

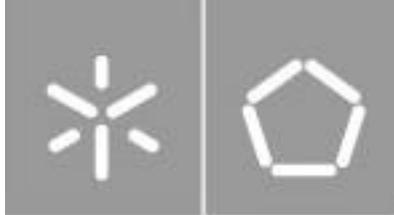


**Industrialização e transformação digital da construção:
Desenvolvimento de propostas para integração de informação de produção e obra**

Rui Filipe Araújo Sá

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rui Filipe Araújo Sá

**Industrialização e transformação digital da
construção: Desenvolvimento de propostas
para integração de informação de produção
e obra**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Dr. João Pedro Pereira Maia Couto

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-Compartilha Igual

CC BY-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

SIC PARVIS MAGNA

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação representa o culminar de uma das etapas mais bonitas da minha vida.

Assim, gostaria de começar por agradecer à Universidade do Minho e à dst s.a. pela oportunidade de realizar este trabalho em ambiente empresarial, permitindo obter um enriquecimento pessoal e profissional que não seria possível sem esta colaboração.

Ao meu orientador Professor Doutor João Pedro Couto, pela oportunidade de realizar esta dissertação em contexto empresarial, pela vasta partilha de conhecimento, pelo apoio prestado e pela pronta disponibilidade durante todo o processo.

Ao meu supervisor na empresa, Engenheiro João Marcelo, um agradecimento especial por todo o apoio, paciência, interesse, motivação e entusiasmo pelo tema abordado. Todo o seu conhecimento sobre a metodologia BIM e a indústria da construção relevaram-se imprescindíveis na elaboração desta dissertação. Um agradecimento a todos os colegas da empresa bim+, pelo acolhimento, apoio e disponibilidade ao longo dos últimos meses. De maneira especial gostaria de agradecer ao João Nunes, ao João Rocha, ao Renato Correia e à Sónia Ferreira por toda a ajuda, disponibilidade, compreensão e conhecimento de Revit partilhado.

Aos meus pais, Carla e Manuel, os quais realizaram demais sacrifícios para que me fosse possível estar onde estou hoje e à minha irmã Teresa, pelo exemplo que é e por pavimentar esta estrada universitária. A vocês, tudo devo.

Aos que, junto comigo, são da raça que nunca se vergará.

Ao padrinho de praxe Vitor Santos, ao companheiro de quarto Ricardo Duarte e aos demais colegas que me acompanharam nestes longos cinco anos.

Finalmente, um obrigado imensurável à Anabela Silva. Somos e seremos nós, contra o mundo.

Obrigado!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio, nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Industrialização e transformação digital da construção: Desenvolvimento de propostas para integração de informação de produção e obra

A presente dissertação tem como objetivo primordial a aproximação do BIM académico ao BIM realmente empregue em meio empresarial, procurando elaborar uma nova forma de controlo de autos de medição, bem como simplificar a interação entre os demais intervenientes de uma obra com recurso a vistas sequenciais 3D produzidas exclusivamente no software Revit.

O setor da construção civil é um ambiente altamente competitivo e em constante evolução, tanto em termos de métodos construtivos quanto de técnicas de gestão e de controlo dos empreendimentos. As empresas continuam a procurar melhorar os seus sistemas de gestão e controlo, a fim de reduzir despesas e perdas de tempo que não lhes acrescentam valor. Surge assim a metodologia BIM (*Building Information Modeling*), com recurso ao software Revit, como ferramenta de controlo dos autos de medição. Os autos de medição dos trabalhos executados constituem um dos mais relevantes instrumentos de controlo físico e financeiro da obra, na medida em que permitem detetar desvios aos planos de trabalhos em vigor e confirmar as quantidades dos trabalhos e correlativos montantes para efeitos de pagamento das verbas constantes nas faturas ulteriormente apresentadas pelo subempreiteiro.

Este trabalho foi realizado em contexto empresarial, na empresa building information modeling +, do grupo dst, s.a. e no decorrer do estágio foi possível acompanhar os trabalhos de execução de um empreendimento de uma residência universitária, servindo esta de caso de estudo. Para alcançar os objetivos pretendidos com este estudo fez-se recurso a modelos BIM de execução de obra, modelados e disponibilizados pela instituição. Para além do estudo e do desenvolvimento de propostas para integração de informação de produção e obra, foi desenvolvido para a empresa um *template* de tabelas de modo a servir as necessidades de cada uma das especialidades para utilização nas fases de planeamento, de execução e em estudos futuros, de custos.

Palavras-chave: *Building Information Modeling* (BIM); Planeamento da Construção (4D); Custos (5D); Autos de medição; Sub-empreiteiros; Revit.

ABSTRACT

Industrialization and digital transformation of construction: Development of proposals for the integration of production and work information

The main objective of this dissertation is to bring academic BIM closer to BIM actually used in a business environment, seeking to develop a new way of controlling measurement records, as well as simplifying the interaction between the other participants in a project using sequential 3D views. produced exclusively in Revit software.

The civil construction sector is a highly competitive and constantly evolving environment, both in terms of construction methods and techniques for managing and controlling projects. Companies continue to seek to improve their management and control systems in order to reduce expenses and waste of time that do not add value to them. This gave rise to the BIM (Building Information Modeling) methodology, using the Revit software, as a tool for controlling measurement records. The records of measurement of the works carried out are one of the most relevant instruments of physical and financial control of the work, insofar as they allow the detection of deviations from the work plans in force and confirm the quantities of the works and corresponding amounts for the purpose of paying the constant sums on the invoices subsequently submitted by the subcontractor.

This work was carried out in a business context, at the company building information modeling +, part of the dst group, s.a. and during the internship it was possible to follow the execution work carried out on a university residence project, which served as a case study. To achieve the intended objectives of this study, BIM models for construction work were used, modeled and made available by the institution. In addition to the study and development of proposals for the integration of production and construction information, a table template was developed for the company to meet the needs of each of the specialties for use in the planning, execution and costs in future study phases.

Keywords: Building Information Modeling (BIM); Construction Planning (4D); Costs (5D); Measurement Records; Subcontractors; Revit.

ÍNDICE

Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros.....	ii
Agradecimentos.....	iv
Declaração de Integridade	v
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xi
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas	xiv
1. Introdução	15
1.1 Enquadramento e motivação.....	15
1.2 Objetivos gerais	15
1.3 Metodologia de investigação e Estrutura da dissertação	16
1.4 Enquadramento contextual da dissertação em ambiente empresarial.....	17
1.4.1 Descrição da instituição em que decorreu a dissertação, do âmbito específico da realização do mesmo e do objeto da investigação/intervenção.....	17
1.4.2 Apresentação da área/problemativa de investigação/intervenção.....	18
1.4.3 Atividades desenvolvidas no contexto de dissertação em ambiente empresarial ..	18
1.4.4 Obra alvo do caso de estudo.....	19
2. Estado de arte	21
2.1 Building Information Modelling (BIM)	21
2.1.1 Dimensões do BIM	22
2.1.2 BIM 3D	23
2.1.3 BIM 4D	24
2.1.4 BIM 5D	27

2.1.5	Normalização – legislativo/normativo.....	28
3.	Metodologia e desenvolvimento	31
3.1	Fase preparatória.....	31
3.2	Fluxograma proposto	41
4.	Caso de estudo.....	43
4.1	Inserção de tabelas e fases em Revit.....	43
4.2	Quantidades gerais estimadas.....	44
4.3	Criação de fases reais – Auto 4 estimado.....	45
4.4	Comparação de autos.....	48
4.5	Inserção de dados e materialização do processo	50
5.	Considerações finais	51
5.1	Conclusões.....	51
5.2	Desenvolvimentos futuros	52
	Referências	53
	Apêndice I – Tabelas de abastecimento e rede de incêndio	56
	Apêndice II – Tabelas de arquitetura	59
	Apêndice III – Tabelas de aquecimento, ventilação e ar condicionado	62
	Apêndice IV – Tabelas de drenagem residual e pluvial.....	65
	Apêndice V – Tabelas de eletricidade	67
	Apêndice VI – Tabelas de estabilidade.....	70
	Anexo I.....	73
	Anexo II	74
	Anexo III	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	Building Information Modeling
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
4D	Quadrimensional
5D	Pentadimensional
8D	Octodimensional
IPQ	Instituto Português da Qualidade
CEN/TC442	Comissão de normalização BIM europeia
CT197	Comissão Técnica de Normalização BIM
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logótipo do grupo DST (DSTgroup, 2023)	18
Figura 2 - 3D do modelo de estabilidade da obra acompanhada	20
Figura 3 - Processo BIM integrado.....	22
Figura 4 - Fluxograma para BIM 4D.....	26
Figura 5 - Parâmetros para Schedule de tubos	32
Figura 6 - Parâmetros para Schedule de conexões de tubos	32
Figura 7 - Parâmetro Custo total para conexões	32
Figura 8 - Parâmetro custo total para tubos.....	32
Figura 9 - Exemplo de Schedule de tubos.....	33
Figura 10 - Exemplo de Schedule de conexões	33
Figura 11 - Criação de fases construção estimadas	34
Figura 12 - Inserção de filtro por fase, para retirar autos parciais estimados	34
Figura 13 - Verificação de auto para o valor estimado de janeiro.....	35
Figura 14 - Criação de fase de elementos concluídos e verificados em obra	35
Figura 15 - Selecionar na planta (ou 3D) os elementos concluídos em obra	36
Figura 16 - Atualizar a fase criada	36
Figura 17 - 3D Janeiro Estimado	36
Figura 18 - 3D Janeiro (concluído) + Janeiro Estimado	36
Figura 19 - Tabelas de abastecimento e rede de incêndio.....	37
Figura 20 - Tabelas de arquitetura	38
Figura 21 - Tabelas de aquecimento, ventilação e ar condicionado	38
Figura 22 - Tabelas de drenagem residual e pluvial	39
Figura 23 - Tabelas de eletricidade.....	39
Figura 24 - Tabelas de estabilidade	40
Figura 25 – Fluxograma.....	42
Figura 26 – 3D de elementos de estabilidade inseridos no contrato.....	44
Figura 27 - Imagem real da obra em construção	46
Figura 28 – 3D dos elementos edificados aquando do envio do Auto de medição 4 por parte do sub-empregado.....	46

Figura 29 – Quantidade discriminada de betão contratado para a totalidade da obra	48
Figura 30 - Quantidade discriminada de betão faturado até ao Auto 4.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabelas de estabilidade do edifício completo.....	45
Tabela 2 – Tabela do somatório do volume de betão necessário para construir o edifício completo	45
Tabela 3 - Tabelas de estabilidade referentes aos elementos edificados quando foi recebido o Auto 4	47
Tabela 4 - Tabela do somatório do volume estimado de betão necessário para construir até ao Auto 4	47
Tabela 5 – Tabela da quantidade de betão contratado para a totalidade da obra de estabilidade.....	48
Tabela 6 - Tabela da diferença de quantidades entre o que foi contratado e o modelo.....	49
Tabela 7 – Tabela da quantidade de betão faturado até ao Auto 4.....	49
Tabela 8 - Tabela da diferença de quantidades entre o que foi faturado pelo subempreiteiro e o estimado	49

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e motivação

A presente dissertação em ambiente empresarial culmina o resultado de uma investigação e intervenção realizadas no âmbito do segundo ano de Mestrado em Engenharia Civil, com especialização em Edifícios na Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Destaca-se a relevância da realização de uma dissertação numa organização que proporcionou a concretização das componentes de investigação e intervenção em contexto profissional. Desta forma, a dissertação foi realizada numa empresa dum grupo multinacional do setor da construção, sediada na região Norte de Portugal.

A seleção da entidade empresarial teve como motivo elementar o facto de que estamos perante uma instituição reconhecida a nível nacional e internacional, abrangendo de forma extremamente competitiva as mais variadas áreas: Indústria e Logística, Turismo e Lazer, Edifícios de Utilização Pública, Comércio e Serviços, Requalificação Histórico-Artística e Habitação etc., nas quais foi possível colaborar. Uma vez que esta investigação teve como objetivo primordial o desenvolvimento de propostas para integração de informação de produção e obra e dado o foco desta investigação recair na área da industrialização e transformação digital da construção, o estágio desenrolou-se no departamento de BIM da dst, s.a..

1.2 Objetivos gerais

A escolha do tema surgiu após terem sido realizadas reuniões com o Orientador e o Representante da instituição, onde foram diagnosticadas e ficaram explícitas as necessidades atuais do departamento e do mercado, e posteriormente em consenso com todas as partes, foi possível alcançar uma temática desafiante e que desencadeou interesse.

Com recurso a modelos BIM de execução de obra, disponibilizados pela instituição, pretendeu-se numa fase inicial definir parâmetros em Revit para a integração de informação de produção e de obra, com o intuito de realizar o controlo de autos de medição por parte do dono de obra.

Os autos de medição dos trabalhos executados em obra constituem uma das formas de controlo físico e financeiro da mesma. O controlo de autos é atualmente feito de forma muito manual e surge assim a possibilidade de este ser feito com recurso a ferramentas BIM.

Objetivou-se o desenvolvimento de layouts e automatismos no software Revit, que permitissem correlacionar a informação previamente integrada. Com a geração de autos para cada data específica, viabiliza-se a realização da comparação entre aquilo que seriam os autos de medições submetidos pelos sub-empregados e os autos obtidos através dos modelos BIM de execução de obra, o que possibilita uma maior interação Dono de Obra/Sub-empregados,

Desta forma, com o trabalho proposto pretendeu-se dar um importante contributo no que remete para o impacto da digitalização na produtividade da construção.

Para que o BIM seja realmente bem-sucedido em fornecer edifícios melhores, todas as dimensões precisam de ser adotadas. Este documento concentra-se no 4D e no 5D e no que ele pode fazer, para que uma discussão aberta possa ocorrer e seja possível mudar para a prática do 5D, moldando-a como uma prática padrão para o futuro da indústria.

1.3 Metodologia de investigação e Estrutura da dissertação

A presente dissertação, que se divide em cinco capítulos, tem como base o aprofundamento dos conceitos teóricos e práticos de BIM – Building Information Modeling, suas definições, conceitos e vantagens, bem como a sua utilização em Portugal e a sua relação com o controlo de autos de medição, de forma a promover a sua aplicação no mundo empresarial, bem como ao caso de estudo referido na análise subsequente.

No capítulo vigente procedeu-se a uma contextualização da dissertação em ambiente empresarial e do projeto de investigação/intervenção, apresentação dos objetivos propostos, a metodologia adotada e a estrutura da dissertação, focando na descrição da instituição onde se realizou a mesma, assim como na apresentação do diagnóstico de necessidades da instituição, do mercado e seus objetivos.

Fazendo recurso a livros, notícias, artigos e dissertações nacionais e internacionais, apresenta-se no segundo capítulo o enquadramento teórico da problemática do presente relatório, onde exploramos a problemática do estágio a partir de correntes/perspetivas teóricas, essencialmente sobre a área da industrialização e transformação digital da construção. Este capítulo debruça-se no estudo sobre a metodologia BIM, introduzindo a sua definição e conceitos, a abordagem às dimensões do BIM e às normas existentes em relação ao tema.

O capítulo três refere-se ao desenvolvimento de layouts e automatismos no software Revit, que permitissem correlacionar a informação previamente integrada, comprovando a teoria referida no estado de arte.

No quarto capítulo é apresentado o caso de estudo, uma residência universitária, onde foram disponibilizados pela instituição modelos BIM de execução de obra onde foi possível aplicar os layouts desenvolvidos no capítulo anterior e realizar uma comparação entre um auto real e os autos obtidos através dos modelos BIM.

O último capítulo tem como objetivo expor as conclusões gerais retiradas ao longo da dissertação, bem como perspectivas e propostas de futuros desenvolvimentos sobre o tema da mesma.

1.4 Enquadramento contextual da dissertação em ambiente empresarial

O trabalho em ambiente empresarial teve início no dia 06/03/2023 e decorreu até ao dia 01/09/2023, perfazendo um total de 26 semanas de desenvolvimento de propostas para integração de informação de produção e obra.

1.4.1 Descrição da instituição em que decorreu a dissertação, do âmbito específico da realização do mesmo e do objeto da investigação/intervenção.

