda se encontra em fase de desenvolvimento. Ainda há muito trabalho por desenvolver para se conseguir uma automatização da modelação de armaduras principalmente nas lajes de betão armado. Por essa razão, existe alguma resistência a mudar do desenho assistido por computador para o BIM, apesar das inúmeras vantagens que esta metodologia traz face ao método tradicional tanto a nível de redução de erros, custos e tempo.

Desenvolver uma metodologia que permita construir automaticamente um modelo BIM, representativo das armaduras envolvidas numa laje simplesmente apoiada nos quatro bordos, com consequente acesso direto a peças desenhadas, bem como mapas de quantidades, é o principal objetivo do presente trabalho.

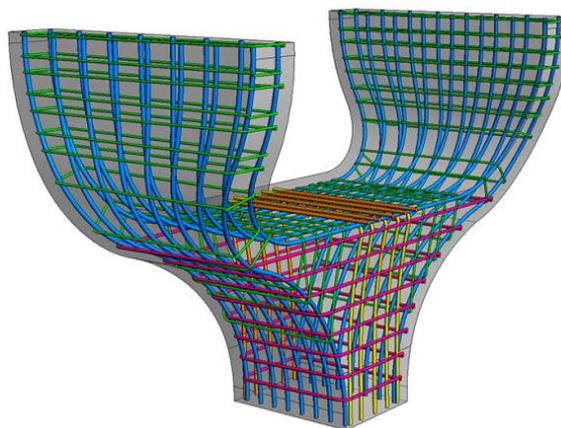


Figura 2: Exemplo da modelação de armaduras em ambiente BIM [5]

3. Interface de dimensionamento

Com vista à análise e dimensionamento das armaduras de lajes bidirecionais, foi desenvolvida uma folha de cálculo automático com recurso ao *Microsoft Excel 2016*. Pretende-se com esta folha de cálculo uma exportação da geometria do elemento, bem como todos os resultados obtidos relativamente a disposições construtivas, o tipo de aço a utilizar e o respetivo diâmetro das armaduras. Posteriormente, toda a informação é processada no *Dynamo* de forma a gerar modelos BIM de armaduras no *Revit* automaticamente.

3.1 Fluxo de trabalho

Resultado da pesquisa e análise de diferentes abordagens, nomeadamente no que respeita à seleção dos inputs, dos outputs e de todo o processo de transformação de informação, adotou-se o fluxo de trabalho apresentado na Figura 3.

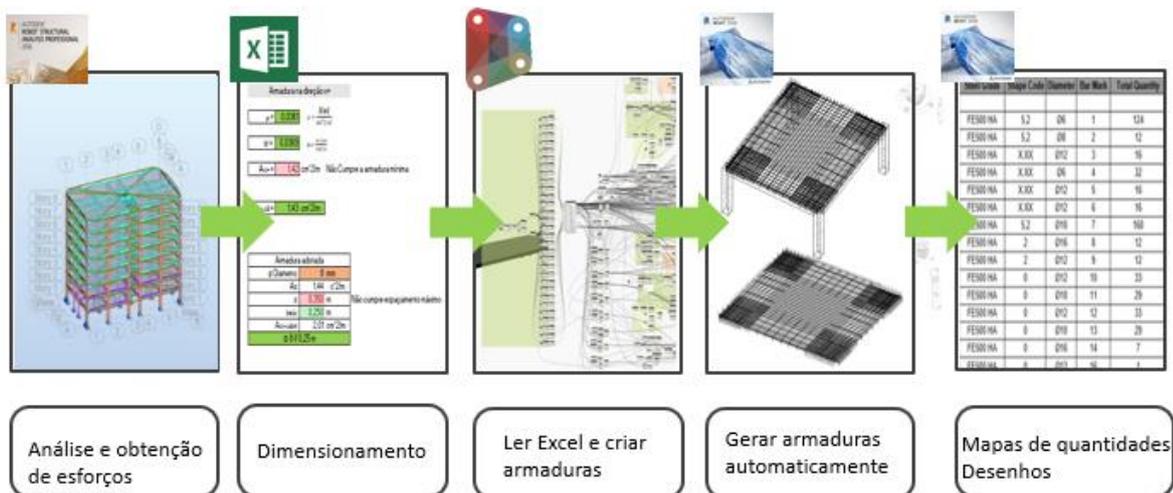


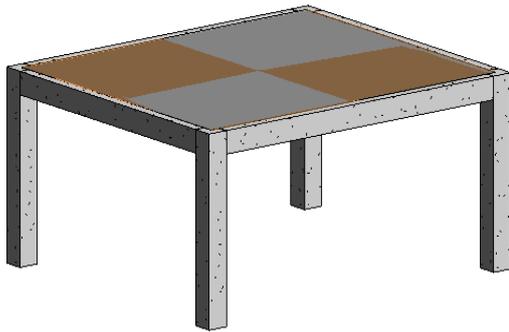
Figura 3 – Fluxo de trabalho.

Neste fluxo de trabalho o processo inicial passa por fazer a modelação, uma análise e obter os esforços da laje e, para tal, o software escolhido foi o *Robot Structural Analysis 2018*. A inclusão deste software neste processo permite ao utilizador fazer uma análise muito mais realista com a introdução de diversas ações como o vento ou sismo. Segue-se com a introdução dos esforços obtidos na folha de cálculo onde é efetuado o dimensionamento da laje. Os passos que se seguem neste processo estão automatizados e têm o objetivo final de gerar no modelo BIM todas as armaduras calculadas.

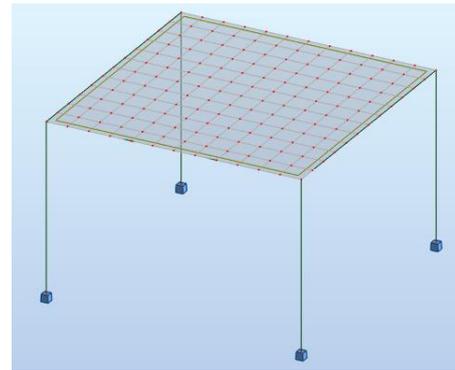
Os outputs desta fase servem de inputs no *Dynamo* onde toda a informação é processada para a terceira fase que permite a produção automática de modelos BIM de armaduras. No *Autodesk Revit 2018* são geradas, automaticamente, as armaduras na laje bem como os mapas de quantidades dos materiais.

3.2 Ferramenta computacional desenvolvida

A primeira etapa comporta a modelação da estrutura no *Revit 2018* e a posterior exportação do modelo analítico para o *Robot 2018* a fim de se efetuar a sua análise estrutural com recurso a elementos finitos (Figura 4).



a) Modelo *Revit 2018*



b) Modelo *Robot 2018*

Figura 4 – Estrutura do caso de estudo nos dois softwares.

Depois de calculada a estrutura, segue-se com a introdução dos esforços na folha de cálculo onde será efetuado o dimensionamento da laje. Além da geometria da laje e da altura útil, que é calculada subtraindo à altura da laje o recobrimento, o utilizador terá a opção da introdução entre seis momentos máximos: os dois momentos principais positivos em cada direção e os quatro momentos negativos nos quatro bordos da laje (Figura 5). O programa desenvolvido determina a armadura necessária para o Estado Limite Último de flexão para a combinação fundamental e ainda verifica a segurança aos Estados Limite de Utilização, controlo da fendilhação, limitação das tensões e deformação. Para casos mais simples, a folha de cálculo tem um módulo onde é possível obter os esforços de lajes bidirecionais simplesmente apoiadas bem como de lajes encastradas nos quatro bordos com base nas tabelas de Montoya. A definição das verificações regulamentares é feita automaticamente após a inserção dos dados relativos à geometria da laje, seguindo os procedimentos preconizados no EC2.

Esforços máximos de flexão da laje			
Esforços obtidos através do software de análise e dimensionamento Robot 2018			
m_{y+} [kN.m/m]=	27	kN.m/m	
m_{x+} [kN.m/m]=	36	kN.m/m	
m_{y-} (E) [kN.m/m]=	18	kN.m/m	
m_{y-} (D) [kN.m/m]=	27	kN.m/m	
m_{x-} (E) [kN.m/m]=	18	kN.m/m	
m_{x-} (D) [kN.m/m]=	27	kN.m/m	

Figura 5 – Introdução manual dos esforços obtidos no *Robot 2018*.

Ao serem introduzidos os inputs mencionados e através dos valores dos esforços atuantes, a ferramenta devolve os valores de áreas de aço necessárias para garantir a verificação da segurança ao estado limite último. Uma vez calculadas as áreas de aço, o utilizador pode atribuir, às diferentes zonas armaduras disponíveis na laje, o seu diâmetro. O espaçamento será automaticamente calculado com base no diâmetro escolhido. O valor da área de armadura requerida é indicado junto ao bloco de dimensionamento, como é ilustrado na Figura 6.

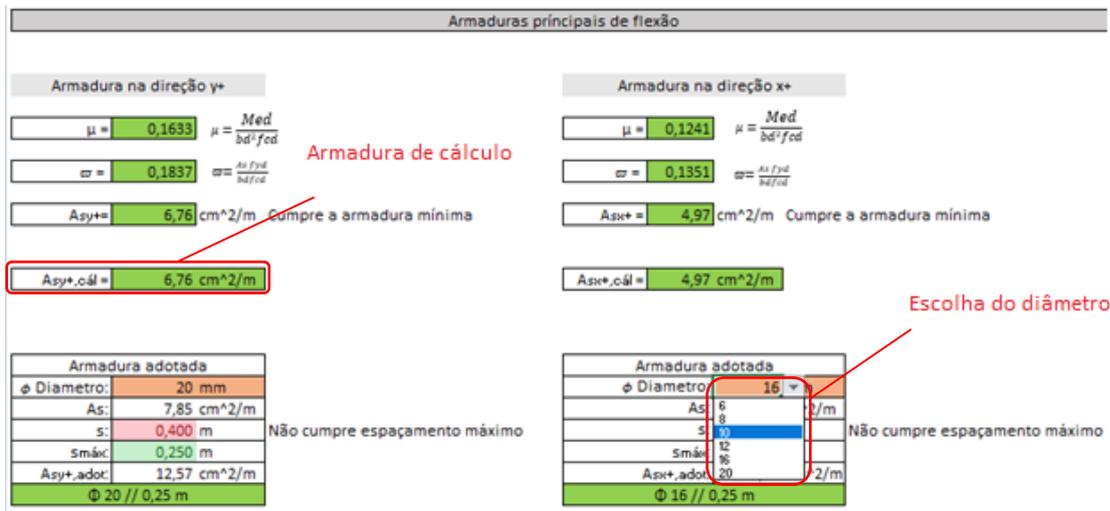


Figura 6 - Armaduras principais de flexão.

4. Automatização da modelação BIM de armaduras

Complementar à folha de cálculo anterior, na presente secção, aborda-se o desenvolvimento de um algoritmo para automatizar a modelação 3D das armaduras de lajes. Para o efeito, foram programadas rotinas em *Dynamo* capazes de recolher a informação desejada da folha de cálculo, processando-a com o objetivo de criar os modelos de armaduras que serão representados no *Revit*. Desta forma, cria-se um fluxo de trabalho automático.

O *Dynamo* é uma ferramenta de programação visual disponibilizada como um plug-in para o *Revit*, o que facilita a ligação e a interoperabilidade entre estas duas ferramentas. É possível com nós nativos, no *Dynamo*, fazer importação de dados a partir de folhas pré-definidas em *Excel* sendo que esta mais valia foi crucial para o desenvolvimento deste trabalho.

O algoritmo desenvolvido está dividido em seis partes principais como ilustrado na Figura 7. Para a recolha de dados da folha de cálculo automática, foi utilizada a rotina para *Dynamo* conforme apresentado na Figura 8. A rotina irá procurar no ficheiro *xlsx*, selecionado pelo utilizador, a folha com o nome “Dados Inputs” que terá os valores que se pretende importar.

De modo a controlar quais os dados que foram importados do Excel e de tornar o algoritmo “*user-friendly*”, foi criado um “*code block*” com todos os nomes associados aos parâmetros exportados conforme visível na Figura 9 a). Desta forma, o utilizador, poderá verificar os valores exportados mesmo antes de iniciar a modelação.

O primeiro e único passo que o utilizador terá de definir será os inputs associados à geometria da laje como é ilustrado na Figura 9 b). O utilizador terá de selecionar o elemento no *Revit* que pretende modelar, a face inferior e os dois lados da laje (*ly* e *lx*).

Após a introdução dos inputs, serão definidos os pontos extremos na camada da laje através do nó *Surface.PointAtParameter* conforme representado na Figura 10.

O nó *Rebar.ByCurve* do pacote *Dynamo For Rebar* é usado para transformar a linha criada numa armadura, i.e., num objeto que será parametrizado, representativo de uma armadura (Figura 11). O nó terá como dados de entrada além da linha, o id da laje conseguido através do input inicial e o diâmetro da armadura.

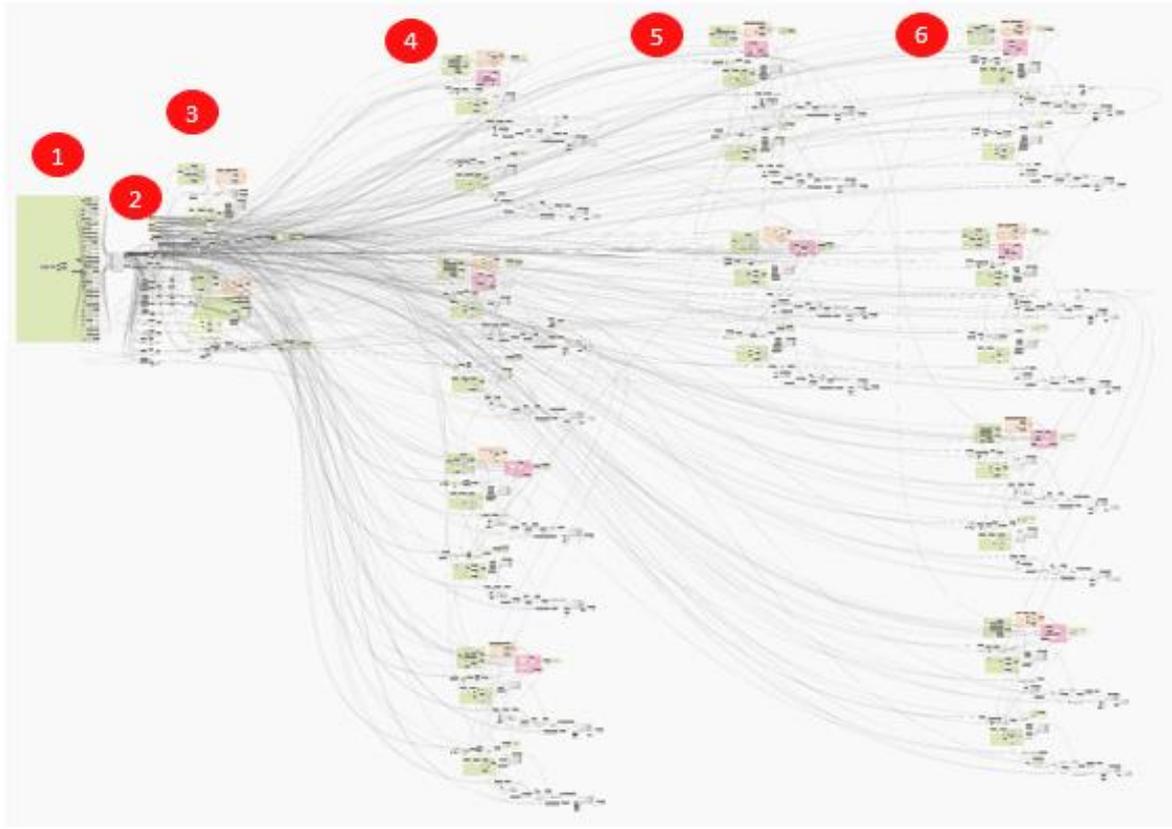
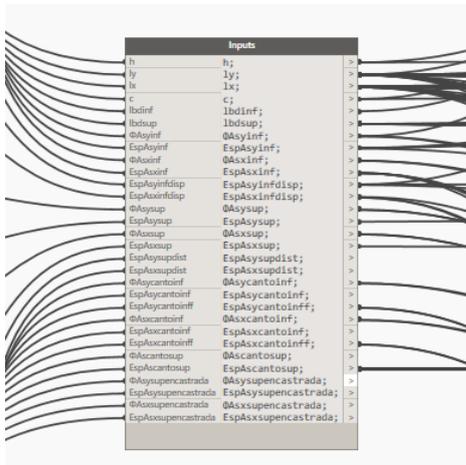


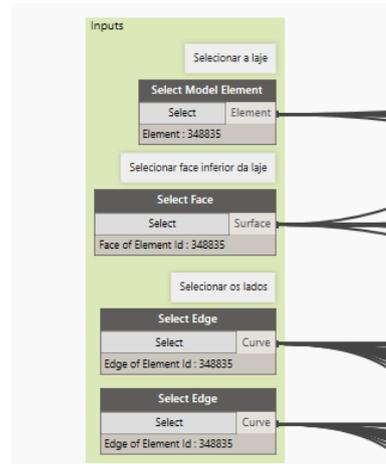
Figura 7 - Vista geral do algoritmo desenvolvido: (1) exportação dos parâmetros da folha de cálculo automática; (2) inputs do Revit; (3) criação das armaduras principais inferiores; (4) criação das armaduras de canto inferiores; (5) criação das armaduras de apoio; (6) criação das armaduras de canto superiores.



Figura 8 - Rotina em *Dynamo* para importação dos valores do *Excel*.



a) Parâmetros exportados da folha de cálculo automática



b) Inputs associados à geometria da laje

Figura 9 – Inputs da folha de cálculo e do *Dynamo*.

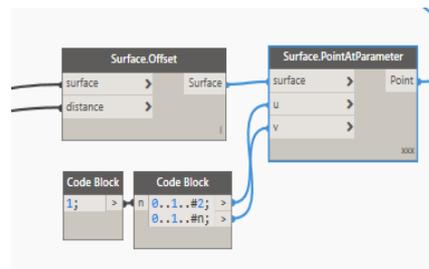
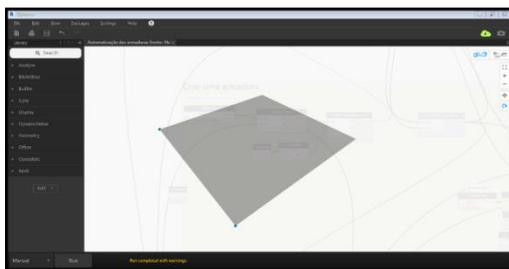


Figura 10 – Parte da rotina em *Dynamo* para definição dos pontos extremos da laje.

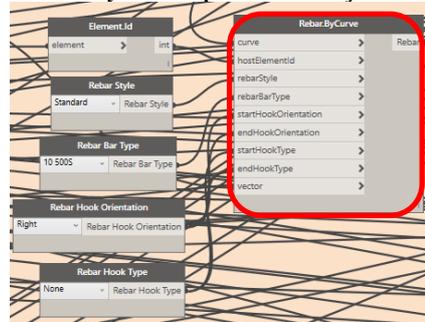


Figura 11 – Nó *Rebar.ByCurve* do pacote *Dynamo for rebar*.

O nó *Layout.DistributionRange* do pacote *BIM4Struc.Rebar* permite definir as diferentes zonas de distribuição de armadura (Figura 12).

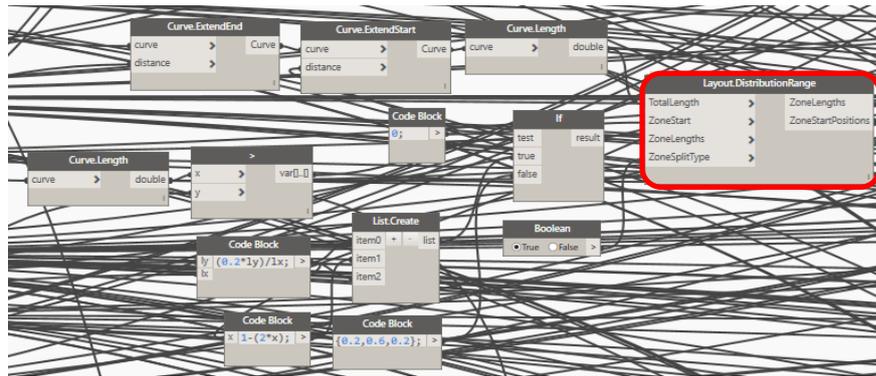


Figura 12 – Definição das zonas de distribuição.

O nó *Rebar.SetLayoutAsNumberWithSpacing*, do pacote *BIM4Struct.Rebar*, recebe esta informação, bem como o espaçamento entre os varões e dispõe as armaduras na laje conforme calculado na folha de dimensionamento (Figura 13).

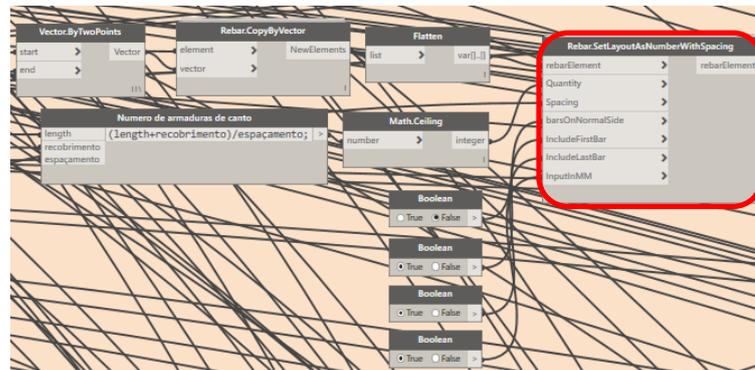


Figura 13 – Definição dos espaçamentos das armaduras de apoio e de canto.

De forma a avaliar e a testar o algoritmo, foi explorado o exemplo da laje simplesmente apoiada. Na Figura 14 estão representados os modelos 3D de armaduras gerados no Revit em diferentes perspetivas.

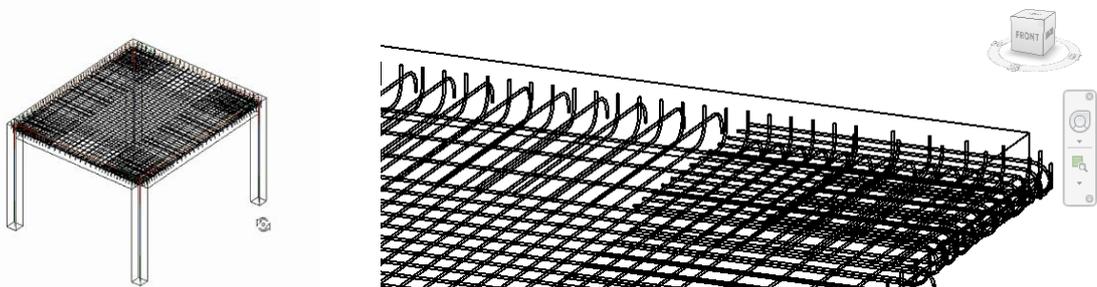


Figura 14– Representação da modelação de armaduras na laje – *Dynamo/Revit*.

5. Conclusão

A programação de algoritmos que auxiliem o engenheiro projetista irá ter sempre um grau de dificuldade elevado, principalmente se pretender alcançar um nível de modelação com qualidade e que corresponda à realidade.

A metodologia proposta neste trabalho teve por base a criação de uma folha de cálculo automático que permite o dimensionamento da laje e posteriormente o desenvolvimento de um algoritmo em *Dynamo* para criação das armaduras. Desta forma, foi possível criar um fluxo de trabalho automático para a modelação de armaduras em lajes, respondendo ao objetivo inicial. São evidentes as vantagens relativamente ao método tradicional, nomeadamente no tempo ganho pelo projetista. Os resultados alcançados, com a utilização desta metodologia permite um maior controlo por parte do utilizador. A utilização de processos que estão automatizados é sem dúvida muito mais aliciente comparativamente com os métodos tradicionais, quer no tempo poupado quer na qualidade das peças. A produção de documentos de medição extraída possui um nível consideravelmente aceitável.

A facilidade de utilização das ferramentas desenvolvidas, torna-as acessíveis a todos, o que permite estender a sua utilização não só a projetistas, mas também a desenhadores especializados. A possibilidade da introdução manual de todas as soluções de armaduras para as diferentes zonas da laje é um exemplo da fácil utilização da ferramenta.

Com a realização deste trabalho verificou-se que através da introdução da programação é possível desenvolver algoritmos que permitem ao projetista criar as suas próprias metodologias de trabalho.

Referências

- [1] B. Ferreira, J. Lima, J. Rio e J. Martins, Integração da Tecnologia BIM no Projeto de Estruturas de Betão. Encontro Nacal de BETÃO ESTRUTURAL - BE2012, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- [2] A. F. Oliveira, Exemplos de Referência para o Cálculo de Estruturas Porticadas em Betão Armado, Braga, Portugal, 2000.
- [3] Appleton, Júlio – Estruturas de Betão: Volume 1. Origon : Alfragide, 2013. ISBN 978-972-8620-21-9.
- [4] Lino, J. C., Azenha, M. and Lourenço, P. (2012). Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. Encontro Nacional de BETÃO ESTRUTURAL - BE2012, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [5] T. Fudala, Free Form Rebar Distribution in Revit 2018.1 [HTML]. Disponível em <http://blogs.autodesk.com/bim-and-beam/2017/07/12/free-form-rebar-distribution-in-revit-2018-1>, Julho 2017/.

SUPORTE BIM À FASE DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO ATRAVÉS DE PLATAFORMAS COLABORATIVAS

João Santos⁽¹⁾⁽³⁾, José Carlos Lino⁽²⁾, Ricardo Santos⁽¹⁾⁽³⁾

(1) Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto

(2) BIMMS – BIM Management Solutions, Porto

(3) ISEP/ISEPBIM, Porto

Resumo

Um dos fatores que tem condicionado a sistematização e a produtividade de processos construtivos é a alteração de projetos e as dificuldades de comunicação durante a fase de execução de obra. Seja por falta de compatibilização entre especialidades, seja por alterações solicitadas pelo dono de obra ou simplesmente por erros de projeto, estas dificuldades traduzem-se muitas vezes em perdas de tempo e desvios orçamentais.

Uma intensa coordenação entre os vários elementos a intervir nas diferentes fases do ciclo de vida do projeto, será uma das respostas óbvias. Esta coordenação pode ser assegurada pelas equipas de projeto recorrendo à metodologia BIM, utilizando as plataformas de colaboração já disponíveis no mercado, adaptadas ou não às necessidades específicas de cada caso.

Uma dessas plataformas é o Modelspace, desenvolvido na Finlândia pela empresa Gravicon, que permite ao utilizador estabelecer objetivos e requisitos para cada projeto, aplicando-se a práticas como gestão de espaço, gestão de projetos e *Facility Management*. Esta ferramenta é personalizável para o alinhamento da sua utilização com os objetivos do projeto. Neste artigo apresenta-se o desenvolvimento de um *template* adaptado à Portaria 701-H/2008 para a utilização desta ferramenta em projetos de obras em Portugal.

No âmbito do desenvolvimento deste projeto de investigação em ambiente empresarial, foi também iniciado o desenvolvimento das bases necessárias para a constituição de uma plataforma de ambiente colaborativo através de programação Web. Esta plataforma apresenta como principais valências a incorporação e visualização de modelos 3D num visualizador WebGL, repositório documental, fórum de discussão e uma lista *to-do*.

1. Introdução

A existência de vários canais de comunicação entre os intervenientes de um projeto da indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) dificulta a agilização dos processos e tem, como consequência, consumos acrescidos de tempo e custos. Parte da indústria tarda em se aperceber

das vantagens do registo, centralização e partilha filtrada do conhecimento como método para a possível maximização da sistematização e como meio para o aperfeiçoamento dos seus processos, algo que nunca será totalmente alcançável devido à unicidade de cada projeto.

Numa indústria caracterizada pela necessidade de se compatibilizar várias especialidades e exigências em curtos espaços de tempo, tende-se por vezes a descurar a premência de se alocar recursos ao planeamento, originando-se erros de projeto e pedidos de alteração durante a fase de execução de obra que impedem a sistematização dos processos. Uma das respostas óbvias a estas adversidades será uma intensa coordenação nas diferentes fases do ciclo de vida do projeto. O BIM tem-se destacado como uma solução que promove a evolução desta colaboração introduzindo novas ideias, ferramentas e métodos. É sobre essa colaboração que o estudo apresentado neste artigo se centra.

A utilização de ferramentas colaborativas permite uma gestão vantajosa do fluxo de informação gerado, satisfazendo-se as necessidades de obtenção do conhecimento atualizado, em tempo real. Estas ferramentas permitem assim, o desenvolvimento contínuo dos projetos, compatibilizando-se as várias especialidades e acompanhando os pedidos de alteração. Esta metodologia representa uma nova abordagem à gestão da informação, sistematizando-se um conjunto de políticas, processos e tecnologias interrelacionadas.

Cada utilizador de ferramentas colaborativas atua dentro dos parâmetros e restrições definidas pelas políticas da empresa e legislações do país no qual se insere. Assim, na sua perspetiva, torna-se pertinente a possibilidade de adaptar a sua ferramenta, a essas restrições, seja através da personalização de ferramentas existentes no mercado que o permitam ou através da criação de uma ferramenta que satisfaça as suas necessidades por meio da programação.

2. Engenharia de Requisitos

Por engenharia de requisitos entende-se a atividade inicial do processo de desenvolvimento de sistemas em que se determina e especifica o que um sistema deve fazer, bem como, as circunstâncias sob as quais deve operar, envolvendo geralmente um esforço colaborativo entre engenheiros de requisitos e utilizadores, no qual os primeiros procuram obter a partir dos segundos, num processo gradual e cumulativo, o maior conhecimento possível acerca do discurso do sistema e respetivo ambiente [1].

Os requisitos são definidos durante a fase inicial do desenvolvimento de um sistema como uma especificação que deve ser implementada. Eles descrevem como o sistema se deve comportar, além de propriedades e atributos que o sistema deve apresentar [2]. Podem ser categorizados em três tipos: funcionais, não funcionais e organizacionais.

De uma forma geral, a diferença entre requisitos funcionais e não funcionais está no facto dos primeiros descreverem o *que* o sistema deve fazer, enquanto que os outros fixam restrições sobre *como* os requisitos funcionais serão implementados. Os organizacionais dizem respeito às metas da empresa, às suas políticas estratégicas e aos relacionamentos entre os seus intervenientes conjuntamente com os seus objetivos [3].

Processo de desenvolvimento de requisitos

Quando se inicia o desenvolvimento de uma aplicação é frequente recorrer-se às atividades da Engenharia de Requisitos, para a produção de um documento de requisitos adequado, que posteriormente resulte num *software* de qualidade.

Tabela 1: Composição do processo da engenharia de requisitos [3]

Entradas	Informações sobre o domínio Informação sobre o sistema existente Necessidades de utilizadores diretos e indiretos e demais envolvidos Leis, normas e padrões
Saídas	Aceitação de requisito Especificação do sistema Modelação do sistema
Atividades	Análise do domínio Recolha de requisitos: interação com os <i>stakeholders</i> envolvidos Classificação de requisitos Resolução de conflitos entre requisitos Prioridade dos requisitos: identificação dos requisitos mais importantes Verificação e validação dos requisitos

As entradas são fontes de requisitos e fontes de mudança, constituindo toda a informação considerada essencial para o desenvolvimento e manutenção do sistema. O seu objetivo é identificar as necessidades e requisitos globais de informação [4].

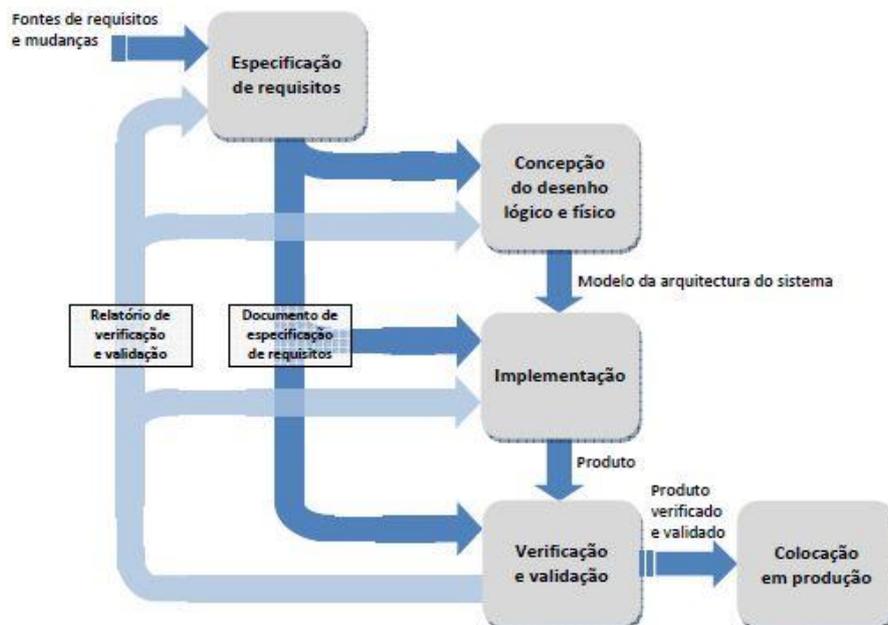


Figura 1: Modelo do ciclo de desenvolvimento de software [4].

3. Modelspace

O Modelspace [5] é uma plataforma *web* desenvolvida pela Gravicon, empresa Finlandesa, de gestão de requisitos de projetos BIM, Gestão e Manutenção através da utilização de *templates*

adequados ao tipo de projeto e/ou legislação vigente. Esta plataforma permite ao utilizador estabelecer objetivos e requisitos para cada projeto e certificar-se que é desenvolvido como previsto. A sua utilização inicia-se antes da modelação e comportará os modelos mesmo depois do projeto estar concluído.

Interage-se com a plataforma através do *web browser*, necessitando apenas de fazer *login* na sua conta para se aceder aos seus dados divididos por 6 módulos: Gestão de Espaço, Gestão de Projetos, Planeamento de Investimentos, *Facility Management*, Projeto de Hospitais e *Extranet* (controlo de informação através de uma partilha filtrada e estruturada de qualquer tipo de ficheiros).

Desenvolvimento de um *template* de acordo com a legislação portuguesa

No sentido de se conceber um *template* nesta plataforma começou por se definir as fases de projeto apresentadas na Portaria 701-H/2008 [6], na qual se preconiza os procedimentos e normas a adotar na elaboração e faseamento de projetos de obras, e os participantes associados às suas áreas de intervenção.

The image shows two screenshots of a software interface. The top screenshot is titled 'Phases' and displays a table with columns: Value, In language 1, In language 2, Sort Index, and Background Phase. The bottom screenshot is titled 'Disciplines' and displays a table with columns: Value, In language 1, In language 2, Role, and Default Target. Both tables have an 'Add' button and a '+' icon in the top right corner.

Value	In language 1	In language 2	Sort Index	Background Phase
Programa Base			0	<input type="checkbox"/>
Estudo Prévio			0	<input type="checkbox"/>
Anteprojecto			0	<input type="checkbox"/>
Projeto de Execução			0	<input type="checkbox"/>
Assistência Técnica			0	<input type="checkbox"/>

Value	In language 1	In language 2	Role	Default Target
Arquitetura			Edit	<input type="checkbox"/>
Estruturas			Edit	<input type="checkbox"/>
Dono de Obra			View	<input type="checkbox"/>
Empreiteiro			View	<input type="checkbox"/>
Especialidades			Edit	<input type="checkbox"/>
Projetista			View	<input type="checkbox"/>

Figura 2 – Fases e Participantes

De seguida, impõe-se a definição dos filtros (dimensões, tipologia e tipo de obra por exemplo) para uma melhor identificação do projeto e como método de definição de tarefas. Por exemplo, um projeto de um edifício habitacional (tipologia) requer um projeto de arquitetura (tarefa), mas no estudo de uma ponte (tipologia) este projeto pode ser desnecessário. É também pedido ao utilizador a definição dos *workpackages*. Este termo é já bastante utilizado na prática do Project Management e refere-se a grupos de tarefas dentro de um projeto como a análise estrutural e a definição da sequência construtiva, por exemplo. Como muitas vezes são vistos como projetos por si só, acabam por ser interpretados como sub-projetos dentro de um grande projeto. Ao utilizar este *template*, o utilizador ao escolher um *workpackage*, está automaticamente a inserir um determinado número de tarefas associadas no seu projeto com responsáveis da execução e fases de projeto pré-definidas.

A definição das tarefas não necessita de ser complexa, o utilizador deve optar por uma escolha abrangente, comum na maioria dos seus projetos e posteriormente acrescentar as tarefas que entender convenientes em cada um dos seus projetos.

Name	Description	Phase	Discipline	Approver
> Modelo Arquitetura		Anteprojecto	Arquitetura	Project Manager
> Projeto Térmico e Energético		Anteprojecto	Especialidades	Project Manager
> Modelo MEP		Anteprojecto	Especialidades	Project Manager
> Projeto de Fundações e Contensões		Anteprojecto	Estruturas	Projetista
> Programa Geral de Trabalhos		Anteprojecto	Estruturas	Project Manager
> Modelo Estruturas		Anteprojecto	Estruturas	Projetista
> Estimativa de Quantidades e Orçamento		Anteprojecto	Estruturas	Project Manager
> Memória Descritiva e Justificativa		Anteprojecto	Projetista	Dono de Obra
> Plano de Segurança e Saúde em Obra		Assistência Técnica	Empreiteiro	Project Manager
> Telas Finais		Assistência Técnica	Estruturas	Project Manager
> Modelo Arquitetura		Estudo Prévio	Arquitetura	Project Manager
> Projeto Térmico e Energético		Estudo Prévio	Especialidades	Project Manager
> Modelo MEP		Estudo Prévio	Especialidades	Project Manager
> Projeto de Fundações e Contensões		Estudo Prévio	Estruturas	Projetista
> Modelo Estruturas		Estudo Prévio	Estruturas	Projetista

Figura 3 – Tarefas

É possível configurar o menu das tarefas durante a elaboração do *template*; este menu será o ambiente de trabalho do utilizador onde lhe é permitido a monitorização das tarefas. Há que ter em conta que um exagero de informação pode ser contraproducente. Por fim, o utilizador pode endereçar convites a demais participantes por notificações de *email*.

No âmbito deste trabalho foi também utilizado o Tekla BIMsight da Trimble, um *software* de livre acesso para a deteção de conflitos e coordenação de projetos através da partilha de informação apoiada no modelo 3D sob a forma de *snapshots*, comentários e avisos acrescentados pelos intervenientes ou pelo *software* (por exemplo em formato BCF). De uma forma geral, foram apontadas as mais-valias e limitações destas plataformas, o que permitiu identificar algumas das ferramentas necessárias para a base da plataforma originalmente desenvolvida no decorrer deste trabalho e apresentada no capítulo seguinte.

4. BIM Collaboration Platform for Construction Support – BIM-CS

A génese da plataforma BIM-CS adveio de uma necessidade identificada pela empresa BIMMS como meio de assistência técnica entre o gabinete de projetos e os executantes em obra, criando um ambiente de colaboração apoiando-se na comunicação visual e escrita e na centralização de informação documental. Neste processo foram identificados os requisitos necessários para a plataforma que até ao momento da elaboração deste artigo se mantém interna à empresa.

4.1 Identificação de requisitos

Requisitos Funcionais

Deve:

- Ser *web-based*;
- Apresentar uma interface simples, estruturada e de fácil interpretação;
- Permitir a comunicação visual e escrita entre os utilizadores;
- Servir de painel informativo;
- Apresentar conteúdos com acesso condicionado conforme o nível de permissão.

Requisitos Não-Funcionais

Deve:

- Ser construída com base em soluções *open-source* existentes no mercado;
- Permitir a gestão dos utilizadores, assim como as suas permissões e registos, por um administrador responsável;
- Permitir que o acesso à plataforma seja possível através de qualquer dispositivo fixo ou móvel com ligação à Internet através de um *browser*.

4.2 Funcionalidades da Plataforma

Interface

A interface foi desenhada para se apresentar simples e de fácil interpretação. Recorreu-se à linguagem PHP como meio de se aceder à base de dados, gerar conteúdos HTML, autenticar utilizadores a acessos restritos e encriptar informação e a linguagem HTML como método de marcação dos elementos para a sua posterior definição de estilo em folhas de código CSS, e por fim, JavaScript para os conteúdos dinâmicos existentes na plataforma.



Figura 4 – Interface BIM-CS

Inscrições e Permissões

A interação do utilizador com a plataforma inicia-se com a sua inscrição. De outro modo, não terá acesso aos seus conteúdos. Efetuada a inscrição, o utilizador não fica imediatamente habilitado a aceder aos conteúdos. Os seus dados são transmitidos à base de dados e expostos na página de administrador, visível apenas para administradores. Só após a inserção do nível de permissão do utilizador, fica este habilitado a aceder aos conteúdos da plataforma.

VIEWER		DOCS		FORUM		TO-DO	
FIRST NAME	LAST NAME	USER NAME	PERMISSION	DISCIPLINE	SELECT		
João	Santos	JoãoS	Select Permission ▾	Select Discipline ▾	Submit User	isAdmin	Structural
Catarina	Silva	CatarinaS	Select Permission ▾	Select Discipline ▾	Submit User	isUser	MEP
Henrique	Pires	HenriqueP	Select Permission ▾	Select Discipline ▾	Submit User	isUser	Contractor
Eduarda	Macedo	EduardaM	Select Permission ▾	Select Discipline ▾	Submit User	isMod	Coordination
João	Alves	JoãoA	Select Permission ▾	Select Discipline ▾	Submit User	isUser	Client
Bruno	Vaz	BrunoV	Select Permission ▾	Select Discipline ▾	Submit User	isMod	Architecture

Figura 5 – Página de Administração

Na interface da aplicação desenvolvida foram previstos quatro separadores que congregam as principais funcionalidades da plataforma.

Viewer

Foi possível incorporar um visualizador de modelos tridimensionais através da utilização de uma solução *open-source* desenvolvida pela equipa vA3C [7]. Este visualizador recorre a biblioteca de nome **three.js**, utilizada para criar e mostrar gráficos 3D animados num *browser* que reduz a complexidade de programação de WebGL numa simples interface de programação de aplicações, ou seja, funciona como camada de abstração.



Figura 6 – Visualizador e Menu

O utilizador é convidado a colocar os seus modelos no repositório, sendo estes depois visíveis e seleccionáveis no menu como demonstra a Figura 6. Contudo, o visualizador só permite a incorporação de ficheiros de formato JSON e a conversão dos modelos para este formato é feita através de um *add-in* do Revit, desenvolvido pela equipa vA3C [7]. Através deste conversor é possível seleccionar os elementos que se pretendem transmitir com o modelo, sendo estes depois visíveis na plataforma conforme representado na Figura 7.



Figura 7 – Marcação dos elementos do Revit para o BIM-CS

Podem surgir pedidos de esclarecimento sobre, a título de exemplo, uma ligação viga-pilar em particular e num projeto de grandes dimensões, identificar os elementos em causa *in situ* pode ser uma tarefa atribulada. Esta funcionalidade permite a marcação dos elementos em causa, funcionando assim como um meio de comunicação visual.

Docs

A página do gestor documental foi concebida de acordo com os princípios preconizados na secção 9.2 da norma PAS 1192-2 [8], cujo objetivo é especificar os requisitos para atingir o Nível 2 de trabalho colaborativo de projetos BIM. Sendo assim, o gestor documental foi dividido em quatro secções, visíveis na Figura 8:

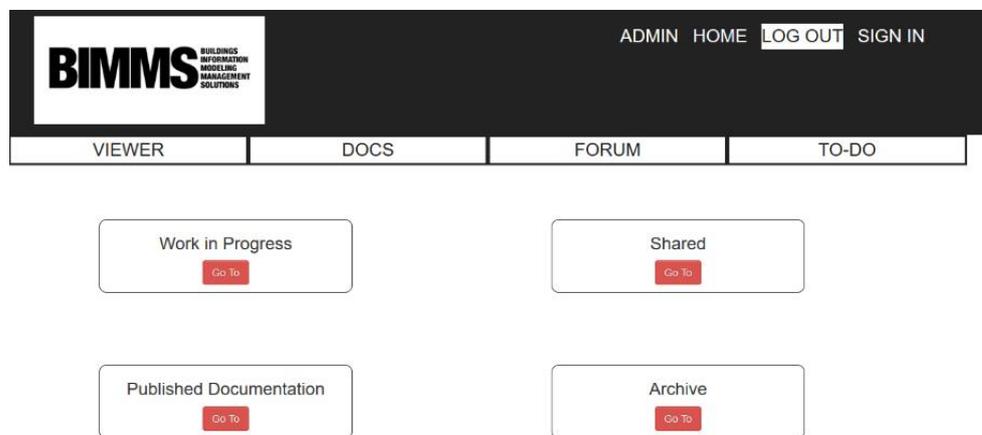


Figura 8 – Secções do Gestor Documental

Para o desenvolvimento visual deste módulo recorreu-se à utilização do Bootstrap, um *framework* para o design de aplicações web. Contém *templates* de HTML e CSS para tipografia, formas, botões, navegação e outros componentes.

