



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ricardo Daniel Fernandes Otero

Otimização do planeamento dos trabalhos
MEP com recurso a modelos BIM



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ricardo Daniel Fernandes Otero

Otimização do planeamento dos trabalhos
MEP com recurso a modelos BIM

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor João Pedro Pereira Maia Couto
Engenheiro Francisco Reis

*“We cannot solve problems with the same thinking
we used when we create them”*

- Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Doutor João Pedro Couto, pelo tema atribuído, pelo acompanhamento e dedicação constante e pelos ensinamentos transmitidos.

Ao coorientador Engenheiro Francisco Reis pelo tempo disponibilizado e pelas conversas onde partilhou a sua experiência e visão acerca do BIM que foram uma importante fonte de inspiração para o desenvolvimento desta tese.

À minha família, em especial aos meus pais, pelo suporte incondicional, sacrifícios, conselhos e especialmente por terem criado todas as condições que possibilitaram a minha formação e educação.

À minha tia Maria do Sameiro pelo contributo essencial disponibilizado que tornou a realização desta tese possível.

À Maria João, pela sua confiança, amor, força e paciência demonstrada ao longo dos últimos anos e especialmente durante o período de realização desta tese.

Aos meus amigos, por todos os momentos únicos que partilhamos.

RESUMO

Comparativamente a outras indústrias, a indústria arquitetura, engenharia e construção (AEC) tem-se demonstrado, nas últimas décadas, ineficiente nos seus processos. Os projetos são interpretados com um elevado grau de incerteza, resultando em vários erros e omissões que se refletem no custo do projeto. Algumas das causas apontadas como justificação da baixa produtividade deste setor são o limitado uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e a fraca recorrência a trabalhos colaborativos com partilha de riscos.

Neste trabalho procurou-se demonstrar que parte desta lacuna pode ser colmatada utilizando e integrando processos BIM na indústria AEC, mais concretamente aplicada a projetos *Mechanical Electrical and Plumbing* (MEP). Desta forma foram estudados e analisados conceitos, métodos e processos utilizados tradicionalmente pela indústria AEC em projetos MEP e em fase de planeamento e controlo da construção. A implementação do BIM enfrenta ainda alguns obstáculos. Fatores relacionados com a interoperabilidade, avultados investimentos, falta de normalização, resistência à adaptação/adoção de novos processos internos, são vistos como os principais bloqueadores à implementação do BIM em Portugal.

Com o desenvolvimento de um caso prático, aplicado a uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR), pretende-se demonstrar que a adaptação/adoção de novos processos podem traduzir-se no aumento da produtividade e automatização de processos, contornando a barreira imposta pela comunicação entre softwares. No seu desenvolvimento, foram utilizados os softwares BIM da Autodesk, Revit® e Navisworks®. Foram ainda utilizados os softwares para análise de dados e criação do cronograma construtivo da Microsoft nomeadamente Excel® e Project®. O desenvolvimento do caso prático desenrolou-se num processo iterativo onde foram desenvolvidos e analisados vários fluxos de trabalho que pretendem promover fluidez na troca de informação entre os softwares utilizados procurando colmatar uma lacuna relativa à produtividade da indústria AEC.

Palavras-chave: Building Information Modeling (BIM), Mechanical Electrical and Plumbing (MEP), BIM 4D, trabalho colaborativo, produtividade

ABSTRACT

Compared with other industries, the industry of architecture, engineering and construction (AEC) has been demonstrated, in recent decades, inefficient in their processes. Projects are interpreted with a high degree of uncertainty, resulting in several errors and omissions that are reflected in the cost of the project. Some of the causes mentioned as justification for the low productivity of this sector are the limited use of Information and Communication Technologies (ICT) and poor recurrence of collaborative works with risk-sharing.

This thesis tries to show that part of this gap can be bridged using BIM processes and integrating them on the AEC industry, more specifically applied to projects of Mechanical Electrical and Plumbing (MEP). In this way were studied and analyzed concepts, methods and processes traditionally used traditionally by the AEC industry in MEP projects and planning and building control stage. The implementation of BIM still faces some obstacles. Factors related with interoperability, considerable investments, lack of standardization, resistance to adaptation/adoption of new internal processes are seen as the key obstacles to the implementation of BIM in Portugal.