A dst, s.a. é uma instituição reconhecida a nível nacional e internacional, abrangendo de forma extremamente competitiva as mais variadas áreas: Indústria e Logística, Turismo e Lazer, Edifícios de Utilização Pública, Telecomunicações, Comércio e Serviços, Ambiente, Energias Renováveis, Requalificação Histórico-Artística e Habitação. Atualmente emprega cerca de 2000 trabalhadores

A dissertação em ambiente empresarial realizou-se na building information modelling +, s.a., empresa pertencente à DST Group, encontrando-se sediada na região norte de Portugal. A bim+ é responsável pela modelação de obras de elevado valor patrimonial e social, desde hospitais em países subdesenvolvidos, a residências universitárias que pretendem solucionar ou pelo menos colmatar a crise de habitação. Atualmente, apresenta soluções de modelagem relativamente pobres em informação, muito por causa do que o mercado demanda. No entanto, de forma a desenvolver o BIM em contexto profissional e aproximando daquilo que é apenas o contexto académico, este estágio teve como objetivo primordial o desenvolvimento de propostas para integração de informação de produção e obra, enriquecendo assim os modelos desenvolvidos pela empresa.



Figura 1 - Logótipo do grupo DST (DSTgroup, 2023)

1.4.2 Apresentação da área/problemática de investigação/intervenção

Presentemente, os profissionais da área, utilizam o BIM para o aplicar em projetos unicamente esquemáticos e modelos de apresentação apenas para “impressionar” os clientes, ganhando assim projetos. No entanto, é possível adicionar informação aos modelos e assim permitir detetar desvios aos planos de trabalho, através do confronto entre os trabalhos previstos e os que efetivamente foram executados, confirmar as quantidades dos trabalhos e assim correlacionar os pagamentos de forma que o dono de obra proceda à autorização e conseqüente pagamento, de um modo mais automatizado, esquemático e sem duplicação de trabalho. Assim, o planeamento, custos e tempos são pontos fulcrais para as empresas de construção.

Numa primeira abordagem com o engenheiro representante da instituição, foi proposto pelo mesmo algumas temáticas que poderiam ser desenvolvidas dentro do período de realização do estágio, sendo que, a maior necessidade identificada preliminarmente seria a falta de controlo dos autos de medições lançados por subempreiteiros.

1.4.3 Atividades desenvolvidas no contexto de dissertação em ambiente empresarial

Na fase inicial da dissertação, procurou-se identificar as maiores necessidades da empresa e realizar uma revisão da literatura, uma vez que o BIM está em constante evolução e é necessário perceber de que forma aquilo que já se encontra desenvolvido pode ajudar a empresa em causa.

Começou-se por pesquisar sobre *Building Information Modelling*, as suas dimensões, BIM 4D, BIM 5D, autos e sobre o estado da legislação atual no que concerne ao uso de BIM.

Foram assimilados conceitos de Revit e desenvolveram-se *schedules* de quantidades, com a introdução de parâmetros desenvolvidos para cada especialidade, bem como o faseamento da construção para que fosse possível visualizar a mesma de forma a acompanhar o crescimento da obra.

Ao usar um modelo Revit para gerar tabelas de quantidades, é possível evitar erros de medição e garantir que as quantidades sejam precisas e consistentes, evitando desperdícios e estando de acordo

com os planos de sustentabilidade da empresa. Isso permite ainda ajudar a controlar o processo de medição e garantir que os empreiteiros sejam pagos corretamente pelos trabalhos realizados.

As tabelas de quantidades geradas no Revit podem ser usadas para planejar o cronograma do projeto, fazer estimativas de custos e ajudar a garantir que o projeto seja concluído dentro do orçamento e do prazo. Além disso, as tabelas de quantidades podem ser atualizadas facilmente conforme o projeto avança, ajudando a manter as informações precisas e atualizadas em todas as fases do projeto.

Após realizada toda esta fase preparatória, foi cedido pela instituição um auto de medição referente ao modelo de estabilidade do edifício. Permitindo assim realizar uma comparação entre aquilo que foi disponibilizado no auto e o que foi possível retirar do modelo de execução de obra.

Na fase final do estágio, procurou-se sintetizar as conclusões da dissertação, bem como as perspectivas e propostas para futuros desenvolvimentos.

1.4.4 Obra alvo do caso de estudo

Ao longo da dissertação em ambiente empresarial, foi possível acompanhar a construção de uma residência universitária construída em Lisboa.

Trata-se de uma residência de co-living para estudantes deslocados com estúdios e apartamentos num conceito all-inclusive. Este conceito em crescimento engloba não apenas estudantes universitários, como trabalhadores em regime teletrabalho que desde a pandemia ganharam uma dimensão substancial no mercado. A versatilidade deste edifício permite não apenas estudar/trabalhar na residência, como dispõe de áreas comuns, onde é possível também conviver. A residência conta com espaços de co-working, salas de estudo, ginásio e zonas de *vending machines*. Conta ainda com um *rooftop* com vista para a alta de Lisboa, e zonas comuns criadas com o propósito de partilha de experiências entre diferentes culturas e países.

Esta obra encontra-se dividida em dois edifícios, denominados por Bloco A e Bloco B. O Bloco A apresenta 12 pisos, sendo 2 dos quais subterrâneos e o Bloco B é constituído por 8 pisos, sendo apenas 1 subterrâneo destinado para parque de estacionamento de automóveis. Seguidamente é apresentado o 3D da obra, sendo perceptível os dois blocos.

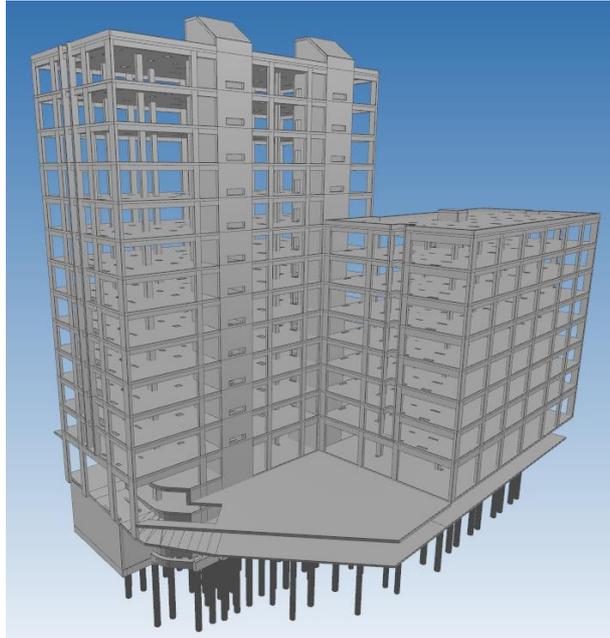


Figura 2 - 3D do modelo de estabilidade da obra acompanhada

2. ESTADO DE ARTE

2.1 Building Information Modelling (BIM)

A industrialização e a transformação digital da construção são tendências importantes que estão a mudar a forma como se gerem as obras de construção e consequentemente, 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 (Marcelo et al., 2018).

Building Information Modeling (BIM), vulgarmente conhecido em Portugal, representa o acrónimo inglês para Modelação de Informações de Construção. É um recurso promitente na área da engenharia, arquitetura e construção (AEC), que agrega diversas disciplinas de um projeto numa modelação virtual, permitindo a identificação de incompatibilidades (*clash detection*) e informações potenciais para o próprio projeto.

A relevância do BIM, reside na sua quantidade de documentação ou informação (Kone & Tirunagari, 2019), o que possibilita uma redução de custos do projeto, o aumento da produtividade e qualidade, encurtar os prazos de entrega e reduzir significativamente a duplicação de trabalho, uma vez que as empresas podem armazenar os dados de projetos de construção como base para projetos futuros (Huang, 2021).

BIM é assim um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, interagindo entre si, geram uma metodologia para a gestão, em formato digital, do projeto de uma edificação e de seus dados, durante todo seu ciclo de vida (Succar, 2009). Surge assim um processo colaborativo com vista a antecipar as tomadas de decisão em projeto, de forma a aumentar a deteção de erros na fase inicial, garantir uma otimização do mesmo (Marinho, 2014), impedir a duplicação da informação e reduzir o tempo inerente à sua realização (Moreira, 2018).

Similarmente, a adoção de metodologias BIM pode contribuir não apenas para a deteção de conflitos, mas para uma melhor utilização do espaço, adequada disposição dos recursos, segurança e saúde no trabalho e a diminuição da discrepância entre o projeto e aquilo que efetivamente é realizado em obra, através da interação entre os métodos de planeamento e orçamentação (Silva, 2017).

A metodologia BIM inicia-se com uma fase de simulação virtual da construção, após a conclusão da mesma, as informações geradas servem de suporte para as atividades de design, compras/aquisição, cronograma de obra, fabricação e construção. É exequível o recurso das mesmas informações para demonstrar os ciclos de vida da construção. Na figura seguinte torna-se perceptível que o BIM não é apenas um programa computacional, mas uma plataforma que engloba os mais diversos integrantes de um projeto (arquitetos, engenheiros, donos de obra, empreiteiros, fornecedores, etc.) num modelo único, permitindo realizar alterações nos processos e fluxos de trabalho ao longo do desenrolar do projeto (Degasperi et al., 2017).

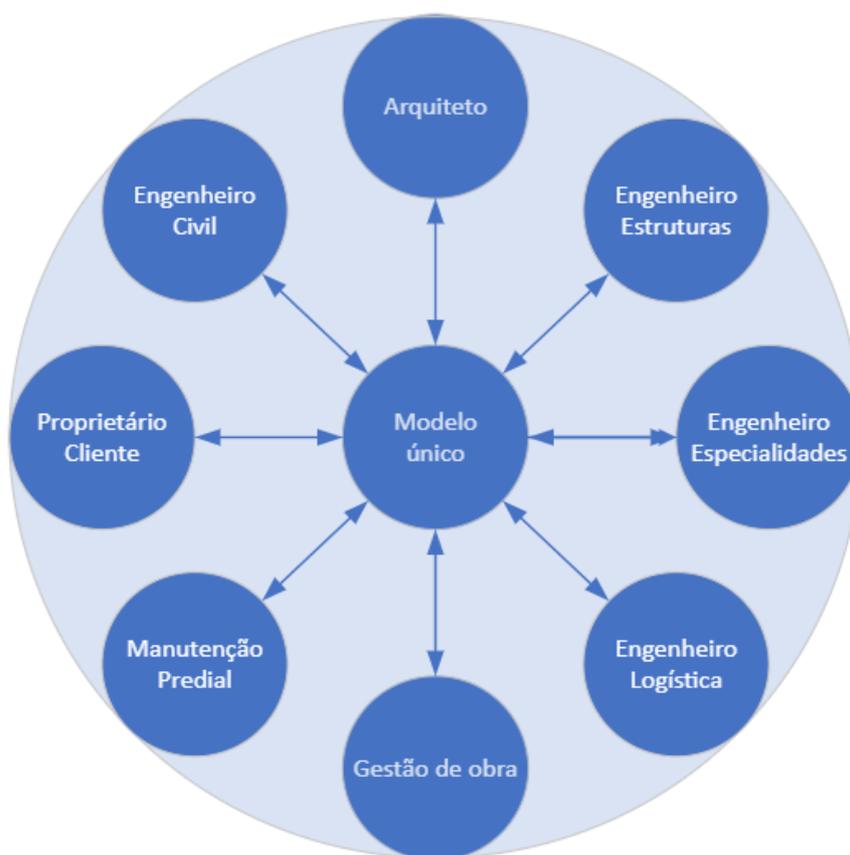


Figura 3 - Processo BIM integrado

Fonte: (Vale, 2022)

2.1.1 Dimensões do BIM

Primordialmente, os recursos do BIM foram fortemente enfatizados num esforço para sugerir que era superior ao CAD. Dado que este foi usado principalmente para produzir projeções 2D

tradicionais, como plantas baixas, cortes e elevações, acabando assim por ser erroneamente retratado como sendo apenas 2D. No entanto, rapidamente o BIM foi além do 3D e acabou por se tornar nD. O tempo foi adicionado como quarta dimensão (Raut & Valunjkar, 2017) e o custo como a quinta (Mitchell, 2012). Todavia, para além da quinta dimensão não parece existir consenso por parte da comunidade internacional, uma vez que a sexta dimensão do BIM tem vindo a ser referida como o ciclo de vida do projeto, saúde e segurança, energia, qualidade, aquisição, gestão de instalações, informações as-built e as-is, registos de construção ou até informações contratuais. A sétima dimensão provavelmente a sustentabilidade ou a gestão de instalações e algumas fontes chegam a mencionar uma oitava dimensão, relacionada à prevenção de acidentes (Koutamanis, 2020), uma vez que a indústria da construção permanece como uma das indústrias mais dinâmicas e perigosas para os trabalhadores (Chatzimichailidou & Ma, 2022). A dimensão 8D surge assim por estar ligada diretamente à prevenção através da modelação, mostrando-se uma ferramenta capaz de realizar auditorias, gerar perfis de risco, realizar sugestões de revisão de design para elementos que possam ter sido identificados com um risco elevado de perigo e recomendações ou avisos para obra em situações de risco moderado (Kamardeen, 2010).

2.1.2 BIM 3D

O uso de modelos de objetos 3D tem contribuído essencialmente para um entendimento compartilhado de intenções, necessidades e relações geométricas entre atores que representam diferentes origens, interesses e posições (Moum, 2010). Além disso, a modelação 3D faz com que as pessoas pensem com precisão e adequação (Lin, 2014).

A dimensão BIM 3D é um conjunto de processos e metodologias com o intuito de uma renderização tridimensional, consistindo numa modelação 3D paramétrica que servirá de base à visualização do edifício através de *renders* 3D do modelo (Araújo, 2016).

Essencialmente reflete os detalhes do projeto, bem como cada tarefa de engenharia envolvida, permitindo a criação de uma representação geométrica precisa de todos os componentes do edifício dentro de um meio de comunicação combinado. Assim, não só será possível ver digitalmente e antecipadamente o edifício em três dimensões, como também as vistas e cortes poderão ser atualizadas ao longo do projeto, melhorando a comunicação, evitando duplicação de trabalho, permitindo menos iterações e a capacidade de fazer correções conforme necessário (Mata, 2019).

2.1.3 BIM 4D

A dimensão 4D surge através da vinculação de forma inteligente da representação gráfica 3D com o tempo (Rodrigues, 2012) e o cronograma de um projeto (Raut & Valunekar, 2017). É assim possível compilar a quarta dimensão do BIM como uma lista sequencial de eventos, incluindo todos os marcos do projeto, construção, uso e manutenção (Koutamanis, 2020).

A compreensão da sequência do edifício é facilitada pela visualização do modelo 4D. É, portanto, uma maneira muito eficiente de informar todas as partes envolvidas no processo de sequenciamento da construção, o que ajuda a encontrar tarefas cruciais, circunstâncias inesperadas e avaliar futuramente os custos associados (Jadhav et al., 2017). Assim, a comunicação entre os diferentes “*stakeholders*” torna-se mais objetiva e clara, reduzindo as falhas de comunicação causadas por diferentes níveis de conhecimento e pela análise mental do cronograma que o planeamento tradicional exige dos envolvidos (Mota, 2015).

Na modelação 4D, elementos de construção de edifícios são combinados com atividades de construção para analisar o progresso da construção ao longo do tempo. Essa combinação é conseguida através da ligação entre os objetos 3D e as atividades específicas necessárias para construí-lo na realidade, no modelo ele pode ser controlado para realizar diferentes simulações de progresso e o agendamento de tarefas em momentos específicos da construção. Esta capacidade de desenvolver e simular hipóteses construtivas é uma mais-valia não só na aplicação numa fase de projeto, bem como em todo o processo construtivo. Permite uma abordagem mais preventiva, onde os obstáculos podem ser identificados nas fases iniciais de um projeto, e os processos construtivos podem ser os que apresentam os melhores resultados no conjunto de simulações realizadas. Além disso, os modelos 4D BIM podem ser usados como um método proativo para melhorar o planeamento do local da obra e o monitoramento de segurança, além de permitir ajustes contínuos no modelo durante a construção, permitindo assim prever o impacto associado a essas mudanças (Kone & Tirunagari, 2019) (Silva, 2012).

Esta abordagem através de simulações 4D dos modelos não transmitem a realidade completa, englobando os seus imprevistos. Ainda assim, os desenvolvimentos nas técnicas de visualização e planeamento tentam cada vez mais aproximar o mundo digital do real. Deste modo, os objetivos primordiais destas simulações são minimizar o número de erros de execução, pelo menos aqueles que

podem ser previstos, e facilitar a comunicação entre as fases de projeto, planeamento e construção (Mota, 2015).