Para o fim de esclarecimentos através de desenhos, assim como o registo documental de todas as alterações procedidas, os utilizadores podem recorrer desta funcionalidade para a centralização desses documentos.

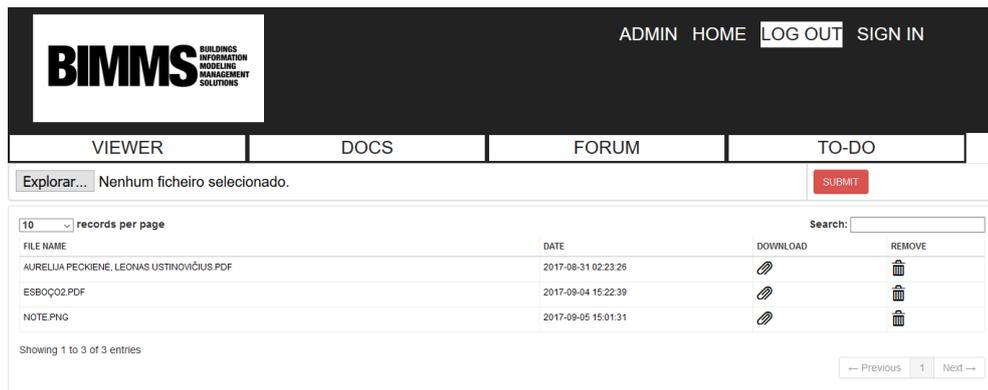


Figura 9 – Gestor Documental

Forum

Como forma de comunicação escrita, foi concebido um fórum de configuração com uma topologia em árvore, ou seja, divisão do fórum por categorias, divididas por tópicos, com comentários a serem inseridos em cada tópico.

Sendo feito um pedido de esclarecimento ou correção, os utilizadores dispõem desta funcionalidade para notificar todos os restantes intervenientes do projeto.

TO-DO

Por fim, concebeu-se um módulo para auxiliar os utilizadores a organizarem as tarefas dos seus projetos através da identificação do responsável, estado de desenvolvimento, descrição e data final de execução.

Simultaneamente ao anúncio da necessidade de esclarecimento ou correção, o Coordenador de Projeto pode recorrer desta funcionalidade para atribuir responsabilidades assim como datas previstas de execução, funcionando assim como uma ferramenta de monitorização e controlo de projeto.

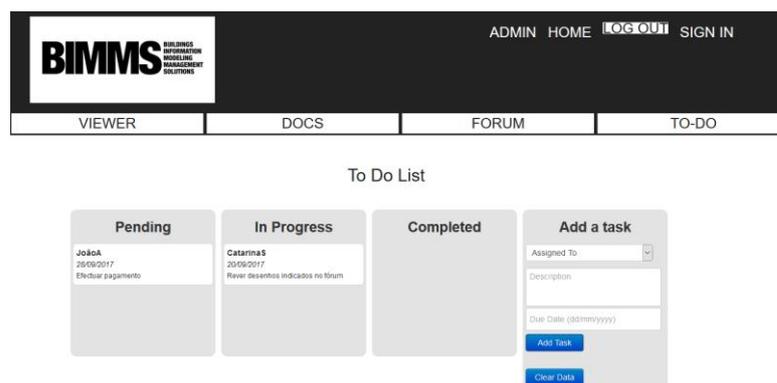


Figura 10 – Lista To-Do

5. Conclusões

O estudo de ferramentas colaborativas permitiu concluir que a utilização destas proporciona um maior nível de visualização que por sua vez, conduz a uma melhor coordenação e colaboração entre especialidades, conseguindo-se assim, prever antecipadamente potenciais problemas. A configuração destas ferramentas torna-se particularmente interessante para o alinhamento da sua utilização com os objetivos do projeto e da legislação aplicável.

A programação é uma atividade que auxilia o Engenheiro a aprimorar a sua capacidade de desenvolver métodos para solucionar problemas complexos por intermédio da automatização de processos para solucionar problemas específicos. Neste sentido, o uso e desenvolvimento de ferramentas através da programação está e estará cada vez mais presente no dia-a-dia de todos os profissionais na área da Engenharia Civil, pelo que será desejável o conhecimento de noções crescentes e específicas no âmbito da programação.

Referências

- [1] A. Rocha, "Influência da Maturidade da Função Sistema de Informação na Abordagem à Engenharia de Requisitos", Tese de Mestrado, Guimarães, Portugal, 2000.
- [2] S. Pfleeger, *Software Engineering: Theory and Practice (Second Edition)*, Prentice Hall, 2001.
- [3] I. Simão, P. Varela, "*A Engenharia de Requisitos como processo inovador nas organizações*", Lisboa, 2009. ISBN 1646-8929.
- [4] P. Ribeiro, "Metodologia para Equipas de Desenvolvimento de Requisitos de Sistemas de Informação", Tese de Mestrado, Porto, Portugal, 2008.
- [5] Modelspace, 2018. Disponível em www.modelspace.fi/Login.aspx?ReturnUrl=%2F
- [6] Portaria 701-H/2008, de 29 de Julho - Instruções para a elaboração de projetos de obras
- [7] Web Viewer for AEC Models, 2018. Disponível em <https://va3c.github.io/>
- [8] PAS 1192-2:2013 - Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using Building Information Modelling.

MODELOS BIM OBTIDOS A PARTIR DO CÁLCULO DAS ESPECIALIDADES DO PROJETO DE ENGENHARIA

Paula Assis⁽¹⁾, Pablo Gilabert⁽²⁾, Ricardo Figueira⁽¹⁾

(1) Top Informática, Lda., Braga

(2) CYPE Ingenieros, S.A., Alicante

Resumo

A modelação BIM e o cálculo das várias especialidades de engenharia realizados de forma não integrada originam desaproveitamento de recursos e a necessidade de um maior controlo de qualidade. A CYPE Ingenieros desenvolveu um conjunto de programas de cálculo automático capazes de modelar e calcular de forma integrada, permitindo uma maior otimização dos processos do ponto de vista dos recursos e da qualidade. Os modelos BIM de cada especialidade de engenharia resultam automaticamente do cálculo, dimensionamento e verificação dos requisitos estabelecidos. O processo inicia com a importação do modelo arquitetónico para cada aplicação. É na própria aplicação que se modelam e caracterizam os elementos de cada especialidade, tendo como base o modelo arquitetónico, é realizado o cálculo e o dimensionamento, após o qual se obtém automaticamente o modelo que cumpre os requisitos. Com a tecnologia Open BIM, recentemente implementada no software, e a plataforma BIMserver.center é possível desenvolver um fluxo de trabalho colaborativo, multidisciplinar e com multiutilizador que permite desenvolver projetos de forma aberta, coordenada e simultânea entre os distintos agentes intervenientes. Uma das características da tecnologia Open BIM é estar baseada em formatos de intercâmbio standard abertos, onde o conteúdo do projeto BIM não fica vinculado a nenhuma aplicação ou software em concreto. Apresenta-se este novo fluxo de trabalho, no qual o projeto se executa de forma iterativa mediante a execução progressiva das etapas, com a disponibilização automática do modelo federado. As várias aplicações notificam os projetistas sobre as alterações do modelo para que possa ser realizada a respetiva sincronização, até à obtenção do modelo final do projeto.

1. Introdução

Apresenta-se a nova versão em Open BIM do software CYPE, ferramenta de cálculo e dimensionamento para as especialidades do projeto de engenharia, e da plataforma de partilha de informação BIMserver.center. A comunicação entre as especialidades é realizada com ficheiros abertos IFC (Industry Foundation Classes) publicados e sincronizados a partir da referida plataforma. O modelo federado é obtido após o cálculo dos vários modelos, permitindo visionar possíveis colisões e interferências.

O software abarca as várias especialidades do projeto de engenharia para edifícios, o que permite o desenvolvimento de modelos BIM com a redução efetiva de recursos de software, uma vez que cada aplicação é capaz de modelar, calcular, dimensionar e gerar o próprio modelo em IFC.

2. Plataforma BIMserver.center

Esta plataforma foi concebida para administrar, atualizar e partilhar ficheiros de um projeto na nuvem, bem como facilitar a comunicação entre os colaboradores e aplicações que intervêm num projeto desenvolvido através do fluxo de trabalho Open BIM.

A tecnologia Open BIM está subjacente a esta plataforma, sendo o fluxo de trabalho baseado na troca de ficheiros de formato aberto IFC4.

O coordenador de projeto inicia o projeto na plataforma BIMserver.center, para posterior realização das respetivas especialidades, e define “opções de visibilidade”, “pedidos de colaboração” e “tipologia de projeto”.

Em “opções de visibilidade”, o coordenador de projeto define se o projeto é visível para os utilizadores da plataforma, para os colaboradores da sua lista de contactos ou apenas para os colaboradores do projeto em questão. Em “pedidos de colaboração”, o coordenador de projeto seleciona uma das três modalidades de pedidos de colaboração: pedidos de colaboração de todos os utilizadores registados na plataforma, colaboradores incluídos na sua lista de contactos ou não receber pedidos de colaboração. Em “tipologia de projeto”, o coordenador de projeto define se se trata de um projeto para construção, um caso de estudo a desenvolver em ambiente académico, um exemplo a desenvolver no âmbito de um curso, seminário, workshop, etc., ou um caso de teste.

O coordenador de projeto cria também a sua lista de colaboradores e, para cada colaborador, define a respetiva condição de acesso ao projeto. As condições de acesso possíveis são quatro:

- pode ver, adicionar, modificar e eliminar os ficheiros do projeto e convidar utilizadores a colaborar no projeto;
- pode ver, adicionar e modificar os ficheiros do projeto;
- pode ver, adicionar e modificar os ficheiros do projeto, mas todos os ficheiros que adicione terão de ser previamente aceites pelo coordenador de projeto;
- tem permissões apenas para ver os ficheiros do projeto.

Iniciado o projeto, bem como definida a respetiva equipa, pode-se iniciar a modelação das várias especialidades de engenharia, nas aplicações do software, através da importação do modelo base IFC da arquitetura.

3. Fluxo de trabalho Open BIM

Com a tecnologia Open BIM, é possível implementar um fluxo de trabalho colaborativo, multidisciplinar e com multiutilizador que permite o desenvolvimento do projeto de forma aberta, coordenada e simultânea entre os vários agentes intervenientes e independente das aplicações e plataformas utilizadas para o seu desenvolvimento.

O fluxo de trabalho Open BIM baseia-se na utilização de ficheiros standard, de formato aberto, IFC4, o que facilita a comunicação entre utilizadores, uma vez que estes podem ser lidos pela maioria das ferramentas utilizadas para o desenvolvimento dos projetos. Com a utilização do formato IFC garante-se a perdurabilidade do trabalho realizado, pois trata-se de um formato não vinculado a um software específico, passando os ficheiros de dados de uma aplicação a ter um papel secundário, dado que o IFC gerado é a contribuição efetiva para o projeto. Por exemplo, o cálculo estrutural realizado com determinada aplicação pode ser verificado com outra, a partir do ficheiro IFC gerado.

O desenvolvimento de um projeto integrado no fluxo Open BIM começa com a criação de um projeto na plataforma. Esta, através do sincronizador local, cria uma pasta que permite a cada colaborador consultar, editar ou adicionar informação.

Estão assim criadas as condições para iniciar a modelação das várias especialidades de engenharia, através da importação do modelo IFC da arquitetura, obtido de programas como Allplan®, ArchiCAD® ou Revit®. Caso não exista o modelo IFC da arquitetura, pode-se começar pela modelação através do IFC Builder. O modelo arquitetónico de um edifício existente pode também ser criado nesta aplicação, a partir de uma nuvem de pontos obtida por equipamentos laser [1].

No fluxo de trabalho Open BIM proposto, Figura 1, as atualizações são contínuas e unidirecionais, o que permite o desenvolvimento do modelo federado de forma progressiva. A informação sobre cada elemento está num único local e move-se numa única direção. Cada colaborador apresenta soluções para a sua especialidade, podendo visualizar as soluções adotadas pelos outros elementos da equipa, mas apenas poderá editar a parte do projeto que lhe foi atribuída. Desta forma, é garantida a distribuição de responsabilidades, bem como o desenvolvimento contínuo do modelo federado, enriquecendo-se este com toda a informação proporcionada por cada colaborador.

É estabelecido que a descrição técnica dos elementos que compõem o projeto é realizada na aplicação de cada especialidade, o que permite uma caracterização muito especializada, dado que cada colaborador gere apenas a informação sobre a qual é responsável.

As soluções adotadas, para cada uma das especialidades de engenharia, são obtidas através da utilização das aplicações concebidas para simultaneamente modelar e calcular. O processo permite que toda a informação do projeto se encontre integrada e ao mesmo tempo separada por especialidade. As aplicações têm a capacidade de gerar resultados específicos, ou seja, peças desenhadas e peças escritas que incluem os elementos dimensionados, a justificação de cálculos, esquemas de princípio e mapas de quantidades.

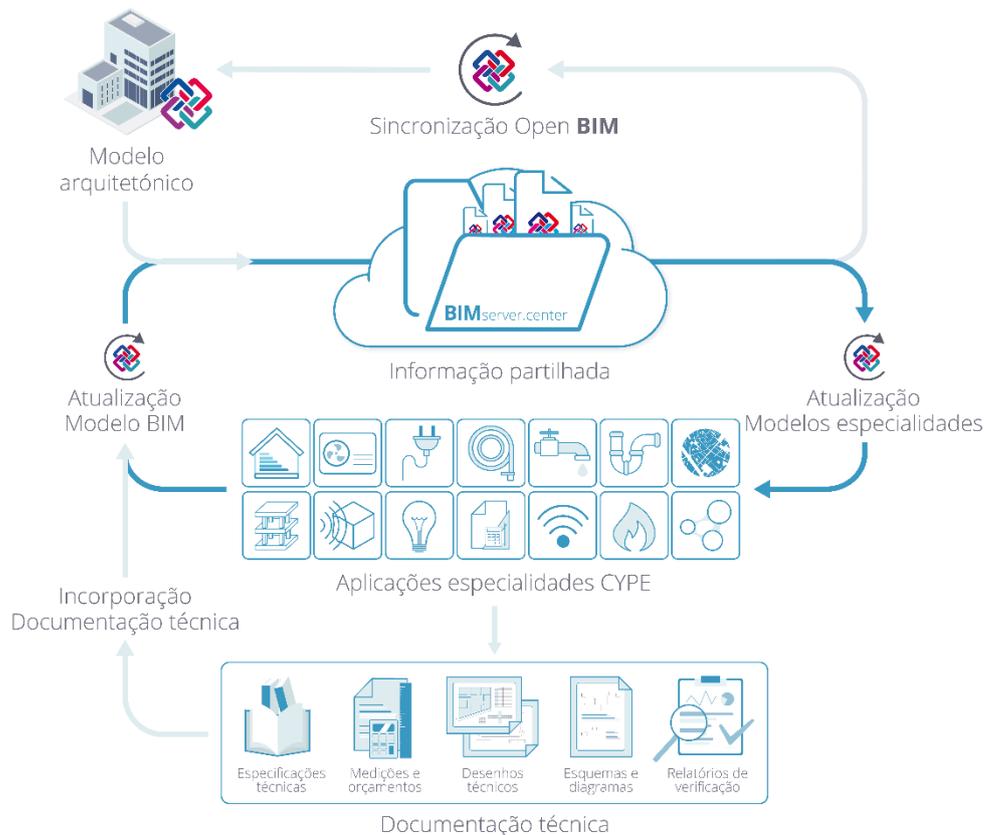


Figura 1: Fluxo de trabalho Open BIM.

4. Modelação e cálculo

O processo de obtenção do modelo federado é apresentado na Figura 2. A modelação inicial é realizada na aplicação através da conexão dos elementos das especialidades de engenharia à arquitetura (como por exemplo: pilares) ou através da introdução desses mesmos elementos (como por exemplo: sistemas de AVAC). Para além da sua geometria é realizada a descrição técnica de acordo com os requisitos da especialidade em questão.

Finalizado o modelo inicial, o colaborador projetista seleciona a função para executar o cálculo. A aplicação efetua o cálculo passando seguidamente ao dimensionamento, verificação regulamentar e geração automática do modelo final. Todo o processo ocorre no software CYPE, não havendo necessidade de recorrer a qualquer outro para efetuar a modelação. O colaborador projetista publica o modelo na plataforma, esta gera automaticamente o modelo federado através do conjunto dos modelos das várias especialidades.

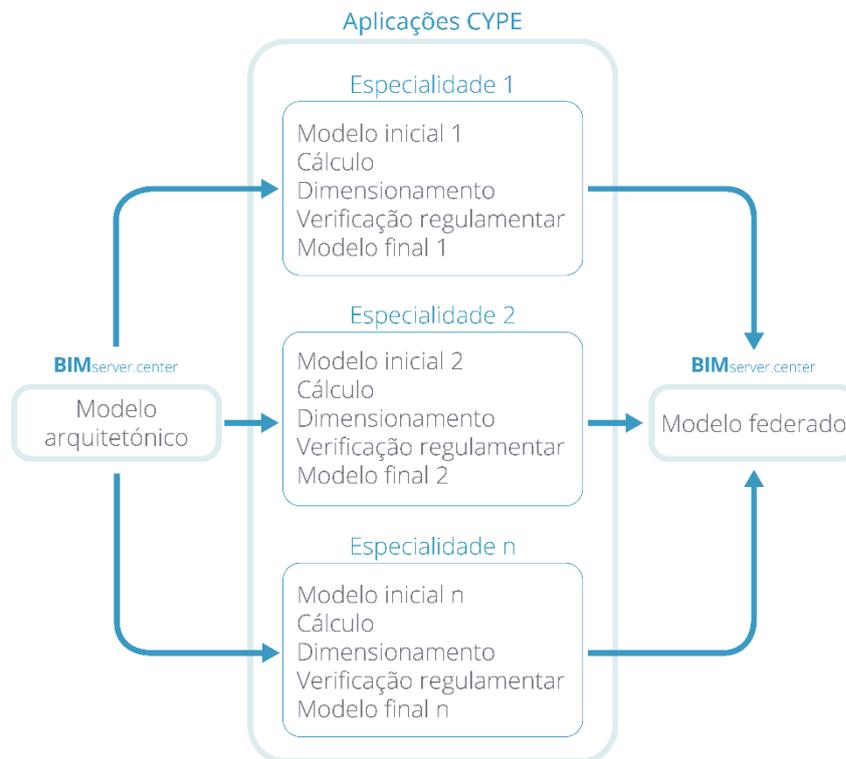


Figura 2: Fluxo de modelação e cálculo.

Cada aplicação apresenta os resultados do dimensionamento e as verificações regulamentares efetuadas. O colaborador projetista de cada especialidade analisa os resultados podendo validá-los, ou, caso contrário, poderá introduzir novas secções (por exemplo: de um pilar, tubo, cabo, conduta, parede); novos equipamentos (por exemplo: grelhas de ventilação, luminária, caixa de visita, ATI) ou novos sistemas (por exemplo: de aquecimento, arrefecimento, AQS). No caso de alteração, esta realiza-se sobre o modelo final de cada especialidade, passando este a ser o modelo inicial e é calculado de novo, é efetuado o dimensionamento e verificações regulamentares, obtendo assim o novo modelo final, encontrando-se disponível para ser publicado no BIMserver.center. Se ocorrer alguma alteração na arquitetura, o modelo arquitetónico pode ser publicado no BIMserver.center, fica assim também disponível em cada aplicação para que o colaborador projetista possa efetuar as alterações à sua especialidade, caso seja necessário. A coordenação do processo é realizada pelo coordenador de projeto.

Este processo repete-se de acordo com as iterações que forem necessárias, quer para otimizar o modelo, quer por consequência de alterações de outras especialidades.

Os processos relativos à execução de um projeto incluem um conjunto de interações entre os vários colaboradores à medida que o projeto avança e os elementos são dimensionados. Sempre que se efetue uma alteração numa especialidade, os colaboradores das restantes especialidades são automaticamente alertados. Este facto ocorre não só para alterações geométricas, mas também para resultados com impacto noutras especialidades. A comunicação é realizada através da informação contida nos modelos IFC que constituem o modelo federado em determinado momento.

Atualmente o fluxo de trabalho Open BIM abarca diversas aplicações, destas apresenta-se seguidamente um conjunto relacionado com modelação, estruturas, avaliação de desempenho

energético e climatização. A descrição apresentada pretende mostrar funções de importância relevante entre estas especialidades no âmbito do fluxo de trabalho Open BIM implementado. Para além destas aplicações, estão ainda disponíveis no fluxo de trabalho Open BIM as seguintes: verificação da acústica dos edifícios, instalações hidráulicas de abastecimento e drenagem de águas, instalações hidráulicas de combate a incêndios e infraestruturas de telecomunicações.

4.1 Aplicação para modelação arquitetónica

A aplicação para modelação permite a criação e manutenção de modelos de edifícios em formato IFC, está integrada no fluxo de trabalho Open BIM através da importação, exportação e atualização de modelos IFC, Figura 3.

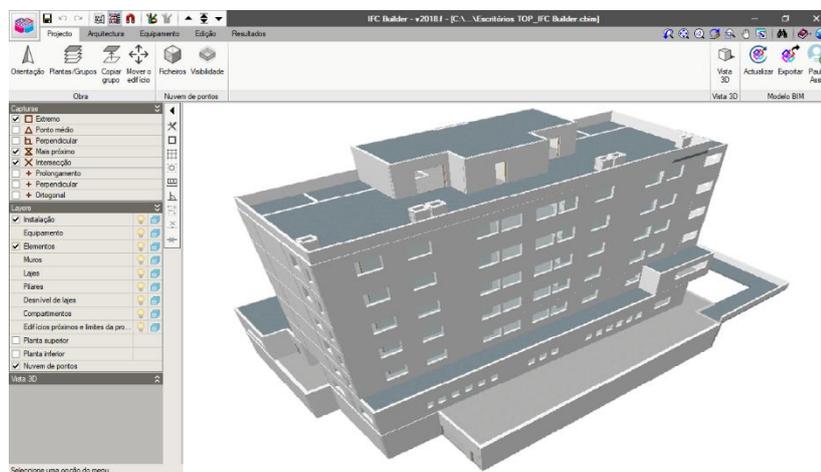


Figura 3: Exemplo de modelo arquitetónico.

A função “importação” foi implementada para os modelos previamente criados, para que possam ser completados de acordo com os requisitos específicos das especialidades de engenharia, como, por exemplo, a definição de compartimentos e zonas para a avaliação energética de edifícios.

A função “exportação” permite exportar o modelo gerado, ficando disponível para ser utilizado pelas restantes aplicações do fluxo de trabalho Open BIM.

A função “atualização” permite efetuar a sincronização com todos os modelos disponíveis na plataforma e apresentar o modelo federado resultante dos modelos das especialidades desenvolvidos até ao momento atual.

4.2 Aplicação para estruturas

A aplicação para a especialidade de estruturas foi lançada em 1991 e tem vindo a ser atualizada ao longo dos anos de acordo com as necessidades do mercado e estado de arte, foi recentemente incluída no fluxo de trabalho Open BIM através da importação, exportação e atualização de modelos IFC.

Após a importação do modelo arquitetónico, são utilizadas as funções de modelação da estrutura, seguidamente a aplicação realiza o cálculo, dimensionamento e verificações e gera o modelo final, bem como o mapa de quantidades dos elementos dimensionados. O colaborador

responsável pelo projeto de estruturas pode, a partir desse momento, publicar o modelo na plataforma, ficando disponível para os restantes colaboradores do projeto, Figura 4.

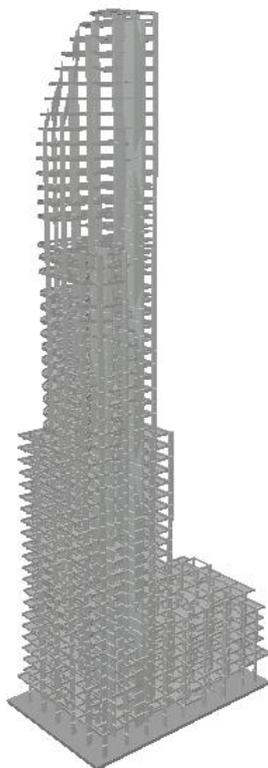


Figura 4: Exemplo de modelo estrutural.

Se, entretanto, algum modelo das restantes especialidades ficar disponível, ou tenha sofrido alguma modificação, o botão “Atualizar” pode ser executado. Como resultado desta função do fluxo Open BIM, é possível visualizar por exemplo as condutas de AVAC e determinar eventuais colisões e interferências com a estrutura.

4.3 Aplicação para instalações de iluminação artificial e natural

A aplicação para a especialidade de instalações de iluminação artificial e natural utiliza o motor de cálculo Radiance, desenvolvido pelo Lawrence Berkeley National Laboratory. Permite realizar os cálculos e verificações necessárias para justificar o cumprimento das exigências de iluminação dispostas no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) [2] e na norma NP EN 12464-1, bem como a determinação das potências de iluminação para efeito de cálculo das cargas térmicas e ainda o mapa de quantidades dos elementos dimensionados.

A integração desta aplicação no fluxo de trabalho Open BIM permite a conceção do modelo luminotécnico a partir do modelo arquitetónico, bem como o cálculo e verificações, dando origem ao modelo final, cuja publicação na plataforma proporciona às aplicações, como a de avaliação energética e de cargas térmicas, dados de entrada necessários para o cálculo.

4.4 Aplicação para cargas térmicas

Esta aplicação foi concebida para realizar o cálculo das cargas térmicas dos edifícios segundo o Método das Séries Temporais Radiativas (RTS), proposto pela ASHRAE.

A aplicação está integrada no fluxo de trabalho Open BIM, facto que permite, através do modelo arquitetónico, obter informação sobre sombreamentos e pontes térmicas, bem como, através do modelo da instalação de iluminação, obter as respetivas potências de iluminação. A informação gerada nesta aplicação é incluída no IFC e é um dado de entrada para a aplicação de climatização.

4.5 Aplicação para climatização

A aplicação para a especialidade de climatização é uma ferramenta para o projeto de instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado. A integração desta aplicação no fluxo de trabalho Open BIM permite que a publicação do respetivo modelo na plataforma, Figura 5, ofereça os dados relativos aos equipamentos e condutas a aplicações como as de avaliação de desempenho energético, verificação da acústica e estruturas.

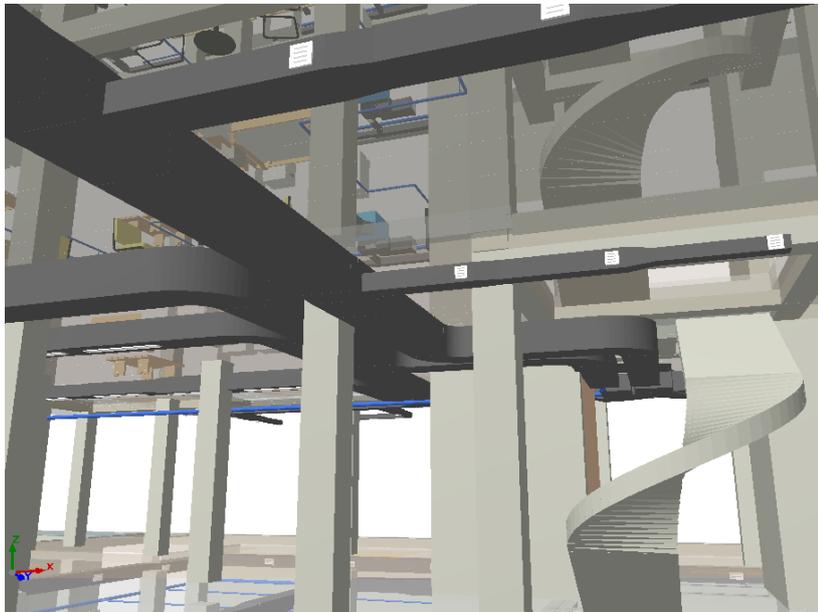


Figura 5: Exemplo de modelo de instalação de climatização.

4.6 Aplicações para avaliação de desempenho energético de edifícios

Para esta especialidade foram desenvolvidas duas aplicações, uma destina-se a edifícios de habitação e a outra a edifícios de comércio e serviços. As verificações são efetuadas de acordo com a regulamentação em vigor, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), respetivamente. Neste último caso a simulação dinâmica multizona é realizada com o motor de cálculo EnergyPlus™.

As medidas de melhoria, requisito regulamentar a incluir no projeto, são consideradas a partir das alterações do modelo, adotando soluções alternativas. Também neste caso o processo ocorre no âmbito do fluxo de trabalho Open BIM através do processamento de ficheiros IFC, até obter as melhores soluções.

4.7 Partilha de informação geométrica e não geométrica

A Tabela 1 apresenta a partilha de informação entre as várias aplicações.

Tabela 1: Aplicações - partilha de informação geométrica e não geométrica

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A										
B										
C										
D										
E										
H										
I										

Informação geométrica
 Informação não geométrica

- A - Aplicação para modelação arquitetónica
- B - Aplicação para estruturas
- C - Aplicação para instalações de iluminação artificial e natural
- D - Aplicação para cargas térmicas
- E - Aplicação para climatização
- F - Aplicações para avaliação de desempenho energético de edifícios, REH e RECS
- G - Aplicação para verificação da acústica dos edifícios
- H - Aplicações para instalações hidráulicas de abastecimento e drenagem de águas
- I - Aplicação para instalações hidráulicas de combate a incêndios
- J - Aplicação para infraestruturas de telecomunicações

5. Modelo federado, peças escritas e peças desenhadas

No fluxo de trabalho Open BIM apresentado, o modelo federado encontra-se na plataforma e pode visualizar-se a partir das aplicações das várias especialidades ou no IFC Builder. Estas funções possibilitam que a conceção dos modelos das especialidades seja realizada atendendo ao modelo federado, gerado no próprio software e existente num determinado momento, desta forma o colaborador pode beneficiar da informação introduzida em modelos de outras especialidades e ao mesmo tempo evitar colisões e interferências. Os modelos podem ser realizados simultaneamente, no entanto, o mapa dos processos poderá prever a ordem de execução mais eficiente, para otimizar a elaboração do projeto.

O coordenador do projeto [3], responsável por garantir a adequada articulação da equipa de projeto, bem como a compatibilidade entre as diversas especialidades, pode acompanhar no IFC Builder a execução do projeto, garantindo a inexistência de colisões e interferências através da visualização do modelo federado do projeto em tempo real. Uma vez finalizado o projeto e

obtido o modelo federado final, o coordenador de projeto valida-o, seguidamente os vários colaboradores poderão obter as peças escritas e desenhadas que farão parte da documentação do projeto como por exemplo nos processos de licenciamento.

6. Conclusões

As ferramentas CYPE - Open BIM, proporcionam a realização do projeto das especialidades de engenharia de forma integrada, através de um processo linear e automático, contemplando a conceção do modelo BIM, o cálculo, o dimensionamento e verificações regulamentares.

A publicação dos modelos, em IFC, concebidos por cada especialidade de engenharia, dá origem ao modelo federado, deste modo é estabelecida a passagem de informação entre as especialidades do projeto, ao mesmo tempo que cada interveniente tem as condições necessárias para resolver colisões e interferências.

A tecnologia Open BIM implementada permite estabelecer um fluxo de trabalho colaborativo, multidisciplinar e com multiutilizador. O arquiteto fornece o modelo de arquitetura em formato IFC, caso não exista pode ser criado na aplicação IFC Builder. O modelo é então utilizado, como base, pelos restantes colaboradores responsáveis por cada uma das especialidades de engenharia.

O fluxo de trabalho Open BIM está baseado na plataforma BIMserver.center, que permite administrar, atualizar e partilhar os ficheiros de um projeto na nuvem. O coordenador de projeto coordena as especialidades realizadas pelos colaboradores da equipa, logados e com permissões para utilização da plataforma. Os modelos encontram-se disponíveis para serem utilizados por qualquer software BIM.

A tecnologia Open BIM implementada permite realizar os processos, relativos à conceção do projeto de um edifício, de forma mais otimizada ao nível do controlo de qualidade e dos recursos utilizados, uma vez que o fluxo de trabalho proposto se pode desenvolver utilizando um único software para a modelação e cálculo das várias especialidades de engenharia, através de um processo sequencial automático, sujeito à validação do coordenador de projeto, o que proporciona uma redução nos recursos de software, tempo despendido e ainda uma diminuição da probabilidade de ocorrência do erro humano comparativamente com processos manuais.

Referências

- [1] P. Assis, R. Figueira, and P. Oliveira, "Aplicação para análise energética e económica de soluções para reabilitação de edifícios," in *Congresso da reabilitação do património (2017)*, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2017, pp. 357-365.
- [2] Decreto-Lei n.º 118/2013, Diário da República n.º 159/2013, Série I de 2013-08-20, Portugal, 2013.
- [3] A. A. Costa, B. C. Matos, D. Drumond, and I. Rodrigues, *Guia de Contratação BIM*. Lisboa, Portugal: IST, 2017. [Online]. Disponível em: www.ct197.pt. Acedido em: Feb., 10, 2018

A INTEROPERABILIDADE DE SOLUÇÕES BIM EM SOFTWARE LIVRE

Ricardo Pinho⁽¹⁾⁽²⁾

(1) Curso BIM 6ª Edição, Porto

(2) Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis, Oliveira de Azeméis

Resumo

A mudança na indústria da construção para o uso de um modelo de informação do edifício (BIM) não se cinge à adoção de uma nova ferramenta de software ou de uma nova tecnologia, implica uma mudança em todos os processos que envolvem a produção, partilha e gestão da informação do edifício, nas suas diversas fases de conceção, construção e manutenção.

A necessidade do BIM ser usado transversalmente pelos inúmeros agentes intervenientes na indústria da construção lança novos desafios e exigências às soluções de software e de tecnologias de informação e comunicação, como a interoperabilidade, as plataformas colaborativas, a utilização de equipamentos móveis, etc.

O movimento de Software Livre, iniciado em 1983 por Richard Stallman, assenta na distribuição de software com base numa licença que atribui aos utilizadores quatro liberdades fundamentais: o direito de executar sem restrições, de copiar e distribuir, de estudar código fonte e de melhorar e redistribuir o software. Deste movimento nasceu o sistema operativo GNU/Linux e milhares de outros projetos de sucesso nas mais diversas áreas que se alojam em plataformas de desenvolvimento como o SourceForge e GitHub e onde se reúnem milhões de programadores de todo o mundo num processo colaborativo de desenvolvimento totalmente aberto.

Apresenta-se um levantamento das soluções existentes em software livre para BIM e identificam-se as vantagens no investimento e na preferência por este tipo de licenciamento, com o objetivo de acelerar e democratizar a sua adoção e ultrapassar as dificuldades de interoperabilidade das soluções baseadas no tradicional licenciamento de software proprietário.

Versão longa mantida online pelo autor: <http://goo.gl/B5Zyhw>

1. Introdução

1.1 Enquadramento e estado atual da construção

A construção de um edifício pela sua complexidade e natureza envolve desde os seus primórdios a participação de vários artífices de áreas distintas mas complementares, num processo sequencial, faseado, relacionado e interdependente. Para que um processo construtivo corra bem é necessário um grande esforço de coordenação de todos os intervenientes e ações, obrigando a uma perfeita comunicação e harmonia entre todos, comparável ao funcionamento de uma orquestra.

A evolução das exigências sobre as construções tem levado à adoção de processos construtivos de maior complexidade e de especialização, levando ao aumento exponencial do número de intervenientes e logo da necessidade de comunicação e de coordenação.

1.2 Inadequada interoperabilidade

O setor da construção é frequentemente referido como exemplo dos elevados custos de inadequada interoperabilidade. As causas são normalmente associadas à elevada fragmentação, práticas de negócio assente em papel, falta de normalização e inconsistência na adoção tecnológica entre os atores da indústria. No estudo “*Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*” [1] a NIST identifica o custo adicional resultante de interoperabilidade inadequada entre sistemas de CAD, programas de engenharia e sistemas de software utilizados.

Table 2. Costs of Inadequate Interoperability by Stakeholder Group and Cost Category (in \$Millions)

Stakeholder Group	Cost Category			Total
	Avoidance Costs	Mitigation Costs	Delay Costs	
Architects and Engineers	485.3	684.5	—	1,069.8
General Contractors	1,095.4	693.3	13.0	1,801.7
Specialty Fabricators and Suppliers	1,908.4	296.1	—	2,204.5
Owners and Operators	3,120.0	6,028.2	1,499.8	10,648.0
Total	6,609.1	7,702.0	1,512.8	15,824.0

Source: NIST GCR 04-867. Sums may not add to totals due to independent rounding.

Figura 1: Custos de inadequada interoperabilidade por ator e categoria de custos

O custo total estimado em \$15,8 mil milhões no ano de 2002, sendo **dois terços** suportados por “**Proprietários e Utilizadores**”, ou seja, **pelo cliente final** na fase de operação e manutenção (\$9,093 milhões) do edifício. Os custos distribuem-se em 3 categorias:

\$6,609 milhões em Evitar, atividades e ações para prevenir ou minimizar o impacto da falta de interoperabilidade antes que ocorram.

\$7,702 milhões em Mitigar, atividades em resposta aos problemas de interoperabilidade, de reintrodução manual dos dados nos sistemas e pesquisa dos dados em arquivos de papel.

\$1,512 milhões em Atrasos, na conclusão do projeto ou obra e tempos de não utilização das instalações por não funcionamento normal.

1.3 BuildingSMART e IFC

A Autodesk num consórcio privado de 12 empresas, conscientes dos problemas de interoperabilidade no setor da construção, lançaram em 1995 uma iniciativa de avaliação da exequibilidade e os benefícios da interoperabilidade entre software usado na indústria da construção, dando origem à criação, em 1996, da *International Alliance for Interoperability* (IAI). Com o nome alterado em 2008 para *buildingSMART*, de modo a refletir melhor a natureza e os objetivos da organização, um grupo mais alargado de membros e parcerias com a ISO e OGC, a organização apresenta uma nova visão baseada em três pilares de atuação:

Normas: criação de normas abertas para todos, em conjunto com a ISO e OGC,

Certificação: de pessoas e software quanto à conformidade e implementação das normas,

Capítulo: comunidades nacionais e locais para dinamização do uso das normas.

A norma aberta: “*Industry Foundation Classes*” (IFC) foi criada pela Autodesk desde o arranque do consórcio, em 1995, como um formato de ficheiro independente de fornecedor e da aplicação, capaz de armazenar um modelo de dados do edifício e da construção, baseado em classes, numa estrutura orientado a objetos. O IFC é uma especificação aberta, disponível a todos e registada como norma oficial internacional na ISO 16739:2013.

1.4 Software BIM

O termo “*Building Information Modeling*” e acrónimo BIM torna-se popular em 2002 com o lançamento do “*white paper*” pela Autodesk com esse título. Lançado em 1987 o ArchiCAD da Graphisoft é hoje considerado por alguns autores como a primeira implementação do BIM. A indústria de software protagonizada pelos seus principais representantes: Autodesk, Bentley, Graphisoft, etc, tem vindo a apresentar comercialmente o conceito BIM como a resposta aos problemas de interoperabilidade na indústria da construção, incentivando à migração de soluções de software CAD para a suas novas soluções de software BIM. É cada vez mais vasta a oferta de soluções de software proprietário que publicitam a implementação de BIM e crescente o número de funcionalidades BIM que oferecem aos utilizadores.

Todas estas soluções possuem os seus próprios formatos e modelos proprietários de dados, que utilizam internamente no software para arquivo em ficheiro e troca entre ferramentas da mesma marca. Continuam assim a apresentar graves problemas de interoperabilidade, pois a integração entre as diversas ferramentas e aplicações ocorre apenas entre soluções de software da mesma empresa, numa visão em que cada solução é uma ilha e a comunicação com soluções de outros fornecedores (outras ilhas) resume-se a importação e exportação para formatos openBIM e interação através de API's proprietários, conforme representado de forma elucidativa por Léon Berlo em *Beyond BIM 2015*. [2]



Figura 2: “Integração é estar na mesma ilha” das atuais soluções de software BIM

Caracterização da interoperabilidade das soluções BIM: “*Integração é estar na mesma ilha.*”

- Só é permitido usar funcionalidades disponíveis na ilha.
- Não é permitido atravessar para outra ilha para usar uma funcionalidade que possuem.
- Não existe integração de funcionalidades entre ilhas.

Mas a visão e expectativas das Instituições Nacionais e Mundiais para o BIM vão mais além de se tornar uma solução de software que se encaixe no atual processo construtivo. O BIM é visto no sentido de se tornar um novo processo capaz de responder aos problemas e às mudanças necessárias referidas anteriormente na indústria da construção e no qual se exige interoperabilidade entre aplicações e soluções dos diversos fornecedores.

2. Interoperabilidade

2.1 Definição de interoperabilidade

Interoperabilidade é a característica de um produto ou sistema, cujos interfaces são totalmente conhecidos e entendidos de forma a operarem com outros produtos ou sistemas, no presente ou no futuro, de implementação ou de acesso, e sem qualquer restrição. Existem dois tipos de interoperabilidade:

Interoperabilidade técnica, que existe entre dois ou mais sistemas quando são capazes de comunicar entre si com base na utilização de formatos de dados e protocolos de comunicação.

Interoperabilidade semântica, que existe entre dois ou mais sistema quando são capazes de automaticamente interpretar com exatidão o significado da informação trocada de forma a produzir resultados úteis conforme definido pelos utilizadores de ambos os sistemas.

A interoperabilidade tem implícito o uso de normas abertas, definidas por um grupo consultivo que deve incluir representantes dos diferentes produtores, utilizadores e entidades normativas nacionais e internacionais, de modo serem participadas, acessíveis, conhecidas e implementadas por todos. Quando um produto é conforme uma norma fechada e proprietária, designa-se por compatível com essa norma e não interoperável.

2.2 Legislação de Normas abertas

São hoje reconhecidas, a nível nacional e internacional, as inegáveis vantagens e a necessidade urgente de adoção de normas abertas nos sistemas e tecnologias de informação. O Parlamento e Conselho Europeu emitem frequentes recomendações e diretivas no sentido da normalização europeia nessas áreas. Em Portugal foi publicada a Lei nº 36/2011 das Normas Abertas nos sistemas informáticos do Estado [3] com o objetivo de promover a liberdade tecnológica dos cidadãos e organizações e a interoperabilidade dos sistemas informáticos do Estado. O Regulamento Nacional de Interoperabilidade Digital (RNID), publicado na RCM nº 91/2012 e revisto no corrente ano pela RCM nº 2/2018 [4], estabelece os formatos e protocolos abertos (não proprietários) a adotar obrigatoriamente pelas soluções de software em uso na Administração Pública e do Estado.

3. Distribuição e licenciamento de software

3.1 Licença de Software Proprietário

A distribuição de software tendeu de forma generalizada para um processo de venda ao utilizador de uma licença que acompanha o software. Sustentadas na lei dos direitos de autor (*copyright*), patentes, lei contratual, sigilo comercial e outras bases legais, as designadas *End-User License Agreement*, estabelecem para os fornecedores os direitos exclusivos de propriedade sobre o software e o poder de exclusão e de proibição legal de todos os outros, incluindo os utilizadores, de copiar, de distribuir e de fazer produtos derivados. As licenças de software proprietário estabelecem diversos tipos de limites de utilização aos clientes finais:

- **Fins de utilização do software:** para ensino, uso pessoal, uso comercial, etc
- **Número de computadores** onde pode ser instalado e utilizado.
- **Número de processadores** do computador onde o software é executado
- **Número de utilizadores** em simultâneo, no software do tipo servidor

Nos últimos anos algumas empresas de software proprietário, como a Microsoft, Adobe e Autodesk, acrescentaram a **limitação temporal de utilização do software**, dando início à migração do modelo anterior de licenças sem limite temporal, ou perpétuas, para o modelo de subscrição por um período de tempo, mensal ou anual, de validade da licença de uso. Os promotores de software proprietário defendem que a cobrança pela licença de uso permite garantir a sustentabilidade do negócio de programação e o financiamento das empresas em investigação e desenvolvimento para a melhoria da qualidade e inovação no software.

3.2 Reduzida interoperabilidade do Software Proprietário

São conhecidos os efeitos secundários indesejados do licenciamento proprietário de software. Dada a dimensão e o poder económico que algumas destas empresas alcançaram nas últimas décadas, os problemas criados obrigam frequentemente os próprios Estados a intervir legalmente contra essas empresas, em defesa dos consumidores e da liberdade do cidadão. Alguns exemplos são a violação das leis da concorrência, dependência do fornecedor, obsolescência programada, produto abandonado (*abandonware*) e reduzida interoperabilidade.