The development of a case study, applied to a facility for wastewater treatment, intend to demonstrate that the adaptation/adoption of new processes can result in increased productivity and process automation, bypassing the barrier imposed by the communication between software. In its development, were used the BIM software from Autodesk, Revit® and Navisworks®. Software of data analysis and scheduling, Microsoft Excel® and Project® were also used. The development of practical case took place in an iterative process where were developed and analyzed several workflows that intend to promote fluidity in the exchange of information between the software used for bridging a gap on the productivity of the AEC industry.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Mechanical Electrical and Plumbing (MEP), BIM 4D, collaborative work, productivity

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	vi
ÍNDICE GERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
SIGLAS E ACRÓNIMOS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos da dissertação	3
1.3 Organização da dissertação	3
2. ESTADO DA ARTE	6
2.1 BIM – <i>Building Information Modeling</i>	6
2.1.1 Definições de BIM	6
2.1.2 O estado do BIM no Mundo	7
2.1.3 BIM em Portugal	11
2.1.4 Normas BIM	12
2.2 BIM nos sistemas MEP – Mechanical Electrical and Plumbing	18
2.2.1 Modelação MEP	18
2.2.2 Coordenação de projetos MEP	21
2.2.3 Interoperabilidade em projetos MEP	26
2.2.4 Integração do BCF no processo de coordenação	27
2.2.5 A importância do trabalho colaborativo num projeto MEP	29
2.2.6 Benefícios da implementação BIM nos projetos MEP	33
2.3 BIM 4D	35
2.3.1 Planeamento e controlo	35
2.3.2 A tecnologia e o 4D	39
2.3.3 Sistemas de Classificação	42
2.3.4 A utilização de um modelo BIM 4D	45
2.3.5 Benefícios da utilização de um modelo BIM 4D	47
3. CASO DE ESTUDO	53

3.1	Enquadramento.....	53
3.1.1	Objetivos estabelecidos.....	53
3.1.2	Metodologia implementada.....	54
3.2	Descrição dos software utilizados e o objetivo da sua utilização	55
3.2.1	Autodesk Revit® 2015.....	55
3.2.2	Autodesk Navisworks Manage® 2015	55
3.2.3	Microsoft Project® 2013.....	56
3.2.4	Microsoft Excel® 2013.....	56
3.3	A ETAR de Bou Ismail	56
3.3.1	Descrição do projeto	56
3.3.2	Descrição do modelo.....	58
3.4	Planeamento em BIM 4D	63
3.4.1	1ª Iteração.....	64
3.4.2	2ª Iteração.....	68
3.4.3	3ª Iteração.....	71
3.5	Introdução de alterações no decorrer da obra	75
3.5.1	4ª Iteração.....	75
3.5.2	5ª Iteração.....	78
3.6	Processo de controlo.....	80
3.6.1	Workflow para o controlo do planeamento.....	80
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS	88
4.1	Considerações Finais.....	88
4.2	Perspetivas futuras.....	90
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Índice de produtividade da construção relativamente a outras indústrias desde 1964, US (NIBS, 2007).	2
Figura 2.1 – Percentagem de empreiteiros com níveis alto/muito alto de implementação BIM, McGraw Hill Construction, 2013	7
Figura 2.2 – Adoção do BIM na América do Norte vs. Europa, McGraw-Hill Construction,2010	8
Figura 2.4 – Tempo de utilização do BIM, McGraw-Hill Construction, 2013	9
Figura 2.3 – Nível corrente de implementação BIM, McGraw-Hill Construction, 2013.....	9
Figura 2.5 - Nível corrente de implementação BIM, McGraw-Hill Construction, 2013	10
Figura 2.6 - Tempo de utilização do BIM, McGraw-Hill Construction, 2013.....	10
Figura 2.7 - Nível corrente de implementação BIM, McGraw-Hill Construction, 2013	11
Figura 2.8 - Tempo de utilização do BIM, McGraw-Hill Construction, 2013.....	11
Figura 2.9 – Exemplo de um projeto MEP, <i>Navisworks</i>	19
Figura 2.10 – Ferramentas de modelação MEP no Revit	20
Figura 2.11 – Exemplo de um objeto paramétrico	21
Figura 2.12 – Benefícios identificados pelos empreiteiros, McGraw Hill Construction 2013	22
Figura 2.13 – Conhecimentos base para coordenação MEP (Tatum & Asce, 2003)	23
Figura 2.14 – Workflow de utilização de um ficheiro BCF	28
Figura 2.15 – Modelo tradicional versus modelo colaborativo	30
Figura 2.16 – Método tradicional vs método colaborativo.....	31
Figura 2.17 - Vantagens decorrentes da antecipação de decisões de projeto. Curva de MacLeamy (CURT 2004).....	32
Figura 2.18 – Exemplo de um gráfico de Gantt	37
Figura 2.19 - Exemplo de Linha de balanço.....	38
Figura 2.20 – Processo 4D CAD (C. Eastman et al., 2011)	40
Figura 2.21 – Processo BIM 4D (C. Eastman et al., 2011)	40
Figura 2.22 – Exemplo de uma simulação 4D, Fonte: EFACEC 2014	46
Figura 2.23 – Utilidades de um modelo 4D.....	47