Os métodos tradicionais, tais como os diagramas de Gantt, caminhos críticos, ou gráficos de barras podem ser difíceis de perceber pelas partes envolvidas e não se encontram diretamente ligados de forma inteligente a um projeto ou modelo de construção. Deste modo, torna-se imperativo que existam melhorias significativas nos cronogramas da construção (Raut & Valunjkar, 2017). Deste modo, a componente visual viabilizada pelos modelos 4D torna-se útil em reuniões de projeto de forma a evitar diferentes interpretações entre as partes dos colaboradores no projeto, o que facilita a comunicação entre os mesmos e permite esclarecer eventuais dúvidas de forma célere (Mota, 2015).

Segundo Matsui (2017), os modelos e simulações 4D, para além de melhorias na comunicação já mencionadas anteriormente, apresentam ainda benefícios no que concerne à logística da obra, uma vez que numa fase de projeto, permite uma maior gestão de áreas de *stock*, dos acessos, da locação de equipamentos de grande porte e possibilita a identificação de conflitos físicos ao longo do decorrer da obra.

Ressalta-se que os processos de planeamento que permitem o agendamento eficaz das diferentes tarefas antes do início do trabalho e a gestão sistemática das operações poderiam ser obtidos pela técnica convencional, mas com níveis de complexidade extremamente altos e maior exigência de recursos humanos, aumentando os custos de preparação, conceção e gestão do projeto para modelos idênticos (Santos, 2022) (Monteiro & Martins, 2011).

Neste âmbito, Oliveira et al. (2022) propuseram no 4º Congresso Português de *Building Information Modelling*, um fluxograma para a temática BIM 4D, considerando o recurso a três softwares: Revit, MS Project e Navisworks. Este fluxograma é apresentado de seguida (Figura 4) e consiste essencialmente em três fases distintas, uma para cada um dos softwares, não havendo uma perfeita interligação entre as fases. Uma primeira fase consiste na modelação 3D e extração de tabelas de quantidades no software Revit. A fase seguinte, realizada no software MS Project, consiste particularmente na inserção dos tempos de duração e conseqüentemente criação de um diagrama de Gantt. A fase final corresponde à realização de uma simulação no software Navisworks, para que seja possível identificar conflitos entre tarefas e realizar simulações 3D para cada fase temporal.

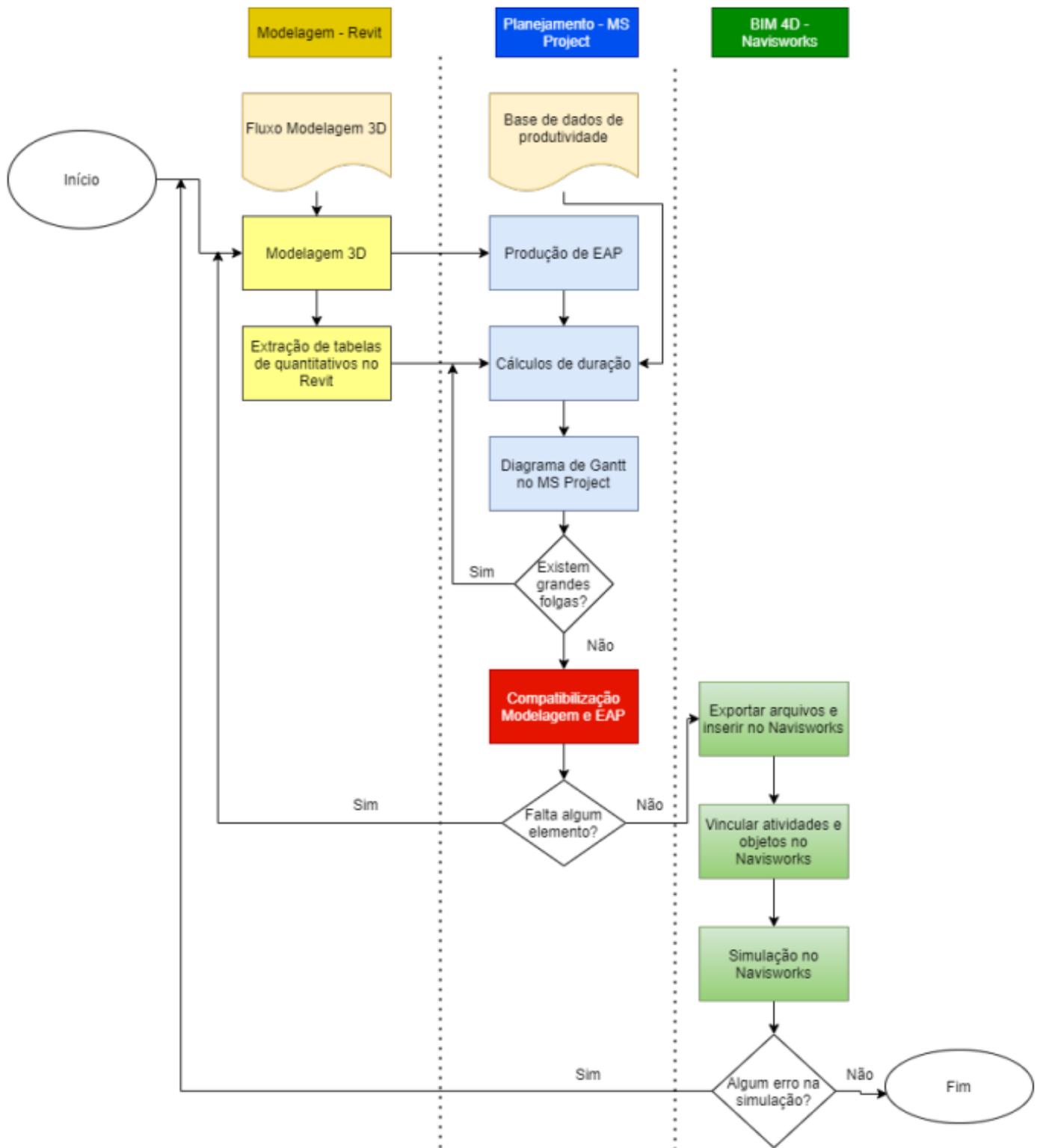


Figura 4 - Fluxograma para BIM 4D

Fonte: (Oliveira et al., 2022)

2.1.4 BIM 5D

Apesar de a noção de BIM 5D ter surgido antes, foi a crise financeira global de 2007-2008 que serviu de catalisador para a sua adoção e implementação, uma vez que a própria mentalidade dos consumidores foi alterada. Ao longo dos anos foi inconscientemente implantada uma noção de que a construção é cara e incerta, foi necessário desenvolver métodos para que os clientes conseguissem verificar aquilo que seria feito antes que fosse realmente construído, para evitar aumentos de custos e atrasos (Mitchell, 2012). Desta forma, a quinta dimensão encontra-se associada à gestão de custos, onde os custos do orçamento são associados aos elementos constituintes do modelo, o que permite a realização de estimativas de orçamento numa fase preliminar (Fernandes, 2021).

O desenvolvimento do BIM 5D está paulatinamente a ganhar força e distinção na gestão de custos de projetos. As empresas começam a perceber as diversas vantagens competitivas que a adoção desta abordagem está a proporcionar ao seu futuro (Smith, 2014).

Com a aplicação do BIM 5D na fase de construção do projeto, a qualidade e o progresso da construção são garantidos logo numa fase inicial, dado que o nível de gestão meticulosa é eficazmente melhorado e o desperdício e trabalho duplicado em fase de projeto reduzido (Xu, 2017).

Para que essa premissa seja viabilizada, os modelos precisam ser ricos e precisos em informações, com dados completos. No entanto, isto é algo que requer que os modeladores e a própria equipa de BIM sejam experientes, porém existe uma perda de tempo associada. Em muitos projetos, os modelos BIM estão longe de atingir o seu potencial devido a dados incompletos ou imprecisos. Existem muitas razões para isso, mas as principais giram em torno de saber se o custo do projeto inclui a entrada de dados abrangentes e se a equipa BIM possui experiência, conhecimento ou dados para fornecer as informações necessárias ao modelo. Muitos clientes não vêem valor em pagar o custo necessário para um modelo abrangente ou podem não ter conhecimento ou aconselhamento suficiente para determinar se este fora alcançado. Desta forma, o mercado rapidamente enveredou pela criação de modelos com pouca informação, que apresentam uma aparência de modelos viáveis e que satisfazem rapidamente os requisitos dos clientes, mas que criam problemas a jusante, onde as restantes equipas de projeto são obrigadas a trabalhar em modelos inadequados (Smith, 2016).

Por conseguinte, as soluções BIM 5D são revisadas por uma série de categorias e requisitos, nomeadamente: quantidade de materiais; plano de gestão de custos; estimativa de custos; orçamento; controlo de custos do ciclo de vida, reivindicações e cronograma financeiro da edificação (Eastman et al., 2018).

Com esta dimensão, surge um plano de gestão e controlo de custos que é avaliado pela sua capacidade de partilhar informações e oferecer compatibilidade com um qualquer aplicativo que esteja em nuvem, para que seja facilitada a transferência de informações entre os membros da equipa de projeto, sendo também avaliadas as funções das ferramentas que suportam gestão de custos e padrões de medição para que seja possível estruturar a gestão de custos durante todo o ciclo de vida do projeto (Vigneault et al., 2020).

De forma a extrair quantidades dos modelos de forma rápida e eficiente, o que permite obter uma estimativa de custos, as soluções BIM 5D, são ponderadas pela existência de uma ferramenta de visualização que permita aos usuários percorrer o ambiente 3D, destacar diferentes partes do modelo, filtrar os objetos exibidos e manipular o modelo em si, com a finalidade de uma quantificação semiautomática ou completa (Vigneault et al., 2020).

O BIM 5D permitiu reduzir custos, melhorar a eficiência e direcionar as despesas de construção, estabelecendo estratégias ainda a partir dos projetos iniciais. Consequentemente, tornou-se possível que os clientes conseguissem visualizar as quantidades e os custos associados ainda numa fase de negociação (Mitchell, 2012). A transparência nas quantidades e custos permitiu transformar a dinâmica de negociação, construindo uma base sólida de confiança entre os *stakeholders* (Kymmell, 2008).

2.1.5 Normalização – legislativo/normativo

A transição digital tem um significado imenso no aumento da vantagem competitiva das empresas, tornando cruciais todos os esforços no sentido desta transformação. Adotar a incorporação e utilização do *Building Information Modeling* (BIM) não só promove novas práticas de trabalho, mas também sublinha o papel fundamental da digitalização, garantindo a competitividade contínua da indústria através da sua assimilação gradual (Costa et al., 2020).

No setor da construção, a disponibilidade de informação bem estruturada e de fácil compreensão para todos os intervenientes do processo construtivo é fundamental, e dessa forma, é imperativo que essa informação seja uniformizada, de modo a melhor definir os procedimentos organizativos referentes a um projeto, seja quanto a especificações, cadernos de encargos, produtos ou materiais (Pereira, 2013). A metodologia BIM, permitindo a completa compatibilização e interoperabilidade, é ainda considerada como a solução para as exigências de sustentabilidade e para os requisitos de competitividade associados ao setor da construção (Oliveira, 2016). Consequentemente, existe uma intenção por parte do governo português de realizar avanços na utilização do BIM, que será implementada de forma faseada (Gonçalves & Campolargo, 2023).

A necessidade de um órgão nacional respeitável para certificar e classificar a competência das empresas da área da arquitetura, engenharia e construção para aplicações específicas de BIM é definitiva e irrevogável. Em Portugal não existia uma organização claramente identificável para fornecer tais serviços de forma imparcial, não existiam normas ou diretivas de boas práticas tendo por vista a sua implementação (Pinho, 2015), o que resultava num forte impacto negativo no processo BIM colaborativo (Caires, 2013). Surge assim a criação da Comissão Técnica de Normalização BIM (CT197), entidade delegada pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ) para o desenvolvimento da normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção (Costa et al., 2020).

As normas publicadas a nível europeu pelo CEN/TC 442 (comissão de normalização BIM europeia), nomeadamente as EN ISO 19650-0/1/2/3/4/5, EN ISO 29481-2, EN ISO 16739 e EN ISO 12006-3, entre outras, apenas serão de cumprimento obrigatório depois de vertidas para a legislação de cada estado-membro, o que ainda não aconteceu em Portugal. Até lá, devem ser referenciadas como boa prática em curso, tal como resulta dos trabalhos da Comissão Técnica de Normalização BIM Nacional (CT197). De uma forma geral, o enquadramento legal português, embora careça de menção explícita às metodologias BIM, não representa um obstáculo à sua implementação (Costa et al., 2020).

Em concordância com as medidas apresentadas pelo governo português para a simplificação da construção de habitação (Gonçalves & Campolargo, 2023), é publicado em Diário da República a Lei n.º 50/2023, de 28 de agosto de 2023, que autoriza o governo a proceder à reforma e simplificação dos licenciamentos no âmbito do urbanismo e ordenamento do território e que, entre outros, determina a

obrigatoriedade de se apresentar o projeto de arquitetura e os projetos de especialidades modulados digital e parametricamente e coordenados de acordo com a metodologia Building Information Modelling (BIM), podendo ser estabelecido um projeto-piloto apenas para alguns municípios ou projetos (Assembleia da República, 2023).

Já a nível internacional, os países nórdicos estão entre os pioneiros na adoção do BIM. Os Estados Unidos da América e o Reino Unido procuram acompanhar os desenvolvimentos, bem como a Dinamarca, França e Espanha que já exigem o recurso a metodologia BIM na contratação pública. Na Alemanha existem esforços para a implementação do BIM em todos os projetos de infraestruturas e em países como Singapura e Dubai na componente de licenciamento de obras. Para além dos países já mencionados, na Austrália e em diversos países da Ásia, a implementação do BIM e a definição de normas que a rejam, já o é, ou virá a ser obrigatória a curto prazo (Pinho, 2015) (buildingSMART, 2022) (Costa et al., 2020).

3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta, primeiramente, a fase preparatória da obra, seguindo-se do fluxograma proposto pelo autor. Para que seja possível realizar o acompanhamento da obra tendo em conta o tempo e custo com recurso aos modelos Revit, foi criado um processo que se subdivide em duas fases: fase preparatória e fase de acompanhamento de obra, que não precisa obrigatoriamente de ser realizada pela mesma pessoa, desde que quem esteja responsável pelo acompanhamento de obra tenha um extenso conhecimento do projeto que irá acompanhar.

Assim, a fase preparatória inicia-se com a criação de *schedules* com parâmetros do Revit bem como a criação de novos e ocultação de outros, consoante o *schedule* em estudo. Após este momento, são criadas as fases estimadas do projeto, assim como também é possível a inserção de custos, o que permitiria realizar uma verificação dos autos estimados para cada fase, tendo uma vista 3D associada a cada um dos mesmos.

O fluxograma realizado pelo autor, tem o propósito de explicitar de forma simplificada as duas fases de um projeto, a fase preparatória e a fase de acompanhamento de obra com recurso ao método proposto.

3.1 Fase preparatória

Para iniciar o processo da fase preparatória, dever-se-á começar pela criação de um *schedule* com os parâmetros que serão essenciais para o controlo de quantidades e custos ao longo do desenrolar do projeto, uma vez que os *schedules* iniciais de cada projeto são normalmente pobres em informação.

Assim, utilizando como exemplo a especialidade de drenagem, foram adicionados os seguintes parâmetros para os tubos e para os elementos de conexão entre tubos (ver figuras 5 e 6):

Campos tabelados (na ordem):

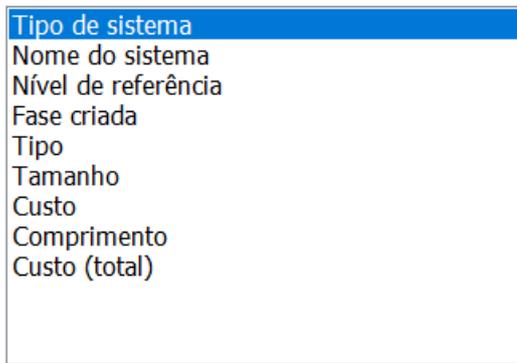


Figura 5 - Parâmetros para Schedule de tubos

Campos tabelados (na ordem):

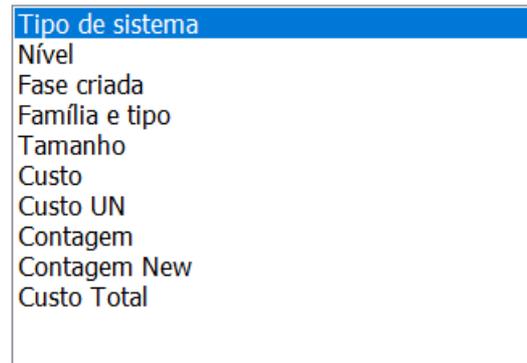


Figura 6 - Parâmetros para Schedule de conexões de tubos

Em ambos os casos, foi necessário proceder à criação de novos parâmetros, nomeadamente em relação ao custo, visto que o parâmetro “Custo” já inserido por definição no Revit está associado ao material em si e não à variante que pretendemos, sendo neste caso, o diâmetro do tubo. Procedeu-se então à criação deste novo parâmetro de custo tendo em atenção que os valores podem variar por instância de grupo.