3.3 Licenciamento de Software Livre

Em 1983, Richard Stallman, ainda colaborador do MIT, anuncia o desenvolvimento do projeto GNU (*GNU's Not Unix!*), um sistema operativo baseado na distribuição do código Unix mas que não devia ser confundido com Unix por ser de código aberto e distribuído como software livre. O conceito de software livre, apresentado inicialmente no GNU Manifesto, define o software que respeita a liberdade do utilizador e da comunidade e garante aos utilizadores a liberdade de executar, copiar, distribuir, estudar, alterar e melhorar o software. A fundação sem fins lucrativos “*Free Software Foundation (FSF)*”, criada em 1985 para apoiar o desenvolvimento do GNU e o movimento do software livre, promove um conjunto de licenças baseadas na *GNU General Public License (GPL)* e no conceito legal de *copyleft*. A licença pública geral GNU (GPL), recomendada para a distribuição do software livre, assenta no princípio de que a liberdade dos utilizadores não pode ser limitada pelo software que usam e garante quatro liberdades a todos os utilizadores:

- **a liberdade de usar** o software para qualquer finalidade,
- **a liberdade de estudar e modificar** o software de acordo com suas necessidades,

- **a liberdade de copiar e redistribuir** o software com os seus amigos e vizinhos e
- **a liberdade de melhorar** o software e partilhar as alterações em benefício de outros.

As liberdades de estudar, modificar e melhorar o software têm como requisito o **acesso ao código fonte do software**, uma vez que sem ele o exercício dessas liberdades pelos utilizadores e programadores seria impraticável ou mesmo impossível. Esta premissa de Código Fonte Aberto (*Open Source Software*) é muitas vezes confundida com a definição de software livre, apesar de não ser suficiente para garantir todas as liberdades. A licença GPL inclui o processo legal *copyleft* para tornar um software livre, colocando-o no domínio público (sem copyright) e exigir que todas as versões modificadas e extensões do software sejam também livres, obrigando ao uso da mesma licença. Pretende assim assegurar o futuro do software livre: **na defesa contra tentativas de transformação em software proprietário**, por um intermediário que elimine as liberdades dos utilizadores atribuídas pelo autor original; **assegurar a inclusão de todas as melhorias e contributos feitos ao software livre**, para que fiquem disponíveis ao autor original e a todos os outros utilizadores, mantendo o espírito de cooperação e entajuda entre todos.

A licença de software livre é uma simples declaração de cedência e autorização do autor aos utilizadores. Para distribuir o seu software como livre o autor tem de manifestar essa opção por utilização de uma licença de software livre. Caso distribua o software sem qualquer licença serão aplicadas por omissão as leis gerais dos direitos de autor (copyright) que tornam automaticamente o software não livre.

3.4 Software livre no domínio público.

O software livre é apoiado, recomendado e defendido por instituições públicas de muitos países e organizações internacionais, como uma alternativa sustentável, de qualidade e de futuro no desenvolvimento de software. As garantias de segurança, confiança e fiabilidade que o software livre oferece são cada vez mais reconhecidas e desejadas pelos Governos [5]. As vantagens diretas do uso do software livre no domínio público são inúmeras, desde a redução de custos, equidade, fraternidade, cidadania, legalidade, independência, conhecimento, interoperabilidade, diversidade, segurança, longevidade e atualidade [6]. Mas as vantagens reconhecidas pelos estados transcendem as vantagens diretas, são vistas como garantia de equidade dos cidadãos no direito de acesso a serviços públicos digitais, sem restringir o uso de plataformas específicas, e como estímulo à produção e circulação de conhecimento e de competências, nos cidadãos e empresas locais, no desenvolvimento de produtos e criação de emprego na emergente área das Tecnologias de Informação e Comunicação [7].

4. Soluções BIM Open Source

No mercado de software BIM, à semelhança do que aconteceu no mercado de software CAD, prevalecem as soluções de software proprietário, num modelo de negócio baseado na venda de licenças por grandes empresas internacionais, que oferecem soluções completas de software proprietário aos utilizadores. O investimento em investigação e desenvolvimento na área CAD e agora BIM é deixado a cargo do financiamento interno das grandes empresas, derivado de dividendos obtidos pela venda de licenças de software proprietário, que depois garantem o seu retorno futuro para a empresa em patentes e outras formas de proteção da exclusividade de uso nos seus produtos das melhorias conseguidas. Uma exceção a esta regra ocorreu com a TNO

[8], uma organização pública Holandesa de inovação tecnológica, independente de qualquer governo, universidade ou empresa, que decidiu investir no desenvolvimento de uma solução BIM em software livre e normas abertas. Os princípios orientadores da iniciativa assentam na constatação de que o BIM, como modelo de informação que permite melhorar a qualidade do edifício e reduzir o custo de manutenção em todo o ciclo de vida, deveria ser acessível a todos.

4.1 BIMserver.org e a Open Source BIM collective

A iniciativa da TNO assentou na criação no Github de uma organização integradora de soluções de software livre para BIM, para agregar e centralizar todos os repositórios de software livre BIM e fomentar assim a sua cooperação, entreaajuda, complemento e interoperabilidade. À organização deu-se o nome de *Open Source BIM collective*:

Site: <http://www.opensourcebim.org/> Github: <https://github.com/opensourcebim/>

Twitter: <https://twitter.com/osbim>

Na iniciativa constam atualmente 57 repositórios de soluções e componentes interoperáveis:

- **IfcOpenShell.org**, biblioteca para utilização de dados IFC
- **BIMvie.ws**, cliente Javascript, conforme normas abertas: IFC, BCF e BIMSie
- **BIM Surfer**, visualizador WebGL de IFC
- **BIMserver.org**, servidor de modelos IFC
- **BCF Forum**, servidor de fórum de ocorrências segundo norma BCF v2.0

No coração do projeto está a **solução do tipo servidor BIMServer.org de modelos IFC**, licenciado com a GNU AGPL v3 e distribuído em:

Site: <http://bimserver.org/> Github: <https://github.com/opensourceBIM/BIMserver>

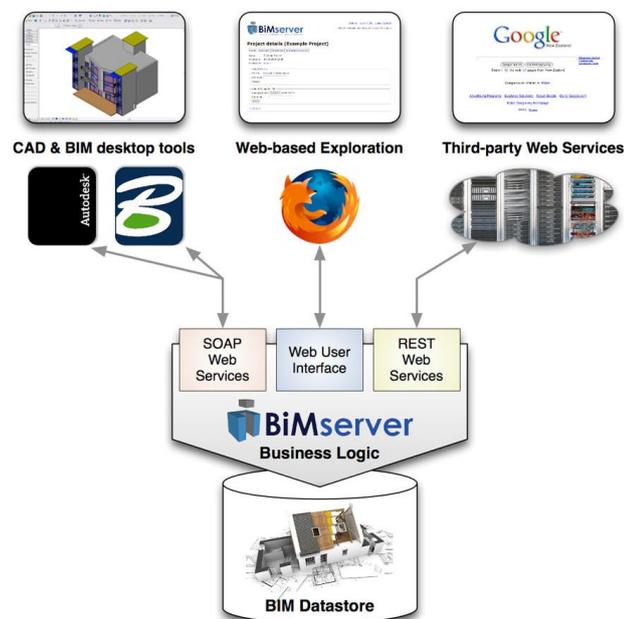


Figura 3: Arquitetura funcional de interoperabilidade do BIMserver.org

O projeto BIMserver.org iniciou em Agosto de 2010, até à data lançou 71 versões (*releases*) e teve o contributo de 16 utilizadores, sendo *Ruben de Laat* o colaborador que fez mais submissões (*commits*). Esta solução de servidor Web permite armazenar e gerir todo o conjunto de informação de um edifício, utilizando de forma nativa o formato IFC (v2.3 e 4) para armazenar os modelos BIM. A sua estrutura de desenvolvimento é baseada em camadas aplicacionais e *framework* para módulos, tornando-o modular e escalável. Assenta numa base de dados do modelo IFC (*Datastore*) e num motor aplicacional que, através da *framework*, permite a inclusão de *plugins*. Destina-se a ser usado por outros aplicativos sendo a comunicação e interoperabilidade assegurada por Web-services baseados em protocolos abertos, como SOAP e REST. Suporta múltiplos utilizadores, permitindo a edição em simultâneo de partes do modelo BIM. Assenta em quatro principais módulos (*plugins*):

- **BIMserver JavaScript API**, o interface aplicacional API em javascript
- **BIMsurfer**, visualizador 3D do modelo BIM em javascript
- **BIMvie.ws**, o interface web de administração e utilização (*front office*)
- **Console**, a ferramenta web para aceder e interagir com o API

É possível acrescentar funcionalidades através de *plugins* de um repositório online próprio, atualmente com 15 disponíveis. Para iniciação no BIMserver é possível usar um modelo completo BIM em IFC do edifício: *Schependomlaan*, de livre utilização, disponibilizado por Stijn van Schaijk.

O BIMserver.org permite a utilização do conceito **BIM Bots**, desenvolvido e promovido pela TNO, como um conjunto de agentes BIM que, através do protocolos abertos, permitem automatizar tarefas entre vários aplicativos distintos, como por exemplo o BIMserver e Revit. Site: <http://bimbots.org> Github: <https://github.com/opensourceBIM/BIM-Bot-services/wiki>

4.2 FreeCAD

Apesar de não se conhecerem ainda ferramentas de modelação BIM em software livre, o projeto FreeCAD permite a criação de modelos 3D de edifícios a partir de objetos paramétricos. Trata-se de um modelador 3D paramétrico em software livre, altamente personalizável, programável e escalável.

Site: <https://freecadweb.org> Github: <https://github.com/FreeCAD>

O módulo “Arch”, para arquitetura, acrescenta capacidades de criação de objetos BIM e compatibilidade com IFC, através da biblioteca livre “IfcOpenShell”

O módulo “Arch BIMserver”, permite ligação a um servidor BIMserver.org, por protocolo aberto JSON

4.3 Energy Gov: Building Energy Modeling (BEM)

Uma outra iniciativa, do Departamento de Energia dos EUA, é o *Building Energy Modeling* (BEM) na qual são financiados diversos projetos de investigação e desenvolvimento em software livre para BIM, dirigidos especificamente à eficiência energética dos edifícios. Destacam-se os Core Project de longo prazo sobre a alçada do DOE National Labs:

EnergyPlus, modelo de simulação energética de todo o edifício (financiado em: \$74,600,000)

OpenStudio, ferramenta de desenvolvimento (SDK) para EnergyPlus (em: \$9,360,00)

Spawn-of-EnergyPlus (SOEP), baseado no modelador livre Modelica. (em: \$3,110,000)

4.4 Experiência pessoal de utilização de software BIM

A experiência pessoal de utilização de software BIM decorre da frequência da 6ª edição do curso BIM, entre Setembro e Novembro de 2017, promovido pelas Universidades do Porto, Minho e de Lisboa com o apoio das Ordens dos Engenheiros e Arquitetos.

Na componente prática do curso foram desenvolvidos trabalhos de grupo nos quais se promoveu a utilização de diversas soluções de software BIM. Apesar da preponderância de uso de soluções da Autodesk, designadamente o Revit, houve casos de uso de soluções de outros fornecedores, como Graphisoft, Tekla, Trimble, etc. Foram notórias as dificuldades encontradas por vários grupos, devido à falta de interoperabilidade entre as soluções, sempre que era necessário transportar os modelos BIM entre aplicações de diferentes fornecedores.

Relativamente à utilização da formato interoperável IFC, verificou-se na prática que as aplicações BIM utilizadas permitiam a exportação dos modelos para formato IFC versão 2.3, publicada em fevereiro de 2006, com inúmeras perdas de informação relativamente ao modelo em formato proprietário construído na aplicação. A mais recente versão 4 do IFC, publicada em março 2013, raramente era suportada e quando era obtinha-se com ela exportações ainda mais deficitárias. No âmbito do trabalho de grupo nº4 do Porto, foi testada a utilização do software livre, BIMServer.org a partir do modelo construído no Revit 2018, exportado via IFC v2.3 através do componente em software livre de exportação para Revit: IFCEXPORER disponível na plataforma SourceForge [9]

O BIMServer.org foi o único software utilizado que suportava de forma nativa na sua BIM Datastore o formato IFC versão 2.3 e versão 4. Quando se acede ou grava o modelo no formato IFC não ocorre nenhuma conversão de dados e nenhuma perda de informação.

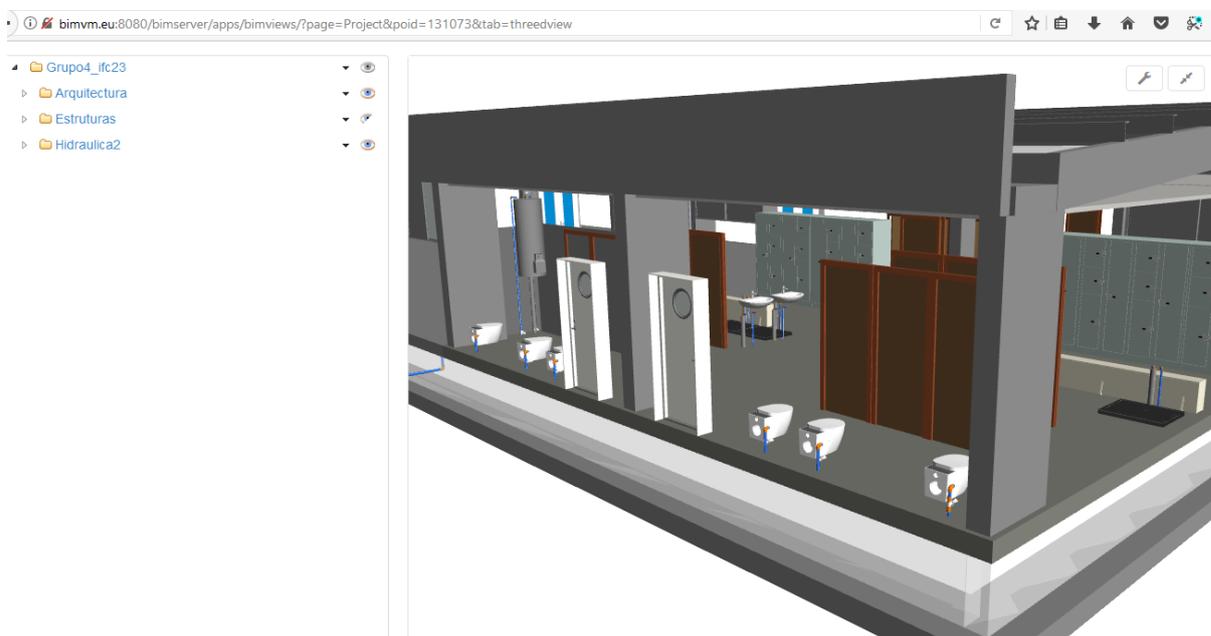


Figura 4: Visualização do modelo do grupo 4 no BIMserver.org

5. Conclusões

Em 1995 com o novo conceito BIM e a normalização IFC foram apresentadas promessas de interoperabilidade na indústria da construção pelos protagonistas das empresas de software proprietário. O objetivo seria prosseguido por um consórcio dessas empresas atualmente designado por *buildingSMART*. As empresas de software proprietário assumiam o investimento necessário em investigação e desenvolvimento, suportado nos dividendos obtidos de licenças de utilização do software pagos pelos utilizadores.

Hoje, 22 anos depois, nas soluções de software BIM proprietário, permanece o uso de formatos proprietários e a falta de interoperabilidade que sempre caracterizaram as anteriores soluções CAD. O uso de software proprietário no BIM continua a manter a ruínosa interoperabilidade inadequada na construção civil e o paradigma bíblico da torre de Babel.

Os clientes finais e proprietários (Estado e Cidadãos) devem tomar consciência dos elevados custos que suportam devido à interoperabilidade inadequada dos sistemas de informação, baseados em software proprietário, usados na fase de projeto e no processo de construção.

É urgente a sensibilização sobre o potencial do software livre para eliminar os custos da interoperabilidade inadequada no setor da construção. Os vários atores da indústria da construção e em particular os utilizadores de software proprietário BIM, que se debatem diariamente com a falta de interoperabilidade entre as soluções, devem ser sensibilizados para as mais valias do uso de soluções de software interoperáveis e de normas e formatos abertos. Para no momento de escolha do software serem capazes de apostar em soluções de software livre e investir recursos financeiros, tempo e esforço necessários para a mudança.

A nível nacional, a Administração Pública e o Estado devem assumir a responsabilidade de afetar fundos públicos, Nacionais e Europeus, à investigação e ao desenvolvimento de tecnologias de informação e soluções BIM para o setor da construção, com o objetivo de obter o retorno desse investimento na redução dos elevados custos atuais e futuros da interoperabilidade inadequada. O investimento dos fundos públicos deverá disseminar o conhecimento e os resultados no domínio público, através de licenciamento de software livre.

Referências

- [1] NIST 2004, “Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry” <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2004/NIST.GCR.04-867.pdf>
- [2] <https://pt.slideshare.net/berlotti/keynote-beyond-bim-2015-ghent>
- [3] Lei 36/2011 - Normas abertas nos sistemas informáticos do Estado <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2011/06/11800/0359903600.pdf>
- [4] Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2018 - Revisão do RNID <https://dre.pt/application/file/a/114461891>
- [5] Carta aberta: “Dinheiro público - Código Publico” (FSFE) <https://publiccode.eu/pt/openletter/>
- [6] Pinho, R. “Porque devem as Escolas usar SASIG?”, FOSS4G 2010 <https://pt.slideshare.net/ricardodepinho/sasig-iii-apresentao-grupo-educacao>
- [7] O Software Livre é um recurso estratégico para a implementação do Governo Eletrónico <https://www.governoeletronico.gov.br/Plone/sobre-o-programa/diretrizes>
- [8] TNO Organization: <https://www.tno.nl/en/about-tno/organisation/>
- [9] <https://sourceforge.net/projects/ifcexporter/>

REFLEXÃO SOBRE A PRÁTICA PROJETUAL A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES BIM NO ATELIER DE PROJETO

Vagner Wojcickoski⁽¹⁾

(1) UNIVATES - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado,RS – Brasil.

Resumo

O objetivo desta pesquisa é identificar como a utilização de softwares de modelagem paramétrica que utilizam a tecnologia BIM - *Building Information Modeling*, podem interferir no processo de projeto de estudantes de arquitetura. Para isto foram realizados estudos de caso através de acompanhamento, observação e análise de uma disciplina de Atelier de Projeto na Univates - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS – Brasil. Esta disciplina tem por objetivo elaborar a proposta para um Museu com pré-existência a ser preservada, a nível de anteprojeto arquitetônico em um terreno na cidade de Porto Alegre, RS - Brasil. Foram analisados os trabalhos de 3(três) alunos que utilizaram os softwares *Autodesk Revit* e *Graphisoft ArchiCad*. Essa reflexão sobre a prática passa por um questionamento sobre o uso dos conceitos BIM durante a concepção de projeto e a interferência da modelagem paramétrica nas decisões projetuais. A observação e análise dos artefatos coletados, da produção gráfica e das entrevistas com os alunos proporcionaram uma reflexão sobre a prática projetual com a utilização destas ferramentas.

1. Introdução

Se os estudantes aprendem a utilizar o suporte tecnológico, antes de aprender o ofício do arquiteto e paralelo a disciplinas importantes e históricas no ensino de arquitetura, como a expressão gráfica e a geometria descritiva, é ao menos factível que o aluno incorpore ao processo de ensino-aprendizagem características relacionadas à utilização da computação gráfica como suporte de representação e concepção arquitetônica. Uma vez que o aluno possua o domínio das ferramentas e a compreensão das disciplinas em prol da solução de problemas de projeto, é possível que suas ações durante o processo e os artefatos produzidos, conduzam a interferências no processo de projeto, que sejam determinantes para a formação do profissional de arquitetura, conforme a análise de Menezes et.al. [1]. Segundo Nome et.al., no Brasil o ensino

dos softwares que utilizam a tecnologia BIM não faz parte das matrizes curriculares e passa a ser incorporado por aqueles alunos que buscam o conhecimento extraclasse, através de cursos de extensão em escolas de software (não necessariamente de arquitetura) e cursos *on-line* [2]. O ensino-aprendizagem se dá a partir da utilização efetiva destes softwares no Atelier de Projeto. É possível relacionar o ensino-aprendizagem de softwares BIM no processo de projeto quando se verifica questões abordadas por Lawson. Segundo Lawson, alunos inexperientes muitas vezes não percebem que determinadas questões são consideráveis difíceis, sendo possível transformar o complexo em simples e resolver o que é mais complicado, geralmente relacionado à solução de problemas de projeto [3]. Através do domínio destes softwares, o aluno pode recorrer a recursos computacionais para representar ideias, que de outra forma, seriam representadas através de desenhos com pouca precisão e detalhes, e principalmente, levariam muito tempo para serem produzidos.

Outras questões relevantes sobre o aprendizado e a utilização da computação gráfica são abordadas no estudo de Cross. O autor questiona quais seriam os principais objetivos da introdução da computação no ensino de projeto. Avalia três objetivos principais: um seria apenas treinar futuros projetistas em certos aspectos da computação que poderão tornar-se úteis para trabalhar em escritórios que usam o sistema CAD – Computer Aided Drawing; outro seria introduzir aos alunos a possibilidade de utilizar os computadores como um adicional nos projetos que eles trabalhariam, introduzindo técnicas de modelagens aos desenhos; e o terceiro seria utilizar os computadores como um acréscimo às principais tarefas educacionais para ensinar estudantes como projetar [4]. Afirma ainda que as diferenças entre estilos cognitivos entre alunos e professores, projetistas e estratégias de projeto, podem dificultar a busca por esses objetivos. A terceira alternativa permite o questionamento sobre a abordagem de ensino na qual a utilização de softwares BIM deve ser inserida, considerando a relação professor x aluno.

2. Sobre o acompanhamento da disciplina

Para a realização dos estudos de caso, foi realizado acompanhamento na disciplina chamada Projeto de Arquitetura VI, em uma universidade do Rio Grande do Sul, ministrada por um professor do quadro docente. A disciplina é parte integrante da matriz curricular, no sexto semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo, dentre dez.

Segundo Martinez, As disciplinas teóricas, técnicas e humanas que formatam o curso complementam o ensino do atelier, no sentido de fornecer conhecimento para ser aplicado na elaboração do projeto. A (re)união dos conhecimentos que configuram o atelier proporciona, embora de forma fragmentada, um amplo panorama sobre as questões complexas na qual estão envolvidas a prática do arquiteto [5]. Este estudo valida-se neste contexto.

Para obter dados que fornecessem informações relevantes, a seguinte metodologia foi adotada: coleta dos arquivos digitais, dos artefatos produzidos pelos alunos e entrevistas. Para o entendimento desta pesquisa, serão relatados o acompanhamento das seguintes etapas de projeto: *Concepção, Partido Arquitetônico e Anteprojeto Arquitetônico*. A pesquisa foi realizada a partir do estudo de três alunos, escolhidos a partir da opção pela utilização dos softwares *Autodesk Revit* e *Graphisoft Archicad*. Estes três alunos serão a partir deste momento denominados aluna 1, aluno 2 e aluno 3. Os alunos 1 e 2 utilizaram o software *Graphisoft Archicad* e o aluno 3 utilizou o software *Autodesk Revit*.

3. Sobre o tema proposto, o terreno e o programa de necessidades

O exercício projetual proposto para esta disciplina constituía-se do projeto de um museu para exposição de obras de arte. O princípio da proposta consistia em uma intervenção arquitetônica a partir de uma pré-existência no centro da cidade de Porto Alegre, RS. O terreno possui uma área total de 2.746,07m² e a pré-existência, de 550,00m² deveria ser mantida na composição do partido arquitetônico.



Figura 1: Fotos do terreno e diagrama de localização. Fonte: Alunos 1 e 2.

O programa de necessidades foi fornecido pelo professor e previa os seguintes ambientes: sala de exposições temporárias e permanentes, áreas técnicas e administrativas, salas de aula, serviços, estacionamento, auditório, além das áreas de circulação e pátios, além dos ambientes de apoio. A área do museu deveria ficar entre 2.500 e 3.000 m².

4. Sobre os estudos de caso

Após entrevistas e observação dos artefatos gerados durante o processo, os estudos serão apresentados demonstrando as impressões de cada aluno a partir da utilização dos softwares e a elaboração dos projetos. É importante observar que não foi realizada nenhuma análise relacionada a qualidade dos projetos ou comparações em relação às soluções apresentadas.

4.1 Aluna 1

A aluna 1 realizou todo o processo de projeto com a utilização do *Archicad*. Quando questionada sobre a concepção do projeto, disse que não utilizou croquis para as primeiras ideias e nem ao mesmo realizou estudos de forma a fim de definir o partido.

Iniciou o processo de concepção diretamente no software e a partir do lançamento das paredes e pavimentos ia ajustando os espaços conforme o programa de necessidades. Duas análises podem ser apontadas em relação a este método projetual: a aluna possuía domínio do software e possuía uma *ideia fixa* sobre o problema a ser resolvido, conforme a análise de Goldschmidt [6]. A autora identifica a determinação de obter um resultado a partir de uma ideia inicial, caracterizando-a como uma *ideia fixa* [6], o que elimina as possibilidades de experimentação projetual, que poderia ser facilmente explorada devido às características do software. Essa atitude limita o processo, uma vez que ao escolher uma resposta para o problema, a aluna abriu mão de outras possibilidades que poderiam proporcionar diferentes soluções. Lima et al. [7] defendem que os meios de representação, os suportes e o conhecimento são responsáveis pelo

desenvolvimento dos processos de projeto, dos processos cognitivos e da produção arquitetônica de uma época. Enfatizam o fato de que o uso de tecnologias digitais proporcionaram a obtenção de formas complexas e a possibilidade de produzir projetos mais detalhados de forma a possibilitar a construção, reduzindo o tempo gasto em todas as etapas do processo.

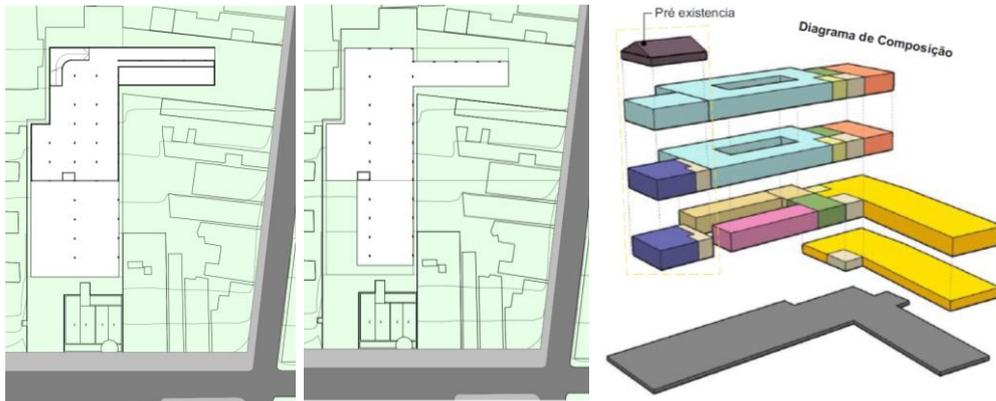


Figura 3: Lançamento inicial (concepção). Fonte: Produzido pela aluna 1.

Embora o professor tenha disponibilizado aos alunos um modelo tridimensional com o entorno e a pré-existência produzido no SketchUp, uma vez que a maioria dos alunos da turma utilizam este software, a aluna 1 remodelou o entorno e a pré-existência no software *Archicad*. Afirmou ter tentado importar o arquivo fornecido, porém teve problemas com a interoperabilidade dos softwares, e decidiu refazer para evitar possíveis problemas com os arquivos digitais. A aluna 1 disse sentir uma certa dificuldade em relação a quantidade de objetos 3d (biblioteca) disponível para o *Archicad*. Em determinadas situações alegou haver a necessidade de modelar elementos de projeto, porém por esta ser uma tarefa um pouco mais complexa e demorada, decidia por omitir alguma informação, ou usar um elemento análogo, conforme sugere Eastman [8].



Figura 4: Partido Arquitetônico. Fonte: Produzido pela aluna 1.

A modelagem paramétrica característica permite que as vistas (plantas, cortes e elevações) sejam geradas com maior agilidade em relação ao processo tradicional (representação a partir

de software CAD), porém o processo perde sentido quando o projetista não modela os elementos corretamente. As vistas geradas não irão corresponder corretamente aos elementos, podendo gerar erros graves como incoerência na relação entre eles.

A elaboração do partido evolui a partir dos primeiros lançamentos. O processo de desenvolvimento dos elementos arquitetônicos aconteceu de forma natural devido a possibilidade de navegar entre as diversas vistas e o modelo 3d simultaneamente. Em relação ao anteprojeto o desenvolvimento dos elementos aconteceu a partir da alteração do LOD (*Level of Development*) dos elementos modelados anteriormente, caracterizando um processo de *refinamento e adaptação* definido por Goldschmidt [9]. Segundo a aluna 1, houve poucas alterações significativas em relação ao partido, o que reforça a manutenção da *ideia fixa* desde o início do estudo [6]. Os diagramas compositivos e estruturais gerados pela aluna foram elaborados no *Archicad*, assim como a diagramação das pranchas.



Figura 5: Anteprojeto arquitetônico. Fonte: Produzido pela aluna 1.

Em relação a interação professor-aluno, as orientações foram realizadas com a utilização dos artefatos gerados de forma impressa e com a maquete virtual apresentada na tela do computador. Neste caso a orientação impressa permite que o professor faça desenhos ambíguos que ajudam a aluna a buscar soluções de projeto mais adequadas. Porém a orientação a partir da tela do computador gera uma barreira entre o professor e o projeto, uma vez que as modificações sugeridas devem ser transmitidas através de discurso, mímica e eventualmente croquis de observação. Os estudos de Schon demonstram este tipo de abordagem, que pode gerar dificuldades de compreensão do aluno e não contribuir diretamente para a evolução do projeto. [10]

4.2 Aluno 2

Este aluno estava habituado a produzir seus projetos com softwares CAD, como o *AutoCad* e *SketchUp*. Porém sentiu a necessidade de aprender a utilizar um software que lhe reduzisse o tempo de documentação e principalmente, retrabalho. Declarou-se autodidata, mas iniciou o processo de aprendizagem através de um curso presencial de curta duração e vídeo aulas, passou a utilizar o *Archicad* em substituição aos softwares anteriores. O aluno 2 realizou todo o processo com o software *Archicad*. Conforme sugere Goldschmidt ao referir-se aos diálogos que o croqui proporciona com o projetista, o aluno 2, no início do processo, produziu alguns croquis de concepção para estudar as relações formais e obter um ponto de partida para iniciar

a modelagem tridimensional. Após os primeiros lançamentos a mão livre e a definição da forma iniciou o processo no software e não retornou para a prancheta durante o desenvolvimento [11].

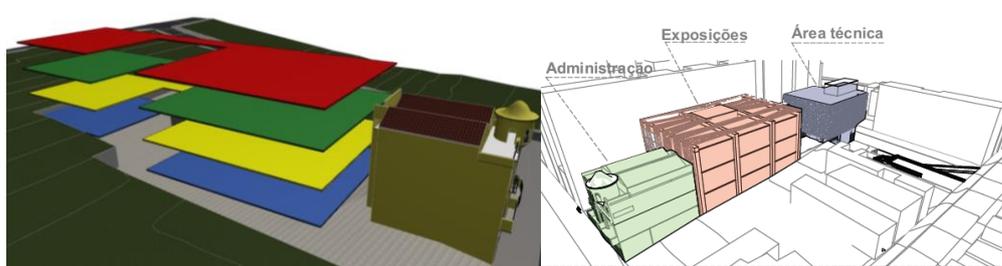


Figura 6: Lançamento inicial (concepção). Fonte: Produzido pelo aluno 2.

Este aluno demonstrou um domínio no software e a partir da modelagem tridimensional, definiu o zoneamento a partir da volumetria e definiu a estrutura a partir do lançamento dos elementos estruturais pré-dimensionados. Porém durante o desenvolvimento do partido precisou fazer alterações na forma para atender ao programa de necessidades. Neste processo não teve dificuldades e a flexibilidade do software permitiu que fizesse alterações necessárias sem limitar a criatividade. Também estas alterações puderam ser realizadas sem a necessidade de preocupar-se com a documentação, uma vez que todas as alterações realizadas se refletem em todas as vistas [8].

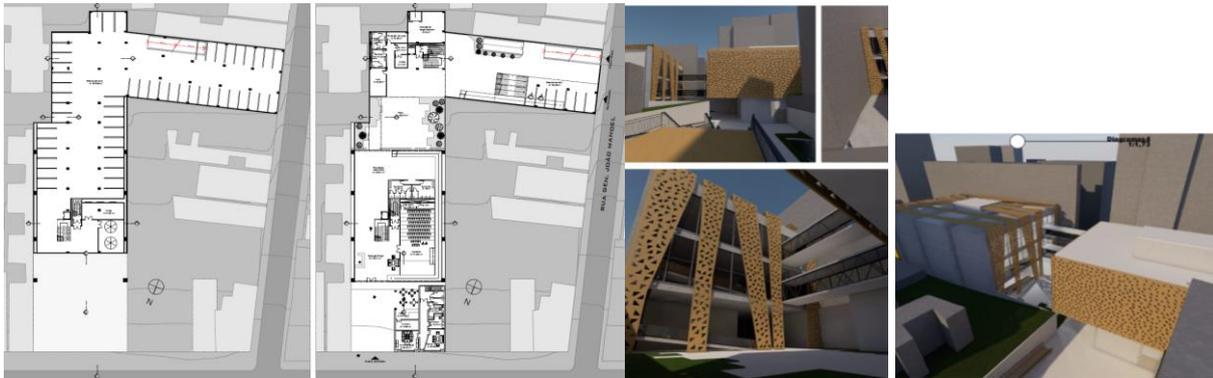


Figura 7: Partido arquitetônico. Fonte: Produzido pelo aluno 2.

Uma vez que o aluno tenha evoluído a partir da proposta inicial, concebida através de croquis e em seguida desenvolvida no software, foi possível utilizar as características da modelagem paramétrica para obter o resultado esperado e num processo de *adaptação* e *refinamento*, as ideias iniciais tornaram-se o partido e seu desenvolvimento levou ao anteprojecto, conforme apontados no estudo de Goldschmidt [9].

O aluno 2 afirmou que a possibilidade de visualizar diversas vistas simultaneamente foram determinantes para a evolução do processo de projeto, mas principalmente o fato de poder dedicar mais tempo a concepção e menos tempo a documentação resultaram efeitos positivos no processo e no resultado. Embora tenha um bom domínio do software, disse ainda ter dificuldade de utilizar algumas ferramentas mas que busca aprender conforme as dificuldades surgiram. Porém afirmou que isto não limitou sua criatividade. Durante o processo sentiu a necessidade da melhoria na oferta de modelos tridimensionais (biblioteca), e que embora não

tenha atrapalhado o resultado ainda não cria os próprios modelos, limitando-se a utilizar o que está disponível. Esta limitação pode restringir o processo, essencialmente durante o partido, por se tratar de um processo onde a necessidade de organizar, distribuir e criar elementos arquitetônicos são intrínsecos ao projeto de arquitetura. Limitar-se às possibilidades que o software proporciona certamente influirá no resultado final, positiva ou negativamente.



Figura 8: Anteprojeto arquitetônico. Fonte: Produzido pelo aluno 2.

Entretando, durante o desenvolvimento do anteprojeto algumas vistas precisaram ser corrigidas em função de não conseguir realizar todos os elementos através da modelagem paramétrica. Estas correções foram realizadas a partir de representação em 2d principalmente nos cortes e elevações.

Este aluno produziu os diagramas compositivos e produziu o layout das pranchas no software Archicad. Também utilizou o recurso do corte perspectivado, elaborado facilmente a partir da modelagem tridimensional.

Em relação a interação professor-aluno, o aluno relatou um forte incentivo do professor pela utilização do software, porém na maioria das vezes orientava o trabalho na tela do computador. Embora o professor solicitasse que ele levasse as vistas impressas, relatou que apenas imprimiu o processo nas etapas iniciais, onde as dúvidas sobre a composição formal e definição dos espaços ainda estavam sendo discutidas. De fato isto interfere na solução de problemas uma vez que o professor tem dificuldades em orientar o aluno. A orientação através do aspecto visual da tela do computador, do discurso e dos gestos precisam ser complementados pelo croqui a fim de tornar mais claras e concisas as soluções geradas.

4.3 Aluno 3

O aluno 3 elaborou seu projeto com a utilização do software *Autodesk Revit*. Deu início a sua aprendizagem através de um curso presencial de curta duração e aprimorou seu conhecimento utilizando vídeo aulas.

Declarou não possuir domínio do software e que iria utilizar este projeto para aprimorar seus conhecimentos e evoluir a partir das dificuldades que surgiriam. Por este motivo iniciou o processo de concepção a partir da utilização do software *AutoCad* para lançamento do zoneamento e definição dos espaços. Declarou que considera o *AutoCad* mais flexível para o desenho, por se tratar de uma prancheta eletrônica. Além disso utilizou o software *SketchUp* para fazer estudos volumétricos e a partir da definição dos elementos bidimensionais e tridimensionais em dois softwares distintos, passou a desenvolver o partido no software *Revit*.

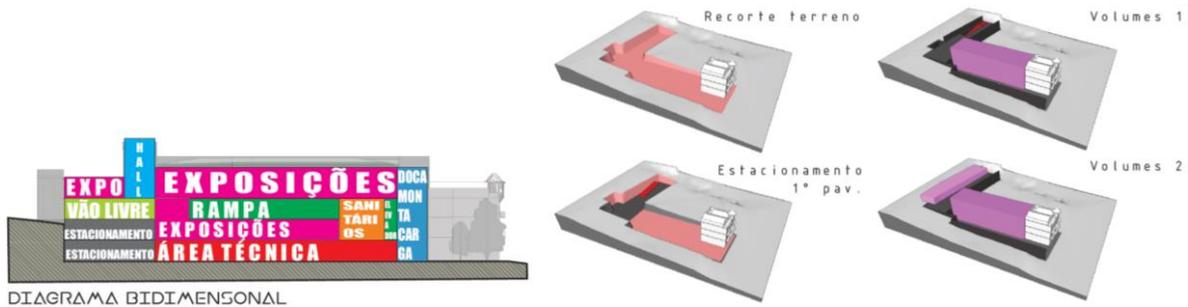


Figura 9: Lançamento inicial (concepção). Fonte: Produzido pelo aluno 3.

Este aluno relatou relativa facilidade no desenvolvimento do partido, uma vez que a concepção realizada em outros softwares permitiram que definisse os próximos passos. De fato, o trabalho realizado a seguir consistiu em *remodelar* as ideias que já haviam sido definidas. Embora tivesse algumas dificuldades com o software, principalmente relacionado com a edição de modelos tridimensionais (bibliotecas), a elaboração do partido foi realizada sem maiores problemas.

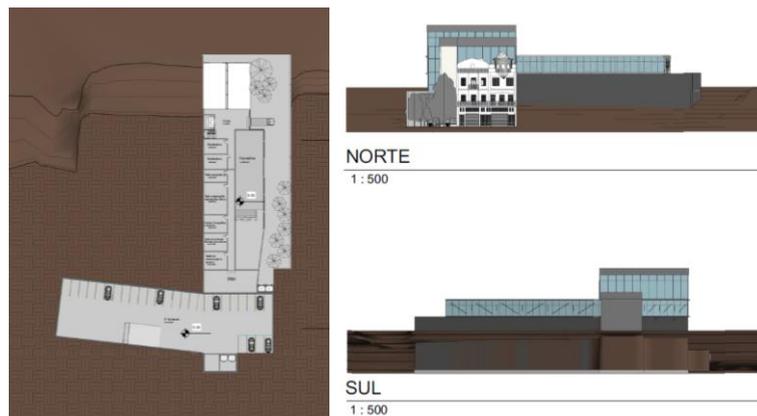


Figura 10: Partido arquitetônico. Fonte: Produzido pelo aluno 3.

No entanto, por se tratar de uma etapa de maior nível de desenvolvimento, o anteprojeto se tornou mais complexo, considerando a dificuldade que o aluno encontrou com a representação gráfica produzida pelo software. Relatou que encontrou diversos problemas relacionados a maneira como o software representa os projetos (na configuração *standard*), mas percebeu que se houvesse um pouco mais de aprofundamento poderia melhorar drasticamente a representação, sem maiores dificuldades.

Outro problema relatado foi a apresentação da pré-existência. Por não haver experiência suficiente para realizar a modelagem no próprio *Revit*, precisou utilizar o modelo realizado no software *SketchUp*. Entretanto isto lhe trouxe problemas com a interoperabilidade entre os softwares e ocasionou em grande perda de tempo mas resultados razoáveis. Considerando estas questões justificou-se uma finalização precoce do anteprojeto, com diversos espaços por serem resolvidos, o que certamente interferiu no processo e no resultado. Mencionou ainda que todas estas dificuldades tomaram muito tempo durante o processo e não conseguiu finalizar o anteprojeto, a ponto de não apresentar uma proposta de paisagismo para o terreno. No entanto

os renders da proposta foram gerados pelo Revit e receberam pós-produção no software *Adobe Photoshop*.



Figura 11: Anteprojeto arquitetônico. Fonte: Produzido pelo aluno 3.

Em relação a interação professor-aluno, o aluno relatou o incentivo do professor pela utilização do software, porém percebeu a dificuldade do aluno no processo, questionando a representação apresentada. Na maioria das orientações o aluno trazia para sala de aula a documentação impressa, o que permitiu ao professor verificar várias questões relacionadas ao processo e a utilização do software, como algumas soluções de espaços e representação gráfica, mas que o aluno não conseguiu concluir devido às dificuldades apresentadas.

5. Considerações Finais

Embora os alunos possuíssem diferentes níveis de habilidades relacionadas aos softwares e terem apresentados métodos de trabalhos diferentes, puderam ser observadas interferências comuns aos processos de projeto.

Os alunos defenderam a utilização de softwares BIM principalmente relacionados aos seguintes aspectos relacionados a cada uma das etapas de projeto:

- Em relação a *concepção*, a possibilidade de trabalhar em 2d e 3d simultaneamente, a flexibilidade do software em produzir elementos tridimensionais em escala, uma melhora na relação das percepções do projeto com o entorno e principalmente, a possibilidade de trabalhar mais tempo na concepção, uma vez que o tempo de documentação será reduzido drasticamente, foram os principais aspectos apontados.
- Em relação ao *partido arquitetônico*, apontaram que a modelagem mais precisa, a agilidade na extração das vistas e as poucas alterações necessárias em relação às ideias iniciais ocasionadas pela precisão da modelagem tornaram o processo mais eficiente.
- Em relação ao *anteprojeto arquitetônico*, afirmaram que o desenvolvimento do partido permitiu que o projeto evoluísse praticamente sem retrabalho na elaboração das vistas, e que isso permitiu uma redução do trabalho na documentação. Isto permitiu que a elaboração da documentação arquitetônica ocorresse em um tempo relativamente curto quando comparado a softwares CAD, que foi justamente melhor utilizado na etapa de *concepção* de projeto.

Como desvantagens, os alunos apontaram as seguintes situações:

- Dificuldade em encontrar modelos tridimensionais (bibliotecas) adequados para atender as soluções de projeto, necessitando maior conhecimento e domínio da ferramenta para modelar elementos pontualmente quando preciso, aumentando o tempo de trabalho.
- Além disso, por se tratar de softwares que exigem precisão na modelagem a fim de que a representação seja correta, afirmaram utilizar representação em 2d naqueles elementos que tiveram maiores dificuldades para representar mas se declararam cientes que isto era uma espécie de *maquiagem*, no sentido de que ia contra as características que os softwares apresentam.

Em linhas gerais a utilização dos softwares não apresentou nenhum benefício relacionado a qualidade dos projetos. Isto significa dizer que em qualquer ferramenta, seja o grafite, o nanquim ou CAD, seria possível produzir melhores projetos, levando em consideração a *expertise* de quem opera a ferramenta. Porém a maior interferência dos softwares BIM é de fato, a possibilidade de *experimentação* e de visualização das diversas vistas no processo de *concepção*, o que permite ao profissional definir as melhores soluções de projeto, além é claro, a agilidade na extração das vistas para documentação.