Figura 2.24 – Exemplo de software de simulação da construção	48
Figura 2.25 - Utilização do SMARTBoard para coordenação de projeto.....	48
Figura 2.26 – Exemplo de uma interferência detetada por software	50
Figura 2.27 – Modelo de simulação com componentes temporários.....	50
Figura 2.28 – Aspeto de uma construção em ambiente virtual.....	51
Figura 3.1 – Comunicação entre os softwares	54
Figura 3.2 – Render da ETAR, Autodesk Revit® 2015, Fonte: EFACEC, 2014.....	57
Figura 3.3 – Planta ETAR, Autodesk Revit® 2015, Fonte: EFACEC, 2014	58
Figura 3.4 - Gradagem grosseira (direita) e Estação Elevatória (esquerda), Fonte: EFACEC, 2014.....	59
Figura 3.5 – Gradagem fina (bloco da esquerda a transparente) e Desarenador/Desengordurador (direita), Fonte: EFACEC, 2014	60
Figura 3.6 – Reatores biológicos, Fonte: EFACEC, 2014.....	60
Figura 3.7 - Decantadores secundários, Fonte: EFACEC, 2014.....	61
Figura 3.8 – Tratamento terciário, Fonte: EFACEC, 2014.....	61
Figura 3.9 – Estação de bombagem de lamas, Fonte: EFACEC, 2014.....	62
Figura 3.10 – Espessadores gravíticos, Fonte: EFACEC, 2014.....	63
Figura 3.11 – Estação de desidratação de lamas, Fonte: EFACEC, 2014	63
Figura 3.12 – Workflow 1.....	64
Figura 3.13 – Decantadores, Fonte: EFACEC, 2014.....	65
Figura 3.14 – Cronograma para a construção dos decantadores, MS Project® 2013.....	66
Figura 3.15 – Simulação 4D dos decantadores, , Navisworks 2015	67
Figura 3.20 - Workflow 2	68
Figura 3.17 - Exemplo de “set selection” , Navisworks® 2015	69
Figura 3.18 – Exemplo de nomenclatura das tarefas no MS Project® (à esquerda a verde) e exemplo nomenclatura de sets selection (à direita a azul) no Navisworks®	70
Figura 3.19 – Exemplo de auto-attach(3) entre set selection(1) e tarefas(2) , Navisworks® 2015	70
Figura 3.20 – Workflow 3.....	72