No caso das conexões dos tubos, foi também necessário criar um novo parâmetro de contagem, visto que aquele que já vem inserido por definição no Revit não permite realizar o cálculo do custo total de forma automática.

Procedeu-se à criação de um parâmetro de Custo total, que apresenta como variáveis no caso dos tubos o Custo e o Comprimento, e no caso das conexões de tubos o Custo e a Contagem (ver figuras 7 e 8).

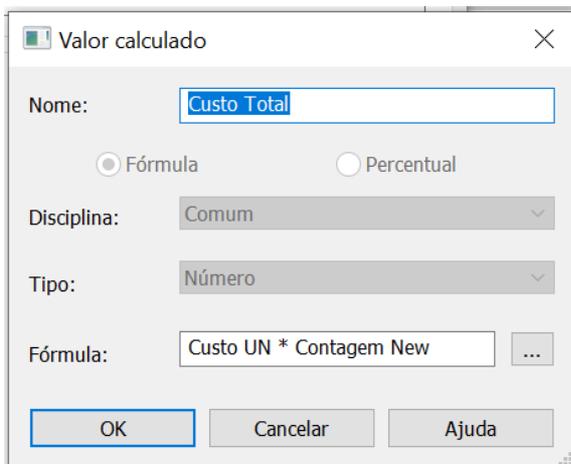


Figura 8 - Parâmetro Custo total para conexões

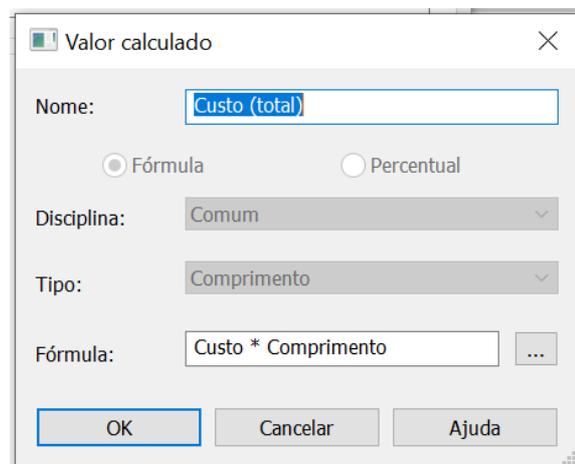


Figura 7 - Parâmetro custo total para tubos

Por uma questão de organização de informação, adicionou-se o parâmetro do nível de referência e da fase criada e procedeu-se à ocultação dos parâmetros iniciais de custo e contagem, bem como a adição de totais parciais e globais (ver figuras 11 e 12).

<Pipe Schedule>							
A	B	C	D	E	F	G	H
System Type	Nível de referência	Fase criada	Tipo	Diametro	Custo (/m)	Comprimento (m)	Custo (total)
DRE_GEODRENOS							
DRE_GEODRENOS	<varia>	<varia>	PP/PE Corrugado 100	100	0.55	123.46	67.90
DRE_GEODRENOS: 21						123.46	67.90

Figura 9 - Exemplo de Schedule de tubos

<Pipe Fitting Schedule>							
A	B	C	D	E	F	G	H
System Type	Nível	Fase criada	Tipo	Diametro	Custo UN	Contagem New	Custo Total
DRE_GEODRENOS							
DRE_GEODRENOS	<varia>	New Construction	M_Cobertura - Genérico: Standard	100		15	0
DRE_GEODRENOS	<varia>	<varia>	M_Cotovelo - Genérico: Standard	100-100		6	0
DRE_GEODRENOS: 21						21	0

Figura 10 - Exemplo de Schedule de conexões

Para a adição dos custos, deve-se proceder em concordância com os departamentos de compras, orçamentação ou SAP, de forma a obter cada um dos valores correspondentes ao preço por unidade de medida no caso dos tubos e ao preço unitário no caso das conexões. Por questões legais e de falta de tempo, nesta dissertação não serão adicionados os custos associados a cada elemento. Desta forma, o controlo dos autos dos subempreiteiros será apenas realizado relativamente à quantidade de material utilizado.

Na fase preparatória falta apenas proceder à criação de fases, correspondente ao trabalho estimado para cada mês/auto (ver figura 11).

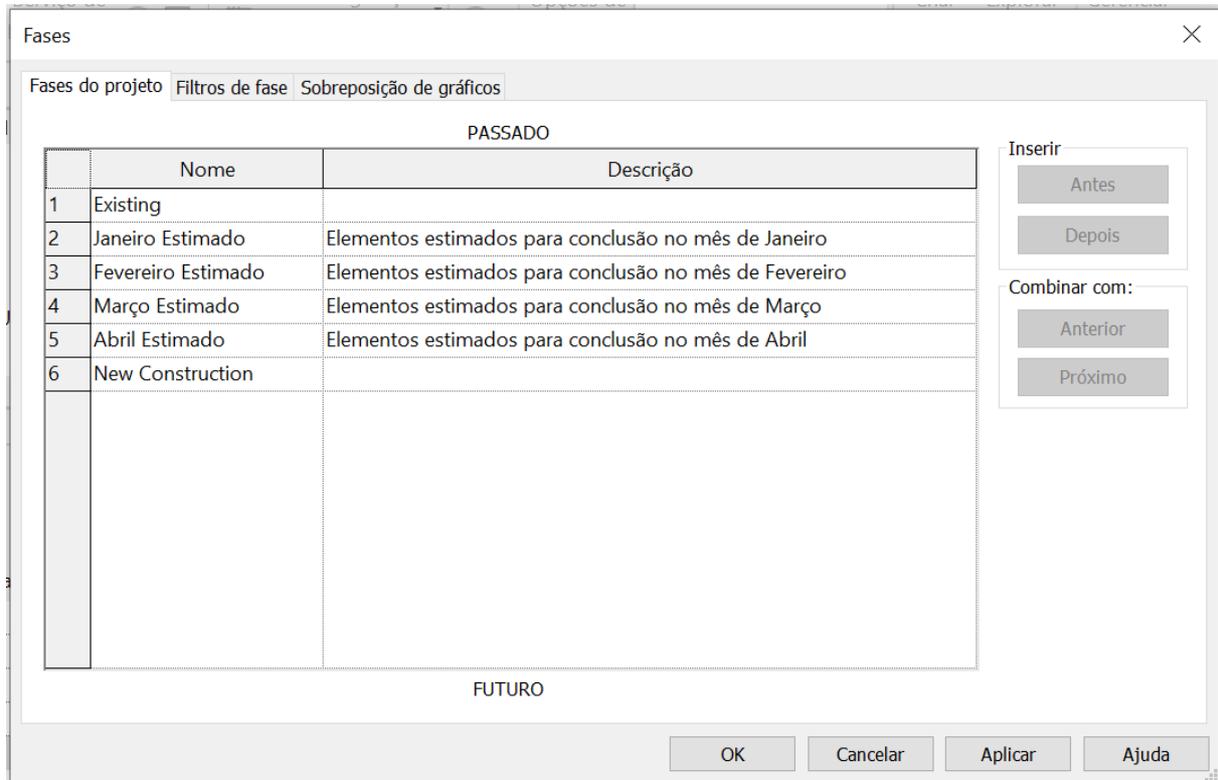


Figura 11 - Criação de fases construção estimadas

Com a criação das fases de construção estimadas, torna-se possível verificar os autos estimados para cada mês, ou intervalo de meses, procedendo à criação de um filtro. É ainda possível realizar vistas estimadas consoante o mês em causa (ver figuras 12 e 13).

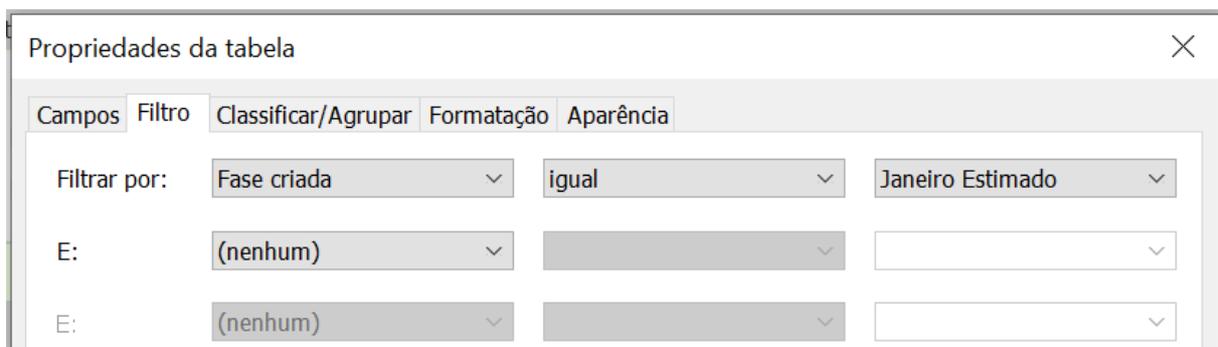


Figura 12 - Inserção de filtro por fase, para retirar autos parciais estimados

<Pipe Schedule>							
A	B	C	D	E	F	G	H
System Type	Nível de referência	Fase criada	Tipo	Diametro	Custo (/m)	Comprimento (m)	Custo (total)
DRE_PLUVIAL							
DRE_PLUVIAL	Cave 02	Janeiro Estimado	PVC-U SN4 110	110	0.60	17.86	10.72
DRE_PLUVIAL: 3						17.86	10.72
Grand total: 3						17.86	10.72

Figura 13 - Verificação de auto para o valor estimado de janeiro

Fica assim concluída a fase preparatória, sendo possível acompanhar mês a mês o que deverá estar realizado em obra, de forma a evitar atrasos e conseqüente acréscimo de custos para o dono de obra.

Após a realização desta fase preparatória, o modelo fica pronto para avançar para obra. Nesta fase de acompanhamento, deve ser verificado in situ se os elementos estão realizados e criada uma fase no modelo, que corresponderá efetivamente ao que está realizado em obra (ver figura 14).

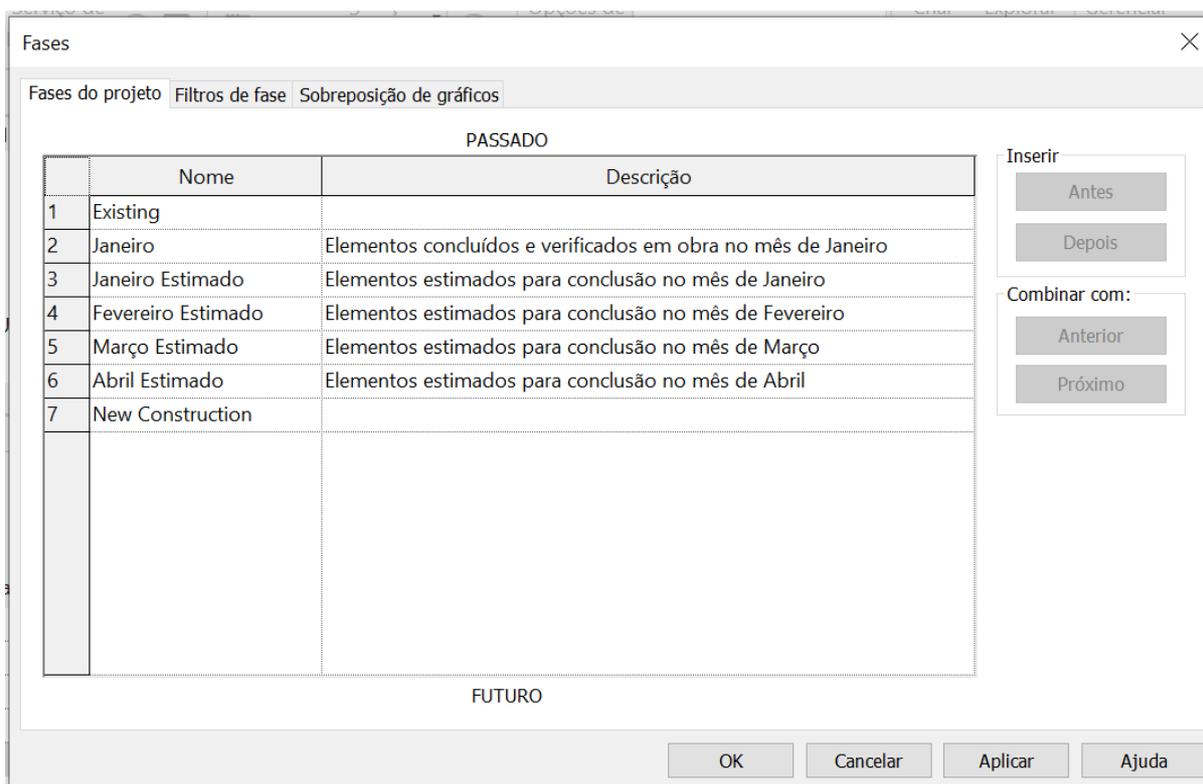


Figura 14 - Criação de fase de elementos concluídos e verificados em obra

Quem realiza este acompanhamento de obra, deverá selecionar nas plantas, ou no 3D, o elemento que verificou estar realizado em obra e substituir a fase de construção estimada pela fase de

conclusão. Esta mudança permite acompanhar ao longo do mês aquilo que já se encontra realizado e o que ainda falta para concluir, que fora estimado na fase preparatória (ver figuras 15 a 18).

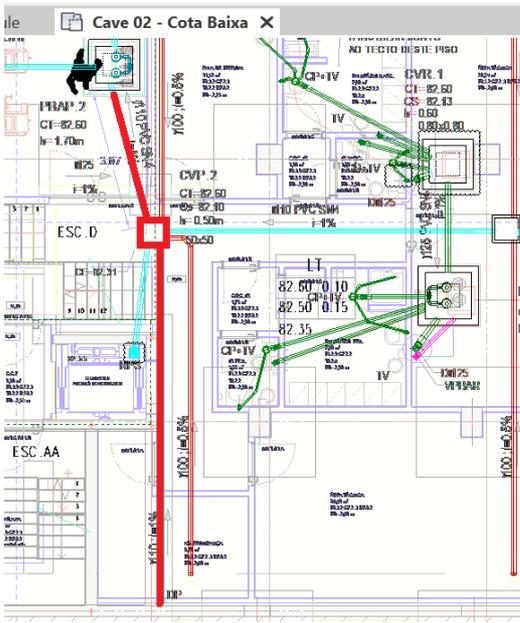


Figura 15 - Selecionar na planta (ou 3D) os elementos concluídos em obra

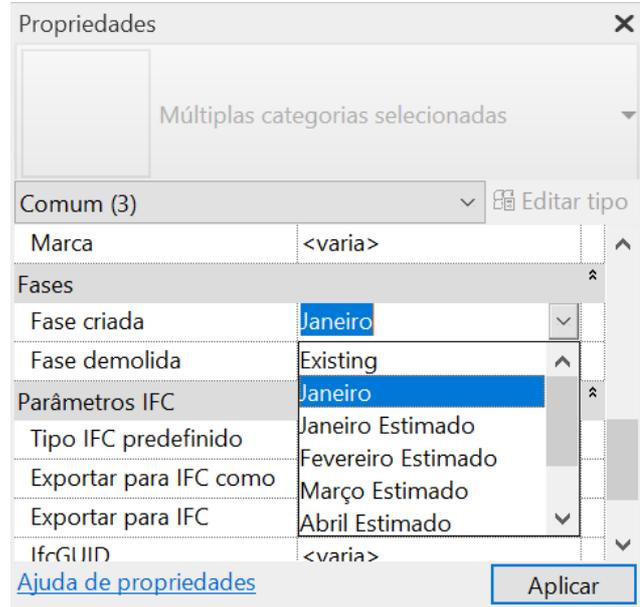


Figura 16 - Atualizar a fase criada

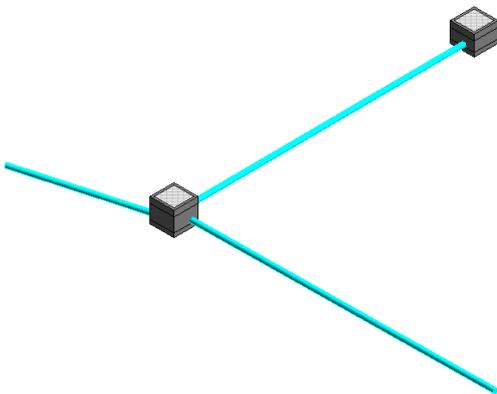


Figura 17 - 3D Janeiro Estimado

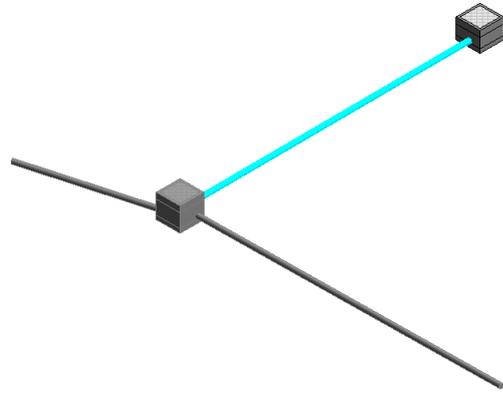


Figura 18 - 3D Janeiro (concluído) + Janeiro Estimado

Numa situação em que se pretenda ver aquilo que foi realizado em obra e o que ainda falta realizar esse mês, recorre-se à figura 18, podendo inverter-se o esquema de cores, se assim permitir uma melhor visualização.