Referências

- [1] A. M. Menezes, M. L. S. Viana, M. L. P. Junior e S. R. Palhares, “A adequação (ou não) dos aplicativos BIM às teorias contemporâneas de ensino de projeto de edificações”, no *XIV Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital – SIGraDi* (2010), Bogotá, Colômbia, Anais... pg. 55-57.
- [2] C. A. Nome, M. J. Clayton, M. Aguiar, “BIM: configurações e desdobramentos para implementação prática e ensino de arquitetura”, no *XV Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital – SIGraDi* (2011), Santa Fé, Argentina, Anais... pg. 1-5.
- [3] B. Lawson, *Como arquitetos e designers pensam*. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2011.
- [4] N. Cross, “Styles of learning, designing and computing,” *Design Studies*, v.06 (n.03), pp. 157-162, 1985.
- [5] A. C. Martinez, *Ensaio sobre o projeto*. Brasília, DF.: Universidade de Brasília, 2000.
- [6] G. Goldschmidt, “Interpretation: it's role in architectural design,” *Design Studies*, v.9, n.4, pp. 235-245, 1988.
- [7] F.T.A. Lima, A.C. Marques, E.S.R. Pedroso; F. Braidá, ”Building Information Modeling: Um ensaio sobre as inovações nas formas de representação e gerenciamento de projeto e suas implicações na produção da arquitetura contemporânea,” no *XVI Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital – SIGraDi* (2012), Fortaleza, Brasil, Anais... pg. 491-494.
- [8] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken, N.J.: Wiley, Second Edition, 2011.
- [9] R. Oxman, “Refinement and adaptation in design conigation,” *Design Studies*, v.13 (n.02), pp.117-134, 1992.
- [10] D. Schon, *Educando o profissional reflexivo*. Porto Alegre,RS: Artmed, 2000.
- [11] G. Goldschmidt, “The Dialectics of Sketching,” *CreativityResearchJournal*, 4 (2), pp. 123-143, 1992.

API NA GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES

Ruben Pereira⁽¹⁾, Emanuel Correia⁽¹⁾

(1) GROUND MOTION – Earthquake & Structural Engineering International, Lda., Porto

Resumo

O paradigma de desenvolvimento da metodologia BIM (*Building Information Modelling*) assenta, fundamentalmente, na criação, gestão e partilha de informação globalmente integrada num modelo digital [1].

A gestão e uniformização dessa informação representam um dos principais desafios da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Nesse enquadramento, o presente artigo aborda a temática no âmbito do projeto de fundações e estruturas, não excluindo uma visão global e integrada de todo o processo. Isto é, o procedimento aqui exposto poderá ser extrapolado para outras especialidades e outras fases do processo, sendo necessariamente adaptado caso a caso.

Os softwares de modelação e visualização BIM dispõem de *Application Programming Interfaces* (API's) que possibilitam, através de métodos, o acesso à informação implementada no modelo. Com efeito, este artigo apresenta uma ferramenta focalizada na importação e tratamento da informação integrante do modelo digital. Esta ferramenta, desenvolvida em linguagem de programação C#, funciona como um *Add-in* ao software primário *Autodesk Revit*®.

A ferramenta incorpora uma interface gráfica e atua nas áreas da extração de quantidades e geração automática de Mapas de Trabalhos e Quantidades associados a um sistema de classificação pré-definido. O algoritmo desenvolvido visa colmatar algum défice de automatização do software primário e implementar um procedimento automático para a organização da informação em documentos padronizados da empresa.

1. Introdução

Um modelo BIM é, simplificada, caracterizado por um conjunto de objetos (ex.: pilares, paredes, vigas, etc.) assente num nível de detalhe geométrico específico aos quais se associa informação relevante do ponto de vista físico, funcional e construtivo [2]. Portanto, é fácil compreender que a informação contida no modelo não se limita à definição geométrica dos objetos modelados.

A possibilidade de incorporação de informação que integre o objeto modelado é potenciada pela modelação orientada a objetos, conceito basilar dos softwares BIM. Nessa medida, é permitido ao utilizador incluir a informação necessária à caracterização do objeto através da introdução de parâmetros ao nível local (específicos do objeto) ou global (partilhados por um conjunto de objetos, normalmente designados por classes ou famílias). Ou ainda, através da criação de novas classes com recurso a programação via API's.

No contexto nacional não existe, atualmente, um enquadramento normativo que defina objetivamente os requisitos associados à metodologia, informação e desenvolvimento deste tipo de modelos. Com efeito, esta definição é, por enquanto, deixada ao critério do utilizador e daquilo que este considere suficiente para o caso e a fase de desenvolvimento em causa ou, baseada em documentos internacionais (ex.: NBS BIM Object Standard [3], etc.) já implementados noutros países.

Importa, contudo, referir que a Comissão Técnica (CT) 197 – BIM, delegada pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), tem vindo a trabalhar no desenvolvimento da normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção [4] e cujo trabalho culminará na materialização de políticas, normas e instrumentos de apoio à indústria capazes de, a breve prazo, preencher o vazio atual.

Não deixando de ter presente o acima referido, o artigo tem como objetivo apresentar um aplicativo informático focalizado na importação, organização e extração da informação integrante do modelo digital de estruturas por via de API.

A grande maioria dos softwares BIM atuais dispõem de API's que permitem a programação de algoritmos. Estes podem funcionar como *Add-ins* tendo como propósito a implementação e automatização de tarefas de modelação, potenciando a adição das mais diversas competências ao software base. O software utilizado foi o *Autodesk Revit®* que na sua API suporta a framework .NET 4.6 [5] e a linguagem de programação escolhida foi o C#.

O aplicativo funciona a partir da consideração de um modelo BIM, realizado no software *Autodesk Revit®*, cujos objetos / famílias se encontram organizados no âmbito de um sistema de classificação. No caso presente, o sistema de classificação adotado foi o *Uniclass 2015* (Reino Unido) [6], sendo que se pretende que o aplicativo funcione futuramente com outros sistemas de classificação.

O aplicativo permite a tradução do modelo digital num documento, leia-se Mapa de Trabalhos e Quantidades, gerindo a informação associada a trabalhos e especificações integrada no modelo. Não obstante, o aplicativo requer a necessidade de uma prévia parametrização complementar de algumas famílias com vista à determinação de algumas propriedades exigidas para a quantificação dos trabalhos. Este “pré-processamento” de famílias foi também realizado com recurso às potencialidades do API do software, encontrando-se, porém, fora do âmbito do presente artigo.

2. Objetivos

O nível de maturação e implementação que a metodologia BIM apresenta no contexto nacional da indústria AEC obriga ainda à conversão de toda a informação digital em documentação 2D materializada em formatos passíveis de serem compreendidos, analisados e verificados por todos os intervenientes do processo [7]. Ora, estes formatos são aqueles que ainda hoje fazem parte do processo tradicional, nomeadamente *.xls*, *.pdf*, *.doc*, *.dwg* ou *.dwf*.

Consequentemente, e tendo em conta que a nível interno o procedimento implementado na empresa assenta fundamentalmente na metodologia BIM, surgiu a necessidade de automatizar algumas destas tarefas de “conversão de informação” evitando qualquer perda de legibilidade e representatividade da informação. Nesta perspetiva sinalizaram-se aquelas que, no âmbito do projeto de estruturas, seriam as mais sensíveis e repetitivas para que de uma forma estruturada se conseguisse conceber métodos e estratégias conducentes com uma eficaz modelação e gestão dessa informação. Entre as tarefas mais sensíveis destacam-se, claramente, a geração automática de peças desenhadas e a extração de quantidades. Na tarefa de extração de quantidades considerou-se ainda relevante a sua integração com o sistema de classificação adotado.

Uma das formas de acesso à informação contida nos parâmetros de cada objeto / família é o recurso a listagens filtradas de informação criadas pelo utilizador no *Autodesk Revit®*. Apesar destas listagens poderem ficar guardadas no *template* do software para utilização posterior em diferentes processos e modelos, estas não permitem ainda uma integração completa entre parâmetros. Por exemplo, não possibilitam a criação de uma lista de quantidades associada a um sistema de classificação. Nem tão pouco a adição de quantidades correspondentes a objetos / trabalhos não modelados. Acrescendo ainda a impossibilidade de exportar a informação para um layout padronizado da empresa. Estas limitações significam que o procedimento de extração de quantidades com recurso às opções nativas do software obriga a um conjunto de passos incompatível com a automatização pretendida para o efeito. Portanto, sobra o recurso ao API do software como única alternativa viável para alcançar os objetivos traçados.

Doravante, o artigo focar-se-á na forma como foi materializada a automatização do processo de extração de quantidades e geração automática de Mapas de Trabalhos e Quantidades partindo do pressuposto de que as tarefas a montante deste procedimento foram já integralmente cumpridas, nomeadamente a definição e implementação do sistema de classificação e a parametrização das famílias. Com efeito, pretende-se dar maior ênfase às potencialidades associadas à exploração da API do software e cujos fins / usos podem ser os mais diversos.

3. Desafios

O desenvolvimento de *Add-ins* ou outras ferramentas informáticas para complemento, automatização e extensão das competências dos softwares BIM disponibilizados no mercado é um desafio atual, e que julgamos será crescente nos tempos que se aproximam. A necessidade de otimizar a gestão da quantidade, cada vez maior, de informação gerada em cada processo, o aumento de produtividade exigido pela competitividade do mercado e a complexificação das geometrias associadas aos novos empreendimentos obrigam a um crescente domínio das competências associadas às ciências e tecnologias de programação.

A maioria dos softwares existentes no mercado promovem a possibilidade da criação dessas ferramentas através da utilização das API's. Contudo, estas API's requerem conhecimentos sólidos de programação e encontram-se escritas em linguagens de programação complexas como C# ou C++.

Esta situação obrigou à aquisição de competências específicas na área da programação em C#. Tendo em consideração que a experiência em programação era relativamente limitada, a fase inicial de aprendizagem revelou-se complexa e relativamente lenta. A adicionar a essa inexperiência, constatou-se que a estruturação de dados do software é bastante complexa não sendo clara a informação relativa às classes e métodos próprios para interagir com objetos, filtrar, selecionar e aceder à informação dos parâmetros.

A estruturação da informação foi baseada no sistema de classificação *Uniclass* 2015 [6] como forma de identificação e leitura clara da informação constante do modelo. A forma como a informação está nativamente categorizada no software não é suficientemente específica para o trabalho pretendido, por exemplo a uma família *floor* poderá corresponder uma laje de betão armado ou uma laje aligeirada, o mesmo acontece para a família de *structural columns*, à qual poderá pertencer um pilar em betão armado ou um pilar metálico. Ou seja, embora sejam objetos integrantes da mesma família têm características distintas que os obriga a serem quantificados de forma também distinta.

Assim, com a implementação do sistema de classificação foi possível estabelecer uma correspondência direta e unívoca entre os objetos e os parâmetros específicos a ler. A classificação constituiu um nível adicional de identidade, a partir do qual se definiram as propriedades possíveis de extrair. Por exemplo, logo que o objeto integrante da família *structural columns* é classificado como *20_30_75_15 Pilar em betão armado*, o aplicativo reconhece que as propriedades a extrair são a classe de resistência do betão, a classe de exposição, o volume, a cofragem e as armaduras.

Esta metodologia de identificação e parametrização possibilita a integração de objetos no modelo digital tendo como único propósito a quantificação de determinados trabalhos, independentemente, da família base a que pertencem. Um objeto genérico da família *mass* quando, por exemplo, classificado como *20_05_10_10 Betão de limpeza*, despoleta ao nível do algoritmo do aplicativo, o cálculo automático do volume de betão de limpeza diretamente relacionado com outros objetos, mas não explicitamente modelado. Esta valência é apenas

possível ao nível do API do software dado que o *Autodesk Revit*[®] não permite a criação de parâmetros, ao nível das famílias, que calculem propriedades integrantes de outras famílias.

No fim pretendia-se que o aplicativo exportasse automaticamente a informação resultante para um formato *.xls* devidamente integrado num layout padronizado da empresa. Isto obrigou à criação de rotinas suplementares para integração com o *Microsoft*[®] *Excel*.

4. Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido com recurso ao *Microsoft*[®] *Visual Studio* 2015 permitindo, em ambiente *Autodesk Revit*[®], a execução e a validação do código. A utilização desta ferramenta prendeu-se com a necessidade de criar um aplicativo cuja interface fosse de fácil e intuitiva utilização.

O desenvolvimento do aplicativo implicou o acesso aos parâmetros (de instância ou tipo) das diferentes famílias, com a dificuldade inicial de compreender como a API do software disponibiliza essa informação. Essa informação serve para cálculo das quantidades que posteriormente integram o Mapa de Trabalhos e Quantidades. Os métodos de recolha de informação foram testados e validados para cada família.

4.1 Interface gráfica

A interface gráfica utilizada é do tipo *Windows Presentation Foundation (WPF)* que exhibe como principal vantagem a separação entre o design e o comportamento, promovendo a criação de um código melhor organizado. O design no *WPF* é criado geralmente no *XAML (Extensible Application Markup Language)* e o comportamento/código é implementado numa linguagem de programação [8], neste caso o *C#*. Isto possibilita que a interface seja criada por um designer e o código por um programador, de maneira independente. Esta plataforma de desenvolvimento requer, quando comparada com a *Windows Forms (WF)*, uma curva de aprendizagem superior. Além de haver pouca informação de apoio disponível.

4.2 Algoritmo

A organização do código foi materializada à custa da criação de classes que agrupam propriedades e métodos para agilizar a interação com os diferentes propósitos do aplicativo.

Para obtermos a informação pretendida houve a necessidade de filtrar os objetos por classificação e definir respetivamente as propriedades a calcular e extrair. Os objetos foram filtrados com recurso à classe *Collector*, criada especificamente para esse objetivo. Essa classe possui métodos para seleção dos objetos baseada no parâmetro que contém a classificação.

A classe *Classification* agrupa toda a informação relativa à classificação, definindo propriedades como a designação, a unidade de medição e as propriedades pretendidas, por exemplo: o volume, peso, etc. O aplicativo contém, na sua base de dados, cerca de 150 códigos de classificação referentes ao *Uniclass* 2015 [6].

A classe *Quantities* foi definida para calcular as propriedades dos objetos, nomeadamente quantidades, comprimentos, volumes, áreas, cofragens e pesos (armaduras ou estrutura

metálica). O processo é conduzido para cada tipo de classificação presente no modelo. Na figura 1 apresenta-se a estrutura do processo.

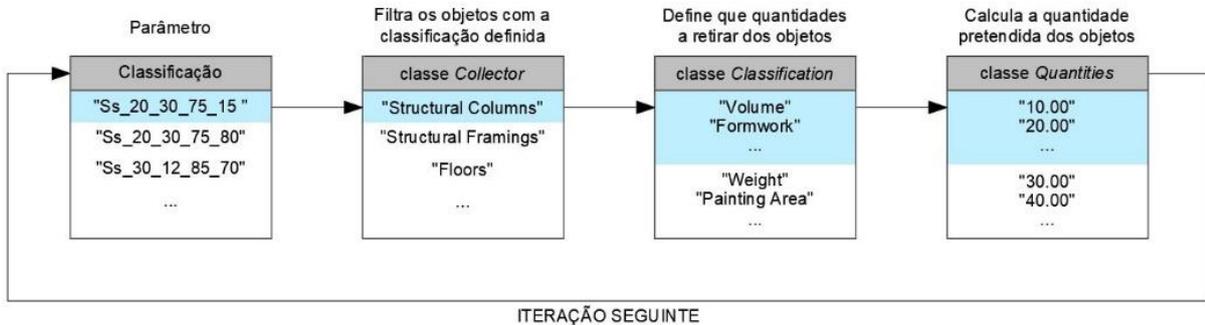


Figura 1: Estrutura do processo.

Em paralelo com a recolha de informação, foram criados métodos para determinar a existência de objetos sem classificação e/ou identificação. Os objetos que não possuam este tipo de informação não serão tidos em conta pelo aplicativo. Não obstante, o aplicativo reúne a informação desses objetos (categoria, tipo e id) e emite um alerta ao utilizador (Figura 2). Este processo funciona simplesmente como um mecanismo de controlo do modelo, deixando ao critério do utilizador o ato de ignorar ou corrigir a situação identificada. Na verdade, poder-se-á dar o caso desses objetos não terem representatividade ao nível do Mapa de Trabalhos e Quantidades e, portanto, poderem ser desprezados.

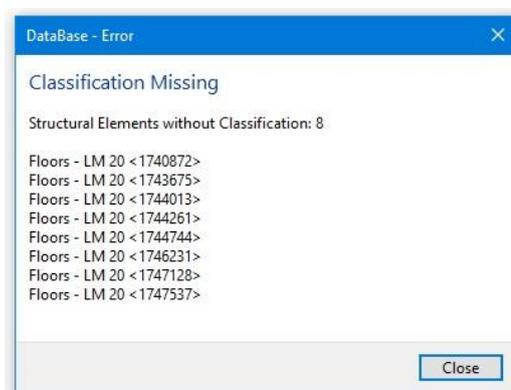


Figura 2: Mecanismo de controlo dos objetos sem classificação.

4.3 Utilização

O *Autodesk Revit*® possui parâmetros pré-definidos que estão associados a sistemas de classificação, como por exemplo o *OmniClass Number* que se encontra referenciado ao *OmniClass*, o *Keynote* ao *MasterFormat* ou o *Assembly Code* ao *UniFormat* [9]. O parâmetro que contém o código de classificação pode ser um dos referidos acima ou um parâmetro criado para o efeito.

Assumindo a possibilidade de existirem diferentes sistemas de classificação, o aplicativo inicia apresentando ao utilizador uma listagem dos parâmetros envolvidos nos objetos. O utilizador deve escolher aquele que corresponda ao sistema de classificação pretendido. Ressalva-se que

o estado atual de desenvolvimento do aplicativo contempla apenas o sistema de classificação *Uniclass 2015* [6].

Após a seleção do parâmetro, o utilizador poderá interagir entre duas listas, uma que contém as classificações / artigos efetivamente modelados, designada por *Modelled Items* e outra, designada por *Additional Items*, que contém as restantes classificações / artigos não presentes no modelo ou trabalhos impossíveis de serem modelados (Figura 3).

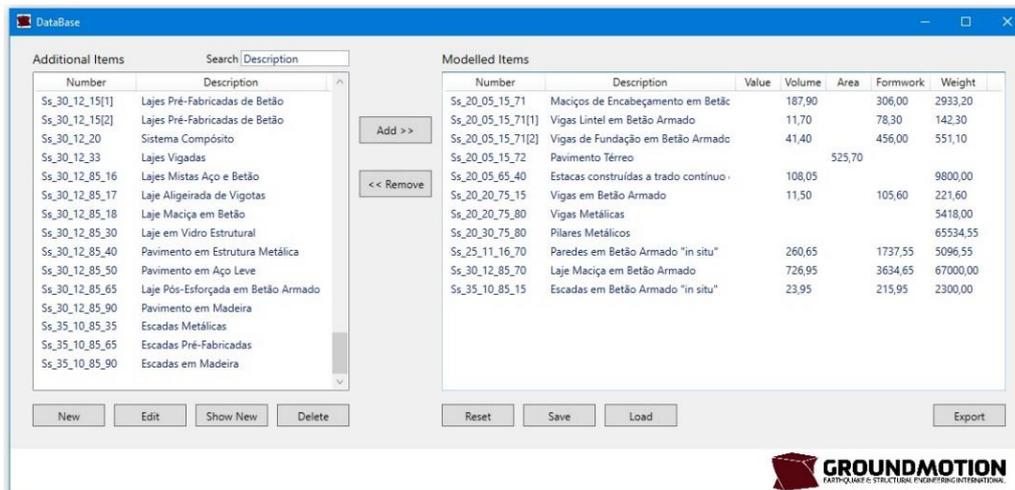


Figura 3: Interface do Aplicativo.

A interface disponibiliza operações como adicionar, remover e editar artigos.

A lista *Modelled Items* inicia apenas com os artigos presentes no modelo, organizando-os e recolhendo as quantidades totais referentes a cada um. Esta lista terá a informação modelada a extrair e pode ser complementada com artigos presentes na lista *Additional Items*.

Sempre que reiniciamos o aplicativo, os artigos da *Modelled Items* são atualizados assim como as suas quantidades. No entanto, este ato não permite guardar os artigos entretanto criados e/ou adicionados à lista *Modelled Items*. Esses artigos pertencem novamente à lista *Additional Items* e terão de ser, uma vez mais, adicionados à lista final.

Os vários estádios de desenvolvimento do Mapa de Trabalhos e Quantidades podem ser guardados recorrendo à opção *Save* que permite gravar um ficheiro no formato *.txt* com as alterações realizadas na lista final (*Modelled Items*). Este ficheiro contempla unicamente os elementos da lista *Additional Items* que foram incluídos na lista final. O ficheiro poderá depois ser carregado no aplicativo através do comando *Load*, possibilitando a leitura e a alteração desses artigos. O ficheiro *.txt* pode ainda ser utilizado em diferentes modelos de modo a acelerar o preenchimento da lista final.

A opção *Export* aparece como o passo final do processo de geração do Mapa de Trabalhos e Quantidades. A informação contida na lista é extraída para um formato *.xlsx* em cumprimento do layout padronizado da empresa. O ficheiro é gerado recorrendo integralmente à linguagem de programação *C#*. O cabeçalho é preenchido recorrendo aos parâmetros que constituem o

Project Information (informação definida no modelo digital). Dados como o número do projeto, nome do cliente, designação do projeto, fase, morada são automaticamente preenchidos. O nome do ficheiro consiste na numeração interna da empresa e a revisão definida através de um método que verifica qual a última versão especificada no modelo.

O ficheiro final tem a informação disposta de acordo com a estrutura do *Uniclass 2015* [6], organizada de forma hierárquica por grupo, sub-grupo, seção e artigo (Figura 4). Cada artigo é complementado com um pequeno descritivo do trabalho associado.

CÓDIGO		DESIGNAÇÃO DOS TRABALHOS	UNI.	QUANT.	PREÇO (Euros)	
					UNITÁRIO	TOTAL
Ss_20		ESTRUTURA GERAL				
Ss_20_05		INFRAESTRUTURA				
Ss_20_05_15		FUNDAÇÕES EM BETÃO				
Ss_20_05_15_71		Maciços de Encabeçamento em Betão Armado				
		Execução de Maciços de Encabeçamento de fundação em betão armado normal "cinzento", incluindo fornecimento, colocação, compactação e cura de betão C30/37 , XC2 , Cl 0.40 , S3 , Dmáx 22 mm com incorporação de hidrófugo "SIKA Plastocrete 05"; transporte, montagem, desmontagem, óleo descofrante e limpeza de cofragem para betão oculto e escoramento; fornecimento, colocação, carga e descarga, desperdícios e empalmes e elementos de montagem de armaduras certificadas em aço A500 NR-SD , e todos os trabalhos, materiais e execução de acordo com o projecto.				
	[1.1]	Betão	m³	187.90		
	[1.2]	Cofragem	m²	306.00		
	[1.3]	Armadura	kg	2933.20		
Ss_20_05_15_71		Vigas Lintel em Betão Armado				
		[1] Execução de Viga lintel em betão armado normal "cinzento", incluindo fornecimento, colocação, compactação e cura de betão C30/37 , XC2 , Cl 0.40 , S3 , Dmáx 16 mm com incorporação de hidrófugo ; transporte, montagem, desmontagem, óleo descofrante e limpeza de cofragem para betão oculto e escoramento; fornecimento, colocação, carga e descarga, desperdícios e empalmes e elementos de montagem de armaduras certificadas em aço A500 NR-SD , e todos os trabalhos, materiais e execução de acordo com o projecto.				
	[1.1]	Betão	m³	11.70		
	[1.2]	Cofragem	m²	78.30		
	[1.3]	Armadura	kg	142.30		

Figura 4: Mapa de Trabalhos e Quantidades gerado automaticamente.

5. Limitações Atuais

O aplicativo foi, nesta primeira fase, desenvolvido tendo por base o sistema de classificação *Uniclass 2015* [6], e em respeito da sua estrutura classificativa e de medição. Releva-se que o *Add-in* permite, neste enquadramento, calcular e extrair as propriedades necessárias ao preenchimento completo do Mapa de Trabalhos e Quantidades associado ao Projeto de Fundações e Estruturas. A determinação das quantidades necessárias está indexada à

classificação dos elementos do modelo digital. Logo, o aplicativo quantificará apenas os elementos devidamente classificados.

O aplicativo não controla ou requiere um nível mínimo de detalhe e de informação a ler nos objetos, i.e., é insensível ao grau de desenvolvimento e à fase do projeto a que o modelo diz respeito. Por ora, o aplicativo resume-se ao cálculo e extração da informação necessária à elaboração de um Mapa de Trabalhos e Quantidades compatível com a fase de Projeto de Execução, independentemente de a informação estar ou não explicitamente modelada. No caso de algumas das propriedades não estarem explicitamente modeladas ou definidas, o aplicativo retorna para esse campo um valor nulo formatado a vermelho.

6. Desenvolvimentos Futuros

Como referido ao longo do artigo, o aplicativo foi estruturado de acordo com um sistema de classificação internacional. Esta opção teve que ver com o facto de este ser baseado na norma ISO 12006-2 [10], que lhe confere, teoricamente, transversalidade suficiente para um mapeamento futuro com outro de sistema de classificação, nomeadamente com um sistema nacional que possa vir a ser proposto num futuro próximo.

Essa lógica de interoperabilidade entre sistemas poderá e deverá ser contemplada ao nível do aplicativo, possibilitando a adição de diferentes sistemas de classificação. A evolução da classificação do objeto em função do nível de detalhe e de informação poderá também ser um vetor a explorar nesta vertente.

A lógica metodológica em que o aplicativo se baseia permite uma extrapolação para outras especialidades. Nessa perspetiva poderão as competências do aplicativo ser alargadas para que a geração do Mapa de Trabalhos e Quantidades possa ser realizada de uma forma personalizada ou global, devidamente integrada com o Sistema de Classificação a adotar.

A possibilidade de gerar de forma automatizada e organizada os Mapas de Trabalhos e Quantidades servirá, no futuro, para os indexar a uma estrutura de base de dados que permita agrupar as obras por tipologia estrutural, dimensão e custo.

7. Conclusão

O avanço significativo da construção digital, concretizada na metodologia BIM, vem abrir portas a projetos e empreendimentos cada vez mais complexos. Essa complexidade é já uma realidade atual e tem uma influência extrema nas tarefas de análise estrutural e na definição de processos construtivos. Em complemento, há uma necessidade premente de automatizar aquelas que são as tarefas mais repetitivas no desenvolvimento de um projeto. Essa automatização, entre outros objetivos, visa a gestão coordenada e integrada de toda a informação gerada ao longo do processo. A automatização, desde que devidamente validada, permite a redução de erros e o controlo rigoroso e imediato de todas as tarefas.

Nessa perspetiva desenvolveu-se o aplicativo apresentado ao longo deste artigo e criou-se a oportunidade de conceber um produto capaz de compreender outras especialidades e outras fases do processo. Ainda assim, esta possibilidade terá de ser ponderada em função da perspetiva de desenvolvimento dos softwares BIM.

A aquisição de know-how relacionado com a programação e com a lógica associada à API do software permite estabelecer novas metas de automatização e sistematização da informação relacionadas com outras tarefas do processo. Mesmo ao nível da interoperabilidade entre softwares há, por meio da API, uma possibilidade de integração.

Referências

- [1] Salman Azhar, "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry" in *Leadership and Management in Engineering* (2011), Vol. 11, Issue 3, pp. 241–252.
- [2] NBS, What is Building Information Modelling (BIM)?, URL:<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim> (consultado em novembro de 2017).
- [3] NBS National BIM Library, "NBS BIM Object Standard v2.0", URL: <https://www.nationalbimlibrary.com/nbs-bim-object-standard> (consultado em outubro 2017)
- [4] A.A. Costa, "Plano de Ação da CT197", ONS/IST, 2016.
- [5] Autodesk Knowledge Network – Development Requirements. URL: <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-API/files/GUID-FEF0ED40-8658-4C69-934D-7F83FB5D5B63-htm.html> (consultado em novembro de 2017)
- [6] NBS BIM Toolkit, Classification, URL: <https://toolkit.thenbs.com/articles/classification#classificationtables> (consultado em outubro de 2017)
- [7] P. Carvalho, "Avaliação do estado de implementação da tecnologia BIM no setor da construção em Portugal", Tese de Mestrado, Porto, FEUP, 2016.
- [8] Visual Studio Documentation - Introdução ao WPF (Windows Presentation Foundation), 2016, URL: <https://docs.microsoft.com/pt-br/visualstudio/designers/introduction-to-wpf> (consultado em novembro 2017)
- [9] Autodesk Whitepaper - Classification Systems, "Classification Systems and Their Use in Autodesk Revit® - Managing the "I" in BIM", 2017, URL: <http://www.biminteroperabilitytools.com/classificationmanager.php> (consultado em novembro 2017)
- [10] ISO/TC 59/SC13, "ISO 12006-2:2015 - Building Construction - Organization of information about construction works - Part 2: framework for classification", 2015

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM NA PORMENORIZAÇÃO DE ARMADURAS DE BETÃO ARMADO

João Lima ⁽¹⁾, Jorge Silva ⁽¹⁾, Vítor Pascoal ⁽¹⁾, André Monteiro ⁽¹⁾

(1) bimTEC, Porto

Resumo

A pormenorização detalhada de armaduras acompanhadas de mapas de ferros com a indicação da informação para corte e dobragem é uma exigência cada vez mais comum aos projetistas de estruturas, especialmente em mercados internacionais. Trata-se de uma tarefa bastante específica e algo morosa a qual poderá ser bastante facilitada com a utilização de modelos BIM. Tradicionalmente abordados numa perspetiva 2D, os desenhos de pormenorização para fabrico de armaduras (*shop drawings*) materializam-se sobretudo em esquemas que ilustram a quantidade e disposição das armaduras a colocar nos diferentes elementos de betão armado, acompanhados de tabelas onde são identificados todos os tipos de varões, organizados por tipo - diâmetro e forma - e as respetivas quantidades contabilizadas. Numa primeira instância, a utilização de ferramentas BIM para efeito de pormenorização de armaduras permite beneficiar da capacidade das ferramentas em gerar diferentes tipos de vistas, e em extrair informação e quantidades diretamente a partir do modelo 3D das armaduras. Numa perspetiva a médio prazo, a utilização de modelos BIM permitirá transitar de um conceito de *shop drawing*, baseado em esquemas 2D, para um conceito de *shop modeling*, onde os modelos são utilizados diretamente nos processos de fabrico industrializado das armaduras.

O presente artigo descreve a experiência recolhida em diversos projetos onde foram utilizados processos BIM para desenvolvimento de *shop drawings* de armaduras em projetos de edifícios, pontes e obras subterrâneas desenvolvidos para diferentes contextos internacionais, identificando alguns dos desafios associados à produção de modelos BIM de armaduras para *shop modeling*.

1. Introdução

A aplicação dos princípios e ferramentas de *Building Information Modeling* (BIM) para a pormenorização de armaduras de elementos estruturais em betão armado é algo que se tem desenvolvido sobretudo na última década, com as empresas de software a apostarem consideravelmente na transição do desenho 2D para uma modelação tridimensional das armaduras diretamente sobre o modelo geométrico das estruturas. Para tal foi decisiva, por um lado, a proliferação do BIM enquanto metodologia de trabalho aplicada ao desenvolvimento do projeto de estruturas, e por outro, a evolução da capacidade de processamento de gráficos 3D. Dada a densidade, complexidade e dimensão da componente de pormenorização de armaduras do projeto de estruturas, bem como o seu impacto na orçamentação para construção, a exigência da pormenorização detalhada de armaduras é cada vez mais um requisito fundamental em projetos internacionais de grande dimensão [1].

A pormenorização de armaduras em elementos de betão armado, ou “*Shop Drawings*” conforme a designação inglesa, obriga à total definição geométrica dos chamados “*Rebar Shapes*”, isto é, alçados devidamente cotados de cada forma, e à contagem extensiva de todas as armaduras em tabelas onde são especificados os comprimentos de dobragem das formas e o peso dos varões. Estas tabelas são conhecidas internacionalmente como “*Bar Bending Schedules*”. A British Standard (BS) 8666:2005 [2] é a norma inglesa para dimensionamento da dobragem e corte de armaduras em elementos de betão armado, sendo tipicamente utilizada como referência no desenvolvimento de projetos de estruturas a nível internacional.

Os métodos tradicionais para criação de *Shop Drawings* envolviam o desenho manual de todas as armaduras e a respetiva contagem em *Bar Bending Schedules*, processo que pela elevada repetição e complexidade era bastante moroso e sujeito a erro humano. Com a introdução de processos e ferramentas CAD paramétricas para desenvolvimento de projetos de estruturas registou-se uma evolução assinalável na forma como eram criados os *Shop Drawings*. O processo continuava a desenvolver-se essencialmente em 2D, no entanto, a parametrização dos elementos de armadura possibilitavam a contagem automática dos varões e a criação de tabelas de aço dinâmicas. A passagem para um ambiente 3D tem-se vindo a registar com a integração e a evolução das ferramentas de pormenorização tridimensional de armaduras nas aplicações BIM. Numa primeira fase seguindo processos de trabalho muito semelhantes aos processos CAD 2D, a criação de modelos BIM de armaduras trazia ainda assim vantagens ao nível da visualização e da coordenação das estruturas com a arquitetura e as restantes engenharias [3]. Com a evolução da automatização dos processos de fabrico de estruturas, pré-fabricadas ou in-situ, os modelos BIM de armaduras tenderão a ser cada vez mais importantes na construção de estruturas em betão armado, alimentando diretamente as máquinas de dobragem de aço. Neste contexto, o conceito de *Shop Drawing* enquanto elemento-chave na definição das armaduras perderá relevância, sendo substituído pelo conceito de *Shop Model* [4].

2. Desafios da modelação de armaduras

A modelação tridimensional de armaduras para produção de *Shop Drawings* com *Bar Bending Schedules* obriga à modelação integral de todas as armaduras, o que desde logo, representa um incremento considerável do esforço de modelação em comparação com as metodologias baseadas em processos 2D. A modelação 3D de armaduras geralmente obriga a um maior nível

de detalhe na modelação em relação à modelação 3D, no entanto, quando o objetivo da modelação é a produção de *Shop Drawings*, os fatores mais importantes na criação do modelo estão relacionados com a correta representação das armaduras nos desenhos e a quantificação das dimensões conforme definido nos parâmetros presentes nas tabelas [5]. A ocorrência de colisões entre armaduras no modelo 3D pode, segundo estes pressupostos, ser desprezada sempre que se tratem de colisões relativas à montagem das armaduras. Colisões “de projeto” relacionadas com a falta de espaço para colocação das armaduras em zonas de elevada densidade de aço deverão naturalmente ser resolvidas no projeto e como tal refletidas no modelo. A total compatibilização das armaduras do modelo introduz um nível adicional de complexidade à modelação, na medida em que se torna necessário ajustar as zonas de encontro entre armaduras (ver Figura 1). Não é, no entanto, claro que a resolução destas colisões faça sempre sentido na medida em que tal resultaria numa grande quantidade de *Shapes* que na realidade representariam varões standard a dobrar ligeiramente em obra apenas para efeitos de montagem.

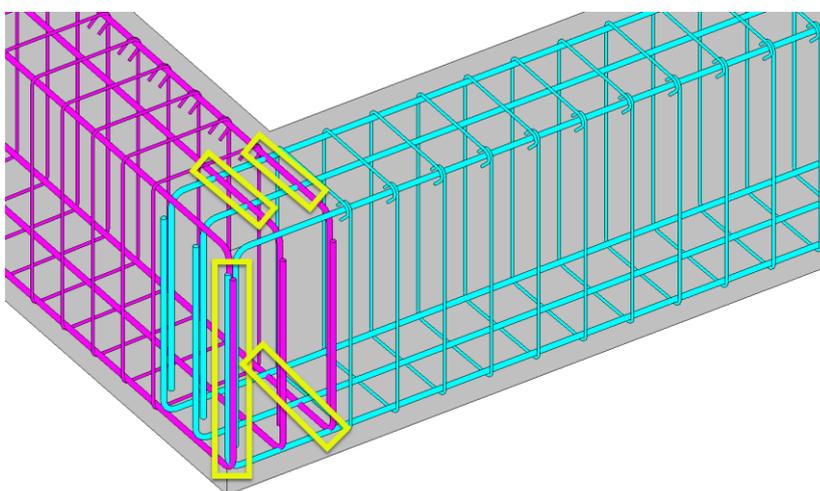


Figura 1: Situações típicas de sobreposição de armaduras modeladas em 3D.

Na medida em que os *Bar Bending Schedules* são gerados automaticamente a partir do modelo BIM, reportando diretamente as medidas associadas às armaduras, é necessária uma gestão criteriosa dos parâmetros associados às armaduras, em particular no que diz respeito às dimensões detalhadas dos varões, isto é, os parâmetros A, B, C, D, E, H1 e H2. A gestão destes parâmetros é realizada na própria modelação que deve seguir os mesmos pressupostos da norma a seguir (ver Figura 2).



Figura 2: Exemplo do critério de parametrização do *Shape 11*.

Tomando o exemplo das Figuras 2 e 3, os varões 6 e 7 correspondentes ao *Shape 11* são em tudo idênticos exceto nos parâmetros “A” e “B” que se encontram trocados. Para além de estar definido na BS 8666 que o parâmetro “A” deve ser inferior ao parâmetro “B”, esta falha de modelação resultou numa duplicação na numeração das armaduras, o que propagado por todas as armaduras do projeto pode dar origem a contagens desnecessariamente extensas.

Bar Diameter	Total Bar Length	Volume	Mass
8 mm	166.44 m	0.008 m³	0.07 kg
16 mm	103.47 m	0.021 m³	0.16 kg
	269.91 m	0.029 m³	0.23 kg

Number	Bar Diameter	Bar Length	Quantity	Total Bar Length	Shape	A	B	C	D	E	H1	H2
1	8 mm	2280 mm	73	166.44 m	31	350 mm	750 mm	350 mm	750 mm	0 mm	60 mm	60 mm
2	16 mm	9380 mm	3	28.14 m	21	650 mm	8150 mm	650 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
3	16 mm	9340 mm	3	28.02 m	21	650 mm	8100 mm	650 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
4	16 mm	4340 mm	3	13.02 m	21	640 mm	3120 mm	640 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
5	16 mm	4370 mm	3	13.11 m	21	640 mm	3150 mm	640 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
6	16 mm	3530 mm	3	10.59 m	11	2900 mm	700 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
7	16 mm	3530 mm	3	10.59 m	11	700 mm	2900 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm

Figura 3: Exemplo de numeração incorreta de armaduras em *Bar Bending Schedules*.

Para além dos aspetos formais relacionados com a organização da informação utilizada na numeração e contagem das armaduras, existem ainda aspetos operacionais que constituem desafios à criação do modelo de armaduras, relacionados sobretudo com a facilidade com que o modelo atinge uma densidade gráfica tal que se torna difícil navegar no modelo ou isolar as armaduras de acordo com o critério pretendido, seja por tipo de elemento ou por tabela (ver Figura 4).

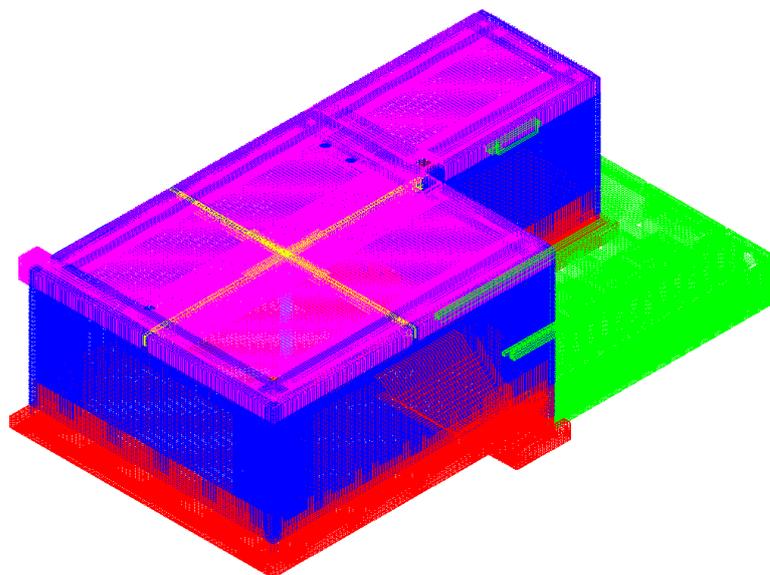


Figura 4: Recurso a código de cores para distinção das armaduras por tipo de elemento.

3. Processos de modelação

O resultado da pormenorização detalhada de armaduras é de grande utilidade para a construção, primeiro como base para a orçamentação dos trabalhos associados ao betão armado e posteriormente na montagem das armaduras em obra, no entanto, geralmente não existem grandes incentivos para o projetista que geralmente exclui desde logo estes trabalhos no cálculo dos seus honorários. Com efeito, da prática corrente em Portugal observa-se que a componente de betão armado é compatível com um nível de pormenorização médio, caracterizado pela definição de cortes e alçados para os elementos de betão, sem criação de tabelas ou numeração e cotagem das formas das armaduras, sendo a massa do aço em armaduras estimada com base em densidades médias de armadura por elemento.

Com a documentação do projeto de estruturas a transitar de um ambiente 2D para um enquadramento BIM e tendo em conta o volume de trabalho associado à componente de pormenorização das armaduras, torna-se necessário definir concretamente quais os processos de trabalho a adotar em função dos requisitos de cada projeto.

Num enquadramento de projeto de licenciamento em que se pretende obter uma representação tipificada dos elementos necessários para caracterizar o projeto poderá não se justificar a modelação 3D de armaduras, optando-se em alternativa pela utilização de objetos 2D paramétricos representativos das formas standard ou “*Shapes*”. Esta abordagem permite, por um lado, simular o processo de trabalho utilizado na modelação 3D de armaduras sem que seja necessário compatibilizar armaduras noutras vistas ou partes do modelo, e por outro, obter os benefícios da modelação paramétrica com os desenhos e as anotações encontrando-se sempre atualizados entre si. Os objetos paramétricos 2D podem ser configurados para assumir diferentes tipos de representação e distribuição, de acordo com as diferentes formas de representar armaduras em planta e em corte (ver Figura 5).

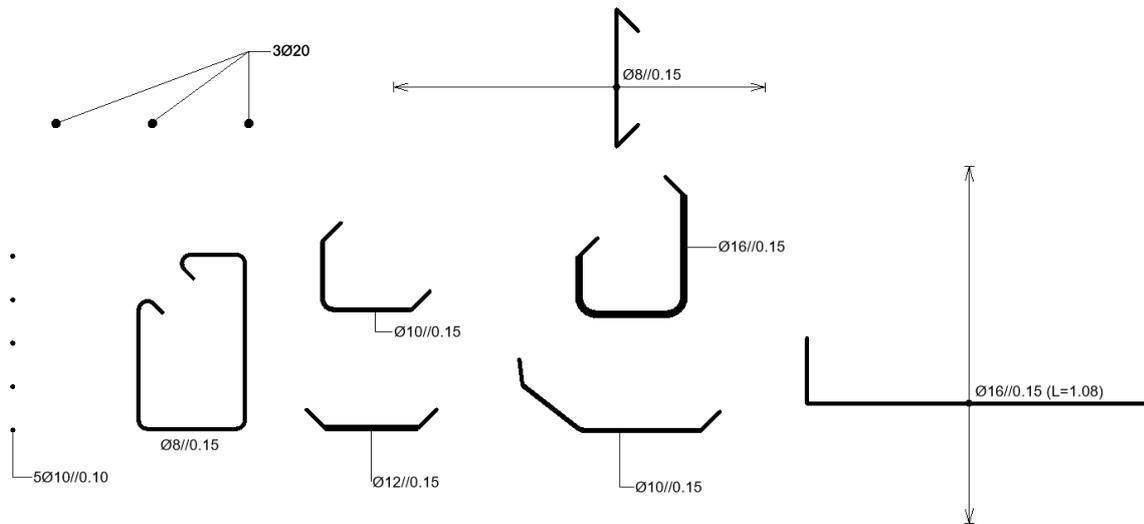


Figura 5: Objetos 2D paramétricos para pormenorização de armaduras.

Em fase de projeto de execução passa a ser necessário definir extensivamente todos os elementos de betão armado através de alçados e cortes-tipo. A utilização dos objetos 2D para este efeito é desadequada na medida em que estes elementos têm uma performance menos estável e funcional que as ferramentas nativas para modelação de armaduras. Por outro lado, como na generalidade dos projetos em Portugal não é necessária a pormenorização detalhada das armaduras com *Bar Bending Schedules* e *Rebar Shapes*, as armaduras podem ser modeladas tridimensionalmente com o objetivo de produzir desenhos e retirar quantidades globais de aço e sem grande preocupação com a numeração dos elementos.

Ao nível das ferramentas a utilizar, o processo de modelação de armaduras 3D pode ser sistematizado da forma seguinte (ver Figura 6):

- **Ferramentas nativas:** Permite controlo total sobre modelação, sendo possível ajustar livremente a forma do varão. Utilizar para modelar e ajustar a generalidade das armaduras, regulares e complexas;
- **Add-ins:** Utilizar add-ins para gerar armaduras automaticamente com base numa série de especificações de entrada;
- **Programação:** Recorrer à API e a aplicações de programação visual para gerar armaduras em formas complexas.