Figura 3.21 – Exemplo da criação do código Phase_ID, MS Project® 2013	72
Figura 3.22 – Nomenclatura das tarefas com “Phase_ID” incorporado, MS Project® 2013....	73
Figura 3.23 – Sets com o Phase_ID incorporado, Navisworks® 2015	74
Figura 3.24 – Auto-attach entre tarefas e set selections com código, Navisworks® 2015	74
Figura 3.25 – Workflow 4	76
Figura 3.26 – Exemplo do parâmetro partilhado “Phase_ID”, Navisworks® 2015.....	77
Figura 3.27 – Ferramenta de procura de elementos, Navisworks® 2015	78
Figura 3.28 – Workflow 5	79
Figura 3.29 – Dados exportados do modelo Revit® para o Excel®, Excel® 2013	79
Figura 3.30 – Shared parameters de controlo, Navisworks® 2015.....	82
Figura 3.31 – Interface de seleção de propriedades, , Navisworks® 2015	83
Figura 3.32 – Excerto do ficheiro MS Project® importado, Excel® 2013	83
Figura 3.33 – Excerto da folha “Planeado VS Efetivo”, Excel® 2013	84
Figura 3.34 – Exemplo de relatório estatístico, Excel® 2013	85
Figura 3.35 – “Shared Parameters” de controlo, Navisworks® 2015	86
Figura 3.36 – SS de monitorização, Navisworks® 2015	86
Figura 3.37 – Exemplo de monitorização, Navisworks® 2015	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Alguns países com normas ou diretrizes BIM, Retirada de AIA, 2012.....	13
Tabela 2 – Tipos e descrição de interferências – adaptado a partir de (Tatum & Asce, 2003)	25
Tabela 3 – Desafios e objetivos de um modelo 4D.....	42
Tabela 4 – Tabela de função/ator.....	80

SIGLAS E ACRÓNIMOS

2D – Bidimensional

3D – Tridimensional

AEC – Arquitetura Engenharia e Construção

AIA – *American Institute of Architects*

API - *Application Programming Interface*

BCF - *BIM Collaboration Format*

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer-aided Design*

GSA – *General Services Administration*

IFC - *Industry Foundation Class*

IPD – *Integrated Project Delivery*

MEP – *Mechanical Electrical and Plumbing*

NIBS – *National Institute of Building Sciences*

OCCS – *OmniClass Construction Classification System*

PM – *Project Manager*

SP – *Shared Parameter*

SS – *Search Set*

TIC – *Tecnologia da Informação e Comunicação*

UK – *United Kingdom*

UM – *Universidade do Minho*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A construção foi até meados do século XIX a atividade industrial com maior consumo de recursos humanos e materiais (C. M. Eastman, 1999). Para além de todo o peso que o sector ainda representa na economia, a construção civil desempenhou durante a mesma época um papel fundamental no desenvolvimento tecnológico que desde então se tem perdido para outras atividades industriais (J. Martins, 2009).

Atualmente a indústria da construção ainda tem uma importância considerável na economia de cada país e Portugal não é exceção (S. Martins, 2008). “Em 2012, o setor da construção representava perto de 12% do número de empresas, 11% do emprego e 7% do volume de negócios das sociedades não financeiras (SNF) em Portugal.” (Banco de Portugal, 2014).

Contudo segundo Reis Campos, Presidente da AICCOPN, a economia portuguesa só conseguirá crescer de forma significativa se houver uma clara aposta no sector da construção porque numa economia global é preciso ter os melhores portos, aeroportos, vias de comunicação (estradas e caminhos de ferro) e plataformas logísticas (AICCOPN).

Uma parte significativa do desperdício nesta área resulta de uma inadequada gestão da informação (J. Martins, 2009) bem como de uma má gestão das atividades relacionadas com esta indústria o que tem influência direta na economia do país.

Com a era de modernização e abertura que se esbateu sobre a maioria das economias, a produtividade, a qualidade e as novas tecnologias ganharam uma nova importância, que também se refletiu no sector da construção civil (S. Martins, 2008).

Olhando para a última década a indústria da arquitetura engenharia e construção (AEC) demonstrou-se economicamente ineficiente quando comparada com indústrias como a aeroespacial ou automóvel, tecnologicamente mais avançadas.