Até ao momento, o software Revit não permite visualizar *Previous+New+Future*, uma vez que para o Revit, encontrando-se numa fase criada não consegue assumir uma fase que ainda não está

construída. No entanto, poderá existir uma solução, que não sendo a solução ideal permitiria visualizar os 3D da fase anterior, atual e futura, recorrendo a um *overlay* de vistas. Esta solução, não será a ideal, dado que a rotação ficará bloqueada e num ambiente com muita informação e sobreposição de elementos, estes poderão não ser visíveis. Assim, para uma perfeita visualização, ficamos presos a duas fases.

Dever-se-á proceder à criação de tabelas para cada uma das especialidades, tendo em atenção as suas nuances. Assim foi realizado um *template* constituído por um total de 36 tabelas, 6 para a especialidade de abastecimento e rede de incêndio, 7 para a especialidade de arquitetura, 6 de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), 3 de drenagem pluvial e residual, 8 para a especialidade de eletricidade e 6 na estabilidade, tal como apresentado nas imagens seguintes. De forma a não tornar a dissertação demasiado longa, todas as tabelas são apresentadas de forma detalhada em apêndice.

Na especialidade de abastecimento e rede de incêndio foram criadas 6 tabelas referentes aos tubos, conexões, acessórios e equipamentos mecânicos, como demonstrado na imagem 19. Seguidamente, mostra-se cada um dos conjuntos de tabelas, explanados de forma individual no apêndice 1 da presente dissertação.

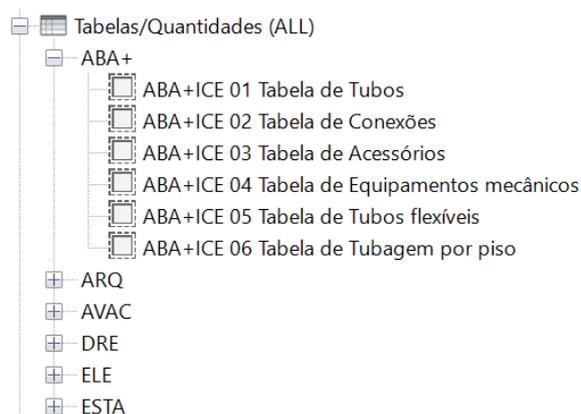


Figura 19 - Tabelas de abastecimento e rede de incêndio

Na especialidade de arquitetura, foram elaboradas 7 tabelas (ver figura 20), referentes ao teto, ao piso e às paredes, expostos no apêndice 2.

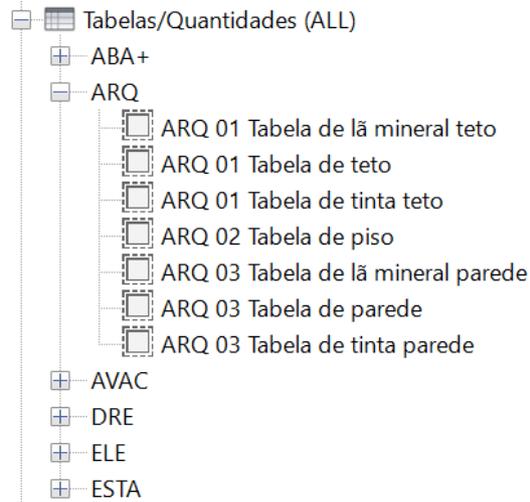


Figura 20 - Tabelas de arquitetura

Na especialidade de aquecimento, ventilação e ar condicionado, foram realizadas 6 tabelas (ver figura 21) referentes ao tipo de conduta, terminal de ar e equipamentos mecânicos utilizados, descritas no apêndice 3.

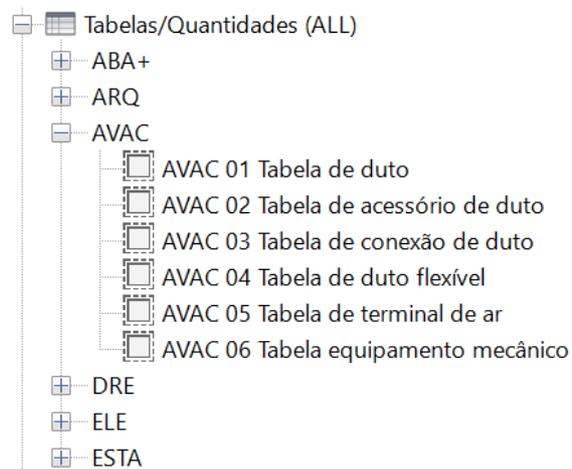


Figura 21 - Tabelas de aquecimento, ventilação e ar condicionado

Na especialidade de drenagem residual e pluvial, foram criadas 3 tabelas (ver figura 22), referentes ao tipo de tubo utilizado, as suas conexões e peças hidrossanitárias, explicitadas no apêndice 4.

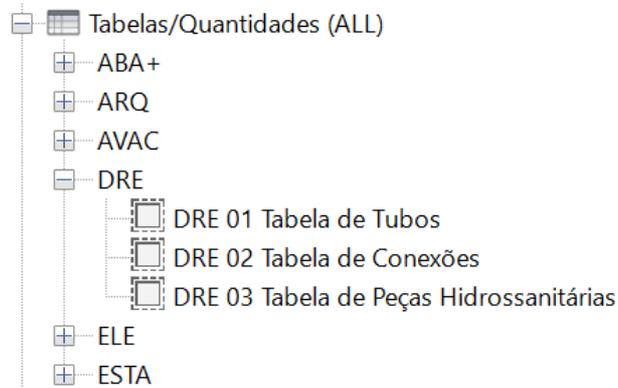


Figura 22 - Tabelas de drenagem residual e pluvial

Na especialidade de eletricidade, foram realizadas 8 tabelas (ver figura 23), relativas às luminárias, esteiras e suas conexões, dispositivos elétricos e de iluminação, conduites e equipamentos mecânicos, aprofundados no apêndice 5.

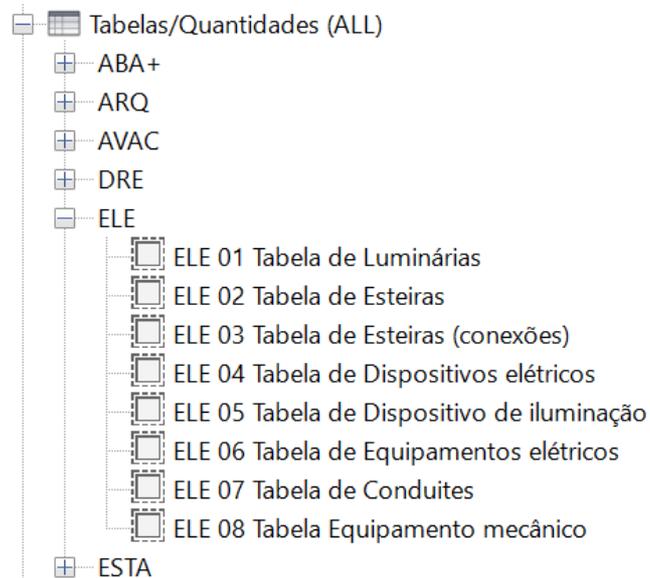


Figura 23 - Tabelas de eletricidade

Na especialidade de estabilidade, foram realizadas 6 tabelas (ver figura 24), para fundações, vigas, pilares, lajes e paredes, expostas no apêndice 6.

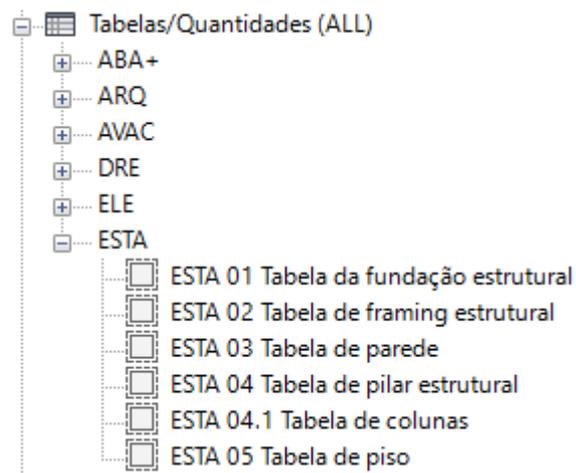


Figura 24 - Tabelas de estabilidade

3.2 Fluxograma proposto

O fluxograma apresentado na figura 25 pretende expor de forma simplificada as duas fases de um projeto, a fase preparatória e a fase de acompanhamento de obra.

A fase preparatória inicia-se com a criação de tabelas com parâmetros adequados para cada uma das especialidades. Estas tabelas acabam por ser aproveitadas para projetos futuros, sendo desta forma criado um *template* que permite a redução do tempo e evitar a duplicação de trabalho.

Seguidamente devem ser inseridos os custos para cada um dos elementos e criadas as fases estimadas que corresponderão a cada um dos autos em estudo. Dependendo da obra e do que fora contratado com os sub-empregueiros, dever-se-á criar fases correspondentes aos elementos que serão pagos em cada um dos autos de medição.

Posteriormente são criadas as vistas automáticas para cada uma das fases estimadas criadas anteriormente. Com recurso a estas vistas estimadas, é possível fazer um planeamento não só da construção da obra, com recurso aos modelos 3D, bem como do pagamento que deverá ser feito aos sub-empregueiros, permitindo uma melhor gestão financeira por parte do dono de obra. Desta forma, dá-se por terminada a fase preparatória.

Na fase seguinte, de acompanhamento da obra, devem ser criadas similarmente fases de construção, que neste caso serão as fases reais, daquilo que foi efetivamente construído em obra e será pago ao sub-empregueiro no auto de medição seguinte. Do mesmo modo, é possível criar vistas automáticas com os elementos já construídos, para que em obra seja possível compreender mais facilmente o que é necessário construir.

Com recurso aos autos estimados criados e aos autos reais, submetidos pelos sub-empregueiros, é possível realizar a comparação entre os mesmos e contestar os valores submetidos em caso de não concordância entre os mesmos.

O fluxograma foi realizado pelo autor com o auxílio do programa Microsoft Visio.

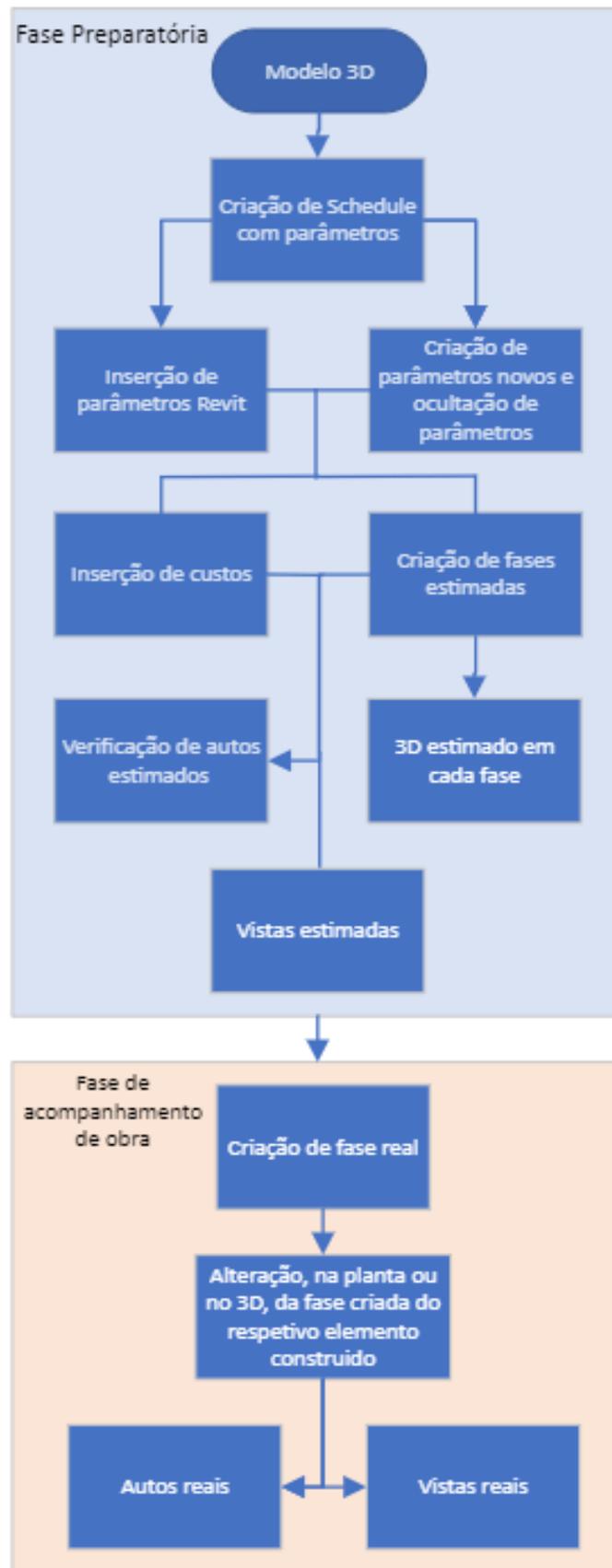


Figura 25 – Fluxograma

4. CASO DE ESTUDO

O caso de estudo da presente dissertação trata-se de um projeto de construção modular construído com recurso a monoblocos, para dar resposta a muitos dos constrangimentos do setor da construção como a falta de mão de obra ou o aumento do preço dos materiais, permite construir em fábrica e apenas montar em obra, garantindo o cumprimento de prazos de execução de obra, otimizar o custo fixo e reduzir os desperdícios e resíduos. No entanto, este procedimento de controlo de autos de medição seria aplicável a qualquer outra construção, modular ou não, desde que devidamente modelada no software Revit.

Por questões falta de tempo, de incompatibilidades com a própria calendarização da dissertação, este caso de estudo cingiu-se a uma das especialidades. Assim, por a obra ainda se encontrar numa fase inicial, optou-se pela especialidade da estabilidade, com o intuito de controlar a quantidade de betão e consequentemente os autos de medição submetidos pelos subempreiteiros responsáveis.

Este tipo de controlo de quantidades através do software, permite ao dono de obra verificar os autos de medição já submetidos, ter um vislumbre dos próximos autos, o que viabiliza uma melhor gestão financeira e verificar a quantidade de betão indevidamente utilizado possibilitando a redução do desperdício e contribuir para a neutralidade carbónica.