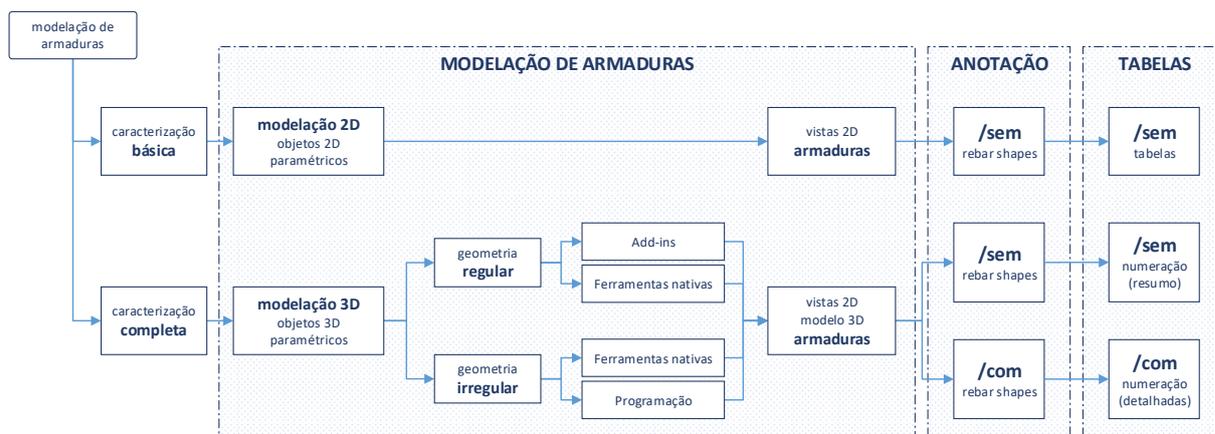


Figura 6: *Workflow* geral para modelação de armaduras.

4. Agilizar a produção do modelo de armaduras

Um template robusto é um dos fatores mais importantes para agilizar a produção do modelo de armaduras. É fundamental que um template de armaduras inclua toda a definição de *Shapes* standard que é possível utilizar na modelação, a especificação da nomenclatura de identificação das armaduras em planta e em corte, as notas gerais e os pormenores-tipo mais utilizados na generalidade dos projetos, e todas as configurações de estilo para representação adequada das armaduras. Para além destes aspetos fundamentais, um template pode ser complementado com definições de vista, filtros de visualização e objetos 3D pré-modelados para apoiar o processo de modelação.

A utilização de funcionalidades que permitem gerar automaticamente as armaduras com base em inputs numéricos pode ser uma boa forma de agilizar a criação do modelo, no entanto, é frequente verificar que os elementos gerados desta forma não se encontram definidos e organizados de forma coerente com os princípios e especificações definidos no template.

Quando o modelo de armaduras é desenvolvido por vários técnicos, a classificação das armaduras assume principal importância na medida em que vai permitir uma gestão mais eficaz do sistema de permissões de utilização das várias partes do modelo. Em modelos de grande dimensão em que a performance computacional seja bastante afetada, pode optar-se por dividir o modelo em diferentes partes a distribuir pelos vários técnicos.

5. Conclusão

A modelação de armaduras enquadrada na produção do modelo BIM de estruturas é cada vez mais frequente, sobretudo conforme a pormenorização e contabilização detalhada das armaduras de acordo com a BS 8666. Tratando-se de uma tarefa que absorve bastantes recursos humanos e computacionais, devem ser adotados procedimentos distintos em função do nível de pormenorização que se pretende obter ao nível da caracterização dos elementos de betão armado.

Para níveis de pormenorização baixos torna-se vantajoso utilizar uma metodologia baseada em objetos 2D para uma representação básica das armaduras. Para uma representação completa das

armaduras compatível com projeto de execução devem ser modeladas as armaduras tridimensionalmente de modo a ser possível extrair desenhos e quantidades globais do modelo. A pormenorização e contabilização detalhada das armaduras implica a criação de *Bar Bending Schedules* e *Rebar Shapes* o que obriga ao detalhe máximo de modelação e gestão da informação do modelo.

Existem diversos aspetos funcionais a ter em conta para agilizar a produção do modelo de armaduras, sendo que o template assume neste contexto um papel decisivo.

Referências

- [1] K. Zima, “Impact of information included in the BIM on preparation of Bill of Quantities,” em *2nd International Workshop on flexibility in sustainable construction, ORSDCE 2017*, Poznan-Puszczykowo, Poland, 2017.
- [2] BSI, “Scheduling, dimensioning, bending and cutting of steel reinforcement for concrete. Specification”. 01 07 2005.
- [3] C. Merschbrock e C. Nordahl-Rolfsen, “BIM Technology Acceptance Among Reinforcement Workers - The Case of Oslo Airport's Terminal 2,” *ITcon - Journal of Information Technology in Construction*, vol. 21, pp. 1-12, 2016.
- [4] J. Cochrane, “Rebar, an Automated Workflow from Modeling Through Fabrication and Field,” em *Autodesk University*, Las Vegas, 2017.
- [5] H. Vasshaug, “Revit as a Tool for Modeling Concrete Reinforcement,” em *Autodesk University*, Las Vegas, 2017.

DIMENSIONAMENTO DE ANCORAGENS UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM: PROFIS ENGINEERING

Sílvia Martins⁽¹⁾

(1) Engenheira Civil – Hilti Portugal, Lisboa

Resumo

Este artigo pretende dar a conhecer uma solução BIM para apoiar os utilizadores no dimensionamento de ancoragens. Projetos de reabilitação e/ou novos projetos podem ser dimensionados e consequentemente modelados com a ajuda deste software que permite uma alta integração com o BIM. Ou seja, após o cálculo estrutural das ligações pretendidas, é possível transferir todas as combinações de cargas diretamente para o PROFIS Engineering sem perder tempo. Mesmo com muita experiência, investe-se muito tempo na seleção da combinação de cargas mais desfavorável para cada ligação. Será que 20% a mais de tração gera maior influência que mais 20% de corte? Ou utilizar o esforço máximo entre todas as combinações para simplificar o trabalho, mas sem otimizar a solução preconizada? Nesta situação o software avalia todas as combinações e seleciona a ancoragem ideal para a ligação, dimensionando também a chapa de fixação a utilizar e a influência no material base (e.g. tensões e compressões no betão). Seguidamente, o resultado é transferido para programas com integração BIM (eg. Tekla ou Revit), permitindo a modelação de modelos gráficos da ligação calculada.

Também o dimensionamento de guarda corpos de acordo com os regulamentos nacionais é possível através da utilização do PROFIS Engineering.

Uma maneira de trabalhar que aumenta consideravelmente a produtividade, permitindo que desenhadors, projetistas, empreiteiros e preparadores de obra tenham neste software uma ferramenta para o seu dia-a-dia, podendo estar conectados desde o início do projeto até à sua finalização.

1. Introdução

Quando os projetistas têm a necessidade de calcular estruturalmente existem inúmeros softwares que os apoiam nessa tarefa, mas quando se trata de conhecer de forma mais detalhada a solução de uma ligação estrutural por vezes pode ser mais complicado. E por isso, como complemento aos softwares de cálculo estrutural e de modelação existentes, a Hilti desenvolveu um software, Profis Engineering que permite essa integração, aumentando a produtividade de forma significativa.

Além desta funcionalidade, este software apresenta também melhoramentos ao nível do dimensionamento estrutural da ligação, existindo agora a possibilidade de dimensionar a chapa de fixação, distribuir a carga exercida numa ligação de forma real pelas ancoragens existentes, estudar as compressões no material base e de ter o cálculo o mais aproximado à realidade, permitindo uma melhor execução da instalação.

Todos estes melhoramentos e ainda uma configuração melhorada e mais personalizada, onde é possível o utilizador escolher a sua forma preferencial de trabalhar, colocando os parâmetros que mais utiliza no seu dia-a-dia.

2. Melhoramentos internos ao nível do cálculo e configuração

2.1 Chapa de fixação

Com este software a chapa de fixação pode ser dimensionada e verificada de acordo com o método dos elementos finitos, bem como o estudo das compressões no betão, permitindo ao projetista ter uma visão mais aproximada da realidade. O modelo gráfico que é utilizado no software permite que a ligação seja trabalhada em formato 2D e 3D e que diferentes considerações sejam adotadas (cargas estáticas e quasi-estáticas, cargas sísmicas, cargas de fadiga, resistência ao fogo), também é possível observar a distribuição da tensão normal ao longo da chapa, sendo a rigidez da mesma calculada de acordo com o Eurocódigo 3, como se pode observar na Figura 1.

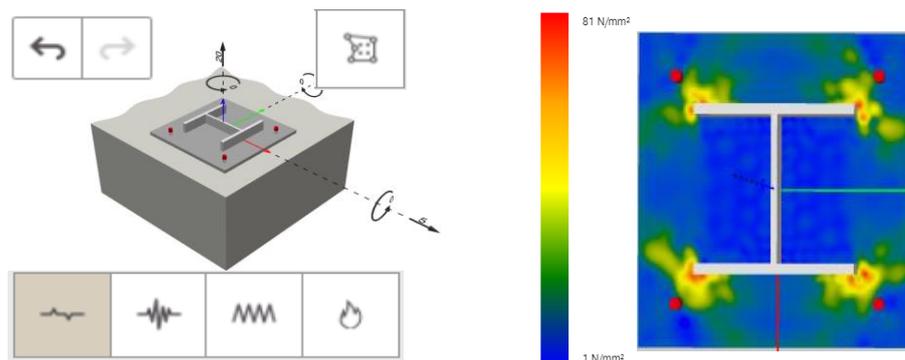


Figura 1: Dimensionamento da chapa de fixação

O material da chapa de fixação pode ser alterado, podendo escolher-se entre aço carbono ((EN 1993-1-1) - S235, S275, S355 e S450) e aço inoxidável (EN 1993-1-4).

Também a configuração da chapa e o posicionamento das ancoragens podem ser alterados, permitindo uma maior variedade de opções no cálculo da mesma, como se pode observar na Figura 2.

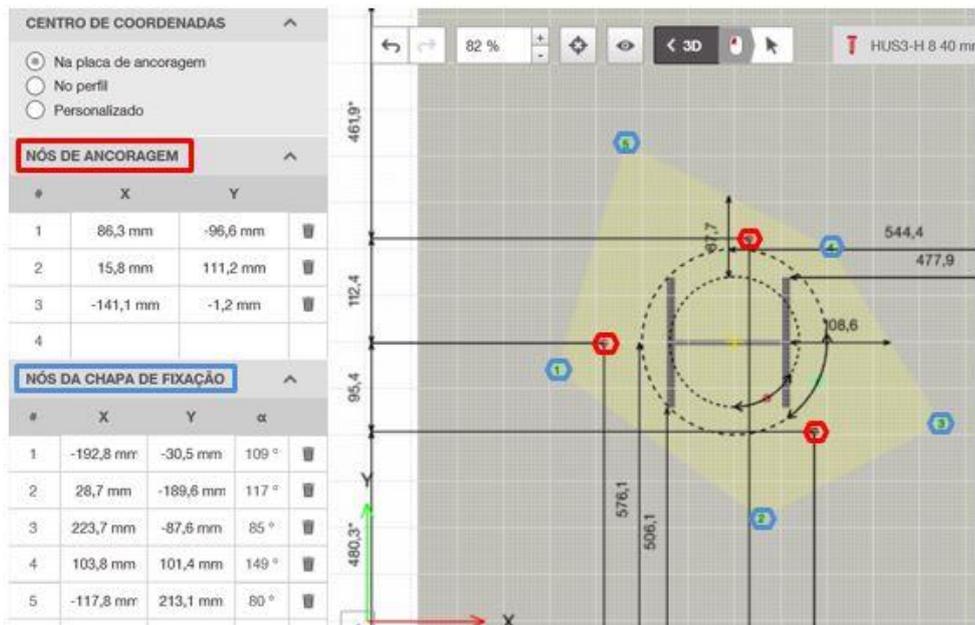


Figura 2: Abrangente configuração da chapa e das ancoragens

2.2 Rentabilidade no trabalho

Além da melhoria no cálculo, o software permite que cada projetista tenha o seu ambiente de trabalho personalizado, através de uma barra de favoritos que permite uma menor perda de tempo na procura dos parâmetros a ter em conta no cálculo aumentando a produtividade, como se pode observar na Figura 3.

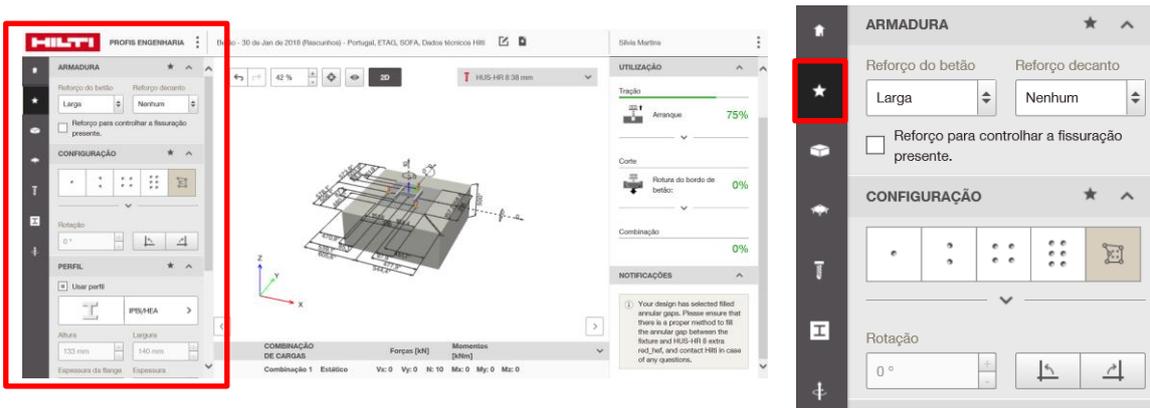


Figura 3: Barra de favoritos

Outra das vantagens é a possibilidade dos projetistas utilizarem o software para partilharem ficheiros de cálculo, podendo arquivá-los por pastas dentro do próprio software, como se pode observar na Figura 4.

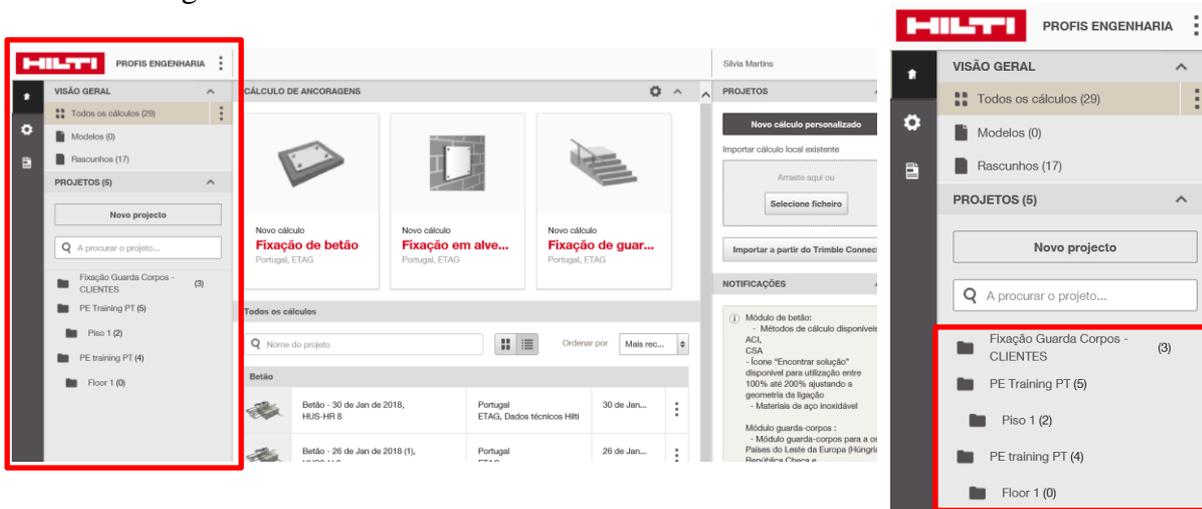


Figura 4: Arquivo e partilha de ficheiros de cálculo

3. Módulo guarda-corpos

Em conjunto com o dimensionamento de ancoragens, este software também apresenta um módulo de dimensionamento de guarda-corpos. À semelhança do módulo de ancoragens, a configuração mantém-se idêntica acrescentando o cálculo individual para guarda-corpos e na barra lateral os parâmetros têm em conta os corrimãos e os prumos a considerar, como se pode observar na Figura 5.

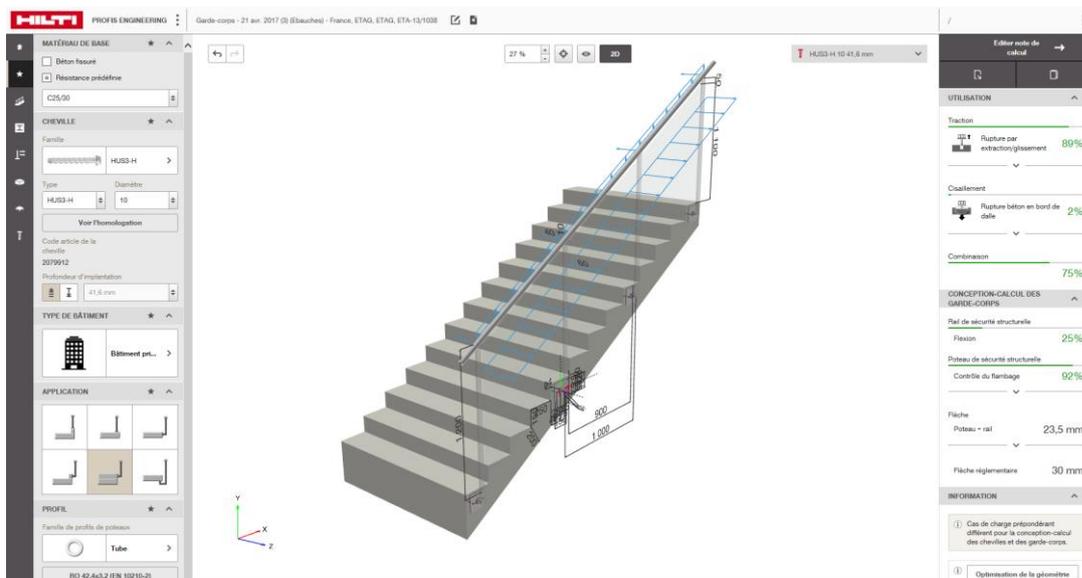


Figura 5: Módulo guarda-corpos

Neste dimensionamento é possível ter em conta o dimensionamento da soldadura na zona da chapa de fixação, alterar as características dos prumos e dos corrimãos, bem como o seu cálculo através do EC3 (deflexão e encurvadura), dimensionamento da chapa de fixação à semelhança do módulo de ancoragens, o local de exposição do guarda-corpo, o local e a utilização tipo do edifício e por fim a consideração das normativas Portuguesas a ter em conta no cálculo de guarda-corpos, Figura 6.

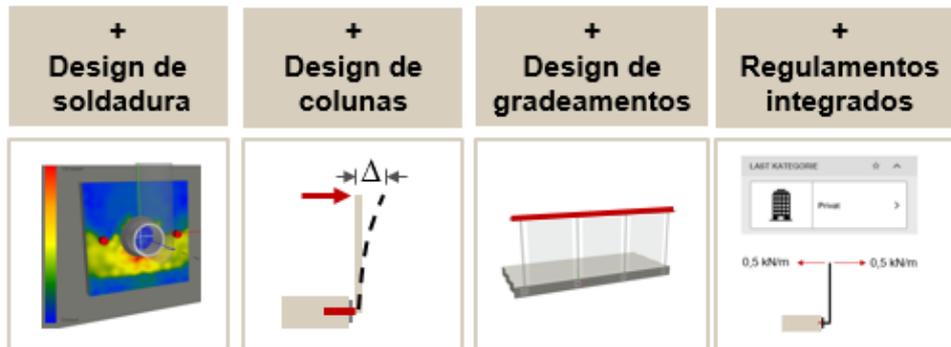


Figura 6: Considerações do módulo guarda-corpos

4. Integração com softwares de modelação (ex. TEKLA Structures)

No contexto BIM a integração entre softwares é extremamente importante, como por exemplo com Tekla Structure que é uma das principais ferramentas no que diz respeito à modelação estrutural. O Profis Engineering apresenta um plug-in para este software que permite que as ligações calculadas sejam rapidamente transferidas para o software Tekla (Figura 7).



Figura 7: Integração com Tekla Structure

4.1 Como funciona

A extensão do Profis deve ser instalada para que se consiga realizar a transferência direta entre o Profis Engineering e o Tekla Structure. Este processo é simplificado, uma vez que o modelo Tekla contém toda a informação básica das ancoragens Hilti, proveniente do Tekla Warehouse. O plug-in permite gerir todas as diferentes ligações calculadas, e através de um armazenamento local ou do "Trimble Connect", na plataforma de armazenamento do Tekla, podem descarregar-se todos os ficheiros de resultados, Figura 8.

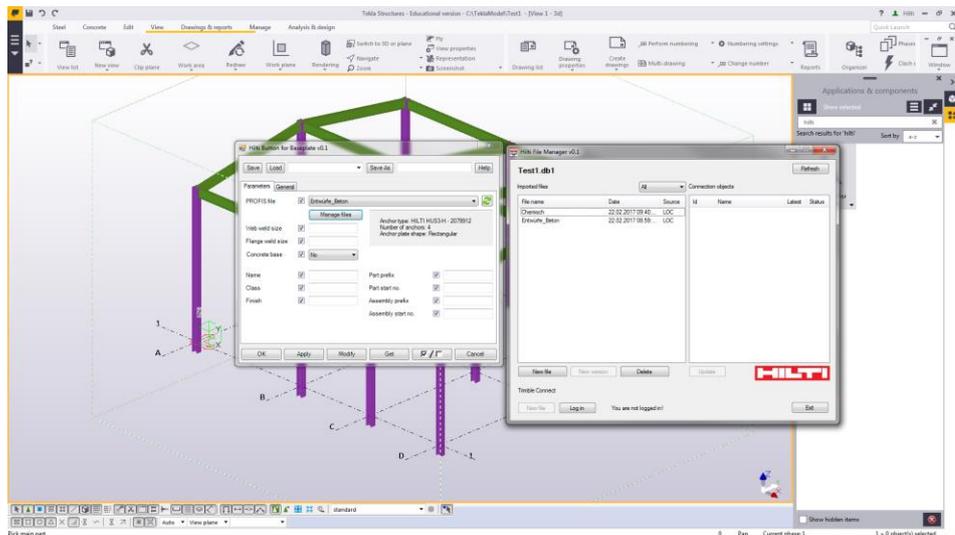


Figura 8: Plug-in Hilti no Tekla Structures

Após os ficheiros Profis de cálculo das ligações serem carregados para o Tekla Structures, a inserção do modelo da ligação no desenho é um processo igual a qualquer inserção no Tekla Structures. Ao seleccionar o local desejado para a chapa de fixação, o plug-in irá associar automaticamente a chapa de fixação às ancoragens e às soldaduras no perfil seleccionado. Além disso, é possível gerar um relatório completo no Tekla, assim como a criação de um desenho técnico com uma definição detalhada da ligação calculada, como se pode observar na Figura 9.



Figura 9: Detalhe em Tekla da ligação calculada

Com a integração do software Tekla Structures, o PROFIS Engineering oferece uma maior produtividade e otimização do trabalho realizado pelos projetistas. Enquanto anteriormente era necessário guardar e enviar páginas de relatórios de cálculo entre os diferentes intervenientes, agora todos os ficheiros podem ser partilhados numa “cloud”.

5. Integração com softwares de dimensionamento estrutural (ex. SAP)

Como vimos, é fácil calcularmos no Profis e modelarmos noutro software, o mesmo é possível quando falamos de transferir cargas de um outro software para o Profis. A maneira mais comum de transferir combinações de carga é através de uma folha de cálculo do Excel. A maioria dos softwares de análise estrutural permitem a exportação de combinações

de carga para Excel, sendo que essas folhas de cálculo podem ser posteriormente importadas para o PROFIS Engineering. Esta possibilidade permite que o projetista não perca tempo na organização das combinações cargas envolvidas na ligação, enviando diretamente para o Profis, sendo o mesmo responsável por essa tarefa, selecionando as cargas mais desfavoráveis.

6. Conclusão

Todas estas funcionalidades elevam o PROFIS Engineering a algo mais do que um simples software de dimensionamento de ancoragens. Sendo este um produto homologado que se rege pelas normativas de dimensionamento de ancoragens ETAG 001 (ancoragens mecânicas) e TR029 (ancoragens químicas), tendo em conta as diretrizes da TR045 (sismos) e TR029 (alvenarias), permitindo que o projetista se sinta apoiado nos pressupostos corretos de dimensionamento. O facto de todos os intervenientes puderem trabalhar com o mesmo software, desde o projetista ao empreiteiro, passando pelo desenhador, possibilita uma maior produtividade e rentabilidade na execução dos projetos.

Ou seja, é um software que alia a fiabilidade na escolha da solução mais correta a uma maior rapidez de dimensionamento, integrando melhorias ao nível do cálculo da ligação e possibilitando que outros softwares de cálculo e de desenho funcionem em consonância, complementando-se.

Referências

- [1] Comité Europeu de Normalização, Eurocódigo 3: Projeto de estruturas de aço. Parte 1-8: Dimensionamento de ligações
- [2] Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for use in Concrete - Annex C: Design Methods for Anchorages (ETAG 001), EOTA, Agosto 2010
- [3] Technical Report - Design of Bonded Anchors (TR029), EOTA, Setembro 2010
- [4] Technical Report - Design of Metal Anchors For Use In Concrete Under Seismic Actions (TR045), EOTA, Fevereiro 2013

Parte VII

Formação

O BIM no ensino da arquitetura em Portugal O CASO DO ISCTE-IUL

Micael Pepe⁽¹⁾, Ricardo Resende⁽²⁾, Pedro Pinto⁽³⁾

(1) ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa

(2) ISTAR-IUL, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa

(3) Dinâmia-CET, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa

Resumo

A implementação do BIM na Indústria da Construção está a desencadear uma resposta nas Instituições de Ensino Superior. Através da análise de casos de estudo nacionais e internacionais, é feita uma reflexão sobre o grau de implementação desta metodologia nos cursos de arquitetura em Portugal.

A procura de profissionais qualificados com conhecimentos e competências em BIM tem aumentado nos últimos anos, no seguimento da digitalização do setor. Como forma de preencher esta lacuna no mercado, foram surgindo pequenos cursos especializados, direcionados aos agentes desta Indústria. Por outro lado, o meio académico tem feito um esforço para incluir estes conteúdos nos *curricula* de cursos de engenharia e arquitetura.

Por contraposição de Portugal com países tecnologicamente mais desenvolvidos, como os Estados Unidos da América, o Reino Unido ou a França foi possível concluir que em território nacional, o grau de implementação deste recurso no ensino superior está ainda numa fase bastante inicial, sendo apenas ensinadas as ferramentas, maioritariamente para modelação 3D. Esta situação, juntamente com a proliferação de cursos especializados sugerem um novo ramo de atuação dentro das áreas que atuam em ambiente construído, levando ao aparecimento de novos profissionais, como o modelador BIM ou o BIM Manager.

Concluiu-se ainda que, um verdadeiro especialista em BIM deve possuir formação base em engenharia ou arquitetura, pelo que se apresenta neste trabalho uma proposta para inclusão desta metodologia no Mestrado Integrado em Arquitetura do ISCTE-IUL.

1. Introdução

As duas últimas décadas foram marcadas pela implementação duma nova metodologia de trabalho, *Building Information Modelling* (BIM), entre os intervenientes do setor da construção. Por todo o mundo, diversas iniciativas de carácter público e privado têm contribuído para o processo de transição desta Indústria para o digital. Os Estados Unidos da América lançaram-se neste caminho desde muito cedo, o que lhes confere o papel de pioneiros e tendo em conta a

experiência acumulada, uma referência para muitos países. Outros tiveram o apoio dos seus Governos, como é o caso do Reino Unido, cuja ambiciosa estratégia de implementação constitui um exemplo de sucesso [1]. Quanto à União Europeia, esta encontra-se a diferentes velocidades, existindo países muito desenvolvidos, com normas próprias, sobretudo no norte da Europa [2]. Ainda assim, são de salientar todas as medidas promovidas por estes países, que apontam na mesma direção fomentando o aparecimento de programas nacionais adaptados à realidade de cada um [3]. A França constitui um destes casos, pelo investimento de 20M€ na concretização do seu plano nos últimos três anos [4].

A evolução das profissões ligadas ao setor da Arquitetura, Engenharia e Construção acabou por influenciar as instituições de ensino, fomentando alterações dos seus planos curriculares, para uma maior inclusão de conteúdos BIM. Apesar dos vários exemplos de sucesso, na Europa e no resto do mundo, Portugal é um dos países onde a implementação do BIM, quer na Indústria, quer no meio académico, se encontra numa fase ainda muito preliminar. A tradição do país no ensino na arquitetura, os escassos apoios financeiros e governamentais ou a cultura de trabalho do arquiteto são razões frequentemente apontadas como estando na origem deste desfasamento, comparativamente com os exemplos apresentados [2].

O inquérito de M. João Venâncio ao estado da implementação BIM em Portugal no ano de 2015 [2], constitui um testemunho do estado do setor, demonstrando também que as instituições de ensino são o grupo inquirido com maior percentagem de respondentes com conhecimentos sobre BIM, apesar da oferta formativa destes cursos não refletir o nível de conhecimentos [2]. Algumas das escolas de arquitetura contam já com unidades curriculares sobre BIM, geralmente optativas e incidindo apenas na vertente de modelação 3D. Sacks e Pikas [5] defendem um conjunto mais alargado de tópicos de ensino, com capacidade para serem integrados nestes cursos, agrupando-os em temas e ciclos de ensino. Já Barison e Santos [6] delineiam modelos para a sua implementação, numa colaboração entre estudantes de diferentes disciplinas (modelo interdisciplinar) ou da mesma área de formação (modelo intradisciplinar). Até há pouco tempo, as questões de cariz metodológico, em Portugal, eram exclusivas de cursos em pós-graduação, mas no final de 2016, foi aprovada a criação duma licenciatura no Instituto Politécnico de Viana do Castelo – Escola Superior de Tecnologias e Gestão, dedicada à “Modelação em Gestão de Informação em Edifícios” em ambiente BIM, que pretende formar técnicos superiores aptos para integrar e preencher a lacuna identificada no mercado [7].

São diversas as iniciativas no âmbito do ensino na universidade e fora dela, como o BIMclub, o Fórum Académico BIM ou o Curso BIM, este último de grande profundidade e abrangência e com o apoio das OE, OA, Universidade do Minho, Universidade do Porto e Instituto Superior Técnico. No entanto as diferenças relativas entre a implementação BIM nas Universidades em Portugal são pequenas quando enquadradas nas práticas internacionais estudadas nos EUA, Inglaterra ou França, pelo que se tomou estas últimas como referencial para este trabalho [7].

O curso de arquitetura do ISCTE-IUL é dos poucos exemplos nacionais onde o *curriculum* base inclui conteúdos BIM, numa unidade curricular própria, há vários anos. Durante este tempo, poucas foram as alterações ao seu programa, centrado exclusivamente na aprendizagem de ferramentas dum *software* de modelação BIM [7].

2. Bachelor of Architecture, Pennsylvania State University, EUA

A generalização destas tecnologias deve-se também à influência de algumas universidades, como a Penn State University. A presença de cursos de arquitetura e engenharia no mesmo campus facilitou o aparecimento de novos modelos de ensino. A entrada do BIM no Bachelor

of Architecture desta universidade teve origem no ano de 2004, com a criação dum seminário, em parceria com a Autodesk. No ano seguinte, o *software Revit Architecture* torna-se parte integrante do programa numa unidade curricular de 2º ano dedicada, até à data, à aprendizagem de *softwares* CAD. Consequentemente, os alunos passaram a utilizar estas ferramentas para projeto, continuando a explorar as potencialidades do *software* por conta própria. No 5º e último ano deste curso foi introduzida uma aproximação à vertente metodológica, sob um ponto de vista mais teórico, numa unidade curricular já existente, contudo, só em 2009, surge a primeira unidade curricular (UC) dedicada ao desenvolvimento dum projeto em ambiente interdisciplinar, juntando alunos envolvidos em todas as especialidades do projeto [8].

O *Interdisciplinary Collaborative BIM Studio* aparece assim como uma alternativa ao *design studio* de arquitetura do 5º ano, o que permitia a estes alunos optar por desenvolver o seu projeto do semestre em equipas multidisciplinares, segundo uma filosofia de projeto integrado. O interesse dos alunos de arquitetura teve um papel essencial na introdução desta variante no seu plano de estudos, dado que esta UC fora originalmente concebida apenas para os alunos de engenharia, arquitetura-engenharia e arquitetura paisagista. Ao longo de quinze semanas, os grupos têm como principal objetivo conceber um projeto, segundo um processo iterativo com base nos *inputs* da área de cada elemento, fomentando uma compreensão global do edifício por todos. A primeira tarefa consiste na realização dum Plano de Execução BIM, no qual se delineiam objetivos de equipa, tarefas, responsabilidades, calendários, requisitos, entre outros parâmetros continuamente atualizados. Durante o desenvolvimento do projeto, os estudantes de arquitetura são responsáveis pela coordenação da equipa, paralelamente às habituais funções enquanto projetistas. O método de trabalho aplicado, *Integrated Project Delivery*, tem por base um modelo virtual BIM partilhado por todos, sendo o programa e localização semelhante ao dum projeto real, fornecido pelos gabinetes de projeto e construção responsáveis. Apesar de partirem de pressupostos idênticos, são esperadas novas propostas de projeto, confrontadas periodicamente com a dos autores, permitindo aos alunos tirar elações e atingir os padrões de qualidade exigidos (custos, tempos, eficiência energética). O processo de avaliação baseia-se no grau de interoperabilidade atingido entre as diferentes disciplinas, visível na qualidade da proposta final [9].

3. BSc (Hons) Architecture, University of Salford, Reino Unido

Apesar da heterogeneidade das abordagens de ensino nas diferentes instituições, o BIM já é um denominador comum à grande maioria. Na University of Salford foi criado recentemente, em 2014, um curso de arquitetura, onde este recurso já está introduzido no plano curricular. No BSc (Hons) Architecture, os alunos são conduzidos através dum ensino prático com recurso às últimas tecnologias digitais em ambiente colaborativo. Cada ano letivo é composto por seis módulos de ensino, com diferentes aproximações ao BIM. Logo no primeiro ano de curso é estabelecido contacto através do módulo *Principles of Architectural Structures*, explorando ferramentas para modelação, visualização e análise de estruturas em *softwares* BIM [7].

Apenas no ano seguinte surge a primeira abordagem à vertente metodológica no módulo *Multidisciplinary Project 2*, através da possibilidade de desenvolver o projeto de arquitetura desse semestre em colaboração com os alunos dos restantes cursos da escola (*Quantity Surveying, Building Surveying, Construction Management e Architectural Technology*). Agrupados em equipas multidisciplinares, pretende-se que os alunos reflitam sobre o seu papel durante o processo de trabalho e integrem um maior número de variáveis na criação dum objeto arquitetónico, representado num modelo digital e utilizando o formato IFC para troca de

informação entre diferentes intervenientes. A natureza deste módulo contextualiza os desafios enfrentados por um profissional da área, estimulando competências interpessoais, para uma boa gestão de equipa, essenciais à prática da arquitetura. No mesmo semestre existe ainda outra experiência colaborativa em ambiente BIM - *Performance Modelling and Integrated Design*, mas apenas entre alunos de arquitetura. O objetivo do módulo consiste no desenvolvimento dum modelo BIM, com requisitos de sustentabilidade ambiental mais rigorosos, no qual se implementam estratégias de Projeto Integrado, que contribuem ativamente para encontrar uma solução de projeto mais informada e sustentada. A metodologia de trabalho assenta nas capacidades que estes *softwares* oferecem para a simulação energética e avaliação de várias hipóteses, com base em fatores que afetam a qualidade do projeto (materiais, estrutura, sistemas de redes e soluções construtivas) [7].

4. License - Master en Architecture, École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, França

Com o plano estratégico do Governo Francês para a modernização do setor [4], as instituições de ensino superior foram incentivadas a refletir sobre os seus planos curriculares. Em alguns casos este processo já estava a decorrer, tal como na École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse. Nesta escola de arquitetura, a tecnologia BIM surge pela primeira vez em 2006, durante o 3º ano de curso, numa unidade curricular optativa - *Maquettes numériques et nouvelles pratiques de collaboration*, que consiste num exercício prático de modelação 3D e posterior otimização dum edifício existente. A partir de plantas, cortes e alçados do projeto, é criado um modelo BIM, que é encaminhado para os alunos do curso de arquitetura-engenharia, para que estes calculem o seu consumo energético. Entretanto, os alunos de arquitetura extraem do modelo áreas e quantidades para, na posse da informação já fornecida pelos seus colegas, proporem alterações às soluções construtivas adotadas e tornar o edifício mais sustentável do ponto de vista energético. Este exercício, que de forma muito simplificada representa uma situação de Projeto Integrado, demonstra de que forma a interação entre a arquitetura e as disciplinas associadas afeta a qualidade do projeto, despertando os alunos para a integração de informação no ato de projetar [10].

Em 2013, surge uma nova opção dentro da unidade curricular de 4º ano *Séminaire*, sob o nome *Architectures Numériques*, na qual se refletem questões originadas pela complexa relação entre a forma e a informação, no contexto da produção arquitetónica em ambiente digital e ainda os novos modos de experienciar e interagir com a realidade. O programa divide-se em duas fases: na primeira, *Maquettes numériques (BIM)*, formam-se grupos de alunos para levar a cabo a conceção conjunta dum projeto de arquitetura virtual, que deve ser trabalhado presencialmente e *online*, fazendo uso das capacidades dos *softwares* e plataformas digitais (*Moodle*) para partilha de informação. Este exercício implica o desenvolvimento de competências de modelação, gestão de informação, colaboração à distância, controlo de qualidade (usando o *software Solibri Model Checker*) e apresentação, através de modelos IFC BIM. A segunda etapa, designada por *Architectures paramétriques* assenta numa investigação teórica que incide sobre um dos problemas decorrentes do processo de trabalho, o que serve de tema para a elaboração duma dissertação escrita [11].

Apesar de se inserir no *curriculum* apenas em unidades curriculares optativas, o BIM é explorado sob várias vertentes durante o curso, tendo vindo a registar um número de alunos inscritos cada vez maior, o que pode vir a desencadear novas alterações ao *curriculum* para atender a este interesse [7].

5 .Mestrado Integrado em Arquitetura, ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa

Apesar do 1º Fórum Académico BIM, em 2015, ter demonstrado um nível de implementação nas instituições presentes, que varia entre o ausente e consciente, existem algumas exceções, nomeadamente a Universidade do Minho, na engenharia e o ISCTE-IUL na arquitetura [12]. Quando em 1999, a licenciatura em arquitetura do ISCTE-IUL tem o seu arranque efetivo, os ateliers de arquitetura atravessavam uma transformação ao nível da sua cultura de trabalho, com a consolidação do computador e de ferramentas informáticas, como o CAD e o MS Office. A conjuntura na esfera profissional acabaria por influenciar a definição do *curriculum*, com unidades curriculares direcionadas à aprendizagem dos novos recursos informáticos de apoio à conceção e representação dos projetos de arquitetura (*AutoCAD*, *3D Studio* e *Architectural Desktop*). Poucos anos depois, na sequência da aquisição dos direitos do *software Revit*, por parte da Autodesk, principal empresa de distribuição de *software* para arquitetura, a sua adoção generalizou-se rapidamente, tendo chegado a Portugal inicialmente como formação pós-laboral, dirigida aos graduados em arquitetura e engenharia e no ano seguinte, em 2003, ao ISCTE sob a forma duma unidade curricular obrigatória. O processo de ensino-aprendizagem desta componente do plano de estudos, a figurar no 1º semestre do 3º ano, baseava-se na exposição e demonstração teórica de casos de estudo, paralelamente à experimentação do programa por parte do aluno, na realização individual dum exercício prático de modelação 3D, dum projeto de arquitetura existente. Uma vez concluída esta fase, eram exploradas algumas das potencialidades dos *softwares* BIM, nomeadamente a extração automática de peças desenhadas, mapas de quantidades, áreas, perspetivas, etc. Por concentrar capacidades de *softwares* já ensinados em outras UC's, o *Revit* acabaria por vir a substituir o *Autocad 3D* e o *3D Studio*. Com a passagem para Mestrado Integrado (2008), a UC mantém-se na mesma posição e com um programa constante. A partir do ano letivo 2018/2019, esta unidade curricular deverá ser alocada para o 2º semestre do 1º ano. Esta decisão, que surge como proposta dos docentes envolvidos na subárea das tecnologias da representação, visa promover uma maior familiarização dos alunos com estas novas ferramentas, em detrimento das ferramentas CAD, comparativamente menos eficientes num contexto de mercado [7].

6. Análise comparativa com os casos de estudo

Quando comparado com os casos de estudo apresentados, a implementação do BIM no MIA não registou grandes evoluções, desde o aparecimento da unidade curricular que lhe é dedicada (2003), sendo apenas explorada a vertente de modelação 3D. Por oposição, no curso de arquitetura da Penn State University, desde a implementação da unidade curricular correspondente (2005) verificaram-se rápidas alterações no *curriculum* do curso, através da introdução de novas UC's que abordam e trabalham as várias dimensões deste conceito. Relativamente à distribuição destes conteúdos no *curriculum*, é na University of Salford onde o BIM se apresenta mais transversal, ao longo dos anos e das áreas científicas. O impacto da disseminação deste tipo de ferramentas e metodologias de trabalho traduz-se num maior domínio e conseqüente utilização por parte dos alunos, sendo por isso um dos principais recursos ao exercício de projeto. Contrariamente, no MIA o BIM apenas é trabalhado de forma isolada numa unidade curricular pertencente à área científica de Desenho, durante um semestre do 3º ano, aproximadamente a meio do curso. Por esta altura, os alunos já têm experiência consolidada no *software* que lhes é ensinado desde o 1º ano, o *AutoCAD* e, como tal aparentam estar menos recetivos à inclusão dum novo processo de trabalho, apesar das suas vantagens.

Segundo a matriz de impacto de Williams & Lee [13], para avaliação da implementação do BIM no ensino superior, os três cursos de arquitetura internacionais analisados coincidem na categoria *curriculum*, com o nível “introduzido”. Contudo, a abrangência desta classificação para este parâmetro carece de especificidade. A proporção de unidades curriculares com conteúdos BIM ou a maior relação com a área de projeto determinam a sua posição dentro deste nível. A ENSA de Toulouse, quando comparada à Penn State University e à University of Salford neste aspeto, ressalta como aquela com o nível “introduzido” mais baixo, uma vez que no *curriculum* do seu curso de arquitetura apenas figuram duas unidades curriculares dedicadas, ambas de carácter optativo e sem qualquer vínculo direto com projeto. Também no ISCTE se verifica o nível introduzido para este parâmetro. No entanto, dadas as características já apresentadas, é perceptível o desfasamento com os exemplos citados [7].

7. O Futuro do BIM no *curriculum* do MIA do ISCTE-IUL

Com o advento anunciado da Indústria 4.0 e todas as implicações que esta acarreta na profissão do arquiteto, as instituições de ensino devem estar recetivas a uma reflexão sobre o futuro dos seus *curricula* de arquitetura. O BIM veio criar um conjunto de novas funções dentro dum atelier ou mesmo novos cargos como o BIM Manager, o que pode ser entendido como novas oportunidades, num mercado que já manifesta certo grau de saturação. Ainda assim, o ensino da arquitetura não pode ser suplantado por estas tecnologias e métodos de trabalho, correndo o risco de se tornar um ensino preponderantemente técnico.

A partir dos argumentos supracitados e recordando os países estudados, considera-se que um desenvolvimento curricular possível para os próximos anos poderá conter semelhanças com estes casos de estudo. A sua análise permitiu traçar um percurso que segue a mesma direção, ainda que a diferentes velocidades e com especificidades próprias, cujo ponto de partida está centrado na aprendizagem de modelação 3D em BIM de edificações. Depois de alcançado um certo domínio neste nível, verificou-se uma evolução para questões de índole mais operativa, através das quais o verdadeiro potencial do BIM pode ser experienciado e entendido. O aparecimento duma unidade curricular com foco nesta metodologia é também defendido por Kensek (2012), citado por Gu e de Vries [14], ao estabelecer três níveis de implementação do BIM no ensino: nível básico ou geral (Tecnologias), nível avançado (Processos) e nível profissional (Indústria), aos quais faz corresponder respetivamente unidades curriculares obrigatórias, unidades curriculares optativas e conferências/ workshops facultativos.