Como pode ser analisado no gráfico abaixo representado (Figura 1.1), que aponta uma avaliação da evolução ao longo das últimas décadas, o processo tecnológico tem-se revelado ineficiente já que, a produtividade a nível da construção tem sofrido um ligeiro decréscimo quando equiparada ao avanço da produtividade de outras indústrias que, só nas últimas quatro décadas já terá duplicado.

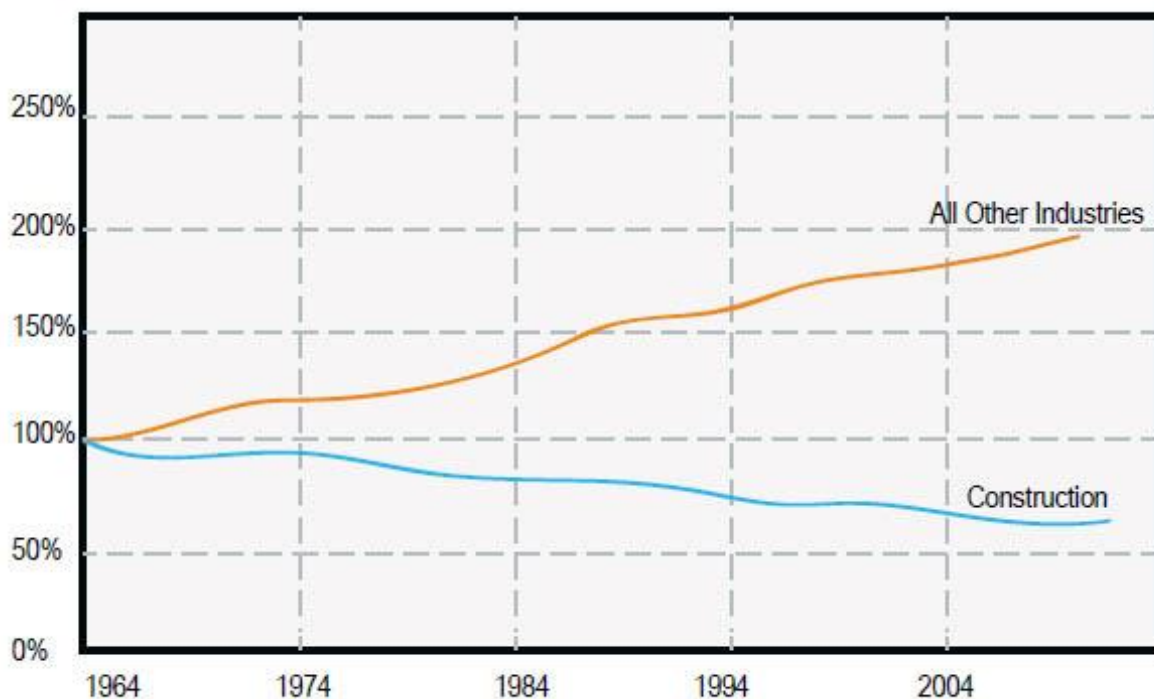


Figura 1.1 Índice de produtividade da construção relativamente a outras indústrias desde 1964, US (NIBS, 2007).

Por sua vez os projetos de construção são cada vez mais complexos e por isso cada vez mais difíceis de gerir (Alshawi & Ingirige, 2003; Chan, Scott, & Chan, 2004; Williams, 2002). Um dos principais desafios relaciona-se com a interdependência dos diferentes intervenientes num projeto de construção tais como, organismos financeiros, autoridades, arquitetos, engenheiros, advogados, empreiteiros e fornecedores (S. Keoki, Glenn A., & Richard H., 2008). Uma forma de gerir todos estes intervenientes do projeto correlaciona-se com o trabalho colaborativo, promovendo trocas de informação entre os diferentes intervenientes de forma organizada e consistente.

Wilkinson definiu trabalho colaborativo como: (Wilkinson, 2005)

“Um processo criativo realizado por dois ou mais indivíduos interessados que compartilham as suas habilidades coletivas, experiência, compreensão e conhecimento numa atmosfera de abertura, honestidade, confiança e respeito mútuo, para entregar em conjunto a melhor solução que atenda a um objetivo comum”.