4.1 Inserção de tabelas e fases em Revit

Com recurso ao template produzido pelo autor na fase preparatória desta dissertação, foram adicionadas ao modelo de estabilidade, produzido pelos modeladores da building information modeling +, S.A. as tabelas referentes à especialidade da estabilidade, bem como as fases necessárias para o auto fornecido pelo sub-empiteiro. Foi adicionada a tabela de fundações estruturais, a tabela de vigas, de paredes, de pilares estruturais e a tabela de pisos, que permite identificar por pisos a espessura da laje, bem como a sua volumetria. Desta forma, é possível, quase de forma automática obter as quantidades de betão necessárias para a execução dos elementos identificados em cada uma das fases específicas.

Independentemente da não adição dos custos, por questões de confidencialidade para com os sub-empiteiros, é de salientar que a especialidade da estabilidade não varia o seu custo total apenas consoante a quantidade de betão, mas também devido à sua classe de resistência, uma vez que o mercado apresenta custos diferentes para cada classe. Ainda assim, a não adição dos custos não

influencia em nada os metros cúbicos de betão necessários, pelo que será realizada posteriormente a comparação em função das quantidades e não do custo.

4.2 Quantidades gerais estimadas

Fazendo uso do modelo de estabilidade produzido e fornecido pela building information modeling +, S.A., procurou-se nesta fase de controlo de autos de medição apurar a quantidade total de betão que seria necessário para a conclusão da obra. Desta forma, todos os elementos apresentados no 3D seguinte (figura 26) foram contabilizados, uma vez que seriam os elementos que estavam incluídos no contrato de construção assinado pelo dono de obra.

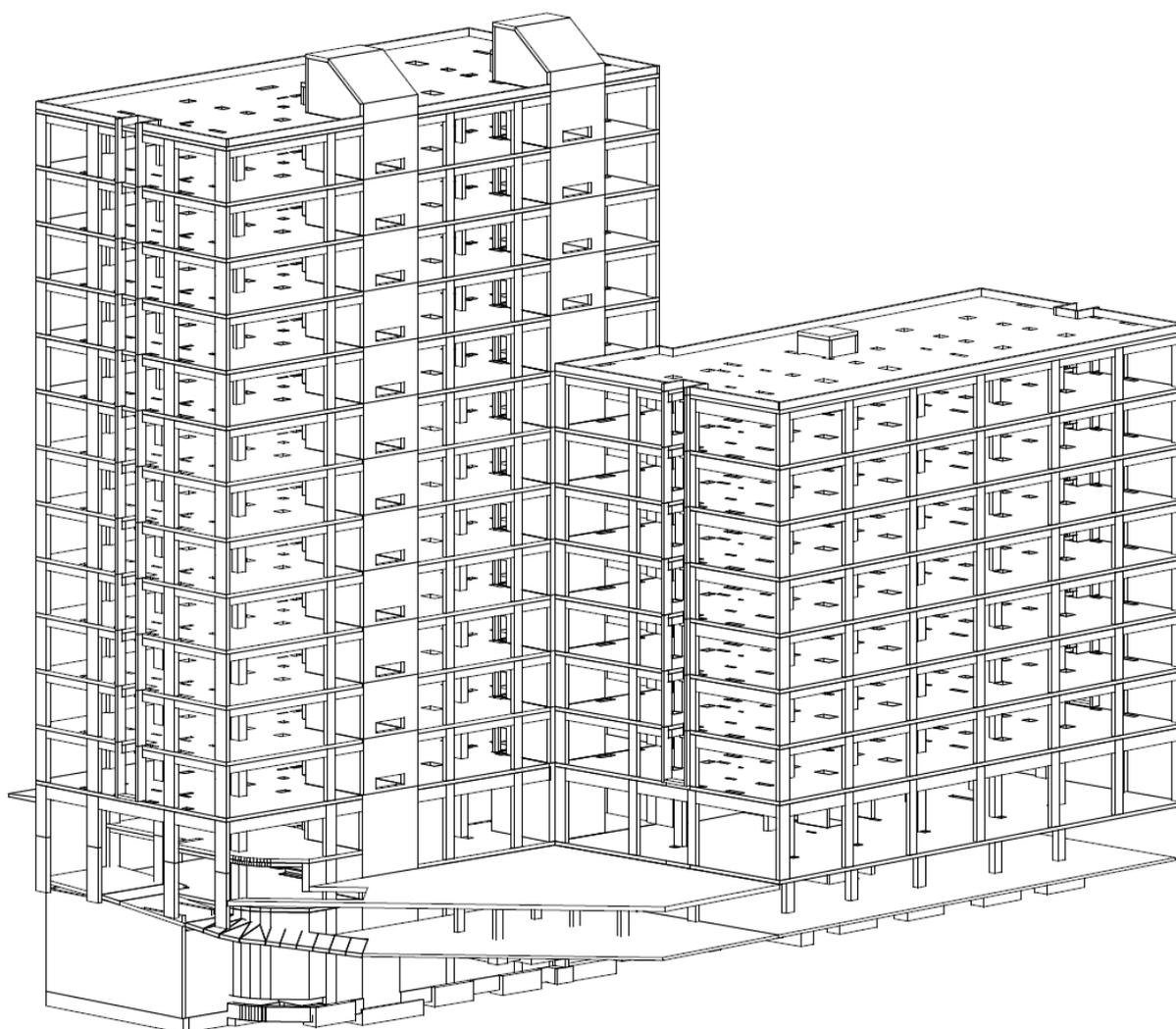


Figura 26 – 3D de elementos de estabilidade inseridos no contrato

A adição do *template* de tabelas referentes ao modelo de estabilidade permitiu, de forma automática, criar tabelas que possibilitassem constatar o volume em m³ de betão de todos os elementos observados no 3D anterior.

Nas tabelas seguintes fica explícita a quantidade de betão necessária para a realização da obra no que concerne à estabilidade.

Tabela 1 – Tabelas de estabilidade do edifício completo

ESTA 02 Tabela de framing estrutural Geral								
Tipo	Comprimento	Volume	Percentagem de armadura (%)	Volume "real"	Comentários	Fase criada	Custo UN	Custo Total
<varia>		780.522 m ³	0.5	776.619 m ³		<varia>		0.00
		780.522 m ³		776.619 m ³				0.00

ESTA 04.1 Tabela de colunas Geral								
Length	Height	Width	Volume m3	Percent de armadura (%)	Volume "real"	Comentários	Fase criada	Custo
<varia>	<varia>	<varia>	322.548 m ³	0.5	320.936 m ³		<varia>	
Total geral: 645			322.548 m ³		320.936 m ³			

ESTA 05 Tabela de piso Geral								
Tipo	Espessura-padrão	Volume	Percentagem de armadura (%)	Volume "real"	Comentários	Fase criada	Custo UN	Custo Total
<varia>		1807.244 m ³	0.5	1798.208 m ³		<varia>		0.00
232		1807.244 m ³		1798.208 m ³				0.00

Resta apenas realizar o somatório, elaborado com recurso ao Excel (Tabela 2), em que foram somados os volumes reais obtidos anteriormente. Desta forma, foi possível deduzir que seriam necessários 2895,76 m³ de betão para realizar o edifício no que importa à estabilidade, assumindo que não existiria qualquer desperdício por parte do construtor.

Tabela 2 – Tabela do somatório do volume de betão necessário para construir o edifício completo

Estabilidade	
(m ³)	Modelo Geral
Elementos	776.619
betão armado	320.936
	1798.208
Total	2895.763

4.3 Criação de fases reais – Auto 4 estimado

Posteriormente à atribuição das fases estimadas a cada um dos elementos, processo realizado na fase preparatória da dissertação, foi-se acompanhando a obra e com recurso a informações enviadas pela direção de obra, alterou-se a fase estimada de cada um dos elementos para a sua fase real, à medida que estes foram betonados.

Foram enviados vários autos de medição por parte do sub-empregueiro contratado e no momento de envio do Auto 4, apresentado em anexo, a obra encontrava-se ligeiramente atrasada consoante o que é apresentado na imagem seguinte. Na imagem (figura 27) é possível verificar que o “Bloco B” já se encontrava com o terceiro piso previamente betonado e o “Bloco A” a caminho do segundo piso.



Figura 27 - Imagem real da obra em construção

Aquando do envio do Auto 4 por parte do sub-empregueiro, foi possível apurar junto do diretor de obra que a mesma se encontrava na fase de construção demonstrada no seguinte 3D (figura 28). Assim, o “Bloco B” estaria edificado até ao piso dois e o “Bloco A” encontrar-se-ia numa fase de construção do piso intermédio do piso zero.

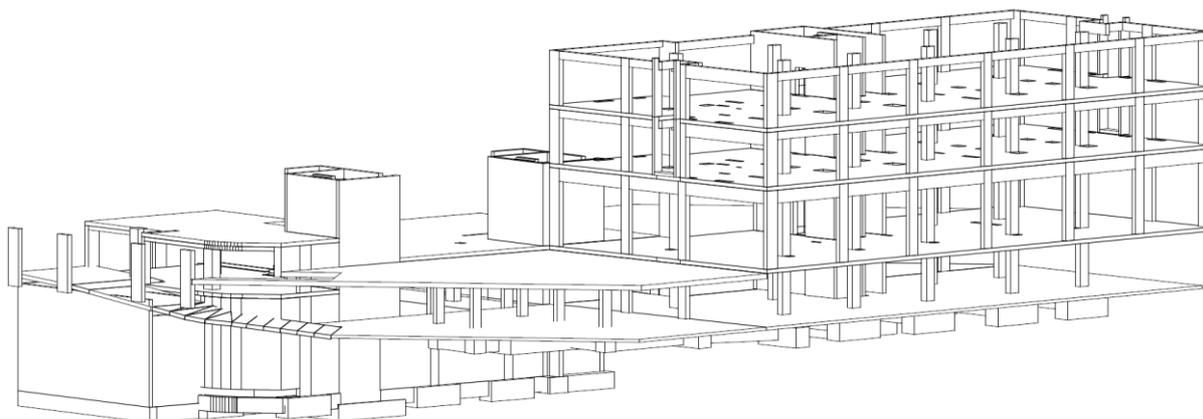


Figura 28 – 3D dos elementos edificados aquando do envio do Auto de medição 4 por parte do sub-empregueiro

Aplicando um filtro de fase referente ao “Auto 4” nas tabelas apresentadas de seguida, é possível verificar a quantidade de betão, em m³, necessários para construir todos os elementos apresentados no 3D anterior.

Tabela 3 - Tabelas de estabilidade referentes aos elementos edificados quando foi recebido o Auto 4

ESTA 02.1 Tabela de framing estrutural Auto 4								
Tipo	Comprimento	Volume	Percentagem de armadura (%)	Volume "real"	Comentários	Fase criada	Custo UN	Custo Total
<varia>		303.219 m ³	0.5	301.703 m ³		Auto 4		0.00
		303.219 m ³		301.703 m ³				0.00

ESTA 04.2 Tabela de colunas Auto 4								
Length	Height	Width	Volume m3	Percent de armadura (%)	Volume "real"	Comentários	Fase criada	Custo
<varia>	<varia>	<varia>	84.691 m ³	0.5	84.267 m ³		Auto 4	
Total geral: 140			84.691 m ³		84.267 m ³			

ESTA 05.1 Tabela de piso Geral Auto 4									
Tipo	Espessura-padrão	Volume	Percentagem de armadura (%)	Volume "real"	Comentários	Fase criada	Custo UN	Custo Total	
<varia>		718.942 m ³	0.5	715.347 m ³		Auto 4		0.00	
90		718.942 m ³		715.347 m ³				0.00	

Procedendo ao somatório dos volumes reais, em m³ de betão, apresentados anteriormente, foi possível constatar que para que todos os elementos apresentados no 3D referente ao Auto 4 estivessem construídos, seria necessário fazer uso de pelo menos 1101,32 m³ de betão (ver Tabela 4), assumindo que não existiria qualquer desperdício por parte da entidade responsável pela construção.

Tabela 4 - Tabela do somatório do volume estimado de betão necessário para construir até ao Auto 4

Estabilidade	
(m ³)	Auto 4
Elementos betão armado	301.703
	84.267
	715.347
Total	1101.317

4.4 Comparação de autos

Uma vez realizados os cálculos relativamente ao volume de betão necessário para a realização da totalidade da obra, bem como para o Auto 4, torna-se exequível a comparação dos valores obtidos com aquilo que foi contratado preliminarmente com o sub-empregado no que concerne à quantidade de betão.

Procedendo à análise do auto de medição fornecido, apresentado seguidamente na figura 29, é possível constatar que foram contratados 934 m³ de betão para pilares, paredes e muros e 2681 m³ de betão para lajes, dobras e vigas, ambos da classe de resistência C35/45 e classe de exposição XC1.

Descrição	Un	Contrato	
		Un	Quantidade Total
Lajes, dobras e vigas	M2		13806,000
Pilares, paredes e muros	M2		9072,000
Betão da classe C35/45 XC1 D2 S4 cl.4 em pilares, paredes e muros	M3		934,000
Betão da classe C35/45 XC1 D2 S4 cl.4 em lajes, dobras e vigas	M3		2681,000

Figura 29 – Quantidade discriminada de betão contratado para a totalidade da obra

Realizando o somatório, com recurso ao Excel e evidenciado na tabela seguinte, é possível concluir que foi contratado o total de 3615 m³ de betão para a realização da integralidade da obra no que concerne à estabilidade.

Tabela 5 – Tabela da quantidade de betão contratado para a totalidade da obra de estabilidade

Estabilidade	
(m ³)	Contrato
Elementos betão armado	934.000
	2681.000
Total	3615.000

Uma vez que foi possível verificar anteriormente, com recurso ao modelo Revit, que seriam apenas necessários 2895,76 m³ de betão para realizar o edifício no que importa à estabilidade, é possível constatar, numa situação onde o desperdício é inexistente, uma diferença de 719,24 m³ de betão comparativamente à quantidade contratada (Tabela 6). Diferença esta de aproximadamente 20%, onde seria necessário diluir possíveis acordos com o subempregado relativamente a horas extra ou a algum

pagamento adicional, bem como uma percentagem de desperdício que poderá variar conforme a política de sustentabilidade da empresa.

Tabela 6 - Tabela da diferença de quantidades entre o que foi contratado e o modelo

	Diferença (m³)	Percentagem (%)
Contrato/Modelo	719.237	19.90

Relativamente à quantidade de betão faturada no Auto 4 pelo sub-empregueiro, demonstrado na imagem seguinte (figura 30) e em anexo, foram faturados 136,58 m³ de betão para pilares, paredes e muros e 498,75 m³ de betão para lajes, dobras e vigas.

Descrição	Un	Acumulado no último mês		Este mês	
		Quantidade Facturada		Quantidade Facturada	
Lajes, dobras e vigas	M2	155,120		2602,270	
Pilares, paredes e muros	M2	1583,960		1232,960	
Betão da classe C35/45 XC1 D2 S4 cl.4 em pilares, paredes e muros	M3	201,010		136,580	
Betão da classe C35/45 XC1 D2 S4 cl.4 em lajes, dobras e vigas	M3	67,320		498,750	

Figura 30 - Quantidade discriminada de betão faturado até ao Auto 4

Realizando o somatório, com recurso ao Excel e evidenciado na tabela 7, verifica-se que o sub-empregueiro faturou até ao Auto 4 cerca de 268,33 m³ de betão para pilares, paredes e muros e 635,33 m³ de betão para lajes, dobras e vigas, perfazendo um total de 903,66 m³ de betão, cerca de 197,66 m³ de betão a menos (Tabela 8) do que o valor de 1101,32 m³ de betão obtido com recurso ao modelo Revit.

Tabela 7 – Tabela da quantidade de betão faturado até ao Auto 4

Estabilidade			
(m³)	Acumulado no último mês	Este mês	Quantidade Faturada
Elementos betão armado	201.010	136.580	268.330
	67.320	498.750	635.330
Total	268.330	635.330	903.660

Tabela 8 - Tabela da diferença de quantidades entre o que foi faturado pelo subempregueiro e o estimado

	Diferença (m³)	Percentagem (%)
Quantidade Faturada/Auto 4	-197.657	-21.87

4.5 Inserção de dados e materialização do processo

O trabalho desenvolvido na presente dissertação insere-se numa perspetiva de melhoria de processos de integração de informação de produção e obra, visando o aprimoramento do controlo de produção e faturação realizado pelos subempreiteiros. As tabelas inteiramente desenvolvidas pelo autor e aglomeradas num *template*, revelaram-se um instrumento fundamental para a gestão dos subempreiteiros por parte da(o) direção de obra/dono de obra. As tabelas elaboradas apresentam a vantagem de ser adaptáveis a outros empreendimentos, independentemente da especialidade em estudo, e é possível realizar o acompanhamento de obra, relativamente ao tempo e custo com recurso aos modelos Revit, por qualquer interveniente desde que o mesmo tenha um extenso conhecimento do projeto que irá acompanhar, noções básicas do funcionamento do *software*, bem como permissões para aceder aos valores contratados com os subempreiteiros.