Seguindo estes traços, a criação duma nova unidade curricular no curso de arquitetura poderia não exercer grande influência nas UC's de projeto, tendo em conta o carácter maioritariamente individual dos exercícios. Contudo, é possível antever importantes vantagens decorrentes da sua inserção, tais como: potenciar o interesse dos alunos, promovendo assim a sua investigação científica dentro da instituição; aumentar as possibilidades de mobilidade e flexibilidade no mercado de trabalho internacional; criar um fator de diferenciação no currículo, com repercussões positivas ao nível da empregabilidade nacional dos recém-formados, durante os próximos anos e conseqüentemente contribuir para o avanço do país na implementação do BIM.

8. Condicionantes à implementação

Como em todos os exemplos estudados, a definição desta unidade curricular resulta também da adaptação aos vários condicionantes do curso e da própria universidade. Devem por isso, considerar-se os seguintes fatores: estrutura do *curriculum*, infraestruturas pedagógicas, cultura do departamento e/ou escola, corpo docente e ainda conjuntura do país.

A compressão do currículo resultante do processo de Bolonha (2008) dificultou a inserção de novas unidades de ensino, em particular no 1º ciclo. O 2º ciclo, com dezoito créditos atribuídos a optativas, aparenta ser mais propício à inclusão da proposta.

Relativamente às infraestruturas, é de salientar os laboratórios de informática, devidamente equipados e o centro de investigação dedicado às tecnologias de informação e comunicação, o ISTAR-IUL, favorável a parcerias entre os cursos da ISTA, Escola de Tecnologias e Arquitetura. Do ponto de vista prático, a ausência de outros cursos ligados à área da construção no ISCTE, impossibilita uma colaboração entre diferentes disciplinas da construção, donde se depreende que a abordagem seguida teria de ser intradisciplinar, apenas entre alunos do curso. Quanto ao corpo docente, a maioria não detém experiência profissional segundo os moldes da metodologia BIM, embora conscientes quanto à sua existência, com exceção de alguns professores ligados às tecnologias da representação, que realizam investigação na área.

Em termos de implementação geral do BIM no país [2], verifica-se um atraso comparativamente a outros países, no entanto as exigências do mercado internacional, a vontade manifestada pelos ateliers de projeto e o aparecimento de programas de incentivo podem estar na base dum processo de transformação da cultura de trabalho, que vai de encontro à prática internacional e que poderá exercer influência ao nível do ensino.

9. Proposta de alteração ao *curriculum*

Partindo do plano traçado para o *curriculum* do curso nos próximos anos, com base nos casos de estudo e das condicionantes inerentes ao próprio curso torna-se possível apresentar uma proposta mais sólida para a introdução duma segunda unidade curricular sobre BIM. Dedicada à vertente colaborativa, esta UC seria semestral, optativa (6 ECTS) e estaria integrada na área de Tecnologias da Arquitetura, durante o 2º ciclo. De modo a assegurar a sua viabilidade, seria necessário um certo número de alunos, pelo que alunos de 4º e 5º ano poderiam inscrever-se e frequentar simultaneamente estas aulas. Quanto ao docente, existiria a possibilidade de designar um dos professores investigadores em BIM para o cargo, porém o desejável neste caso seria convidar um arquiteto com experiência de trabalho na área. Os objetivos gerais para esta unidade curricular são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Objetivos Gerais da UC proposta

OG1	Apresentar uma nova metodologia de trabalho que afeta a profissão do arquiteto e compreende grandes transformações no setor da construção
OG2	Desenvolver nos estudantes, competências de trabalho colaborativo através das capacidades desta tecnologia
OG3	Incentivar o pensamento crítico da arquitetura em ambiente de equipa
OG4	Promover a reflexão do papel individual e coletivo do arquiteto
OG5	Desenvolver capacidades de planeamento e gestão de tarefas a curto e médio prazo
OG6	Organizar e estruturar informação afeta ao processo de trabalho
OG7	Introduzir os alunos na análise crítica de metodologias de trabalho BIM, no seu confronto com outras mais tradicionais e as suas potencialidades em arquitetura

No final desta UC, é esperado que o aluno tenha alcançado os objetivos de aprendizagem apresentados na tabela 2, definidos em função dos objetivos gerais.

Tabela 2: Objetivos de Aprendizagem da UC proposta

OA1	Estruturar um plano de execução de trabalhos de projeto
OA2	Gerir os objetivos propostos no plano de execução para cumprimento do mesmo
OA3	Produzir modelos tridimensionais dum projeto de arquitetura desenvolvido em equipa, utilizando <i>software</i> BIM, como o <i>Revit</i> ou o <i>ArchiCAD</i>
OA4	Armazenar e partilhar informação relativa ao modelo, através de servidores online e formatos IFC
OA5	Editar simultaneamente um modelo tridimensional partilhado entre utilizadores
OA6	Utilizar <i>softwares</i> BIM para suporte ao projeto através da rápida simulação de opções
OA7	Extrair documentação do projeto (peças escritas e desenhadas) a partir do modelo 3D
OA8	Utilizar <i>softwares</i> BIM para representação e apresentação dum projeto de arquitetura
OA9	Descrever e analisar as implicações da metodologia de trabalho no desenvolvimento do projeto de arquitetura, na profissão do arquiteto e no ciclo-de-vida dum edifício

Quanto ao programa, este estaria organizado pela ordem de conteúdos programáticos presentes na tabela 3.

Tabela 3: Conteúdos Programáticos da UC proposta

CP1	Introdução ao conceito de interoperabilidade em ambiente BIM
CP2	Introdução ao formato de partilha de informação IFC
CP3	Coordenação de modelos BIM
CP4	Introdução à prática da gestão da informação através dum Plano de Execução BIM
CP5	A aplicação do BIM na Arquitetura
CP6	A aplicação do BIM na construção e gestão de edifícios
CP7	Modelação 3D com <i>Revit</i> e/ ou <i>ArchiCAD</i>
CP8	Simulação 4D/5D e análise dos resultados

Relativamente à avaliação, esta seria contínua e periódica (apresentações intermédias e final), refletindo o trabalho de grupo desenvolvido ao longo do semestre e a contribuição individual de cada elemento. A avaliação de grupo (70%) estaria assim organizada do seguinte modo: (1) aplicação dos conceitos inerentes à metodologia BIM na concretização dum projeto de arquitetura – 50%; (2) produção duma versão simplificada dum Plano de Execução BIM – 20%. A componente individual (30%) seria aferida através de (3) uma reflexão crítica sobre o processo de trabalho, suportada por uma base teórica – 30%.

Por último, o processo de ensino aprendizagem seria estruturado como se mostra na tabela 4.

Tabela 4: Processo de Ensino-aprendizagem da UC proposta

PA1	Exposições orais de enquadramento ao tema e aos conteúdos programáticos
PA2	Participação de especialistas convidados na exposição de temáticas pontuais e apresentação de casos práticos
PA3	Realização dum exercício prático, em grupo, ao longo do semestre, com acompanhamento do docente
PA4	Apresentação periódica e no final do semestre do exercício desenvolvido
PA5	Realização dum exercício individual sobre o processo de trabalho efetuado

10. Conclusão

A escassez de profissionais qualificados para trabalhar segundo a metodologia *Building Information Modelling* tem vindo a ser colmatada nos últimos anos, em parte através das instituições de ensino superior, quer através da introdução de novos conteúdos nas estruturas curriculares dos cursos de arquitetura e engenharia, quer através da criação de cursos especializados, em formato de pós-graduação. Desta formação resulta um conjunto de profissionais mais aptos para enfrentar os desafios decorrentes da digitalização do setor da construção, na contínua atualização das profissões de arquiteto e engenheiro, mas também no domínio de novos cargos de modelador 3D em ambiente BIM ou gestor de processo tecnológico - *BIM Manager*.

As abordagens de introdução do BIM em cursos de arquitetura são um reflexo da interação entre a conjuntura tecnológica do país e as condicionantes da instituição e do próprio curso. A Indústria é a grande responsável pela transformação do setor, repercutindo-se no meio académico. A nível nacional, existem já cursos de arquitetura com unidades curriculares centradas neste tema, no entanto apenas incidem sobre as ferramentas de modelação 3D, associadas aos *softwares* BIM, estando por regra desligadas do restante *curriculum*. Esta abordagem ao BIM enquanto recurso pedagógico, ainda um pouco limitada, representa o reconhecimento da sua importância na formação das novas gerações de profissionais.

O aparecimento recente, em 2017, dum curso técnico superior profissional sobre “Modelação em Gestão de Informação em Edifícios”, no Instituto Politécnico de Viana do Castelo, pode ser um indício de caminho do BIM em Portugal, ao nível do ensino. Este curso visa formar especialistas em processos de trabalho BIM, que irão intervir diretamente no mercado da arquitetura e das engenharias, apesar da sua formação superior não ter por base nenhuma destas áreas. Na modelação em BIM é necessário possuir e aplicar o conhecimento de edificação. Poderão existir modeladores 3D sem esse conhecimento e experiência? E a gestão do processo BIM poderá estar a cargo de técnicos sem conhecimentos de arquitetura? Será mais sensato introduzir a especialização BIM após uma formação base em Arquitetura?

O ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa é um dos exemplos nacionais, onde o BIM ocupa uma posição na estrutura curricular do curso de arquitetura, sob a forma duma unidade curricular obrigatória. Quando comparado com os cursos de arquitetura escolhidos como casos de estudo percebe-se o desfasamento existente, dado que em todos eles o ensino das ferramentas já permitiu a evolução para o patamar seguinte, na realização de exercícios de projeto com base nesta metodologia de trabalho interoperativa.

O BIM, tal como descrito neste artigo, deve ser encarado como um conjunto de transformações que irão afetar todo o setor, no qual se insere a Arquitetura, e como tal, os agentes envolvidos

neste processo devem estar cientes das suas implicações. A proposta apresentada para alteração ao *curriculum* do curso vai de encontro a estas premissas e assenta nas reflexões e conclusões encontradas durante o 1º Fórum Académico BIM, realizado em 2015. Propõe-se assim criar uma nova unidade curricular no curso, optativa, durante o mestrado, baseada num modelo de ensino teórico-prático, onde o BIM é utilizado como metodologia de trabalho para realização dum exercício de projeto, explorando o real significado deste conceito. Através dum modelo de colaboração intradisciplinar, os alunos seriam incentivados a desenvolver competências de gestão do processo, ao mesmo tempo que refletem sobre as suas implicações no desenvolvimento do projeto.

Agradecimento

O segundo autor agradece o apoio do Projeto UID/MULTI/4466/2016

Bibliografia

- [1] J. C. P. Cheng and Q. Lu, “A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide,” *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 20, no. October, pp. 442–478, 2015.
- [2] M. Venâncio, “Avaliação Da Implementação De Bim – Building Information Modeling Em Portugal,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2015.
- [3] ONS/ IST, “CEN/TC 442,” 2017. [Online]. Available: <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/cen-tc442>. [Accessed: 14-Apr-2017].
- [4] PTNB, “Operational Roadmap,” Paris, 2015.
- [5] R. Sacks and E. Pikas, “Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 139, no. 11, 2013.
- [6] M. B. Barison and E. T. Santos, “BIM Teaching Strategies: An Overview of the Current Approaches,” *Proc. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng. 2010*, no. 2008, p. 577, 2010.
- [7] M. Pepe, “O BIM no Ensino da Arquitetura em Portugal,” ISCTE-IUL, 2017.
- [8] J. Messner, “BIM in Education. The Story of BIM Adoption at Penn State.” 2008.
- [9] R. Holland, S. Wing, and D. Goldberg, “Interdisciplinary collaborative BIM Studio,” *BIM Acad. Symp.*, 2013.
- [10] Mediaconstruct, “Enseignement à l’ENSA Toulouse: une réussite,” 2013. [Online]. Available: <http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/blog-du-bim/post/4202/enseignement-a-l-ensa-toulouse-une-reussite>. [Accessed: 08-Sep-2017].
- [11] ENSA Toulouse, “Livret de l’ étudiant 2015-2016.” Toulouse, 2015.
- [12] F. Teixeira Bastos and A. Aguiar Costa, “O Ensino do BIM em Portugal,” *Construção Magazine n°69*, Porto, pp. 40–46, Sep-2015.
- [13] A. Williams and T. Lees, “Building Information Modelling Teaching Possibilities,” *Centre for Education in the Built Environment*, Manchester, Sep-2009.
- [14] N. Gu and B. de Vries, “Two Approaches to Implementing BIM in Architectural Curricula,” in *Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference (Vol. 1)*, 2012, vol. 1, pp. 39–48.

INTEGRAÇÃO DE SOFTWARE BIM NA DISCIPLINAS DE DESENHO TÉCNICO E ASSISTIDO POR COMPUTADOR DA UMA

Patrícia Escórcio⁽¹⁾, José Santos⁽¹⁾⁽²⁾

(1) Universidade da Madeira, Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia, Departamento de Engenharia Civil e Geologia, 9020-105 Funchal

(2) CONSTRUCT-LABEST, Faculdade de Engenharia (FEUP), Universidade do Porto

Resumo

O *Building Information Modeling* (BIM) representa uma grande mudança de paradigma relativamente ao conceito de modelação dos edifícios uma vez que envolve todas as especialidades ligadas ao seu projeto, à sua construção e à sua gestão ao longo da sua vida. Contudo, apesar das suas inúmeras vantagens, tem-se verificado que a sua implementação tem sido demorada e ainda não é amplamente utilizado na indústria AECO.

De forma a fomentar a utilização de modelos BIM e promover o entendimento do conceito BIM face ao tradicional CAD, foi introduzido na UC de Desenho Técnico Assistido por Computador do 1º ano dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Eletrotécnica da Universidade Madeira o ensino de um software BIM (Autodesk Revit), além do ensino do software CAD (Autodesk AutoCAD).

Neste trabalho: i) é avaliada a facilidade da aprendizagem do software BIM comparativamente ao software CAD, ii) são identificados os conhecimentos BIM apreendidos pelos alunos, e iii) é feita uma reflexão sobre como e onde deve o ensino do BIM ser prolongado ao longo do curso de Engenharia Civil.

Verificou-se que: i) o software BIM é mais intuitivo e fácil de aprender pelos alunos, ii) a grande maioria dos conhecimentos BIM ensinados é apreendida pelos estudantes, iii) a melhor forma de prolongar o ensino do BIM, dadas as diversas limitações, será a sua introdução parcial em diversas UCs.

1. Introdução

O *Building Information Modeling* (BIM) é, segundo diversos autores, um processo no qual diversas tecnologias informáticas se relacionam entre si para permitir a gestão e coordenação do projeto de um edifício, a sua construção e a sua manutenção ao longo da sua vida [1, 2].

O BIM é uma tecnologia emergente que começa a ser fundamental no dia-a-dia da engenharia [3]. A transição do desenho do edifício com recurso a sistemas CAD e a compatibilização manual dos diferentes projetos para um modelo 3D com informação que pode ser utilizado e que cresce ao longo de toda a vida do edifício, obriga a uma mudança na forma de atuar por parte dos diversos intervenientes do projeto, nomeadamente dos engenheiros civis. A Figura 1 exemplifica algumas das etapas em que o BIM é aplicável ao longo da vida do edifício, sendo que a amarelo estão representadas aquelas mais ligadas ao projeto e ao modelo inicial (modelo 3D), a laranja a construção com atividades de obra e gestão de tempos e custos (modelo 4D e 5D), e a vermelho estão representadas algumas das fases relacionadas com a manutenção e operação do edifício (6D).

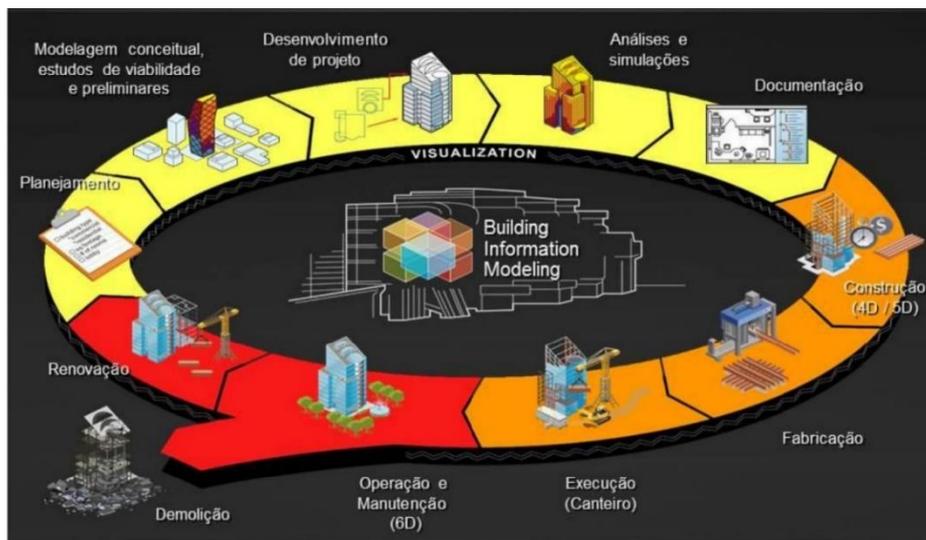


Figura 1: BIM no ciclo de vida do edifício[4].

O BIM traz vantagens para todos os intervenientes do processo, na medida em que possibilita uma comunicação mais eficiente entre as partes, antecipando por exemplo a deteção de erros e incompatibilidades [4]. Esta mudança para o BIM deve ser feita de forma gradual, preferencialmente de acordo com algumas linhas de implementação BIM existentes [1, 5]. Estes estágios de adoção do BIM diferem de autor para autor, sendo mais ou menos consensual que numa primeira fase a ênfase esteja na modelação paramétrica e no modelo 3D. Após a cimentação deste estado inicia-se uma fase em que se dá maior importância ao trabalho multidisciplinar e à partilha de informações e à interoperabilidade entre os envolvidos. Nesta fase normalmente resultam produtos com o tempo e os custos associados (os modelos 4D e 5D). Finalmente é possível então o salto para um modelo colaborativo do edifício que envolve a sua conceção, construção, operação e gestão. Este é reconhecido como o último estágio de adoção BIM e implica um processo desde a conceção que envolva a colaboração de todas as disciplinas e que requer grandes mudanças ao nível das políticas e processos das empresas [4].

Neste sentido, pode dizer-se que a implementação do BIM tem como principal desvantagem o facto de exigir uma mudança de paradigma que obriga a mudanças culturais, sociais e económicas. Implica investimentos na aquisição de software e formação específica [4, 5].

À semelhança das fases de implementação BIM, Barison e Santos [6] sugerem que o ensino BIM também pode ter três níveis. O primeiro nível (Modelador BIM) corresponde a uma

introdução ao BIM e aos conceitos básicos da interoperabilidade, e centra-se apenas na modelação 3D e na extração de quantidades, sendo adequado para adotar em disciplinas relacionadas com desenho e a representação gráfica. A este nível os pré-requisitos dos alunos são poucos, não sendo necessário sequer dominar as ferramentas de CAD. Como resultado, os alunos tornam-se capazes de modelar um edifício simples ou partes do mesmo. O segundo nível (Analista BIM) corresponde a um estado intermédio [6]. A este nível, há pré-requisitos, já que os alunos têm de ter algum domínio dos conceitos BIM e de ferramentas e software BIM, mas também conhecimentos de materiais de construção, de dimensionamento estrutural e de especialidades. A este nível espera-se trabalho em equipa e colaborativo, e como resultado a modelação completa de um edifício simples desde a arquitetura, à estrutura e às especialidades bem como a gestão de conflitos e levantamento de custos de materiais. Finalmente o terceiro nível (BIM Manager) corresponde ao estado avançado de conhecimento BIM. Os pré-requisitos neste nível são grandes e vão desde conhecimentos em métodos e processos construtivos, dimensionamento estrutural e especialidades, o domínio do BIM e das ferramentas BIM. Como neste nível o objetivo é dotar o aluno de conhecimentos para a gestão e articulação otimizadas do projeto e das equipas BIM, segundo os autores [6] é importante a integração com projetos reais e com o mercado de trabalho.

Atualmente a falta de profissionais capacitados é um dos fatores responsáveis pela demora na transição para o BIM e só será eficazmente combatida com a introdução do BIM nos cursos dos profissionais das áreas afetas ao BIM (engenharias, arquitetura, etc.) [7].

Pelas razões expostas acima, na área do ensino da engenharia civil urge implementar o ensino e a utilização do BIM. Além disto, o BIM agrega muitos dos conhecimentos das diversas áreas ligadas ao projeto e à construção, obrigando que além dos conhecimentos das ferramentas BIM sejam necessários conhecimentos de outras áreas (especialidades, etc.), com a particularidade de que é preciso “cruzar” e relacionar todos esses contributos [8]. Aprender BIM nos cursos de engenharia pode contribuir para o desenvolvimento e melhoria dos conhecimentos aprendidos nas outras disciplinas [8]. Porém o ensino com BIM e a sua introdução nos cursos é um processo muito mais complexo que não passa apenas pela criação de uma unidade curricular (UC) de BIM no plano de curso, já que é preciso atentar a outros fatores como os conhecimentos dos alunos noutras áreas, a sua capacidade para trabalhar em grupo, entre outros [6]. Além disto, a falta de formadores e docentes com conhecimentos BIM, as estruturas rígidas e clássicas dos planos de curso condicionam o ensino com sucesso do BIM [3].

Em 2010, na Universidade da Madeira, foi introduzido na UC de Desenho Técnico Assistido por Computador (DTAC) do 1º ano dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Eletrotécnica da Universidade Madeira o ensino de um software BIM (Autodesk Revit), além do ensino do software CAD (Autodesk AutoCAD).

Neste artigo pretende-se refletir sobre o grau do ensino BIM na Universidade da Madeira. Para tal são definidos três objetivos: i) avaliar a facilidade da aprendizagem do software BIM comparativamente ao software CAD, ii) identificar os conhecimentos BIM apreendidos pelos alunos, e iii) refletir sobre como e onde deve o ensino do BIM ser prolongado ao longo do curso de Engenharia Civil.

Assim, é feita uma breve descrição da UC de DTAC, são comparadas as classificações das componentes de BIM com as de CAD, são analisados os resultados de um inquérito para aferir dos conhecimentos BIM apreendidos pelos alunos e é analisada a melhor estratégia de prolongar o ensino BIM ao longo do curso.

2. Descrição da UC de DTAC

2.1 Historial

A partir de 2010 passou a integrar-se nos conteúdos programáticos da UC de DTAC, o ensino de um software BIM, o Autodesk Revit. A profundidade do ensino BIM não pode ser dissociada do grau de maturidade dos alunos [6, 9] pelo que, dadas as especificidades da UC e o nível de conhecimento dos alunos espera-se que, no final do semestre, o conteúdo assimilado e aprendido pelos os alunos os situe no nível básico (o Modelador BIM acima referido).

Sendo uma UC do 1º ano do 1º ciclo em Engenharia Civil, passou a ter como objetivos principais: i) apreensão de conhecimentos básicos de Desenho Técnico como uma linguagem de comunicação em Engenharia, ii) aplicação e desenvolvimento de conhecimentos básicos relativos à modelação e desenho com recurso ao AutoDesk Revit, e iii) aplicação e desenvolvimento de conhecimentos básicos relativos ao Desenho Assistido por Computador com recurso à plataforma 2D e 3D AutoDesk AutoCAD.

2.2 Organização da UC

A UC está dividida de acordo com os conteúdos a apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Conteúdos programáticos da UC de DTAC

Capítulo	Horas de contato	Projeto	Avaliação (%)
1 Desenho Técnico na Engenharia	15	Esboço cotado casa do aluno	15
2 Desenho Assistido por Computador com recurso à plataforma de modelação 3D AutoDesk Revit	45	Casa do aluno em Revit	50
3 Desenho Assistido por Computador com recurso à plataforma de desenho de modelação 2D AutoDesk AutoCAD	20	Rede de águas da casa do aluno em AutoCAD	35

No primeiro tópico são abordadas as temáticas relativas à importância do Desenho Técnico na Engenharia. O trabalho consta na execução à mão livre de um esboço cotado (plantas cotadas pisos, implantação e cobertura) de um edifício/moradia.

O segundo tópico é então aquele que se relaciona com o BIM e é o mais extenso, tendo também um maior peso na avaliação final. O que se pretende com este capítulo, é que partindo do esboço criado no primeiro trabalho, se crie um modelo que passe pela arquitetura, estrutura e especialidades. Estas últimas duas componentes num grau muito básico, pois os alunos têm poucos conhecimentos relativos aos processos e intervenientes num projeto, ou no que concerne a especialidades, obrigando o projeto a incidir mais na modelação da arquitetura e de alguns elementos estruturais e na extração de quantidades e menos no processo colaborativo ou nas interações com as especialidades.

A estruturação das aulas referentes ao BIM, foi pensada para que os alunos não necessitem de qualquer conhecimento prévio da ferramenta a utilizar. As aulas iniciais são dedicadas à contextualização do que é o BIM e à introdução dos seus conceitos. Depois é feita uma

introdução à ferramenta Revit e do seu ambiente e conceitos (como famílias, elementos, etc.). Nas restantes aulas são demonstradas as funções à medida que os alunos executam o seu projeto. Crê-se que para os alunos é mais fácil executar à medida que vão aprendendo as funções (criação de elementos, plantas, alçados, cortes e pormenores, atribuição de materiais, criação de famílias, criação de tabelas de volumes e áreas, criação de folhas). Com isto, pretende-se também monitorizar e acompanhar a evolução dos alunos. Esta metodologia de ensino BIM vai de encontro ao indicado Barison e Santos [6] segundo os quais este deve partir da compreensão da história e princípios do BIM, para a compreensão das funções, capacidades e limitações da ferramenta BIM a ser utilizada e só depois para a modelação em si, respondendo conceptualmente às questões “O que é?”, “Porquê?” e “Como?” para auxiliar o processo de aprendizagem.

Os critérios de avaliação deste projeto relacionam-se com a correta execução da modelação geométrica, atribuição e criação de materiais, cálculo de áreas e volumes, implantação do edifício sobre uma topografia fornecida, cotagem, criação de manipulação de folhas, execução de vistas 3D e pormenores.

No terceiro tópico as aulas iniciais são dedicadas à introdução ao software AutoCAD e ao seu ambiente. São introduzidas as principais funções e os conceitos relacionados com a representação em 2D. As restantes aulas são dedicadas à realização acompanhada do terceiro projeto de avaliação, que consiste no desenho em AutoCAD de uma rede de águas sobre vistas de arquitetura exportadas do Revit.

Manteve-se o contato com o programa AutoCAD não só porque que continua a ser amplamente utilizado, mas também porque alguns autores [6, 7] defendem que é melhor, embora não essencial, para os alunos terem também noções nas tradicionais ferramentas CAD, podendo estes conhecimentos ajudar a desenvolver as capacidades em BIM.

No final das aulas, do corrente ano letivo, para clarificar e recolher informações sobre o funcionamento da UC e sobre a opinião dos alunos relativamente à integração do BIM na UC, foi realizado um inquérito abordado na Secção 4.

3. Desempenho nas aulas e resultados das avaliações (BIM versus CAD)

O acompanhamento dos trabalhos em Revit nas aulas permitiu verificar que muitos dos alunos realmente se interessaram pelo programa indo além do que era pedido, e trazendo dúvidas e questões muitas vezes mais complexas do que seria espetável. Inclusivamente, alguns alunos modelaram elementos complexos tais como coberturas copulares constituídas por perfis de aço com painéis de vidro, outros procuraram fazer um estudo de exposição solar.

Ao nível da avaliação quantitativa dos trabalhos, na Tabela 2 apresentam-se para efeitos comparativos as médias dos três projetos. Frequentaram efetivamente as aulas e foram submetidos a avaliação 38 alunos. Verificou-se que o primeiro e o segundo projeto tiveram a nota média mais alta, sendo também muito próxima. Considerando o diferente grau de dificuldade e complexidade entre estes dois trabalhos, esta diferença não parece significativa, evidenciando os bons resultados fruto da motivação dos alunos no projeto Revit. Isto é, o primeiro trabalho é um simples esboço cotado a ser feito à mão levantada e para o qual os alunos apenas precisaram de dedicar uma ou duas horas. Já o projeto no Revit requer muito mais horas de trabalho e um maior comprometimento por parte dos alunos. Além disto, o Revit foi algo

novo para os alunos enquanto que o primeiro o trabalho envolveu temáticas já dominadas pela maioria.

Tabela 2: Notas médias dos trabalhos

	Título do projeto	Peso na avaliação (%)	Média (valores)
1	Esboço cotado casa do aluno	15	14.6
2	Casa do aluno em Revit	50	14.5
3	Rede de águas da casa do aluno em AutoCAD	35	13.5

Relativamente ao projeto que envolve o AutoCAD, verificou-se que a nota média difere em 1.0 e 1.1 valores respetivamente, do projeto em Revit e do esboço cotado à mão livre. Isto pode demonstrar que para os alunos assimilar e trabalhar com o AutoCAD é mais difícil e menos intuitivo. Para reforçar esta análise comparativa refira-se que no segundo projeto (Revit) apenas dois alunos tiveram uma classificação negativa, enquanto no terceiro projeto (AutoCAD) cinco alunos tiveram nota negativa. Esta conclusão foi obtida com a base nas notas dos trabalhos, que, não obstante, podem ser afetadas por outros fatores. Porém, procurando minimizar esta questão e de forma a tornar comparável as notas, procurou-se que ambos os trabalhos (CAD e BIM) tivessem um grau de dificuldade equivalente. Para além disto, note-se que esta conclusão está de acordo com os resultados apresentados na Secção 4.

Para finalizar a análise importa referir que o valor das notas médias dos trabalhos, que se pode considerar um valor alto, o que evidencia o grau de comprometimento e interesse por parte dos alunos na UC. Além disso, as classificações dos projetos apenas foram divulgadas no final do semestre de modo a evitar possíveis relaxamentos de um projeto para o outro.

Os dados dos anos anteriores reforçam esta tendência, as melhores notas são obtidas nos trabalhos em Revit comparativamente ao AutoCAD. Corroborando este resultado, na Figura 2 mostram-se as notas médias obtidas nos três projetos nos últimos 4 anos. Com exceção do ano 2015/2016 as melhores notas são obtidas no primeiro projeto, seguindo-se as notas do trabalho em Revit e as mais baixas são obtidas no AutoCAD. O ano 2015/2016, foi excepcional na medida em que a UC teve um número reduzido de alunos e como tal o acompanhamento foi muito personalizado motivando os alunos a terem bons projetos quer no Revit quer no AutoCAD.

4. Resultados dos inquéritos

4.1 Identificação dos conhecimentos BIM apreendidos pelos alunos

Após o final do semestre foi realizada uma recolha da opinião geral dos alunos pela realização de um inquérito. Apenas 22 dos 38 avaliados responderam às questões colocadas. O inquérito incidiu mais nos conteúdos BIM lecionados e na comparação entre o Revit e o AutoCAD.

Relativamente ao Revit, 100% dos alunos responderam que se sentiam capazes de “importar e referenciar ficheiros de AutoCAD/Revit”, “gerar plantas, alçados e vistas 3D”, “gerar cortes e secções”, “gerar e editar pormenores construtivos”, “criar folhas de desenho”, “modelar pavimentos, lajes e coberturas”, “definir espaços”, “quantificar áreas e volumes”, bem como “fazer tabelas de medições de materiais”.

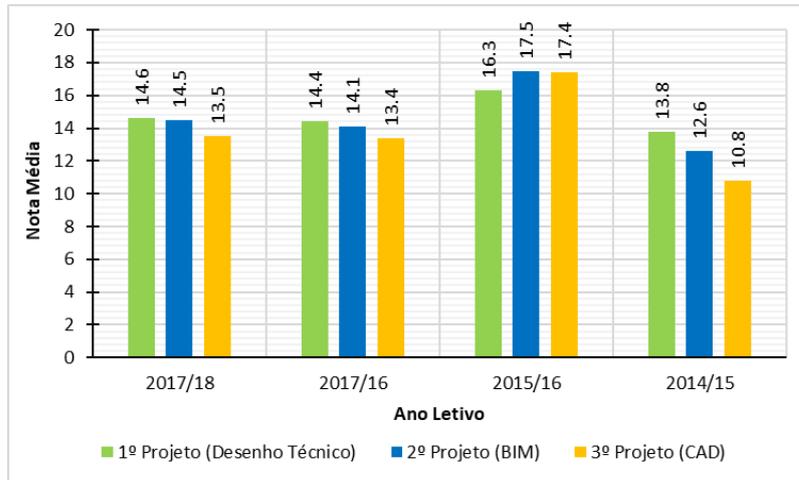


Figura 2: Notas médias nos últimos 4 anos

Apenas 59.1% dos alunos respondeu que se sentia capaz de “manipulação de terrenos e topografia”, “criar e editar famílias” e “criar geometria complexas”. 86.4% respondeu sentir-se capaz de “criar, editar e atribuir materiais a elementos” e 95.5% “cotar desenhos e elementos”. Pode concluir-se então que estas são as áreas em que se notaram mais dificuldades e que há que reforçar no futuro.

Os alunos referiram que gostariam de ter aprofundado temáticas BIM mais avançadas como “o cálculo de áreas de escavação e aterro” (63%), “modelação MEP” (90%), “estudos solares” (100%), “estudos luminotécnicos” (87%), “faseamento construtivo” (77%) e “gestão do edifício e equipamentos” (95%).

4.2 BIM versus CAD

Comparando o Revit com o AutoCAD, 86.4% dos alunos considerou o Revit mais intuitivo, 72.7% respondeu que é também mais fácil de aprender. Quanto à sequência com que os programas são lecionados nas aulas, a maioria (86.4%) respondeu que é mais natural primeiro aprender Revit e só depois AutoCAD.

A maioria dos alunos demonstrou interesse em aprofundar o Revit futuramente (68.2%). A percentagem de alunos que referiu ter interesse em trabalhar com o Revit futuramente foi de 72.7%, sendo que 22.7% dos alunos queria trabalhar com ambos os softwares.

5. Prolongamento do ensino do BIM ao longo do curso de Engenharia Civil

Face ao que foi exposto na Introdução, utilizar BIM pode contribuir para uma melhor assimilação dos conhecimentos que os alunos adquirem nas diversas UCs. É pertinente elencar ao longo do curso de Engenharia Civil em que UCs poderiam os alunos ter contato com o BIM. Até ao momento os alunos só têm contato com o BIM em DTAC. É importante para a mudança para o BIM e para uma mais fácil integração dos alunos no mercado de trabalho que ao longo do curso, o BIM seja integrado em outros momentos.

Procurou-se refletir de que forma é que o contato com o BIM pode ser incentivado e implementado. Seguindo o exemplo do Mestrado Integrado em Arquitetura da Universidade de

Lisboa [10] crê-se que existam essencialmente três formas distintas para integração do BIM: i) no âmbito de teses mestrado, ii) criação de uma ou mais UCs, e iii) pela integração de softwares BIM nas UCs existentes.

A integração do BIM via temas de teses de mestrado já está implementada, embora ainda com escassos resultados. Porém, neste caso o conhecimento BIM só é adquirido pelos alunos que optem por estes temas.

A criação de outras UCs específicas de BIM exigem alterações ao plano de curso que nem sempre são fáceis de executar ou implementar, quer por questões legais quer pela necessidade de formação específica por parte dos docentes.

Já a integração do BIM em algumas das UCs existentes, apesar de poder ser implementada facilmente requer a identificação dessas UCs, o levantamento da formação em BIM dos docentes afetos a essas UCs e o levantamento dos softwares BIM mais adequados a cada caso e a sua aquisição. Na Tabela 3 listam-se as UCs do curso em que o BIM podia ser integrado nas aulas e nos trabalhos realizados pelos alunos. Procurou-se ainda determinar qual a área/vertente do BIM seria predominante. Nalgumas UCs, tais como a Hidráulica, o Betão Armado ou o Dimensionamento Estrutural, o BIM pode ser introduzido mais no contexto da modelação da estrutura e redes e produção de peças desenhadas e fazendo ligação a programas de cálculo estrutural já utilizados nessas UCs. Em Organização e Gestão de Obras o contexto de utilização do BIM estaria mais relacionado com a visualização e obtenção de dados de medição, geração de mapas de quantidades e faseamento construtivo (modelos 4D e 5D) e também com o papel de “BIM manager”. Há ainda outras UCs em que o BIM poderia ser utilizado no âmbito de testar e comparar diversas soluções ou cenários, como exemplo a Física e a Tecnologia das Construções.

6. Conclusões

Os requisitos dos mercados atuais relativos ao projeto e construção exigem cada vez mais profissionais com conhecimento BIM. Um dos pontos importantes para o aumento da utilização do BIM será o ensino nas universidades nos cursos das áreas envolvidas. O presente estudo possibilitou uma reflexão e avaliação sobre o estado atual e futuro do ensino e aprendizagem do conceito BIM na Universidade da Madeira no curso de Engenharia Civil. Mais especificamente permitiu: i) comparar a facilidade de aprendizagem do Revit e do AutoCAD, ii) aferir os conhecimentos BIM adquiridos pelos alunos e iii) identificar as UCs do curso de Engenharia Civil em que o BIM poderia ser utilizado durante as aulas e nos trabalhos de avaliação.

Concluiu-se que, atualmente o BIM integra o curso de engenharia Civil apenas na UC de 1º ano de DTAC, sendo que nesta UC o nível de conhecimento BIM adquirido pelos alunos corresponde ao nível básico-introdutório (execução de um modelo BIM 3D e extração de quantidades). Relativamente a esta UC, verificou-se que, de uma forma geral, os alunos não só perceberam alguns dos pontos fortes do BIM, nomeadamente, o menor tempo necessário para a execução de alguns trabalhos, e o fato de ser obter um modelo de informação do edifício e não um simples modelo 3D, como também ficaram interessados em utilizar BIM futuramente. Os alunos não só obtiveram classificações altas nos trabalhos que envolvem o BIM como também mostraram autonomia no processo de realização dos trabalhos. Comparativamente ao

AutoCAD, os resultados mostraram que os alunos sentiram maior facilidade em aprender o Revit, o que se verificou também em anos anteriores.

Tabela 3: UCs do curso de Engenharia Civil articuláveis com BIM

Curso	Ano	UC	Áreas do BIM
Licenciatura (1º ciclo)	1	Desenho Técnico e Assistido por Computador	Modelação
	2	Materiais de Construção	Modelação / Visualização
	3	Hidráulica	Modelação/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
	3	Física das Construções	Modelação / Teste de hipóteses
	3	Betão Armado	Modelação/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
Mestrado (2º ciclo)	1	Fundações e Estruturas de Suporte	Modelação / Visualização
	1	Tecnologia da Construção	Modelação / Teste de hipóteses
	1	Organização e Gestão de Obras	Visualização / Geração de orçamento / Faseamento construtivo
	1	Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado	Modelação/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
	1	Reabilitação e Reforço de Estruturas	Modelação / visualização/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
	2	Dimensionamento Estrutural	Visualização/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural
	2	Estruturas Metálicas e Mistas	Visualização/ interoperabilidade com programas de cálculo estrutural

Embora estas conclusões sejam válidas apenas para os dois softwares utilizados (AutoCAD e Revit), os autores são da opinião que atendendo ao conteúdo programático e objetivos definidos para a UC, os resultados manter-se-iam válidos mesmo que fossem utilizados outros softwares idênticos.

A melhorar na disciplina em anos próximos, o planeamento de algumas aulas, fazendo face aos pontos que segundo os alunos ficaram pouco esclarecidos tais como: produção de geometrias mais complexas, manipulação de terrenos (e áreas e volumes de escavação/aterro) e faseamentos construtivos.

Relativamente ao prolongamento do ensino do BIM no resto do curso, concluiu-se que há a necessidade de integrar o BIM noutras UCs já existentes, para que os conteúdos BIM possam ser aprofundados. Existem ao longo do curso pelo menos 12 UCs nestas condições. Ainda que nenhuma dessas UCs cubra todas as áreas do BIM, a soma certamente proporcionaria aos alunos

o conhecimento necessário para enfrentar as exigências emergentes nos mercados trabalho no que respeita ao BIM. A principal barreira a esta medida é a falta de formação BIM dos docentes, pelo que seria primordial investir nesta. Além disso, alunos pré-finalistas possuem um nível de conhecimento maior no que respeita aos processos inerentes a um projeto e aos diferentes intervenientes, sendo, portanto, mais fácil abordar e simular outras vertentes do modelo BIM (colaborativa, e de gestão do edifício e os projetos de especialidades).

Para quem pretenda proceder à implementação da formação em BIM num curso de engenharia ou arquitetura são aspetos a considerar: a definição dos objetivos a alcançar pelos estudantes, a seleção dos conteúdos e das UCs onde o BIM será lecionado, a escolha dos softwares a utilizar, a formação dos docentes bem como a avaliação da implementação do ensino de BIM.

Referências

- [1] B. Succar, "Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders," *Automation in Construction* vol. 18, pp. 357-375, 2009.
- [2] H. Penttilä, "Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression," *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, vol. 11, pp. 395-408, 2006.
- [3] A. Abbas, Z. Din, e R. Farooqui, "Integration of BIM in Construction Management Education: An Overview of Pakistani Engineering Universities," *Procedia Engineering*, vol. 145, pp. 151-157, 2016.
- [4] P. Basto e A. Junior, "Ensino de BIM em curso de graduação em engenharia civil em uma universidade dos EUA: estudo de caso," *Ambiente Construído*, vol. 16, pp. 45-61, 2016.
- [5] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, e K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*: Wiley Publishing, 2008.
- [6] M. Barison e E. Santos, "Review and Analysis of current strategies for planning a BIM curriculum," in *CIB W78 2010: 27th International Conference* Cairo, Egypt., 2010.
- [7] R. Sacks e R. Barak, "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education," *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 136, pp. 30-38, 2010.
- [8] J.-L. Kim, "Use of BIM for Effective Visualization Teaching Approach in Construction Education," *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 138, pp. 214-223, 2012.
- [9] K. E. Hedges e A. S. Denzer, "Visualizing Energy: How BIM Influences Design Choices," *ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications and the 19th Reliability, Stress Analysis, and Failure Prevention Conference*, pp. 567-574, 2007.
- [10] J. Veiga, "Do CAD para o BIM, Reflexões para o ensino da modelação em Arquitetura," Mestrado, Mestrado Integrado em Arquitetura, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

O GRUPO ACADÉMICO ISEP/BIM: UMA EXPERIÊNCIA DE TRÊS ANOS NA PROMOÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO BIM

Diogo Ribeiro⁽¹⁾, Ricardo Santos⁽²⁾, José Pinto-Faria⁽²⁾, Rui Gavina⁽³⁾, Fernando Sousa⁽³⁾, Cláudio Santos⁽³⁾, Joel Soares⁽³⁾, Nuno Monteiro⁽³⁾, Ana Barbosa⁽³⁾, João Santos⁽³⁾, Henrique Pires⁽³⁾

(1) CONSTRUCT-LESE, ISEP/ISEP/BIM, Porto

(2) ISEP/ISEP/BIM, Porto

(3) ISEP/BIM, Porto

Resumo

Este artigo descreve a experiência consolidada do grupo académico ISEP/BIM na promoção e desenvolvimento da metodologia BIM, entre os anos 2015 e 2018. O grupo está sediado no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e é constituído por docentes, diplomados e estudantes dos cursos de Engenharia Civil. O grupo tem centrado as suas atividades no apoio e colaboração a trabalhos académicos relacionados com o BIM, na promoção e disseminação do BIM, no desenvolvimento de novas ferramentas e metodologias de trabalho inseridas no contexto BIM, e no apoio e aconselhamento de agentes económicos na área do BIM. No âmbito das atividades de promoção do BIM será destacada a organização das conferências “BIM Trends and Innovation” e o curso de curta-duração “Fast Track Courses” ambos com um forte envolvimento de oradores, empresas e organizações de referência a nível internacional. Relativamente à colaboração em trabalhos académicos, serão descritos alguns dos trabalhos enquadrados em estágios em ambiente empresarial, e que possibilitaram uma forte interligação do grupo com as empresas. Por último, serão descritos alguns projetos I&D nos quais o grupo está envolvido, com especial ênfase no desenvolvimento de técnicas de levantamento geométrico assentes em fotogrametria e com o apoio de um veículo aéreo não tripulado.

1. Introdução

Ao longo dos anos a indústria da engenharia e construção tem assumido um papel de extrema relevância na economia, ambiente e sociedade em geral. No entanto, comparativamente a outras indústrias, é a que se tem revelado mais tradicionalista, apresentando uma incorporação e desenvolvimento tecnológicos lentos e sem ainda ter passado por qualquer mudança disruptiva. Os índices de produtividade denotaram um crescimento muito ténue nas últimas duas décadas, na ordem de apenas 1%, um valor muito inferior ao que se verifica em outras áreas da indústria no mesmo período [1].