Tendo tudo isto em conta, é neste sentido que as ferramentas BIM podem e estão a revolucionar a forma de trabalho tradicional no sector da arquitetura, engenharia e construção (AEC).

Vários estudos foram já realizados em volta da temática BIM, tendo sido várias vezes comprovado que a utilização destes modelos traz enormes vantagens quer a nível monetário, quer a nível da gestão de recursos, tempo, manutenção, etc. Tudo isto leva a que o BIM tenha cada vez mais “adeptos” e que a tendência da sua utilização em projetos de construção em todo o mundo venha a aumentar, nomeadamente em países como Estados Unidos da América, Japão e países do norte da Europa (Finlândia e Suécia).

1.2 Objetivos da dissertação

Pretende-se com a presente dissertação avaliar de forma prática, por intermédio de um caso de estudo, a aplicação do conceito BIM 4D em projetos MEP, bem como analisar a importância do BIM num projeto MEP.

Os projetos MEP são por norma projetos de elevado grau complexidade e envolvem atividades bastante tediosas, como a sua coordenação. Durante os últimos anos com a evolução das tecnologias os edifícios passaram a incorporar mais sistemas que os tradicionais sistemas a que estávamos habituados. A tarefa de coordena-los é de relevante importância para a subsistência do edifício. Com a presente tese pretende-se demonstrar como é que o BIM pode ajudar nesta tarefa.

Outra importante tarefa a ser executada num projeto de construção é o seu planeamento. Desta forma o principal objetivo passou por aplicar conceitos de planeamento em BIM (BIM 4D) a um projeto MEP disponibilizado pela EFACEC.

1.3 Organização da dissertação

De forma a sintetizar os conteúdos abordados na presente dissertação optou-se pela divisão dos temas em 6 capítulos. A descrição sumária relativa a cada capítulo é exposta nos parágrafos seguintes:

No primeiro capítulo – **INTRODUÇÃO** – é feito um enquadramento geral relativo à indústria da AEC e às ferramentas BIM. São ainda apresentados os objetivos pretendidos bem como a organização da dissertação.

O Segundo capítulo – **ESTADO DA ARTE** – está dividido em três subcapítulos **BIM – Building Information Modeling**, **MEP – Mechanical Electrical and Plumbing** e **BIM 4D** e pretende expor a revisão bibliográfica relativa a cada tema.

No primeiro subcapítulo **BIM – Building Information Modeling** numa primeira fase são identificados alguns temas básicos são identificados os graus de maturidade do BIM em Portugal e no mundo e são abordados temas relativos às normas e sistemas de classificação.

No segundo subcapítulo **MEP – Mechanical Electrical and Plumbing**, são explorados temas concretos relativos aos projetos MEP. São identificados os processos de coordenação tanto pelo processo tradicional como pelo processo BIM. São ainda estudadas as vantagens que o processo BIM pode representar num projeto MEP pelo recuso ao processo colaborativo.

No terceiro subcapítulo – **BIM 4D** – o autor faz uma abordagem geral do planeamento expondo os métodos tradicionais. Posteriormente é revelada a importância que a tecnologia pode refletir no processo de planeamento e são identificadas as vantagens da sua utilização.

Em cada um dos subcapítulos anteriormente sumarizados são ainda expostas algumas notas gerais que pretende demonstrar a posição do autor relativamente aos temas abordados.

No terceiro capítulo – **CASO DE ESTUDO** – pretende-se demonstrar de forma prática a aplicação do processo BIM 4D num projeto MEP. Neste capítulo recorreu-se aos softwares Revit, Navisworks, MS Project e Excel.

No quarto capítulo – **CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS** – o autor apresenta as conclusões que retira de todo o trabalho desenvolvido e, ainda, as suas perspetivas relativas a futuros desenvolvimentos no domínio do BIM. São também enumerados alguns trabalhos desenvolvidos no decorrer da realização da dissertação.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 BIM – *Building Information Modeling*

2.1.1 Definições de BIM

A sigla BIM é traduzida em *Building Information Modeling* ou seja, Modelo de Informação da Construção. Contudo existem várias definições daquilo que é o BIM.