A inserção de dados pode ser realizada *off-site* desde que seja transmitido o faseamento da obra (imagens da obra ou descrito) a quem vai realizar a inserção dos dados. Esta comunicação é fundamental para que os modelos Revit homólogos a cada um dos autos, correspondam integralmente à fase de construção do empreendimento. Para que seja evitada esta nova ligação através da adição de um interveniente externo e de modo a otimizar o processo de controlo de autos, um dos intervenientes da fase de construção (diretor de obra/diretor de obra adjunto/*controller*) poderá assumir a função da inserção dos dados e comparação entre autos submetidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Neste capítulo pretende-se sintetizar as conclusões retiradas do estudo e trabalho realizado ao longo da dissertação, assim como, abordar e aferir o cumprimento dos objetivos fixados na fase inicial da mesma.

Os conceitos e noções consideradas na presente dissertação sustentaram-se sobre a metodologia BIM, mais concretamente nas dimensões BIM 4D e BIM 5D, abordando assim a adição de momentos temporais ao planeamento da construção e a análise de quantidades e custos associados.

No desenvolvimento do trabalho desta dissertação, existiram uma série de condicionamentos e restrições que não permitiram que este fosse muito extensivo do ponto de vista da investigação, condicionado pelas necessidades vinculadas e propostas pela empresa. Neste sentido, é possível enumerar algumas das restrições encontradas ao longo do desenvolvimento do trabalho como a própria tipologia da informação disponibilizada, o tempo de resposta para a obtenção de dados e o sigilo profissional requerido numa dissertação em ambiente empresarial. Ainda assim, foi possível cumprir com os objetivos iniciais estabelecidos, subdivididos em duas fases:

- Criação de vistas 3D, em Revit, para momentos temporais específicos da execução da obra;
- Controlo de autos de medição, com recurso a quantidades retiradas dos modelos Revit.

Um dos objetivos primordiais do planeamento de obra passa por assegurar que todos os intervenientes compreendam de forma concreta o progresso construtivo. Com recurso aos modelos BIM de execução de obra, modelados em Revit e fornecidos pela empresa *building information modeling +*, foi realizado um cronograma da construção em que, para cada fase temporal, associou-se uma vista 3D dos elementos inseridos nessa mesma fase temporal.

No que remete ao controlo de autos de medição foi necessário proceder à criação de um *template* de tabelas que permitissem discriminar as quantidades associadas a cada elemento específico de cada uma das especialidades. Após esta fase e com recurso aos modelos BIM de execução de obra associou-se as tabelas de quantidades a cada uma das fases temporais. Desta forma, tornou-se viável numa fase preliminar da obra, em que a modelação já se encontra realizada numa determinada especialidade, ajustar as quantidades contratadas com os subempreiteiros.

Em suma, é possível afirmar que esta integração de informação de produção e obra, contribui para a industrialização e transformação digital na construção, uma vez que permite eliminar ou minimizar, tanto quanto possível, os desvios a nível de quantidades, desperdícios e custos associados, e realizar um planeamento e gestão financeira das verbas que irão ser necessárias ao longo do desenvolvimento da obra. Já numa fase de desenvolvimento da obra, torna-se possível, quase de forma automática, confirmar as quantidades e valores associados para efeitos de pagamento de verbas que constam nas faturas apresentadas pelos subempreiteiros.

5.2 Desenvolvimentos futuros

A modelação BIM apresenta-se como uma mais-valia na melhoria contínua do setor da construção e é uma ferramenta que destaca as empresas que a exploram do restante mercado (Santos, 2022).

Tendo em conta as referências bibliográficas estudadas, é evidente o esforço contínuo a nível nacional e internacional no que concerne à legislação em vigor para a adoção da metodologia BIM respeitante a obras públicas. Pelo que se torna imperativo que as empresas se desenvolvam e criem métodos e processos que, com recurso aos seus modelos BIM de execução de obra, as permitam diferenciar do mercado e de igual modo eliminar ou minimizar, tanto quanto possível, os desvios a nível de quantidades, desperdícios e custos associados.

A proposta de integração de informação de produção e obra apresentada tem também como vantagem o fato de ser adaptável a outros empreendimentos. Relativamente a perspetivas futuras, uma das melhorias que pode ser acrescentada a este processo seria a interligação das tabelas de quantidades a tabelas externas de preços que, de forma automática, seriam associadas a cada um dos elementos modelados. Desta forma, em vez de se obter as quantidades e ter de se associar os custos de forma “individual” para se obter os valores de faturação, desenvolvendo uma forma de associar uma tabela de custos externa às tabelas de quantidades obtidas, seria possível confirmar autos de medição mesmo havendo alterações de custos, que seriam apenas inseridos na tabela externa.

REFERÊNCIAS

- Araújo, J. (2016). Ferramentas BIM de apoio à gestão de obra. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia.
- Assembleia da República. (2023, August 28). Lei n.º 50/2023. Diário Da República n.º 166/2023, Série I de 2023-08-28. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/50-2023-220949537>
- buildingSMART. (2022). Building Information Modelling - Implementação internacional. <https://buildingsmart.pt/o-que-e/>
- Caires, B. E. (2013). BIM as a tool to support the collaborative project between the Structural Engineer and the Architect. BIM execution plan, education and promotional initiatives. Universidade do Minho, Escola de engenharia. <https://hdl.handle.net/1822/30677>
- Chatzimichailidou, M., & Ma, Y. (2022). Using BIM in the safety risk management of modular construction. In *Safety Science* (Vol. 154). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105852>
- Costa, A. A., Azenha, M., Martins, J. P., Pinho, R., Ribeirinho, L., Campos, M., Rodrigues, I., & Reis, Ri. C. (2020). BIM nas Autarquias - Guia Compreensivo para a Implementação do BIM.
- Degasperi, A., Neto, E. M., Degasperi, F. L. R., Aguiar, F., & Vivas, D. (2017). Estudo da tecnologia BIM e os desafios para a sua implantação.
- Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P., & Sacks, R. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). John Wiley & Sons, 2018.
- Fernandes, G. C. (2021). BIM na Gestão de Projetos: Desafios para as partes interessadas.
- Gonçalves, M., & Campolargo, M. (2023, April 28). Governo apresenta medidas para a simplificação da construção de habitação. <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc23/comunicacao/noticia?i=governo-apresenta-medidas-para-a-simplificacao-da-construcao-de-habitacao>
- Huang, X. (2021). Application of BIM Big Data in Construction Engineering Cost. *Journal of Physics: Conference Series*, 1865(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1865/3/032016>
- Jadhav, G., Kumthekar, M., & Magdum, J. (2017). Building Information Modeling (BIM) a New Approach towards Project Management. <http://www.irphouse.com>
- Kamardeen, I. (2010). Association of Researchers in Construction Management. Deakin university.

- Kone, V., & Tirunagari, H. V. (2019). Simulation of Construction Sequence using BIM 4d Techniques. In *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* (Issue 7). <https://www.researchgate.net/publication/353322637>
- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? In *Automation in Construction* (Vol. 114). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153>
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*.
- Lin, Y.-C. (2014). Construction 3D BIM-based knowledge management system: A case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(2), 186–200. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.801887>
- Mata, L. (2019). Revista digital, FORO/CHAT Iberoamérica, Edición nº01. www.forochatiberoamerica.com
- Matsui, A. G. (2017). *Aplicação do BIM 4D para a otimização do cronograma físico de uma obra*. Universidade Federal de Goiás, Escola de engenharia civil e ambiental.
- Mitchell, D. (2012). 5D BIM: Creating cost certainty and better buildings.
- Monteiro, A., & Martins, J. (2011). *Linha de Balanço - Uma nova abordagem ao planeamento e controlo das atividades da construção*. Universidade do Porto, Faculdade de engenharia. <https://hdl.handle.net/10216/126636>
- Mota, C. S. (2015). *Modelo 4D do planeamento da construção apoiado na tecnologia BIM Construção e Reabilitação*. Instituto superior técnico de Lisboa.
- Moum, A. (2010). Design team stories: Exploring interdisciplinary use of 3D object models in practice. *Automation in Construction*, 19(5), 554–569. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.007>
- Oliveira, D., Azevedo, L., Giesta, J., & Neto, A. (2022). Fluxograma para projetos BIM 4D: experimentação e proposta de aprimoramento em um grupo de pesquisa em Natal, Brasil. In *4º Congresso Português de Building Information Modelling vol. 1 - ptBIM* (pp. 87–95). UMinho Editora. <https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.7>
- Oliveira, J. (2016). *Normalização BIM*. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Pereira, R. M. (2013). *Sistemas de classificação na construção. Síntese comparada de métodos*. Universidade do Porto, Faculdade de engenharia.

- Pinho, F. (2015). Norma BIM Portuguesa. Universidade de Coimbra, Faculdade de ciências e tecnologia.
- Raut, Mr. S., & Valunjkar, S. (2017). Improve the Productivity of Building Project using Building Information Modelling (BIM) Based 4d Simulation Model. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, V(IV), 53–61. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.4010>
- Rodrigues, J. L. (2012). Modelagem 4D: Implementação no planejamento de longo prazo de obras da construção civil. Universidade federal do Rio Grande do Sul, Escola de engenharia, Departamento de engenharia civil.
- Santos, V. (2022). Implementação do BIM na Gestão de Projetos de Reabilitação: Estudo de Caso e Propostas. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Escola de engenharia.
- Silva, A. (2017). BIM na Gestão de Obra: Digitalização 3D como Ferramenta integrada para o controlo do Planeamento e Orçamentação da Obra. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Escola de engenharia.
- Silva, P. (2012). Aplicação de Técnicas BIM à Construção Modular com Painéis Sandwich. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Escola de engenharia.
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.053>
- Smith, P. (2016). Project Cost Management with 5D BIM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 226, 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.179>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Vale, D. (2022). Industrialização de Instalações de Edifícios: a Pré-Construção Modular utilizando princípios BIM. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Escola de engenharia.
- Vigneault, M. A., Botton, C., Chong, H. Y., & Cooper-Cooke, B. (2020). An Innovative Framework of 5D BIM Solutions for Construction Cost Management: A Systematic Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 27(4), 1013–1030. <https://doi.org/10.1007/s11831-019-09341-z>
- Xu, J. (2017). Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project. *Procedia Engineering*, 174, 600–610. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.194>

APÊNDICE I – TABELAS DE ABASTECIMENTO E REDE DE INCÊNDIO

Tabela de tubos

Na especialidade de abastecimento e rede de incêndio foram criadas 6 tabelas referentes aos tubos, conexões, acessórios e equipamentos mecânicos. Assim, alusivo aos tubos foi criada uma tabela com os respectivos parâmetros:

Campos tabelados (na ordem):

Tipo de sistema
Tipo
Nível de referência
Piso
Fase criada
Tamanho
Comprimento
Custo 1
Custo Total
Comentários

Para além dos parâmetros disponíveis no software Revit, foram criados dois parâmetros referentes ao custo.

De forma a tornar mais perceptível a tabela, esta foi organizada e formatada da seguinte forma:

<ABA+ICE 01 Tabela de Tubos>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Nível	Fase criada	Tamanho	Comprimento	Custo (/m)	Custo Total

Tabela de conexões

Campos tabelados (na ordem):

Tipo de sistema
Família e tipo
Nível
Fase criada
Tamanho
Custo
Contagem
Contagem new
Custo UNI
Custo Total

<ABA+ICE 02 Tabela de Conexões>						
A	B	C	D	E	F	G
Família e tipo	Nível	Fase criada	Tamanho	Contagem	Custo UN	Custo Total

Tabela de acessórios

Campos tabelados (na ordem):

Tipo de sistema
 Família e tipo
 Nível
 Fase criada
 Tamanho
 Custo
 Contagem
 Contagem new
 Custo UN
 Custo Total

<ABA+ICE 03 Tabela de Acessórios>						
A	B	C	D	E	F	G
Família e tipo	Nível	Fase criada	Tamanho	Contagem	Custo UN	Custo Total

Tabela de equipamentos mecânicos

Campos tabelados (na ordem):

Família
 Tipo
 Nome do sistema
 Nível
 Fase criada
 Contagem new
 Custo 3
 Custo Total

<ABA+ICE 04 Tabela de Equipamentos mecânicos>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Nome do sistema	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UN	Custo Total

Tabela de tubos flexíveis

Campos tabelados (na ordem):

Família
 Tipo
 Tamanho total
 Fase
 Comprimento
 Contagem
 Custo un

<ABA+ICE 05 Tabela de Tubos flexíveis>					
A	B	C	D	E	F
Tipo	Tamanho total	Fase	Comprimento	Contagem	Custo UN

Tabela de tubagem por piso

Campos tabelados (na ordem):

Tipo de sistema
Diâmetro
Piso
Comprimento

<ABA+ICE 06 Tabela de Tubagem por piso>	
A	B
Piso	Comprimento

APÊNDICE II – TABELAS DE ARQUITETURA

Tabela de teto

Campos tabelados (na ordem):

Tipo
Família
Material
Nível
Fase criada
Área
Volume
Custo UNI
Custo Total

<ARQ 01 Tabela de teto>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Material	Fase criada	Área	Volume	Custo UN	Custo Total

Tabela de teto – tinta

Campos tabelados (na ordem):

Tipo
Família
Material
Nível
Fase criada
Área
Volume
Custo UNI
Custo Total

<ARQ 01 Tabela de tinta teto>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Material	Fase criada	Área	Volume	Custo UNI	Custo Total

Tabela de teto – lâ mineral

Campos tabelados (na ordem):

Tipo
Família
Material
Nível
Fase criada
Área
Volume
Custo UNI
Custo Total

<ARQ 01 Tabela de lâ mineral teto>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Material	Fase criada	Área	Volume	Custo UNI	Custo Total

Tabela de piso

Campos tabelados (na ordem):

Nível
 Tipo
 Fase criada
 Área
 Volume
 Custo
 Custo Total

<ARQ 02 Tabela de piso>					
A	B	C	D	E	F
Type	Fase criada	Area	Volume	Custo	Custo Total

Tabela de parede

Campos tabelados (na ordem):

Tipo
 Largura
 Fase criada
 Material
 Área
 Volume
 Custo un
 Custo Total

<ARQ 03 Tabela de parede>						
A	B	C	D	E	F	G
Largura	Fase criada	Material	Área	Volume	Custo UN	Custo Total

Tabela de parede – tinta

Campos tabelados (na ordem):

Tipo
Largura
Fase criada
Material
Área
Volume
Custo un
Custo Total

<ARQ 03 Tabela de tinta parede>						
A	B	C	D	E	F	G
Largura (mm)	Fase criada	Material	Área	Volume	Custo UN	Custo Total

Tabela de parede – lã mineral

Campos tabelados (na ordem):

Tipo
Largura
Fase criada
Material
Área
Volume
Custo un
Custo Total

<ARQ 03 Tabela de lã mineral parede>						
A	B	C	D	E	F	G
Largura (mm)	Fase criada	Material	Área	Volume	Custo UN	Custo Total

APÊNDICE III – TABELAS DE AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO

Tabela de dutos

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tamanho
Nível de referência
Fase criada
Comprimento
Contagem
Custo UN
Custo Total

<AVAC 01 Tabela de duto>						
A	B	C	D	E	F	G
Tamanho	Nível de referência	Fase criada	Comprimento (m)	Contagem	Custo (/m)	Custo Total

Tabela de dutos flexíveis

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Tamanho total
Fase criada
Comprimento
Contagem
Custo UNI
Custo Total

<AVAC 04 Tabela de duto flexível>					
A	B	C	D	E	F
Tamanho total	Fase criada	Comprimento	Contagem	Custo UNI	Custo Total

Tabela de conexões de dutos

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tamanho
Nível
Fase criada
Contagem
Contagem New
Custo 1
Custo Total

<AVAC 03 Tabela de conexão de duto>					
A	B	C	D	E	F
Tamanho	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UNI	Custo Total

Tabela de acessórios de dutos

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tamanho
Nível
Fase criada
Contagem new
Custo 2
Custo Total