O forte impacto que a indústria da construção tem na economia, na criação de emprego e no desenvolvimento e manutenção do ambiente construído, justificaram a adoção de uma estratégia inovadora de digitalização, que vem reportada num relatório recente elaborado por uma comissão formada por especialistas da OCDE e Banco Mundial [2]. Este relatório refere ainda que a falta de produtividade desta indústria se deve a uma ineficiente colaboração, baixo investimento tecnológico e em atividades de I&D, além de uma má gestão da informação, tudo isto originando uma falta de rigor no cumprimento orçamental nas fases de projeto, construção e manutenção das construções, atrasos nos prazos de conclusão das obras e alterações frequentes nos projetos, que seriam evitáveis. Estima-se que na Europa, com a introdução do BIM como estratégia de digitalização, poderão ser atingidos ganhos de produtividade na ordem de 10-20%, o que representa uma poupança global de cerca de 130.000 milhões de euros.

O também recente o relatório do EU BIM Task Group [3], define a este nível quatro áreas estratégicas de ação, nomeadamente: i) o crescimento da capacidade e competências da indústria; ii) o desenvolvimento de um procedimento colaborativo comum; iii) o estabelecimento de uma liderança governamental, e iv) a criação e crescimento de comunidades que realizam a ligação entre os vários stakeholders e que são responsáveis pela introdução de novas metodologias de trabalho.

O presente artigo descreve a experiência consolidada do grupo académico ISEPBIM na promoção e desenvolvimento da metodologia BIM, enquadrado na área estratégica da criação, articulação e desenvolvimento de comunidades. Para atingir estes objetivos o grupo tem focado as suas atividades no domínio da organização de eventos, no apoio a trabalhos académicos, a maioria deles realizados em parceria com empresas, em atividades de I&D e na articulação com outros grupos e comunidades.

2. O grupo ISEPBIM

O grupo académico ISEPBIM está sediado no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e é constituído por docentes, diplomados e estudantes dos cursos de Engenharia Civil do ISEP. O grupo foi constituído em maio de 2015, sendo atualmente formado por 10 membros efetivos (Figura 1), e tem como principal objetivo a promoção e desenvolvimento da metodologia BIM junto da comunidade académica, científica e empresarial. O grupo não tem fins lucrativos e tem centrado as suas atividades no apoio e colaboração a trabalhos académicos relacionados com o BIM, na promoção e disseminação do BIM, no desenvolvimento de novas ferramentas e metodologias de trabalho inseridas no contexto BIM, e no apoio e aconselhamento de agentes económicos na área do BIM.

3. Organização de eventos

Uma das áreas de intervenção do grupo ISEPBIM passa pela organização de eventos na área do BIM, com especial incidência nos eventos de disseminação e eventos formativos (Figura 2). Em relação aos eventos de disseminação a aposta tem passado pela realização de seminários em parceria com entidades externas e contando com a contribuição de oradores nacionais e internacionais de inegável valia e com competências e experiência firmadas na área do BIM.

Entre os eventos organizados importa destacar o Portugal Steel 2016, com o lema “Os desafios do BIM na construção metálica”, realizado em parceria com a Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista (CMM), e as conferências BIM Trends and Innovation (BIMTI), nos anos 2016 e 2017, em parceria com a RTC Events Management e Asidek respetivamente.



Figura 1: A equipa ISEP BIM

As conferências BIMTI, apesar de criadas recentemente, estão já incluídas num conjunto restrito de eventos de referência a nível nacional na área do BIM, contando com a presença regular de cerca de 180 participantes. Entre os oradores convidados destaca-se a participação de especialistas internacionais como Wesley Benn (RTC), Manisha Vora (Asite), Emmanuel Di Giacomo (Autodesk), Christopher Groome (Building Smart UK), Tony Woods (Midland Steel), entre outros, que vieram pela primeira vez a Portugal partilhar as suas experiências em BIM. As inscrições nos eventos BIMTI são a custo reduzido para estudantes e profissionais o que constitui um importante incentivo à participação das comunidades académica e técnica.



Figura 2: Eventos organizados pelo ISEP BIM: a) eventos de disseminação: BIM Trends and Innovation 2016 e 2017, b) eventos de formação: BIM Fast Track Courses 2016 e 2018

Relativamente aos eventos de formação importa destacar os cursos de curta duração BIM Fast Track Courses (FTC) que contam já com duas edições realizadas nos anos de 2016 e 2018, num total de cerca de 70 participantes. Os FTC destinam-se a estudantes e profissionais na área da AEC e têm uma abordagem essencialmente prática que conjuga a aprendizagem da metodologia e dos processos inerentes ao BIM, apoiada em plataformas e aplicações específicas, permitindo, deste modo, mostrar meios que possam melhorar os fluxos de trabalho e a produtividade das empresas. Os cursos foram estruturados em módulos que podem ser frequentados de forma independente ou no formato de curso completo, para o nível iniciante/intermédio, abrangendo conteúdos relacionados com conceitos gerais e normas, coordenação em BIM, automação de processos em BIM, BIM *Facility Management*, entre outros. O formato implementado nos FTC pretende ser diferenciador em relação a outras ofertas formativas existentes no mercado que geralmente têm uma maior duração e custos de inscrição mais elevados.

Um inquérito conduzido na edição 2018 dos Fast Track Courses e ao qual responderam cerca de 50% dos participantes permitiu concluir que, na grande generalidade, os assuntos versados nos vários módulos propostos foram ao encontro do interesse dos formandos (Figura 3).

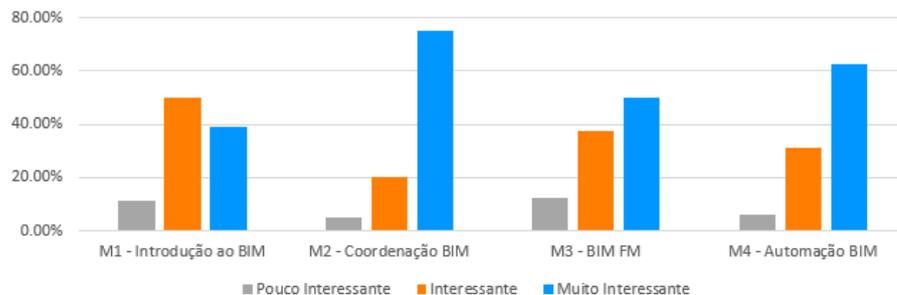


Figura 3: Grau de satisfação dos formandos nos vários módulos dos BIM FTC2018

4. Apoio a trabalhos académicos

O grupo ISEPBIM tem colaborado regularmente em trabalhos académicos sobretudo no âmbito do apoio à elaboração de teses do Mestrado em Engenharia Civil que, no caso do ISEP, podem assumir a forma de dissertações, projetos ou estágios em ambiente empresarial. Pontualmente o grupo colaborou ainda em trabalhos da Licenciatura em Engenharia Civil e no âmbito do projeto ERASMUS+. No período de 2013 a 2018 assinala-se o apoio a 27 trabalhos académicos, dos quais 23 correspondem a estágios realizados em ambiente empresarial, o que demonstra a forte dinâmica da escola e do grupo com a indústria. Entre as empresas parceiras assinalam-se a Mota-Engil (2 trabalhos), Newton (6), ndBIM (3), BIMMS (4), EFACEC (1), SE2P (2), Fase (1), GEG (1), O Feliz (1), SENQUAL (1) e NCREP (1).

Em seguida serão apresentadas as sinopses de quatro dos trabalhos que foram desenvolvidos ao abrigo de protocolos com a indústria.

4.1 As metodologias BIM 4D e 5D aplicadas à construção de uma ETAR na Argélia

Este trabalho foi o resultado de um estágio curricular desenvolvido na EFACEC e descreve os procedimentos da implementação do BIM 4D e 5D à construção da ETAR de Bou Ismail, na Argélia [4].

Foram utilizados os programas Autodesk Revit para a criação do modelo, o Autodesk Navisworks para a integração de todas as informações atribuídas aos elementos, o MS Project para o planeamento da Construção (BIM 4D) e o MS Excel para o controlo de custos da empreitada (BIM 5D). Como *output* do trabalho, foi conseguido um vídeo com a simulação do faseamento construtivo da empreitada, relatórios da situação financeira da empreitada, controlo de quantidades de execução e um manual de procedimento para a empresa.

A Figura 4 apresenta um exemplo da modelação realizada, com uma qualidade que permite distinguir os vários materiais e equipamentos estabelecidos em projeto.



Figura 4: Modelo 3D: ETAR de Bou Ismail, Argélia [4]

Com a integração no modelo do programa de trabalhos, as atividades e as datas preconizadas no planeamento são apresentadas pelo programa Navisworks (Figura 5).

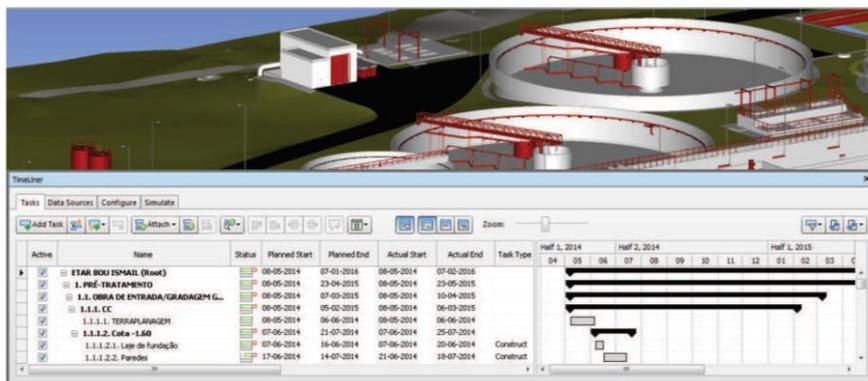


Figura 5: programa de trabalhos [4]

Procurou-se neste trabalho apresentar uma aplicação da metodologia BIM a projetos, cada vez mais complexos e exigentes quanto a custos e a prazos de execução, de modo a suprir algumas das dificuldades dos tradicionais métodos de gestão da construção.

4.2 A metodologia BIM-FM aplicada ao complexo de piscinas de Campanhã

A integração do FM e do BIM combinou as capacidades de visualização tridimensional das instalações, associada à base de dados do BIM, às técnicas do FM, possibilitando uma gestão integrada do complexo de piscinas de Campanhã, sob a gestão da Porto Estádio [5, 6].

No relatório é apresentada uma metodologia para análise do sistema de gestão de manutenção das instalações, na qual se apontam as vantagens do planeamento a longo prazo da manutenção.

O *Level of Development* (LOD) associado ao modelo foi 500, respeitando assim a normalização COBIM, que recomenda para a fase de manutenção e operação o nível de detalhe máximo. O nível de detalhe conseguido pode ser visualizado na Figura 6, por comparação entre a construção real e a imagem digital, neste caso, modelada no programa Revit e trabalhada em Lumion.

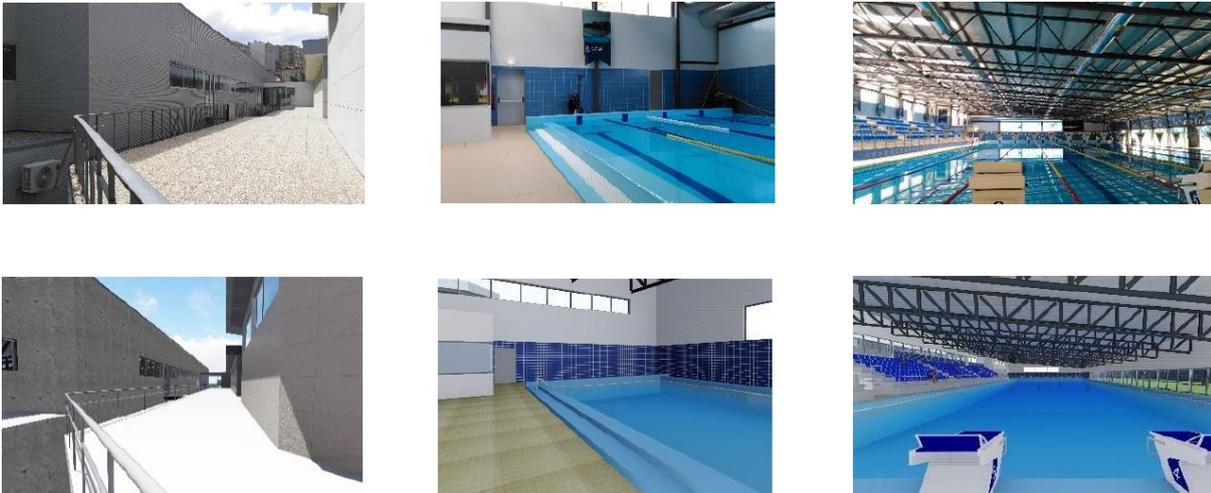


Figura 6: Comparação entre fotografias e *renders* do modelo [5]

Com a informação acoplada ao modelo (Figura 7), podem, por exemplo, ser encontrados os catálogos referentes aos equipamentos e todas as suas características técnicas. Verificou-se que muita da informação necessária para o FM poderá ser inserida diretamente no *software* compatível, não sendo assim crucial o preenchimento de todos os dados no programa Revit. A integração do modelo desenvolvido em Revit com o BIM-FM, foi efetuada por intermédio do programa Archibus que permite uma interação bidirecional recorrendo a um *add-in*. Este *add-in* aumenta as capacidades do Revit com várias ferramentas que permitem, não só a utilização do modelo no Archibus, mas também a constante introdução e atualização de dados.

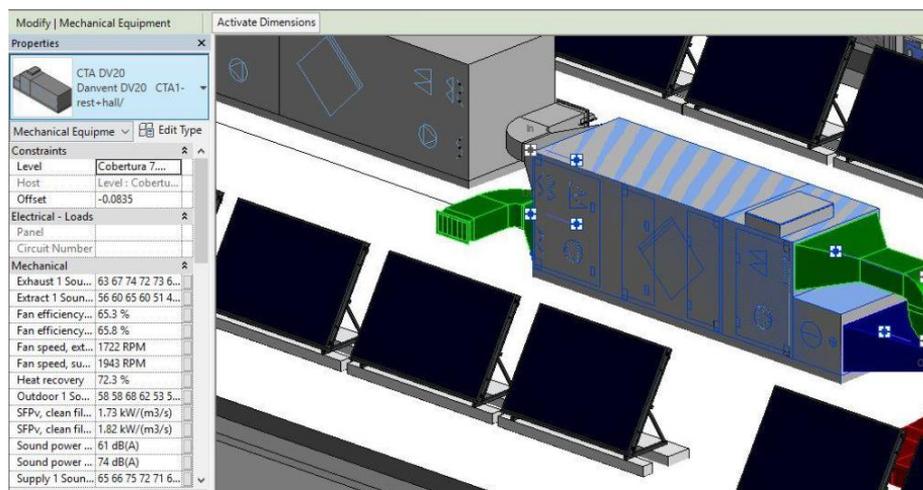


Figura 7: Exemplo de equipamento mecânico com informações mecânicas e elétricas

4.3 Guia de implementação BIM em organizações e projetos

A adoção da metodologia BIM é vista como um processo transformador que engloba as empresas, os projetos e, no global, toda a indústria da construção civil. Contudo, a sua implementação tem impactos sociais, técnicos e metodológicos, pelo que há alguns anos tem sido alvo de inúmeras pesquisas com o objetivo de difundir as práticas associadas ao BIM nas empresas, nos projetos e na indústria.

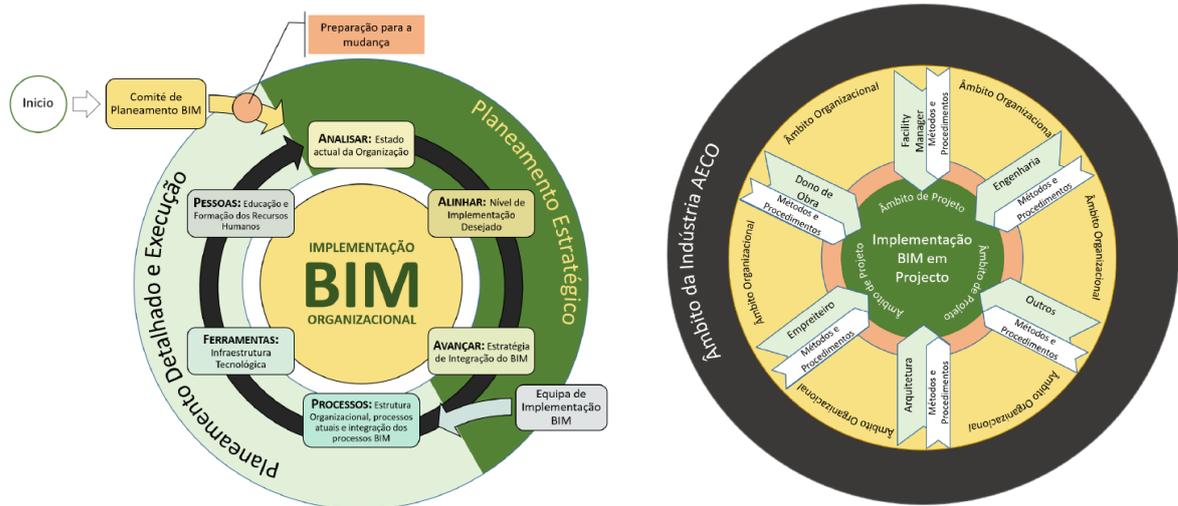


Figura 8: Guia de implementação BIM em organizações e projetos [7]

Em resposta a esta necessidade, foi desenvolvido, no âmbito de um estágio realizado na empresa BIMMS, o “Guia de Implementação da Metodologia BIM em Organizações e Projetos” [7]. Este guia de carácter generalista resultou do estudo, compilação e adaptação de vários documentos, desde artigos internacionais, normas, especificações técnicas e guias produzidos pela comunidade científica. Os seus conteúdos foram escritos com o objetivo de fornecer uma ferramenta de carácter sobretudo prático, e que sirva de referência para as entidades que pretendem avançar com a implementação BIM no seu âmbito organizacional, nomeadamente em projeto. Assim, o guia apresenta uma série de procedimentos que podem ser seguidos para que o processo de implementação BIM seja levado a cabo de uma forma organizada e estruturada (Figura 8).

4.4 Ferramenta para integração de resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais em modelos BIM

Este trabalho foi o resultado de um estágio curricular no laboratório central da empresa Senqual, que efetua serviços de consultoria e controlo de qualidade de materiais na área da construção civil. Neste âmbito foram realizados vários ensaios em laboratório, com base em amostras provenientes de obras de infraestruturas diversas onde a empresa procedeu ao controlo de qualidade de materiais, maioritariamente betões e agregados. O objetivo principal do trabalho foi o desenvolvimento de uma ferramenta que permita realizar a integração de resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais em modelos BIM. As ferramentas BIM utilizadas foram os programas Revit e Dynamo [8]. O caso de estudo apresentado no trabalho é uma moradia unifamiliar onde foi realizado o controlo de qualidade do betão em obra (Figura 9).

Neste controlo de qualidade foram realizados ensaios de abaixamento e ensaios de resistência à compressão de vários provetes. Após a análise dos resultados dos ensaios, e por aplicação da ferramenta desenvolvida, os mesmos foram incorporados no modelo BIM da estrutura.

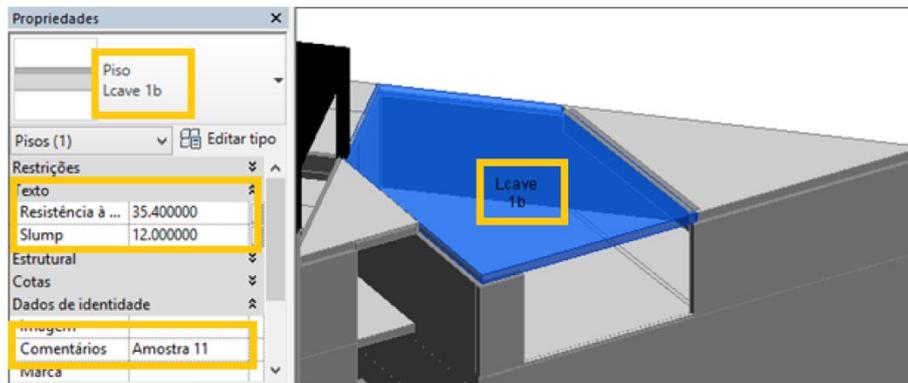


Figura 9: Ferramenta para integração de resultados de ensaios de controlo de qualidade de materiais em modelos BIM [8]

5. Iniciativas I&D

No âmbito de iniciativas I&D o grupo ISEPBIM tem atualmente dois projetos em curso: um relacionado com o desenvolvimento de ferramentas BIM de apoio ao dimensionamento de fundações [9], e outro no âmbito do desenvolvimento de técnicas de levantamento geométrico assentes em fotogrametria e com o apoio de um veículo aéreo não tripulado.

O projeto de desenvolvimento de ferramentas BIM de apoio ao dimensionamento de fundações tem como objetivo a automatização do dimensionamento de fundações semi-profundas, do tipo poços de fundação, com base no método do Bloco Rígido [9]. Neste âmbito, foi desenvolvido um programa de cálculo em linguagem C#, utilizando a API da plataforma Revit. A interação entre o programa de cálculo e o modelo BIM é feita em ambiente Revit, a partir de uma interface gráfica intuitiva por intermédio de *modeless forms*, permitindo a manipulação do modelo enquanto é efetuada a introdução de parâmetros de cálculo (Figura 10). O detalhamento do poço em peças desenhadas é efetuado automaticamente pelo programa Revit por intermédio da criação de um objeto autónomo que inclui diversas propriedades avançadas.

A aplicação da ferramenta a casos de estudo reais permitiu comprovar a sua eficiência e robustez tendo em vista a obtenção de soluções mais económicas e cumprindo os requisitos dos Eurocódigos. Acresce que o recurso à ferramenta BIM desenvolvida possibilitou aos projetistas tomarem decisões mais sustentadas e menos baseadas na experiência, permitindo a criação de múltiplos cenários com brevidade e viabilizando a solução mais adequada.

No âmbito das atividades em curso importa destacar alguns desenvolvimentos em fase de implementação: i) a evolução do Add-In e da família Revit de modo a possibilitar a utilização de parâmetros associados a grandezas físicas e respeitando as diretivas do IFC, viabilizando, deste modo, a interoperabilidade com outros programas; ii) a ligação ao programa de cálculo de estruturas Autodesk Robot tendo em vista a importação automática dos esforços na base dos pilares dos modelos numéricos, e iii) o desenvolvimento de uma aplicação Android para telemóvel, que permitirá aceder remotamente à ferramenta desenvolvida.

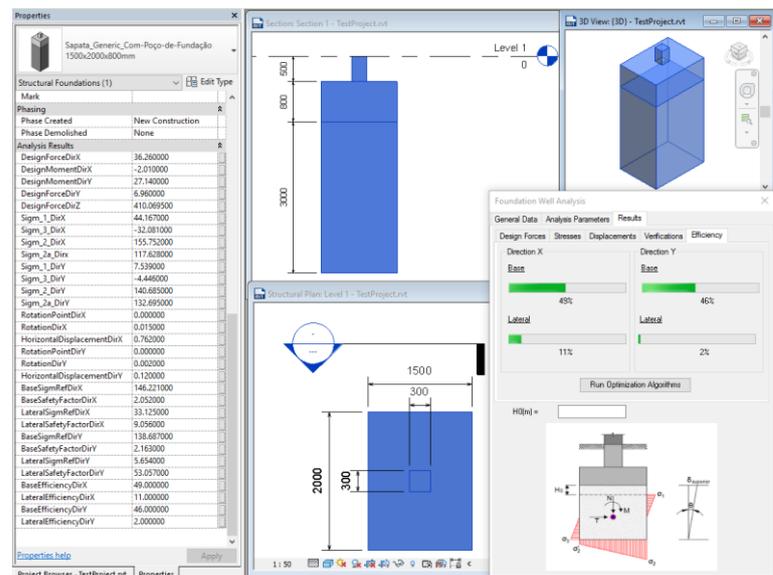


Figura 10: Ferramenta BIM de apoio ao dimensionamento de poços de fundação [9]

No âmbito do projeto na área da fotogrametria, iniciado em dezembro de 2017, realizaram-se as primeiras experiências de levantamento fotogramétrico de elementos arquitetónicos e fachadas de edifícios, no campus do ISEP (Figura 11). Pretendeu-se deste modo adquirir conhecimento numa área de especialização que implica o manuseamento e domínio de técnicas específicas, que vão desde a captação de imagens fotográficas, ao manuseamento de software de processamento fotogramétrico de imagens digitais e a geração de modelos 3D [10].

Atualmente estão a ser já realizados levantamentos fotogramétricos com o apoio de uma aeronave não tripulada (drone), cuja utilização se encontra ainda em fase experimental. O aparelho em causa é um hexacóptero, da marca DJI, modelo Matrice 600 Pro, com capacidade de transportar equipamentos de aquisição de imagens (câmaras óticas, termográficas, sistemas de varrimento laser) até 6kg de carga útil, e uma autonomia de voo até 40 min. Com este equipamento, espera-se, no futuro, aceder a informação impossível de conseguir recorrendo apenas aos meios convencionais baseados em plataformas terrestres.



Figura 11: Fotogrametria: fachada de edifício com 60 m de extensão e pormenor arquitetónico

6. Conclusões e perspetivas futuras

Neste artigo foram descritas algumas das principais iniciativas na área da disseminação da metodologia BIM promovidas pelo grupo académico ISEPBIM entre os anos de 2015 e 2018. As iniciativas incidiram em vários domínios, sobretudo na organização de eventos, na promoção e apoio a trabalhos académicos em ambiente empresarial e em atividades I&D, e que graças ao dinamismo e empenho dos membros do grupo têm sido realizadas com sucesso, permitindo posicionar e dar visibilidade ao grupo no âmbito nacional e internacional.

No futuro próximo o grupo perspetiva o reforço das colaborações a nível internacional, sobretudo com entidades e organizações de referência na área do BIM, em particular o BILT e o BIM Academy. Também se pretende dar continuidade e incrementar o investimento em atividades de I&D em parceria com a indústria e em interligação próxima com outros grupos académicos.

Referências

- [1] World Economic Forum, “Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology”, Cologne/Geneva, Switzerland, 2016.
- [2] McKinsey Global Institute, “Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity”, 2017.
- [3] EU BIM Task Group, “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector - Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth”, 2017.
- [4] Barbosa, A., "A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático-Construção de uma ETAR na Argélia", Relatório de estágio, Mestrado em Engenharia Civil, ISEP, Porto, 2014.
- [5] Silva, D., "Implementação da metodologia BIM-FM a uma unidade desportiva: complexo de piscinas de Campanhã", Relatório de estágio, Mestrado em Engenharia Civil, ISEP, Porto, 2017.
- [6] Silva, D., Pinto-Faria, J., Lino, J., "Implementação da Metodologia BIM-FM a uma Unidade Desportiva – Piscina Olímpica", PTBIM 2016, Universidade do Minho, 2016.
- [7] Gomes, C., "Guia de Implementação BIM em Organizações e Projetos", Relatório de estágio, Mestrado em Engenharia Civil, ISEP, Porto, 2015.
- [8] Faria, F., " Ferramenta para Integração de Resultados de Ensaios de Controlo de Qualidade de Materiais em Modelos BIM", Relatório de estágio, Mestrado em Engenharia Civil, ISEP, Porto, 2017.
- [9] Santos, C., Ribeiro, D., Gavina, R., Santos, A., Costa, B., "Ferramenta BIM para o dimensionamento de poços de fundação", PTBIM 2016, Universidade do Minho, 2016.
- [10] Valença, J., “Aplicações de Fotogrametria à Engenharia de Estruturas”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2006.

CONCEITO E GERAÇÃO DOS MODELOS ND/BIM

Alcília Z. Sampaio⁽¹⁾

(1) Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa

Resumo

A referência à metodologia *Building Information Modelling* (BIM) engloba a combinação de um conjunto de tecnologias, relacionado com a geração do modelo e com a manipulação dos seus dados. O modelo 3D/BIM, criado com base numa ferramenta de base BIM, é a componente visível da metodologia mas é também um repositório da informação sobre o projecto, incluindo todas as especialidades. Actualmente, a formação em Engenharia Civil requer a aprendizagem do método de trabalho em ambiente BIM, incluindo o processo de modelação de base paramétrica e a sua abrangência em diversos sector da indústria da Construção. O texto aborda, num contexto académico, as múltiplas actividades desenvolvidas sobre o modelo 3D/BIM e o seu adequado uso na definição dos modelos nD/BIM. Os trabalhos didácticos são orientados para aspectos específicos, nomeadamente, como a realização da análise de conflitos, da simulação da construção ou da quantificação de material. O estudante adquire conhecimentos inerentes à elaboração de projectos e à sua manipulação por recurso a ferramentas de base BIM, capacidades que são presentemente exigidos ao futuro profissional.

1. Introdução

A escola deve acompanhar a evolução tecnológica aplicada no seu sector, pelo que a metodologia *Building Information Modelling* (BIM), conceito e aplicação, deve constituir matéria curricular a incorporar na formação do engenheiro. Recentemente, foi introduzida a aprendizagem do uso de uma ferramenta de base BIM, no programa curricular do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, no Instituto Superior Técnico, ao nível do 1º ano lectivo. Naturalmente que a este nível apenas os rudimentos generalistas relativos ao processo de modelação paramétrica são ensinados. No entanto, ao nível do último ano de formação, os alunos estão já mais sensibilizados para a importância que o tema BIM irá assumir na sua futura actividade. Como consequência, o número de alunos que pretendem desenvolver trabalhos de tese, nesse âmbito, tem sido crescente em cada ano. As temáticas procuradas referem-se a áreas

de Construção e de Estruturas. O objectivo principal, inerente à maioria dos trabalhos já elaborados, foi o de instruir os alunos no sentido de conceberem projectos BIM numa perspectiva de utilização da informação, centralizada no modelo 3D, em aplicações posteriores desenvolvidas sobre o projecto. Ou seja, não só aprender a modelar parametricamente mas alargar o conceito BIM à multiutilização. O presente texto apresenta alguns desses relatórios. O conceito prático de *Building Information Modelling* (BIM) traduz, actualmente, duas vertentes essenciais:

- A **geração** de um modelo geométrico tridimensional (3D) composto por toda a informação associada à concepção de um projecto;
- A **utilização** dos dados, capazes de ser fornecidos pelo modelo, nas diversas actividades que usualmente são desenvolvidas sobre o projecto.

A tecnologia de base BIM apoia uma comunicação clara e precisa entre arquitectos, engenheiros, construtores, gestores de instalações e proprietários, com as suas actividades assentes no modelo centralizador de toda a informação, o modelo BIM, que vai sendo gerado ao longo do desenvolvimento do projecto. O aluno de engenharia, embora aprenda a teoria e a sua aplicação sobre temas relacionadas com a sua actividade, num contexto quase individualista, entende que a colaboração exercida no meio de uma equipa conduz a resultados mais claros, completos e eficazes. Neste sentido, uma plataforma de trabalho BIM é o meio adequado para uma comunicação privilegiada, devendo este aspecto ser também incentivado no processo de ensino. É importante desenvolver uma correcta coordenação interdisciplinar na equipa e desde o início do projecto, evitando uma incorrecta interpretação e omissão de informação, responsáveis por erros, atrasos e uma comunicação deficiente [1].

A abrangência da utilização do BIM no apoio à realização de diversas actividades inerentes ao sector, era uma ideia inicialmente rotulada de utópica, pela limitação evidente de incompatibilidade verificada entre os formatos dos ficheiros criados em ferramentas BIM e as aplicações computacionais estabelecidas e usualmente utilizadas no sector. Esta opinião tem vindo a ser revertida numa realidade concretizada através da demonstração dos benefícios alcançados em cada novo relato, onde a multifacetada aptidão da metodologia tem vindo a assumir um maior protagonismo [2].

2. Modelos nD/BIM

O modelo BIM admite a geração e a manutenção da informação produzida durante todo o ciclo-de-vida do edifício, desde a concepção à manutenção, e a sua aplicação em vários campos, com base na extracção de distinto tipo de dados do modelo, requerida em função da especialidade ou objectivo do técnico utilizador [3]. Um modelo 3D/BIM útil e fiável deve ser permanentemente actualizado com os contributos de todos os envolvidos no acompanhamento sustentado do ciclo-de-vida do edifício [4]. O modelo BIM e os seus múltiplos usos na gestão do projecto são considerados frequentemente como aplicações ou modelos nD/BIM:

- O modelo **3D/BIM** representa o conjunto de objectos paramétricos 3D referentes a todas as especialidades do projecto (arquitectura, estruturas, mecânica, eléctrica, etc.) e incorpora diversos aspectos do edifício (geometria, inter-relação espacial, constituição dos componentes, propriedades físicas dos materiais e a identidade de cada elemento);

- O modelo **4D/BIM** respeita a simulação visual do processo de construção, planeado de acordo com a rede de caminho crítico estudada, e associada a grupos de elementos do modelo 3D (oferece um suporte dinâmico da evolução da construção real, a gestão do estaleiro acompanhando as alterações e a logística local, e o controlo cronológico do fornecimento de materiais e da disponibilidade de recursos humanos);
- O modelo **5D/BIM** está relacionado com os custos do projecto (extracção de quantidades de material e estimativa de custos em diferentes estádios do projecto e construção);
- O modelo **6D/BIM** apoia a realização de estudos energéticos e de sustentabilidade (estimativa de consumo de energia no processo de projecto e a posterior monitorização de medição e verificação de consumo durante a ocupação do edifício);
- O modelo **7D/BIM** é considerado na gestão e manutenção do edifício ao longo do seu período pós-ocupação (extracção e controlo de informação relevante como o estado de conservação dos componentes, especificações, manuais de manutenção e de funcionamento ou dados de garantia).

Os trabalhos de tese desenvolvidos abrangem vários destes tópicos, os quais são referidos no seguinte item.

3. Actividades apoiadas no modelo 3D/BIM

Criado o modelo 3D/BIM com a informação considerada relevante, gerada e adicionada ao longo do desenvolvimento do projecto, pode proceder-se à sua utilização no estabelecimento de tarefas realizadas sobre a informação contido no projecto: detecção de conflitos; planeamento da construção; obtenção de tabelas de quantidades; estudo energético; manutenção.

3.1 Análise de conflitos entre especialidades (3D/BIM)

As ferramentas BM de uso frequente admitem a sobreposição das três valências (arquitectura [5], estruturas [6] e sistemas de serviços [7]) e apoiam a definição de cada componente por análise directa de conflitos, identificados pelo sistema com a emissão de mensagens de inconsistência. O modelador ajusta o processo de modelação a cada situação de conflito. No entanto, existem aplicações como *Tekla BIMsight*, *Navisworks* ou *Solibri Model Checker* com capacidades adicionais orientadas para a análise de conflitos. O algoritmo de detecção de conflitos pode avaliar dois modos de inconsistência:

- Baseado na **geometria** em que a detecção de conflitos consiste na verificação de intersecções entre elementos 3D de diferentes especialidades;
- Baseado em **regras** que permitem analisar o modelo em relação a ocorrências que não verifiquem a conformidade com condicionantes previamente definidas pelo utilizador (distância mínima entre elementos ou o espaço destinado à circulação não poder ser obstruído por elementos de sistemas de mecânica, electricidade e águas).

Berdeja [7] efectua um trabalho de modelação de três disciplinas e realiza a análise de conflitos num projecto de base BIM. Nesse trabalho, por recurso ao sistema *Tekla BIMsight*., realiza a análise entre as especialidades MEP (*mechanical, electrical & piping systems*) e estruturas, São inicialmente importadas para a aplicação, num formato compatível (IFC, Industry Foundation Classes), as componentes criadas no sistema de modelação BIM. São sobrepostas as disciplinas

e procede-se à detecção de conflitos por selecção da regra designada de *MEP vs Structure*. Activada a acção de pesquisa, são devolvidos da análise os conflitos de carácter geométrico detectados, sendo visualizados os pontos de colisão assinalados com um símbolo e a correspondente lista de conflitos (Figura 1).



Figura 1: Detecção de conflitos de carácter geométrico entre especialidades [7].

Posteriormente é efectuada uma análise pormenorizada de cada ocorrência, e é acautelada a duplicação de eventos e a inevitabilidade de conflito (Figura 2):

- Tubagem com mudança de direcção situada no interior de pilar (2 conflitos);
- Colocação do ralo e sifão em pavimento (elementos correctamente inseridos na espessura da laje).

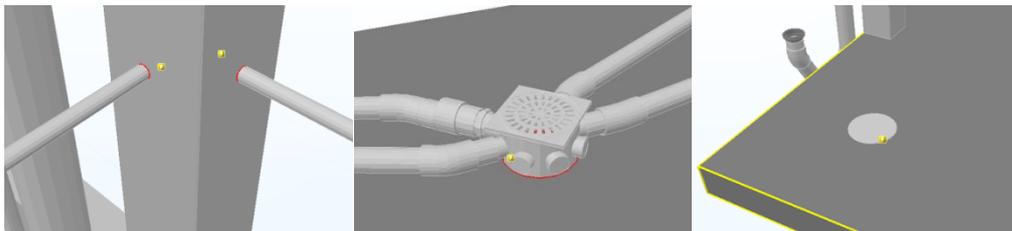


Figura 2: Duplicação de conflito e inserção de elemento MEP em laje.

Os ajustes de situações em conflito não podem ser directamente efectuados no *Tekla BIMsight*, aspecto que constitui uma limitação da maioria dos visualizadores BIM, devendo as correcções ser realizadas no modelador BIM (Figura 3).

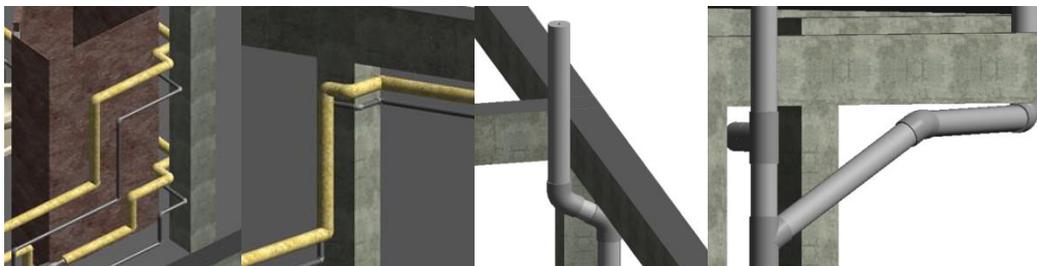


Figura 3: Soluções de correcção efectuadas em pontos de conflito.

O aluno desenvolve capacidades de modelação paramétrica relativa a três componentes e de utilização de *software* de base BIM de apoio ao processo de compatibilização de projectos.

3.2 Simulação da construção (4D/BIM)

O trabalho desenvolvido por Mota [8] está relacionado com o planeamento da construção. Após a criação das disciplinas de arquitectura e de estruturas relativos a um projecto concreto, procede à obtenção de um modelo 4D. A concepção deste modelo está relacionada com a associação de grupos de elementos do modelo 3D/BIM ao factor tempo. O visualizador *Naviswork* admite a integração do modelo BIM e o ficheiro Microsoft Project relativo ao planeamento de construção. O correspondente modelo 4D/BIM é criado com base na articulação entre grupos de componentes do modelo BIM e as tarefas de construção identificadas no cronograma de *Gant* (Figura 4).

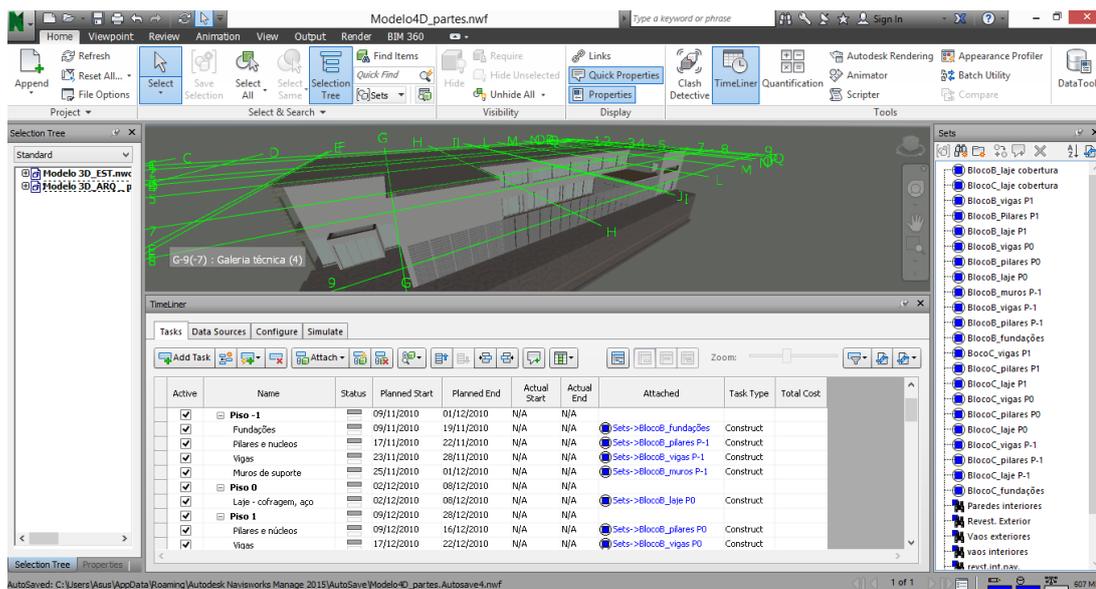


Figura 4: Construção do modelo 4D/BIM.

O modelo permite a visualização da simulação da construção do edifício, a detecção de conflitos em obra, a definição do planeamento da logística no estaleiro e a coordenação do equipamento e do fornecimento de material. A aplicação é facilmente comportada por dispositivos móveis, podendo ser utilizada no local da obra, e assim confrontar *in-situ*, o plano estabelecido e a evolução efectiva dos trabalhos de construção.

Num outro trabalho, desenvolvido por Araújo [11], relativo ao desenvolvimento de biblioteca de paredes, é referida a possibilidade de os objectos paramétricos utilizados no processo de modelação, admitirem a incorporação de novos parâmetros de forma a apoiar o planeamento da construção. Em conformidade com a situação concreta encontrada em obra, o modelo 4D/BIM admite a sua actualização temporal (atrasos e avanços), a inclusão de novos elementos, a inserção de parâmetros relativos a custos e prazos e a redefinição de grupos associados a tarefas.

3.3 Quantificação de material (5D/BIM)

O modelo 3D permite a obtenção da quantidade de materiais a partir do projecto e em distintas fases da sua elaboração. A informação associada a cada objecto paramétrico pode ser acrescentada com os dados requeridos, como por exemplo para a obtenção de uma estimativa de custos, é necessário adicionar o custo unitário de cada tipo de objecto. Em função do número e tipo de parâmetros que se tenham associado ao objecto paramétrico, assim podem ser

solicitadas automaticamente tabelas que listem a quantidade de elementos modelados, com base no objecto paramétrico, e a listagem das suas propriedades identificadas pelos parâmetros requeridos. Silva [10] desenvolveu um trabalho relacionado com a quantificação de materiais de um projecto de estruturas.

As opções de parâmetros a seleccionar, na geração de uma tabela, podem abranger diversos campos: área da superfície dos elementos, o coeficiente de segurança, o nível redução sonora, custo individual e global, coeficiente de transmissão térmica ou a sua função, marca comercial e fabricante. A ferramenta de modelação BIM admite capacidades de selecção dos elementos por identificação individual (tipo de objecto) ou por conjunto relacionado com condições estabelecidas pelo utilizador (orientação, piso ou fase de construção).

A aprendizagem sobre o tema BIM ministrado aos alunos do 1º ano, inclui a modelação de uma projecto simples de arquitectura [5] e de estruturas [6] incluindo a obtenção de tabelas relativas aos elementos modelados. Por exemplo, sobre a componente de estruturas de um modelo BIM criado, é possível obter a quantificação de pilares de betão armado do projecto. O procedimento de obtenção automática da tabela inicia com: a criação de uma nova pasta *New Schedules/Quantities*; a selecção da opção *Structural Columns*; a indicação dos campos requeridos. A Tabela 1 ilustra a listagem de pilares, considerando a sua identificação, o tipo de material e o volume por elemento. A Tabela 2 apresentar o tipo de revestimento aplicado em pavimentos. Os alunos do 1º ano e os de mestrado, que conduziram trabalhos relacionados com a orçamentação [10] [11] [12], adquirem conhecimentos de manipulação de modelos 3D para efeitos de quantificação de elementos.

Tabela 1: Listagem de pilares num projecto de estruturas [6].