Para o *National Institute of Building Sciences* dos Estados Unidos da América a definição de BIM toma o sentido de (NBIMS, 2006):

“BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, serve como um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre a instalação formando uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida, desde a conceção em diante”

Já no que diz respeito à *General Services Administration* BIM é definido como (GSA, 2007):

“Building Information Modeling é o desenvolvimento e utilização de software específico de modelação de dados não apenas para documentar um projeto de um edifício mas, para simular a construção e operação de uma nova instalação ou modernizar uma existente. O modelo BIM resultante é uma representação paramétrica digital da instalação da qual se podem extrair e analisar vistas apropriadas para vários utilizadores de forma a melhorar a conceção da instalação”.

O autores da segunda edição do livro ‘*BIM Handbook*’ afirmam que (C. Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011):

“ BIM representa uma mudança de paradigma que trará bastante impacto e benefícios, não só para a indústria da construção como também para a sociedade em geral, pois melhores edifícios serão construídos que consumirão menos materiais e requererão menos recursos humanos e de capital operando de forma mais eficiente”

Na opinião do autor o verdadeiro valor do BIM reside no “I” e vai muito além das capacidades de modelação dos softwares. O BIM são processos, metodologias e filosofias que tem por base a forma como a informação é gerida e aplicada em cada projeto/modelo dependendo da sua finalidade. O BIM deve ser visto como uma grande base de dados que pode ser interpretada visualmente por qualquer pessoa recorrendo a softwares.

2.1.2 O estado do BIM no Mundo

A adoção do BIM por parte da indústria AEC percorreu um longo caminho desde a sua introdução, em 2002. Atualmente uma grande parte das empresas de maior dimensão já utiliza esta metodologia em vários projetos fazendo parte cada vez mais assídua do léxico utilizado pela indústria (Khemlani, 2012). Entre os países com maior adesão ao BIM estão os EUA, Canadá, Austrália, Singapura, Reino Unido, Finlândia, Dinamarca, Noruega e Suécia.

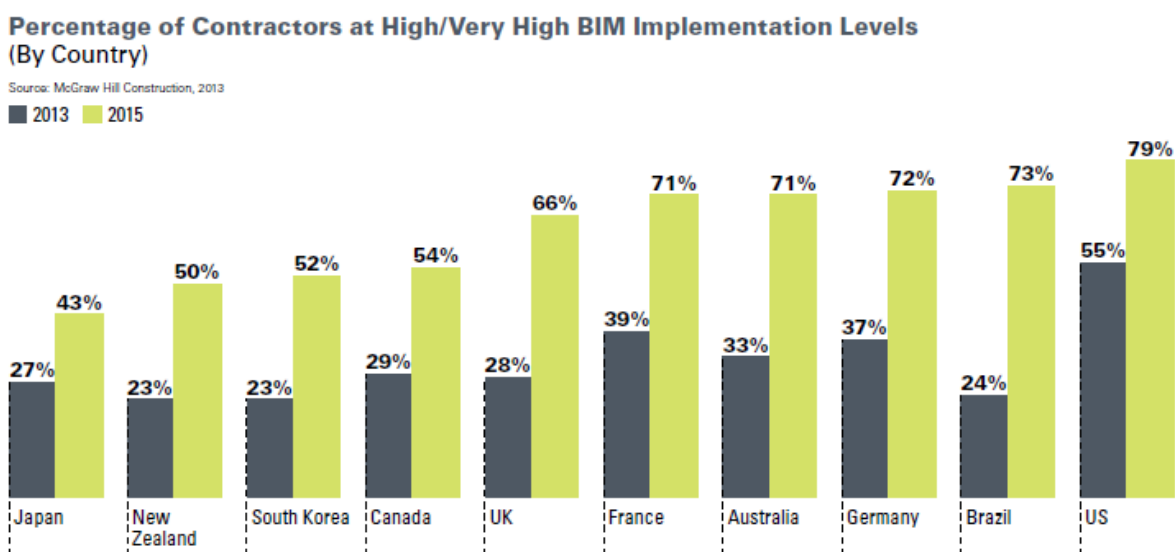


Figura 2.1 – Percentagem de empreiteiros com níveis alto/muito alto de implementação BIM, McGraw Hill Construction, 2013