<AVAC 02 Tabela de acessório de duto>					
A	B	C	D	E	F
Tamanho	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UNI	Custo Total

Tabela de terminais de ar

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Nível
Fase criada
Contagem
Contagem New
Custo
Custo Total

<AVAC 05 Tabela de terminal de ar>					
A	B	C	D	E	F
Tipo	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UN	Custo Total

APÊNDICE IV – TABELAS DE DRENAGEM RESIDUAL E PLUVIAL

Tabela de tubos

Campos tabelados (na ordem):

Tipo
Tamanho
Tipo de sistema
Nome do sistema
Nível de referência
Fase criada
Comprimento
Custo unita
Custo (total)
Comentários

<DRE 01 Tabela de Tubos>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Diametro	Nível	Fase criada	Comprimento (m)	Custo (/m)	Custo (total)

Tabela de conexões

Campos tabelados (na ordem):

Tipo de sistema
Família e tipo
Tamanho
Nível
Fase criada
Custo
Contagem
Contagem New
Custo UN
Custo Total

<DRE 02 Tabela de Conexões>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Diametro	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UN	Custo Total

Tabela de peças hidrossanitárias

Campos tabelados (na ordem):

Família e tipo
Nível
Fase criada
Contagem
Custo unitar
Custo Total

<DRE 03 Tabela de Peças Hidrossanitárias>					
A	B	C	D	E	F
Família e tipo	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UN	Custo Total

APÊNDICE V – TABELAS DE ELETRICIDADE

Tabela de luminárias

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Marca
Nível
Fase criada
Contagem
Custo unitario
Custo Total

<ELE 01 Tabela de Luminárias>					
A	B	C	D	E	F
Tipo	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UNI	Custo Total

Tabela de esteiras

Campos tabelados (na ordem):

Tipo de serviço
Família e tipo
Tamanho
Fase criada
Comprimento
Contagem
Custo 2
Custo Total

<ELE 02 Tabela de Esteiras>				
A	B	C	D	E
Tamanho	Fase criada	Comprimento	Custo UN	Custo Total

Tabela de esteiras – conexões

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tamanho
Nível
Fase criada
Contagem 1
Custo 3
Custo Total

<ELE 03 Tabela de Esteiras (conexões)>					
A	B	C	D	E	F
Tamanho	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UN	Custo Total

Tabela de dispositivos elétricos

Campos tabelados (na ordem):

Contagem
 Família e tipo
 Nível
 Fase criada
 Custo 4
 Custo Total

<ELE 04 Tabela de Dispositivos elétricos>				
A	B	C	D	E
Contagem	Nível	Fase criada	Custo UN	Custo Total

Tabela de dispositivos de iluminação

Campos tabelados (na ordem):

Família
 Tipo
 Contagem
 Nível
 Fase criada
 Preço 5
 Custo Total

<ELE 05 Tabela de Dispositivo de iluminação>					
A	B	C	D	E	F
Tipo	Contagem	Nível	Fase criada	Custo UN	Custo Total

Tabela de equipamentos elétricos

Campos tabelados (na ordem):

Família
 Tipo
 Dados elétricos
 Marca
 Nível
 Marca de tipo
 Material
 Fase criada
 Contagem
 Preço 11
 Custo Total

<ELE 06 Tabela de Equipamentos elétricos>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Tipo	Dados elétricos	Marca	Nível	Fase criada	Contagem	Custo UN	Custo Total

Tabela de conduítes

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Diâmetro (tamanho comercial)
Tamanho
Fase criada
Comprimento
Contagem
Custo 1
Custo Total

<ELE 07 Tabela de Conduites>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Família	Tipo	Diâmetro (tamanho	Tamanho	Fase criada	Comprimento	Custo UN	Custo Total

Tabela de equipamentos mecânicos

Campos tabelados (na ordem):

Família e tipo
Nível
Fase criada
Contagem
Custo 12
Custo Total

<ELE 08 Tabela Equipamento mecânico>				
A	B	C	D	E
Nível	Fase criada	Contagem	Custo UNI	Custo Total

APÊNDICE VI – TABELAS DE ESTABILIDADE

Tabela de fundações

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Volume
Volume estimado da armadura
Nível
Comentários
Fase criada
Custo UN
Custo Total

<ESTA 01 Tabela da fundação estrutural>					
A	B	C	D	E	F
Tipo	Volume	Comentários	Fase criada	Custo UN	Custo Total

Tabela de vigas

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Comprimento
Volume
Volume estimado da armadura
Nível
Nível de referência
Comentários
Fase criada
Uso estrutural
Material estrutural
Custo 2
Custo Total

<ESTA 02 Tabela de framing estrutural (vigas)>						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Comprimento	Volume	Comentários	Fase criada	Custo UN	Custo Total

Tabela de paredes

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Largura
Comprimento
Altura desconectada
Volume
Restrição da base
Volume estimado da armadura
Fase criada
Área
Comentários
Custo 0
Custo Total

<ESTA 03 Tabela de parede>									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Tipo	Largura	Comprimento	Altura desconectada	Volume	Fase criada	Área	Comentários	Custo UN	Custo Total

Tabela de pilares

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Volume
Nível base
Nível superior
Comentários
Fase criada
Custo
Custo total
Material estrutural

<ESTA 04 Tabela de pilar estrutural>					
A	B	C	D	E	F
Tipo	Volume	Comentários	Fase criada	Custo UN	Custo total

Tabela de lajes

Campos tabelados (na ordem):

Família
Tipo
Espessura-padrão
Volume
Volume estimado da armadura
Nível
Comentários
Fase criada
Material estrutural
Área
Custo 1
Custo Total

<ESTA 05 Tabela de piso (lajes)>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Tipo	Espessura-padrão	Volume	Comentários	Fase criada	Área	Custo UN	Custo Total

ANEXO I

Auto de Medição
Pág. 1/1

dst domingos da
silva teixeira

domingos da silva
teixeira, s.a. Rua de Pitancinhos (+351) 253 307 200/1 dstsgps.com
Apartado 208 Palmeira (+351) 253 307 210 dstsa.pt
4711-911 Braga geral@dstsgps.com

Contrato	[REDACTED]
Auto Nº	4
Data / Moeda	[REDACTED]
Sub.	[REDACTED]
Obra	[REDACTED]

Res. Med.	Enc.	Enc. Geral	SubEmp.	Dir.Obra
Nome:				[REDACTED]
Rubrica:				[REDACTED]
Data:				[REDACTED]

Digite o texto aqui

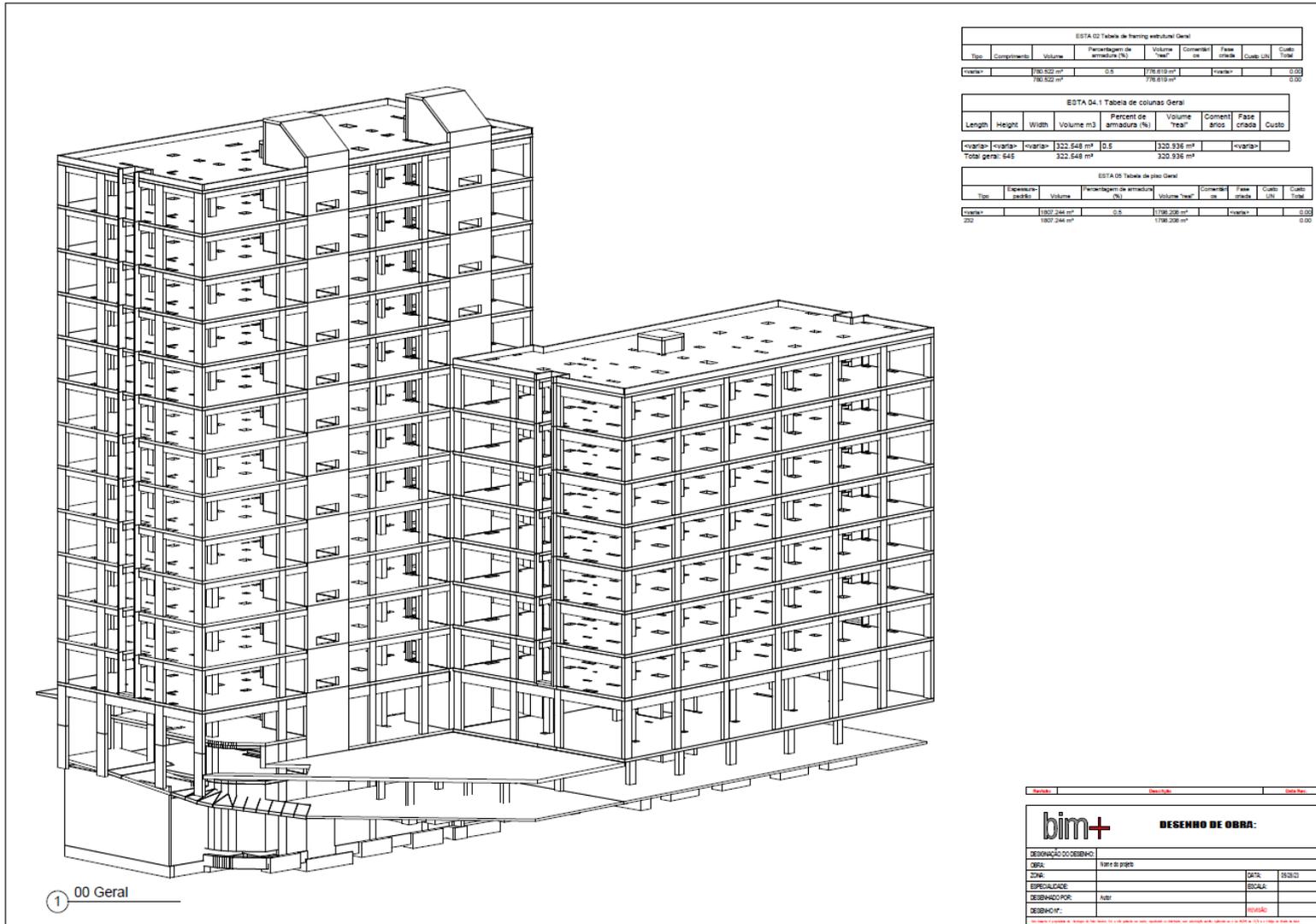
Item	Serviço	Descrição	Un	Contrato			Acumulado no último mês		Este mês		SALDO	
				Quantidade Total	Preço Unitário	Valor Total	Quantidade Facturada	TOTAL FACTURADA	Quantidade Facturada	TOTAL FACTURADA	Quantidade Facturada	TOTAL FACTURADA
	Lajes, dobras e vigas	Lajes, dobras e vigas	M2	13806,000	[REDACTED]	[REDACTED]	155,120	[REDACTED]	2602,270	[REDACTED]	11048,610	[REDACTED]
	Pilares, paredes e muros	Pilares, paredes e muros	M2	9072,000	[REDACTED]	[REDACTED]	1583,960	[REDACTED]	1232,960	[REDACTED]	6255,080	[REDACTED]
	Betão da classe C35/45 XC1 D2 S4 cl.4 em pilares, paredes e muros	Betão da classe C35/45 XC1 D2 S4 cl.4 em pilares, paredes e muros	M3	934,000	[REDACTED]	[REDACTED]	201,010	[REDACTED]	136,580	[REDACTED]	596,410	[REDACTED]
	Betão da classe C35/45 XC1 D2 S4 cl.4 em lajes, dobras e vigas	Betão da classe C35/45 XC1 D2 S4 cl.4 em lajes, dobras e vigas	M3	2681,000	[REDACTED]	[REDACTED]	67,320	[REDACTED]	498,750	[REDACTED]	2114,930	[REDACTED]
		Valor desconto						0,00				
		Valor retenção						0,00				
		Valor com retenção/desconto									Valor Executado	[REDACTED]

Obs.:
Condições de pagamento: A 30 Dias
Tipo de pagamento: 30 dias. Sem retenção.
Contrato assinado: Sim

Último auto

DEDUÇÕES:
Adiantamento: 0

ANEXO II



ESTA 02 Tabela de Barragem estrutural Geral							
Item	Componente	Volume	Porcentagem de armadura (%)	Volume "teor"	Comentários	Fase criada	Custo (U)
<varia>		176.622 m³	0,5	176.619 m³		<varia>	0,00
		176.622 m³		176.619 m³			0,00

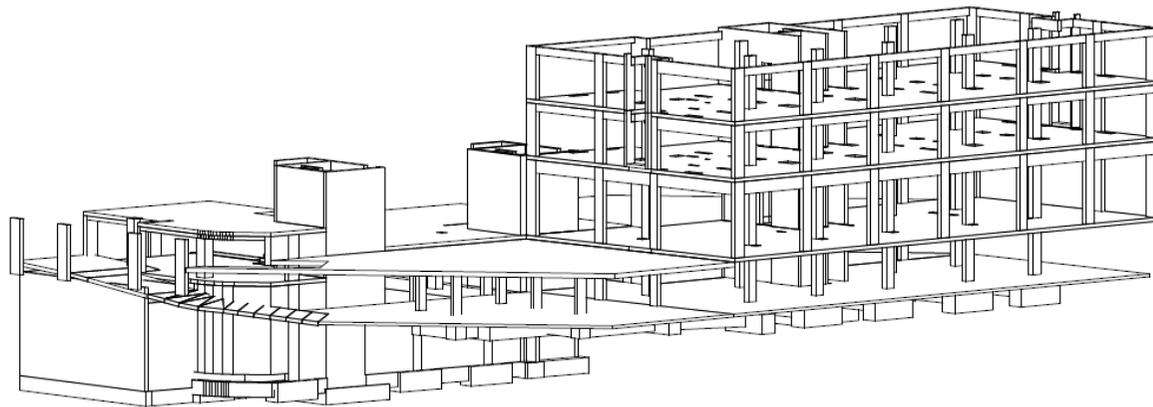
ESTA 04 - Tabela de colunas Geral							
Length	Height	Width	Volume m3	Percent de armadura (%)	Volume "teor"	Comentários	Fase criada
<varia>	<varia>	<varia>	322.548 m³	0,5	322.936 m³		<varia>
Total geral: 646			322.548 m³		322.936 m³		

ESTA 05 Tabela de pilas Geral							
Item	Especificação	Volume	Porcentagem de armadura (%)	Volume "teor"	Comentários	Fase criada	Custo (U)
<varia>		1807.244 m³	0,5	1796.208 m³		<varia>	0,00
232		1807.244 m³		1796.208 m³			0,00

Revista	Descrição	Data Rev.
bim+ DESENHO DE OBRA:		
SITUAÇÃO DO DESENHO:		
OBRA:	Nome do projeto	
ZONA:		DATA: 05/2023
ESPECIALIDADE:		ESCALA:
DESENHADO POR:	Adri	
REVISADO POR:		Assinatura

Este projeto é propriedade de BIM+ Engenharia e Arquitetura. É proibida a reprodução total ou parcial sem a autorização expressa da BIM+ Engenharia e Arquitetura.

ANEXO III



① 01 Auto 4

ESTA 02.1 Tabela de fôrmo estrutural Auto 4							
Tip	Componen- to	Volume	Porcentagem de armadura (%)	Volume "real"	Comentá- rio	Fase criada	Custo Unit
Armalar		303,219 m³	0,5	307,703 m³		Auto 4	0,00
		303,219 m³		307,703 m³			0,00

ESTA 04.2 Tabela de colunas Auto 4							
Length	Height	Width	Volume m3	Percent de armadura (%)	Volume "real"	Comentá- rio	Fase criada
Armalar			84,591 m³	0,5	84,257 m³		Auto 4
Tota geral:	140		84,591 m³		84,257 m³		

ESTA 05.1 Tabela de piso Geral Auto 4							
Tip	Especificaçã- ão	Volume	Porcentagem de armadura (%)	Volume "real"	Comentário	Fase criada	Custo Unit
Armalar		715,342 m³	0,5	715,342 m³		Auto 4	0,00
		715,342 m³		715,342 m³			0,00

Revisão	Descrição	Data Rev
 DESENHO DE OBRA:		
DESIGNAÇÃO DO DESENHO:		
OPR:	Nome do projeto	
ZONA:		DATA: 05/2023
ESPECIALIDADE:		ESCALA:
DESENHADO POR:	Auto	REVISÃO:
DESENHADO EM:		

Industrialização e transformação digital da construção:

Desenvolvimento de propostas para integração de informação de produção e obra