Scheduled fields (in order)					
Type	Count	Family	Volume	Structural Material	
Structural Column Schedule					
A	B	C	D	E	
Type	Count	Family	Volume	Structural Material	
P1 200 x 200m	1	M_Concrete-Rectangular-Column	0.11 m³	Concrete, Cast-in-Place gray	
P1 200 x 200m	1	M_Concrete-Rectangular-Column	0.11 m³	Concrete, Cast-in-Place gray	
P1 200 x 200m	1	M_Concrete-Rectangular-Column	0.11 m³	Concrete, Cast-in-Place gray	
P1 200 x 200m	1	M_Concrete-Rectangular-Column	0.11 m³	Concrete, Cast-in-Place gray	
P2 200 x 300m	1	M_Concrete-Rectangular-Column	0.16 m³	Concrete, Cast-in-Place gray	
P2 200 x 300m	1	M_Concrete-Rectangular-Column	0.16 m³	Concrete, Cast-in-Place gray	
P2 200 x 300m	1	M_Concrete-Rectangular-Column	0.16 m³	Concrete, Cast-in-Place gray	
P2 200 x 300m	1	M_Concrete-Rectangular-Column	0.16 m³	Concrete, Cast-in-Place gray	

Tabela 2: Listagem de pavimentos e materiais constituintes num projecto de arquitectura [11].

<Materiais constituintes das soluções adotadas no piso térreo - Material Take-Off>						
A	B	C	D	E	F	G
Piso	Família e Tipo	Material: Nome	Material: Área	Material: Volume	Espessura	Fase da construção
Piso Térreo	Floor: Revestimento Flutuante Laminado	Revestimento Flutuante Laminado	18.5 m²	0.18 m³	0.010 m	Construção nova
Piso Térreo	Floor: Revestimento Flutuante Laminado	Betonilha de Regularização	18.5 m²	1.85 m³	0.100 m	Construção nova
Piso Térreo	Floor: Revestimento Flutuante Laminado	Espuma de Polietileno	18.5 m²	0.06 m³	0.003 m	Construção nova
Piso Térreo	Floor: Revestimento Flutuante Laminado	Aglomerado composto de cortiça	18.5 m²	0.15 m³	0.008 m	Construção nova
Piso Térreo	Floor: Revestimento Flutuante Laminado	Betão armado (colocado in situ)	18.5 m²	2.96 m³	0.160 m	Construção nova
Piso Térreo	Floor: Pavimento de Granito	Betonilha de Regularização	10.7 m²	0.37 m³	0.035 m	Construção nova
Piso Térreo	Floor: Pavimento de Granito	Granito	5.3 m²	0.11 m³	0.020 m	Construção nova
Piso Térreo	Floor: Pavimento de Granito	Aglomerado composto de cortiça	5.3 m²	0.05 m³	0.010 m	Construção nova
Piso Térreo	Floor: Pavimento de Granito	Betão armado (colocado in situ)	5.3 m²	0.85 m³	0.160 m	Construção nova

3.4 Apoio à análise energética (6D/BIM)

Os trabalhos de parametrização de objectos de paredes [11] e depavimentos [12] incluem a realização de uma energética efectuada sobre os modelos criados, relativos a casos concretos. A análise de sustentabilidade energética pode ser incluída na designação modelo 6D/BIM. Relativamente à obtenção da simulação do comportamento ambiental, o *Revit* permite efectuar uma simulação energética sobre o modelo. Possibilita ainda a sua transferência, directamente ou através de ficheiro IFC, para outro *software* como *Ecotec*, *Equest* ou *Energyplus*. O parâmetro relativo ao coeficiente de transmissão térmica é característico do objecto paramétrico relativo a paredes, pavimentos e outras famílias.

Um dos factores a considerar na selecção de determinado sistema construtivo é a sua capacidade de reduzir o consumo energético num edifício, proporcionando, ao mesmo tempo, as condições de conforto exigíveis [11]. O *Revit* inclui a funcionalidade *Green Building Studio* que permite efectuar a simulação energética, sobre o modelo BIM. Assim, ainda em fase de estudo de diversas soluções alternativas para um projecto, a tomada de decisão pode ser fundamentada, numa análise comparativa de resultados relativos ao comportamento ambiental, redução de emissões de dióxido carbono e consumo energético económico.

O *Green Building Studio* recorre a um simulador (DOE-2 simulation engine) para estimar o uso de energia de construção e os custos operacionais, que se baseiam nos efeitos e interações do edifício, materiais, sistemas, nível de utilização e clima [12]. Esta aplicação analisa de forma dinâmica todo o edifício aos níveis térmico e energético, e tem por base as recomendações *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED).

Os materiais que compõem um edifício possuem propriedades térmicas de resistência e retenção de calor e humidade que têm influência na quantidade de energia necessária para o aquecimento/arrefecimento a produzir para manter o conforto interior no edifício. Tal facto é analisado recorrendo a simulações energéticas que se baseiam nas propriedades físicas fundamentais dos materiais, como a condutibilidade térmica, o calor específico e a massa volúmica (Figura 5), e como essas propriedades se combinam e são manipuladas para formar pavimentos, paredes ou janelas. O modelo criado no *Revit* pode ser transferido para análise em “nuvem” na plataforma da Autodesk, que ao finalizar, emitirá um relatório (Figura 5) [12].

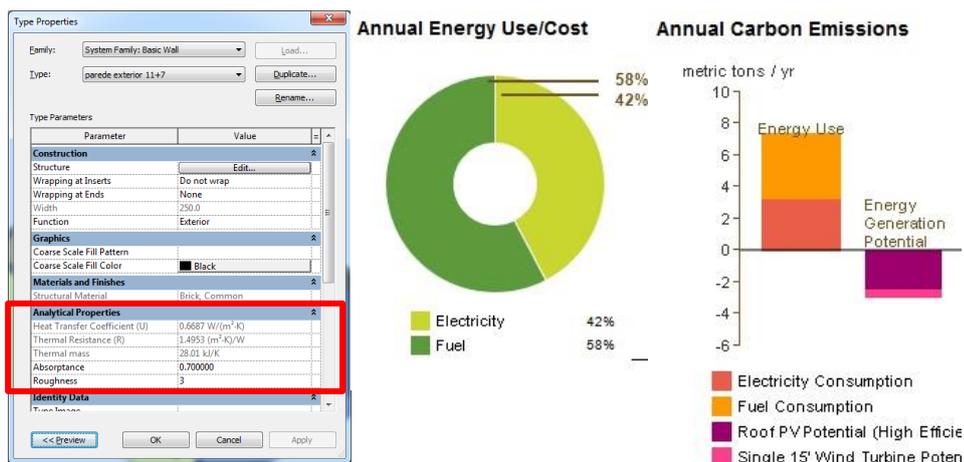


Figura 5: Propriedades térmicas de parede e resultado de análise energética [11].

3.4 Apoio à manutenção (7D/BIM)

A manutenção é uma das actividades que pode ser explorada num âmbito BIM, uma vez que toda a informação do edifício, referente a diversas especialidades, é centralizada num modelo BIM único. Uma aplicação 7D/BIM de apoio à inspeção de edifícios, pode ser estabelecida com base no visualizador *Navisworks*, integrando o modelo BIM do edifício a inspeccionar e um programa informático que registe relatórios da visita de inspeção (Figura 6). O programa de inspeção, elaborado em *Visual Basic* por Simões [13] no âmbito da sua tese de Mestrado, contém uma base de dados organizada por tipo de componentes (paredes exteriores e interiores e cobertura), relacionada com as anomalias mais frequentes por componente e associada aos respectivos métodos de reparação recomendados.

Numa visita de inspeção a um edifício, o técnico pode manipular o modelo BIM criado para o edifício e associar o relatório de inspeção elaborado no local. Por recurso a um dispositivo móvel, contendo a aplicação *Navisworks*, o técnico incorpora o modelo BIM criado e o programa de inspeção (Figura 7).

Figura 6: Interface do programa de inspeção.

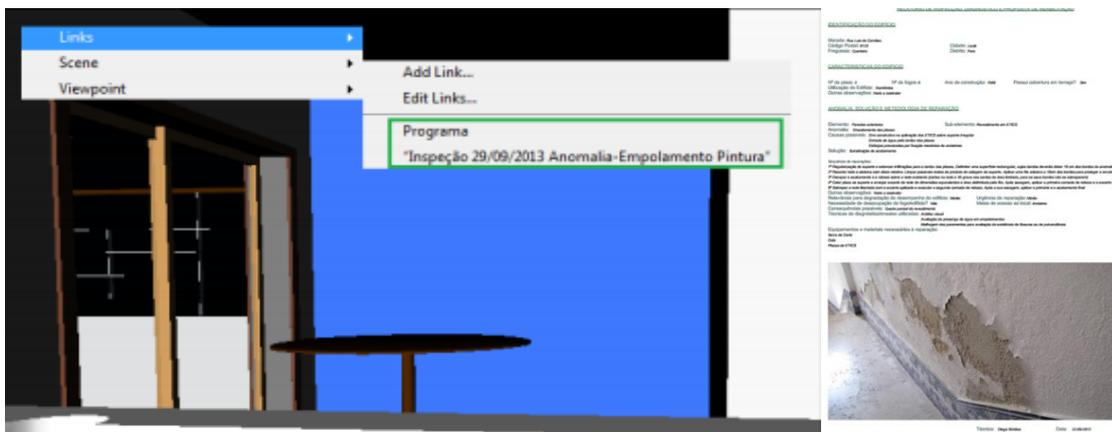


Figura 7: Consulta do modelo BIM e visualização do relatório de inspeção.

Perante uma anomalia detectada numa componente do edifício real, o técnico selecciona no modelo o correspondente elemento e:

- **Consulta** a composição do elemento, analisando a espessura e o material de cada camada, e os parâmetros relevantes para a manutenção que tenham sido associados ao respectivo objecto paramétrico;
- Acciona a **interligação** ao programa de inspecção e preenche uma ficha de inspecção, incluindo a associação de fotografias obtidas no local;
- **Arquiva** a folha de inspecção no formato *pdf* e associa-a ao correspondente elemento no modelo BIM.

Concluída a vista de inspecção ao local e associado o relatório de cada anomalia analisada, ao respectivo elemento do modelo BIM, o técnico, pode, posteriormente, apoiado do modelo BIM enriquecido com a informação adicionada, elaborar de um modo sustentado um plano adequado de reabilitação ou de manutenção. O desenvolvimento do trabalho académico habilita o aluno a realizar inspecções por recurso à tecnologia de base BIM.

5. Conclusões

O modelo 3D/BIM é a componente mais conhecida no processo de desenvolvimento do projecto. O modelo 3D/BIM, criado por recurso a ferramentas de base BIM, serve de suporte a diversas actividades na elaboração de aplicações ou modelos. O texto identifica e caracteriza os diferentes modelos: 3D/BIM (geometria); 4D/BIM (construção); 5D//BIM (custos); 6D/BIM (sustentabilidade); 7D/BIM (manutenção).

A missão de uma escola é formar futuros engenheiros com conhecimento e com prática tecnológica actual, e nesse sentido, o texto aborda um conjunto de trabalhos de mestrado, cada um direccionado a um tipo de modelo nD/BIM. Os trabalhos descritos esclarecem quanto ao modo de actuar sobre o modelo 3D/BIM de forma a obter a informação necessária à elaboração de modelos 4D/5D/6D/7D/BIM. Os trabalhos de investigação são apresentados de um modo resumido tentando evidenciar qual o modo de actuação e qual o benefício que o BIM apresenta quando aplicado adequadamente na elaboração de diverso tipo de actividades.

Os estudos elaborados representam para o estudante, um incremento individual de conhecimento relativamente a uma área tecnológica inovadora. Os trabalhos, desenvolvidos num âmbito curricular, e contribuem para a divulgação do BIM nos aspectos relacionados com a sua múltipla utilização.

Referências

- [1] B. Succar, W. Sher, A. Williams. “An Integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application”, *Automation in Construction*, 35 (2013), pp. 174–189, doi:10.1016/j.autcon.2013.05.016
- [2] Y. Jung, M. Joo. “Building Information Modelling (BIM) framework for practical implementation”, *Automation in Construction*, Ed. Elsevier Science, 20 (2011), pp. 126–133, Issue 2, doi:10.1016/j.autcon.2010.09.010.

- [3] K. Barlish, K. Sullivan. “How to measure the benefits of BIM: A case study approach”, *Automation in Construction*, Ed. Elsevier Science, 24 (2012), pp. 129–159, doi:10.1016/j.autcon.2012.02.008.
- [4] N. Gu, K. London. “Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry”, *Automation in Construction*, 19(2010), pp. 988–999, doi:10.1016/j.autcon.2010.09.002
- [5] A. Z. Sampaio. “Modelo BIM: Geração do modelo de arquitectura”, Texto didáctico da unidade curricular Desenho Assistido por Computador, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Portugal, 2016.
- [6] A. Z. Sampaio. “Modelo BIM: Geração do modelo de estruturas”, Texto didáctico da unidade curricular Desenho Assistido por Computador, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Portugal, 2016.
- [7] E. Berdeja. “Análise de conflitos num projecto de base BIM”, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2014.
- [8] C. Mota. “Modelo 4D do planeamento da construção apoiado na tecnologia BIM”, Mestrado em Construção e Reabilitação, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015.
- [9] D. Silva. “Gestão da construção apoiada no modelo BIM: estudo de caso prático aplicado a uma recuperação da central energética de resíduos sólidos”, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2015.
- [10] B. Silva. “Metodologia BIM no apoio à medição de quantidades”, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2016.
- [11] L. Araújo, “Desenvolvimento de biblioteca de paredes na metodologia BIM”, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa. 2016.
- [12] E. Coelho, “Estabelecimento de objectos paramétricos em BIM de pavimentos aplicados em edifícios”, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa. 2017.
- [13] D.G. Simões “Manutenção de edifícios apoiada no modelo BIM”, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2013.

CURSO BIM: UMA ABORDAGEM EFICIENTE ATRAVÉS DE APRENDIZAGEM ORIENTADA POR PROJETOS, DIRIGIDA PARA A INDÚSTRIA DA AEC

Miguel Azenha⁽¹⁾, José Carlos Lino⁽¹⁾, Bruno Caires⁽²⁾, Marta Campos⁽³⁾, António Aguiar Costa⁽⁴⁾, Nuno Lacerda⁽⁵⁾, João Poças Martins⁽⁶⁾, Francisco Reis⁽²⁾, José António Ribeiro⁽⁷⁾, José Pedro Sousa⁽⁵⁾

(1) Escola de Engenharia - Universidade do Minho, Guimarães

(2) BIMMS - Management Solutions, Porto

(3) Marta Campos, Porto

(4) Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa, Lisboa

(5) Faculdade de Arquitetura - Universidade do Porto, Porto

(6) Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Porto

(7) Mota Engil, Porto

Resumo

A indústria da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), no seu processo de adoção progressiva do BIM, tem estado carente de formação abrangente, que represente adequadamente o ambiente de trabalho integrado de uma equipe multidisciplinar não se limitando ao mero treino prático nas ferramentas de software.

Com isto em mente, os autores conseguiram aglutinar a cooperação de várias instituições profissionais e académicas Portuguesas, que se dispuseram a participar, possibilitando a oferta de um curso profissional de 100 horas sobre o enquadramento BIM, onde várias abordagens inovadoras foram testadas e avaliadas.

O principal objetivo deste curso é o de capacitar profissionais da AEC para implementarem o BIM nos seus projetos e nas suas organizações, através de uma experiência prática de trabalho colaborativo, enquanto se aumenta a sua literacia no uso de tecnologia, através da experimentação de várias plataformas e ferramentas de software.

Foi desenvolvido de raiz um programa do curso, que abrange todo o ciclo de vida da construção, desde o BIM aplicado à Arquitetura, à Engenharia Estrutural, às Instalações até à Construção. Cada um desses módulos é apresentado num formato de três sessões (conceptual, tutorial e prática) acompanhadas por professores e formadores experientes.

Esta experiência de aprendizagem que começou em 2013, em 2018 chega à sua 7ª edição, com cerca de 300 profissionais formados, cuja satisfação foi avaliada através de inquéritos após cada edição, que levaram à conclusão de que a aprendizagem orientada por projetos, no BIM, tem sido mais eficaz na introdução desta metodologia, no dia a dia das empresas.

1. Introdução

A formação e o ensino são uma parte essencial do processo de aumento da maturidade do Building Information Modelling (BIM), contribuindo para o aumento dos conhecimentos, das habilidades, logo das competências necessárias para a implementação do BIM. Este processo de ensino e formação dissemina este conceito e esta metodologia quer ao nível dos profissionais, quer das empresas e instituições.

Em termos de ensino já existem várias iniciativas académicas a nível global que procuram integrar o conceito dentro dos cursos ligados à indústria da construção como sejam a Arquitetura e a Engenharia Civil. No entanto, a maior parte destas iniciativas estão centradas na fase de formação inicial dos profissionais, nomeadamente nos cursos de licenciatura/mestrado disponíveis na oferta formativa das instituições de ensino superior [1-3]. Há, no entanto, várias gerações de profissionais ativos que não tiveram qualquer formação de base em contexto BIM e para os quais o processo de frequência de formação nesse contexto pode facilitar a entrada nesta temática a qual é extremamente abrangente. Com efeito, é preciso dotar os profissionais da indústria AEC, em exercício, de competências ao nível da modelação, interoperabilidade e fundamentalmente da gestão de informação, que lhes permitam continuar a exercer a sua atividade profissional no contexto desta recente alteração de paradigma de trabalho que é o BIM.

Face à lacuna de formação a nível nacional e face à noção da importância da formação no processo de adoção crescente de processos BIM, em 2014, vários indivíduos, que representam várias instituições de ensino, bem como várias empresas, uniram-se com o objetivo de providenciar formação na temática do BIM no seu sentido mais abrangente e com perspectiva de formação de profissionais com competência para abraçar os desafios inerentes à função normalmente designada de '*BIM Manager*' e serem portanto capazes de dirigir processos internos de implementação dentro das suas empresas/instituições, bem como responder aos processos de concurso internacionais e nacionais, que começam cada vez mais a tornar obrigatório o uso de procedimentos BIM, quer em contexto de obra privada [4], quer no contexto de obra pública [5]. A oferta formativa em questão é designada de Curso BIM (www.cursobim.com), desenvolvendo-se atualmente a sua 7ª edição e contando com cerca de 300 formandos graduados, encontrando-se acreditada pelo sistema de acreditação de formação contínua da Ordem dos Engenheiros.

Neste artigo é apresentado o testemunho do funcionamento desta iniciativa, com explanação inicial da sua génese e evolução ao longo dos anos, com enfoque sobre a multidisciplinaridade e na dinâmica de apresentação dos conteúdos e interação com os formandos (Secção 2). Posteriormente, na Secção 3, é feita apresentação detalhada dos conteúdos programáticos, detalhando os principais aspetos focados nos vários capítulos inerentes ao curso. Na Secção 4 discutem-se os desafios inerentes à opção de ensino baseada em projeto (*'project-based learning'*) e os interessantes resultados obtidos com as equipas multidisciplinares que encetam o desafio de projeto colocado na formação. Finalmente, na Secção 5, é discutido o importante papel da avaliação da qualidade da formação por parte dos recém-formandos, bem como a influência que a mesma foi tendo na evolução do formato e conteúdos do Curso. O artigo termina com uma breve súmula e conclusões na Secção 6.

2. Constituição e formato do Curso BIM

A génese do CursoBIM remonta ao ano letivo 2012/2013, durante o qual foi implementada a unidade curricular “BIM na Engenharia Civil: Conceção, Projeto e Construção”, enquanto disciplina do Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis do Departamento de Engenharia Civil na Escola de Engenharia da Universidade do Minho [1]. Nessa altura, para além dos docentes da Universidade do Minho envolvidos, reuniu-se uma equipa adicional de convidados de outras instituições de ensino e de empresas já muito semelhante aquela que hoje compõe o CursoBIM. A equipa detinha um fator comum: todos os intervenientes já tinham experiência prévia com BIM, fosse em contexto de investigação ou em contexto de prática profissional (p.ex. projeto; construção). Foi possível, portanto, criar um conjunto de conteúdos e métodos de ensino e avaliação (já com ensino orientado por projeto), que foram devidamente testados em contexto académico e demonstraram bons resultados. Para mais detalhes sobre a implementação BIM no contexto interno da Universidade do Minho, ver a referência [1].

Tendo em conta a experiência acumulada no ensino de BIM, a noção da relevância dos conteúdos criados, e a expectável procura por parte de profissionais ativos no mercado, foi decidido criar o conceito do CursoBIM a que se refere o presente artigo. Desde a sua primeira edição em 2014, o CursoBIM é coordenado pelos colegas da Universidade do Minho e conta, ao nível académico, com a participação de formadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, do Instituto Superior Técnico de Lisboa e da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto. Em termos de empresas, é de assinalar a participação (não necessariamente desde a primeira edição, e não necessariamente em permanência até às edições atuais) de: Newton, Efacec, Mota Engil, CNLL, BIMMS, BIMtec e Marta Campos Arquitetura. A realização do CursoBIM, ao longo de todas as edições, tem tido lugar nas instalações da Ordem dos Engenheiros (ou com o respetivo apoio), contando frequentemente com o apoio da Ordem dos Arquitetos.

Desde a sua génese em Abril de 2014, o CursoBIM conta já com 6 edições realizadas (várias das quais com duas localizações simultâneas), encontrando-se atualmente em curso a 7ª edição. Apresenta-se abaixo o conjunto de datas e locais dos cursos realizados: 1ª edição, Fevereiro a Abril de 2014, Lisboa e Porto; 2ª edição, Outubro a Dezembro de 2014, Lisboa e Porto; 3ª edição, Outubro a Dezembro de 2015, Lisboa e Porto; 4ª edição, Outubro a Dezembro de 2016, Lisboa e Porto; 5ª edição, Abril a Junho de 2017, Funchal; 6ª edição, Setembro a Novembro de 2017, Porto e Braga; 7ª edição, Abril a Junho de 2018, Leiria.

Até à sua segunda edição (inclusive), o CursoBIM tinha duração de 60 horas e não versava qualquer exposição direta de utilização de software, centrando-se nos aspetos teórico-práticos fundamentais e no apoio à realização do projeto piloto durante a formação. Tendo em conta a interação com os formandos durante estas duas edições iniciais, foi decidido alargar o curso para o seu formato atual de 90 horas, com partes expositivas de materialização de conceitos baseadas em software, bem como disponibilização de vídeos complementares que permitem aos formandos seguir o seu próprio ritmo nesta componente, fora das horas de formação presencial. Assinala-se também que a partir da 3ª edição do CursoBIM foi introduzido um novo capítulo denominado “Normalização”, que se mantém até à atualidade. Durante as várias edições do CursoBIM foi sempre existindo um conjunto de adaptações, quer relacionadas com a atualização de conteúdos, quer relacionadas com pequenas mudanças na equipa de formadores (que se mantém praticamente intacta desde a génese). No presente artigo apenas será versado o formato mais atual do CursoBIM.

Formato, destinatários, material de suporte e comunicação

O curso desenvolve-se durante 8 semanas consecutivas e contempla, de uma forma genérica, aulas teórico-práticas às 6^{as} feiras de manhã (9h-12h30), aulas práticas tutoriais dadas por formadores às 6^{as} feiras de tarde (14h30-18h) e sessões práticas apoiadas aos sábados de manhã (9h-12h30). Durante as duas primeiras semanas de formação, são proporcionados períodos dedicados ao contacto direto entre os formandos e empresas/softwarehouses que oferecem soluções relacionadas com BIM. Para garantir adequado funcionamento, o número de inscritos por local de realização do Curso está normalmente limitado a 25.

Os formandos desenvolvem trabalhos práticos em grupo que são objeto de apresentação oral e avaliação na nona semana do curso. Para realização dos trabalhos, os formandos têm à sua disposição licenças académicas das principais aplicações BIM disponíveis no mercado. É assumida a utilização de computadores pessoais por parte dos formandos, particularmente no que diz respeito ao desenvolvimento do trabalho prático durante o Curso.

O curso BIM é aberto a Engenheiros, Arquitetos e outros quadros técnicos ligados aos processos BIM. De uma forma geral, verificou-se nas edições decorridas do Curso uma adesão predominante de Engenheiros (cerca de 80%, dos quais a maioria pertencente a Eng. Civil), seguida de Arquitetos (~17%) e por último de desenhadors/preparadores (3%). A heterogeneidade de formação de base dos formandos, bem como das suas funções profissionais é considerada um fator fortemente enriquecedor para o CursoBIM por duas razões principais: (i) o objetivo do curso é dotar especialistas em áreas específicas da visão global dos processos BIM; (ii) a materialização do trabalho de grupo a realizar no contexto do curso, depende da existência de heterogeneidade de perspetivas, conhecimentos e competências de base para que possa ser adequadamente mimetizado um processo BIM real.

Apos a pré-inscrição de cada formando, é efetuada análise sumária do curriculum e competências, envolvendo um contacto direto com o mesmo por parte da coordenação para clarificação de aspetos relacionados com competências de base, nomeadamente no que diz respeito a literacia informática.

O material de suporte didático envolve centenas de slides apresentados durante a formação, bem como vídeos ilustrativos e documentação BIM sistematizada em repositório DROPBOX de acesso restrito aos formandos. Os conteúdos fornecidos aos formandos durante o curso já ultrapassam os 4Gb de informação.

Adicionalmente à disponibilização de conteúdos em suporte eletrónico, no início de todas as aulas é dado o material pedagógico relevante (normalmente a impressão dos slides) para facilitar o processo de escrita de apontamentos da aula aos formandos, bem como a produção de dossier pessoal do CursoBIM. A comunicação entre formandos e formadores é primariamente efetuada pela plataforma colaborativa GLIP (www.glip.com) que tem várias funções de troca de mensagens e ficheiros, permitindo o registo integrado de todas as comunicações e o suporte direto de *app's* em Windows, Mac OS, Android ou iOS.

3. Conteúdos Programáticos

Na sua versão mais atual, o CursoBIM compreende 9 capítulos fundamentais, tendo sido fortemente influenciado na sua génese pelo 'BIM Handbook' [6], que ainda continua a ser uma referência extremamente importante nesta temática:

Capítulo 1- Introdução ao BIM

Conceito de BIM e explanação dos principais usos, intervenientes e fases de envolvimento; Software para corporização do conceito BIM; O processo colaborativo em BIM; Casos de estudo e tendências.

Capítulo 2 – Modelação paramétrica e projeto digital

Modelação 3D digital e resenha histórica, incluindo os conceitos de *Constructive Solid Geometry* (CSG) e *Boundary Representation* (BREP); Conceito de Modelação paramétrica; Conceito de objeto no contexto da informática; Conceito de classe/família e hereditariedade; Objetos e classes em contexto BIM; Geração automática de desenhos em BIM; Conceitos de ‘*Level of development*’ e ‘*Level of detail*’ em modelos BIM; Escalabilidade de modelos BIM.

Capítulo 3 - Interoperabilidade

Conceitos de ferramenta, plataforma e ambiente; Definição de interoperabilidade e seu enquadramento em contexto CAD e em contexto BIM; Esforços de normalização da interoperabilidade a nível mundial (indústria em geral); A linguagem EXPRESS(-G); A interoperabilidade em contexto BIM (buildingSMART); O IFC – ‘*Industry Foundation Classes*’ - e sua arquitetura/estrutura; Conceitos de ‘*Information Delivery Manual*’ e ‘*Model View Definition*’; Conceito de *process map* e da linguagem ‘*Business Process Model and Notation*’ – BPMN; *Exchange Requirements Model* (ERM); Integração entre ERM, IDM e MVD; O conceito de ‘*International Framework for Dictionaries*’ IFD.

Capítulo 4 – Normalização

Contacto com as principais normas e regulamentos a nível internacional e nacional, ficando com uma panorâmica da sua implementação a nível global. O objetivo será dotar o aluno com a familiaridade necessária para a aplicação prática destes regulamentos em ambiente de projeto e obra. Entre outras, haverá ênfase na abordagem das seguintes normas/países: COBIM, NBIMS, STASBYG, AIA (LOD), GSA, AEC UK, Singapura, Brasil, Portugal. Ênfase especial sobre as diligências da CT197 BIM e sobre os seus mais recentes desenvolvimentos, nomeadamente o ‘Guia de Contratação BIM’ e o ‘Plano de Execução BIM’.

Capítulo 5 - BIM na arquitetura

Neste módulo apresenta-se o projecto de arquitetura, a metodologia de trabalho em arquitetura e a sua evolução com a introdução da metodologia BIM. Num primeiro módulo abordam-se assuntos relevantes como: o surgimento e o papel do BIM na Arquitetura, a discussão sobre o ‘controlo vs. criatividade’, bem como um conjunto de casos de estudo envolvendo técnicas emergentes de computação, fabricação digital e realidade virtual. Num segundo módulo, mais orientado para a componente prática, são discutidos fluxos de trabalho em ambiente prático de um atelier de Arquitetura, com vários exemplos práticos materializados com recurso a software. São abordados aspetos práticos como: nuvens de pontos, organogramas funcionais, mapas de acabamentos e parametrização de divisões complexas.

Capítulo 6 - BIM na engenharia de estruturas

Apresentação das diversas formas de integração do BIM no projeto e construção de estruturas. Aplicações práticas desta metodologia a diversos tipos de estruturas e com apresentação de vários casos de estudo. Pretende-se dotar o aluno dos conhecimentos suficientes para a sua aplicação e uso da interoperabilidade entre as plataformas de modelação e os programas de cálculo automático de estruturas, bem como na pormenorização de estruturas.

Capítulo 7 - BIM nas instalações mecânicas, elétricas e hidráulicas

Entender e compreender as mudanças na forma de projetar e modelar quando se usa o conceito BIM em sistemas MEP (Mecânica, Instalações Elétricas e Hidráulica), entendendo as suas vantagens e usando de forma eficiente a informação contida no modelo, para análise, quantificação e identificação de elementos do Projeto.

Capítulo 8 - BIM na construção e gestão de edifícios

BIM na Construção: Apresentação de funções/tarefas da fase de execução onde impacto actual é reconhecidamente mais relevante. Compatibilização de elementos de projecto/*Clash Detection*. Ligação com o planeamento e extracção automática de quantidades: 4D e 5D BIM. Processos CAD/CAM suportados por BIM. Utilização de realidade virtual (visualização) em apoio da segurança em obra.

BIM na Gestão de Edifícios: O BIM nas principais actividades na fase de utilização. O formato Cobie. Realidade virtual na interação com modelos imersivos de edifícios.

Capítulo 9 - Implementação e coordenação BIM

Esta sessão pretende apresentar os desafios da implementação BIM no projeto e nas organizações, realçando o papel do BIM Manager como elemento integrador e dinamizador do novo paradigma BIM. Irá dar-se particular atenção ao Plano de Execução BIM e às estratégias de implementação dos diversos usos BIM ao longo do ciclo de vida de um empreendimento de construção. O perfil do BIM Manager e as suas competências serão discutidas de forma participada ao longo da sessão, no sentido de se criar um base de entendimento comum, útil à disseminação sustentada da sua importância na indústria. Em termos práticos, prevê-se a disseminação de boas práticas e o desenvolvimento de exercícios com carácter aplicado, no âmbito da implementação BIM aos mais diversos níveis.

4. Trabalhos de Grupo (ou trabalhos colaborativos) e Avaliação

Os trabalhos de grupo foram concebidos como uma experiência multifacetada que engloba todos os conceitos que são transmitidos ao longo do curso, desde a integração dos diferentes níveis de atuação BIM (Modelação; Coordenação; Gestão) até uma verdadeira experiência colaborativa que emula o funcionamento das equipas de projeto BIM na prática real. Desde logo a necessidade de trabalhar em grupo, os diferentes níveis de maturidade de cada um dos elementos do grupo, a necessidade de articular a comunicação entre todos e os diferentes conhecimentos prévios em relação à manipulação das ferramentas de software a utilizar, são alguns dos desafios mais mencionados durante esta experiência. Este trabalho de grupo acaba por ser o principal instrumento de avaliação do desempenho dos formandos, quer na forma de apresentação oral, quer na forma escrita de relatório de síntese.

Enunciado e constituição de grupos trabalho

Após a fase introdutória do curso, é apresentado o enunciado sobre os princípios que deverão reger o trabalho de grupo de modo que os formandos tenham uma experiência de utilização de ferramentas e processos BIM de forma abrangente. É solicitado que os formandos façam o estudo completo em BIM de uma construção simples envolvendo várias disciplinas. Para tal solicita-se que os formandos se agrupem em grupos constituídos até um máximo de 5 formandos, sendo desejável que se agrupem de acordo com competências complementares.

Nesta apresentação são também fornecidas as indicações e formato com que deverão ser apresentados os trabalhos na sessão de apresentação final, bem como os respetivos relatórios. Logo desde o início são indicados os requisitos orientativos/desejáveis para os modelos BIM que os grupos de trabalho venham a produzir nomeadamente: ter cuidado na modelação de modo a satisfazer as necessidades dos diversos intervenientes e respetivas interações; entender a importância de uma boa organização da informação do modelo, explorando diferentes formas de se organizar o mesmo consoante os objetivos e o software selecionado; utilizar classes (famílias) para a definição de todos os elementos; exportar modelos para diversas plataformas - interoperabilidade; criar ficheiros IFC para utilização em *softwares* de visualização genéricos. Estes princípios, que funcionam posteriormente como critérios base de avaliação, apenas visam orientar cada um dos grupos na esquematização do tipo de trabalho que naturalmente resultará da maturidade e das competências dos constituintes desse grupo.

Apresentações

A entrega do relatório final (que segue uma formatação padronizada por um modelo previamente distribuído) bem como as apresentações finais dos trabalhos de grupo são discutidas numa sessão pública final de apresentação para a qual são convidados todos os formadores e monitores, os restantes grupos de trabalho e o público interessado. As apresentações têm uma duração de recomendável 30 minutos, em formato livre, mas que tem que assegurar a participação de todos os membros do grupo de trabalho.

De todas as apresentações de todos os grupos e de todas as edições do CursoBIM, desde a sua constituição até à presente data, o que verifica é que a diversidade e riqueza dos trabalhos apresentados é um dos ativos mais importantes desta formação. Difícilmente se identificam repetições ou enquadramentos similares, apesar de se dar acesso a trabalhos de edições anteriores, para que os grupos percebam o formato final pretendido. Seguem-se alguns exemplos meramente aleatórios que procuram simplesmente ilustrar essa multiplicidade de opções de abordagem a este trabalho (ver Figura 1).

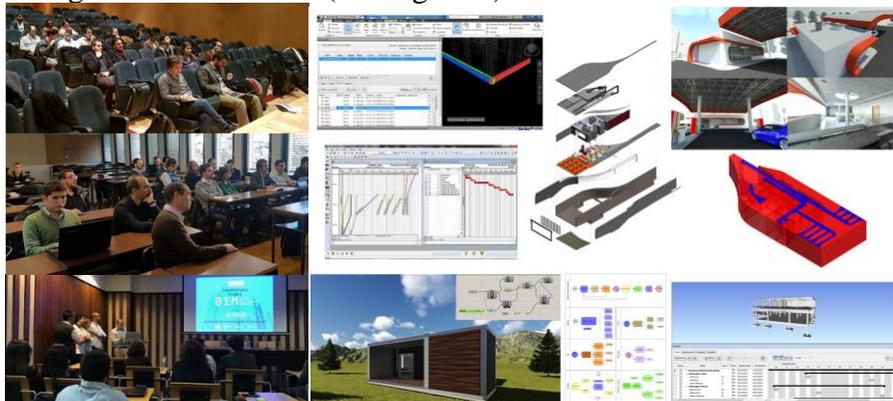


Figura 1: Apresentações de trabalhos de grupo.

Avaliação

A avaliação destes trabalhos de grupo, quer a título coletivo, quer individual, é feita pelo grupo de formadores principais, de acordo com os critérios já indicados anteriormente. Essa avaliação é feita inicialmente numa introspeção individual de cada formador quer durante as apresentações dos trabalhos e sua discussão, quer pela leitura dos relatórios. Num segundo momento é marcada uma reunião geral de formadores em que essa discussão é estendida a todo

o grupo de formadores e onde se definem as classificações finais. Já foram atribuídas classificações de Excelente (com distinção); Excelente; Muito bom e Bom.

Cerimónia de encerramento e de entrega de certificados

A coordenação do CursoBIM, desde a sua 1ª edição que desenhou uma estratégia para esta experiência formativa que vai além da mera transmissão de conhecimentos e de habilidades, tendo como objetivo principal a divulgação e disseminação do BIM em Portugal, contribuindo diretamente para o aumento de maturidade dos nossos profissionais e das respetivas empresas. Por isso, desde o início identificou como importante a formalização e solenização do final do curso, criando uma cerimónia de entrega de certificados integrada num saudável convívio entre todos os que durante nove semanas criaram laços de relacionamento pessoal e profissional. Nesta cerimónia além de se expandir o conceito de rede colaborativa, entre atuais e antigos formandos e formadores, também se procurou sempre integrar as entidades oficiais diretamente relacionadas com o curso como as ordens de arquitetos e engenheiros, bem como todos os representantes comerciais das *softwarehouses* e equipamentos que colaboram com o curso.

5. Inquéritos de Avaliação da Qualidade e Propostas de Melhoria

Desde a 1ª edição do CursoBIM que foi desenhado um questionário de avaliação, que de um modo bastante exaustivo procura abranger todas as componentes abordadas ao longo do curso permitindo também o espaço à livre opinião e às sugestões de melhoria. O questionário é anónimo e facultativo.

Este questionário está dividido em 5 secções de avaliação desenvolvendo-se ao longo de cerca de 17 páginas, sendo que o seu preenchimento poderá demorar cerca de 20 min. O questionário divide-se em 5 secções: (i) avaliação do curso por capítulos, compreendendo o grau de importância do capítulo em causa no âmbito do CursoBIM, o grau de satisfação em relação ao aprendido, a capacidade pedagógica bem como o domínio técnico da matéria para cada formador bem como a qualidade dos apontamentos fornecidos; (ii) avaliação da eficácia e adequabilidade do trabalho prático enquanto processo colaborativo e instrumento principal de avaliação; (iii) avaliação da participação e apoio de fornecedores de *software* e equipamentos, nomeadamente as condições em que foram disponibilizadas as licenças académicas, as apresentações dos fornecedores de software e equipamentos bem como o seu contributo para o curso; (iv) avaliação do apoio administrativo e da coordenação, inquirindo-se os formandos sobre o seu desempenho, as instalações, a pertinência da disponibilização dos materiais impressos no início de cada aula, o sistema de suporte digital da informação e sobre o formato atual de horas/dias em que decorre a formação ou formatos alternativos; (v) apreciação geral do curso, compreendendo a medição das expectativas, os pontos fortes e pontos fracos e se o nível de conhecimento prévio era adequado.

Os resultados recolhidos têm sido francamente positivos. Em consonância com o pedido da coordenação, percebe-se que a avaliação é assertiva, com críticas positivas e muitos comentários que muito têm contribuído para a discussão que antecedeu todas as alterações e melhorias que têm sido implementadas ao longo do tempo. Mesmo as avaliações individuais têm servido para que se possa ter uma noção das oportunidades de melhoria em cada uma das áreas inquiridas. Dada a extensão dos dados recolhidos nestas respostas não é possível dar neste

espaço, toda a informação, tendo-se optado por apresentar uma pequena amostra de alguns dos pontos avaliados (Ver Figura 2):



Figura 2: a - Formadores; b - trabalhos práticos; c - avaliação global

Alguns dos comentários dos formandos sobre a equipa de formação: “O formador é um excelente comunicador e que enriquece cada secção com as suas vivências profissionais e pessoais.”; “O formador é uma pessoa extremamente competente e com uma capacidade de cativar absolutamente invulgar.”; “O formador demonstra um conhecimento teórico e prático muito fortes. Sempre disponível para informar, comentar e ajudar. Muito pró-ativo e cativador. Demonstra um grande conhecimento e preocupação com o entendimento dos formandos sobre os diversos temas.”; “Excelente orador, cativante desde o primeiro instante, que possui conhecimentos muito avançados e uma experiência única. A explicação e inclusão de casos concretos e experiências próprias (dentro ou fora do tema específico a ser lecionado), adicionam “layers” de ainda mais interesse a temas que por si só já possuem elevado interesse.”; “Demasiada matéria para o tempo programado”.

Sobre o trabalho prático, seguem-se alguns dos comentários obtidos: “O trabalho prático serviu para termos o contacto com os diversos softwares disponíveis para aplicação da metodologia BIM. Se não houvesse trabalho não teria havido nenhuma aprendizagem no que respeita a softwares. Foi muito importante esta componente de avaliação. Não houve muito tempo para aprofundar o trabalho.”; “O trabalho prático é sem dúvida fundamental na apreensão dos conteúdos, no entanto, no meu entender, atingir os objetivos propostos é difícil pois implica muitas horas de trabalho e dedicação, que nem sempre é possível face à vida profissional e pessoal de cada elemento do grupo.” “O trabalho é essencial. Tem problemas, como a heterogeneidade de conhecimentos e disponibilidades, mas faz parte da vida.”

Como comentários finais e globais pudemos recolher: “Continuem o excelente trabalho na divulgação da metodologia BIM. Parece clichê, mas o futuro na construção é isto.”; “Muitos parabéns à coordenação do Curso e a todos os formadores, um esforço da parte de todos, e um grande obrigado pela oportunidade que nos deram ao virem ao nosso encontro, para adquirirmos tão importante e enriquecedor conhecimento, preparando-nos para um futuro que já está a acontecer.”; “É um curso trabalhoso mas gratificante.”; “Já recomendei e divulguei o curso para vários colegas, os quais mostraram bastante interesse. Contudo, acredito que uma maior divulgação nas universidades é fundamental. Acredito que os alunos que estão a finalizar o curso são os que melhor conseguem conjugar interesse e disponibilidade para realizar o curso BIM.”

6. Conclusões

À data da escrita deste artigo, encontrando-se a decorrer a sua sétima edição, volvidos 4 anos do seu início e com cerca de 300 formandos já aprovados pode concluir-se que: O CursoBIM revela-se bastante eficiente na transmissão de conceitos e práticas BIM a profissionais com reduzidos conhecimentos prévios nesta área; Os fatores que mais têm contribuído para este sucesso têm sido o grupo diversificado e experiente de formadores, a realização de um trabalho prático colaborativo baseado em *Project Based Learning* bem como a integração com ferramentas tecnológicas de aplicação prática.

Em oposição importa mencionar o esforço exigido aos formandos, nomeadamente com a necessidade de absorver demasiada informação em pouco tempo e na falta de competências prévias em literacia informática e tecnológica em geral.

É, no entanto, avaliado pelos formandos como extraordinário o resultado final, resultando também bastante consensual a aceitação do curso pela indústria e pelos meios profissionais, sendo referido como principal oferta formativa profissional nesta área da gestão BIM em projeto e construção.

O principal objetivo dos mentores iniciais do CursoBIM de acelerar a disseminação e aumento da maturidade BIM em Portugal, tem sido atingido com esta iniciativa que tem contribuído para a criação de uma rede colaborativa bem como para o aumento da sensibilidade em relação à mudança BIM, entre todos os envolvidos, não só interna, mas também externamente ao CursoBIM.

Agradecimentos

O trabalho aqui apresentado resultou em muitos aspetos de trabalho de equipa bastante alargado com alunos, ex-alunos e colegas de outras instituições e/ou empresas. Apesar desta lista não se esgotar nestes nomes e ser difícil sermos justos para todos os envolvidos, destaca-se a colaboração de: Alexandre Marques, André Monteiro, Bruno Meleiro, Bruno Ribeiro, Carlos Gomes, Fábio Santos, João Oliveira, José Granja, Luís Bidarra, Luísa Madureira, Luísa Silva, Pedro Silva, Rui Carvalho, Rui Silva, Sérgio Cação e Vanessa Tavares.

Referências

- [1] M. Azenha, J.C. Lino, J.P. Couto "Implementação BIM nos projetos de ensino do Departamento de Engenharia Civil da UMinho". 1º Congresso Português de Building Information Modelling (2016) pp195-205 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.166758>
- [2] Arto Kiviniemi, (School of Architecture University of Liverpool) " BIM education - the current and future approach by universities?", in EduBIM2017, Paris, France, 2017.
- [3] Abdirad, H., Dossick, C.S. " IM curriculum design in architecture, engineering, and construction education: A systematic review" *Journal of Information Technology in Construction*, Volume 21, Pages 250-271, 2016
- [4] Fundação EDP, MAAT (Museu de Arte, Arquitetura e Tecnologia), Concurso para o desenvolvimento da empreitada de construção com apoio de BIM, 2014
- [5] Metro do Porto, Concurso Público de Adjudicação dos Projetos para duas novas linhas (Linha Rosa e Prolongamento da Linha Amarela), 2017
- [6] EASTMAN, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. "BIM Handbook A guide to Building information Modeling for Owner, Manager, Designers, Engineers, and Contractors." ISBN 9780470541371, Wiley, 2011



2º congresso português de
building information modelling

Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa
www.ptbim.org