A filosofia de trabalho com modelos BIM já é bastante conhecida e é aplicada em diversos países nomeadamente nos mais desenvolvidos. Como demonstrado na Figura 2.6, os Estados Unidos estão na linha da frente no que diz respeito à implementação de práticas BIM pretendendo manter essa posição no futuro. Nesta projeção é possível reparar que mesmo os países com taxas de implementação mais baixas pretendem investir nesta tendência

2.1.2.1 Europa

Em 2010 pouco mais de 36% da indústria AEC europeia afirmou ter adotado BIM em contraste com os 49% da indústria norte americana que já havia adotado BIM nos seus projetos (Figura 2.7) (Construction, 2010).

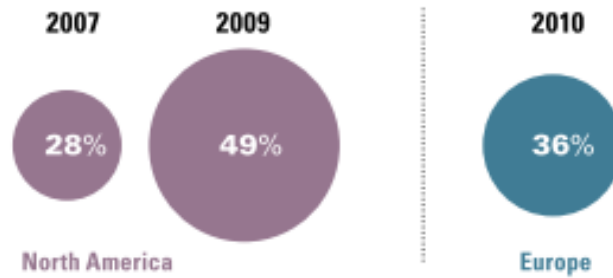


Figura 2.2 – Adoção do BIM na América do Norte vs. Europa, McGraw-Hill Construction, 2010

No Reino Unido a adoção do BIM é liderada pelos arquitetos seguidos por engenheiros e empreiteiros. À semelhança do que acontece no Reino Unido, na Alemanha são também os arquitetos que apresentam uma maior percentagem de adoção do BIM seguidos por engenheiros e empreiteiros. Diferenciando-se dos dois países anteriores, os profissionais da indústria da construção com maior taxa de adoção do BIM em França são os engenheiros seguidos dos arquitetos e empreiteiros (Construction, 2010).

As condições climáticas sentidas nos países como a Finlândia, que dispõe de uma “janela” de tempo muito reduzida para praticar a construção, fizeram com que estes adotassem desde muito cedo tecnologias que os ajudassem a desenvolver a pré-fabricação, recorrendo a modelos ricos em informação que por sua vez os levaram até ao BIM. A Finlândia é um dos mais avançados países mais avançados na implementação do BIM, o que é consequente do seu desenvolvimento tecnológico aliado a uma pequena indústria que apresenta um grande histórico de transparência e confiança, possuindo assim excelentes características para o desenvolvimento próspero da metodologia BIM (WSP, 2013). Na Finlândia, a agência de serviços de propriedade do Estado, *Propriedades do Senado*, tem vindo a exigir o uso de BIM para os seus projetos desde 2007 (Construction, 2014).

2.1.2.2 América do Norte

Um recente relatório publicado pela *McGraw Hill Construction* afirma que os empreiteiros da América do Norte são os mais avançados no uso do BIM quando comparados com os empreiteiros do resto do mundo tendo como objetivo continuar a investir para aumentar o seu uso (Construction, 2014). Os EUA são um dos países líder no desenvolvimento de iniciativas BIM, sendo notória a parceria entre as empresas de construção, universidades e organizações nacionais (Caires, 2013). Como resultado dos vários projetos de investigação têm vindo a surgir documentos que servem de suporte à implementação do BIM em projetos colaborativos (Saluja, 2009).

Na América do Norte, BIM é usado principalmente em projetos de construção. Especificamente, os empreiteiros norte americanos estão extremamente empenhados na utilização do BIM em edifícios institucionais e governamentais. Já no Canadá, o BIM é mais utilizado em projetos de infraestruturas (Construction, 2014).

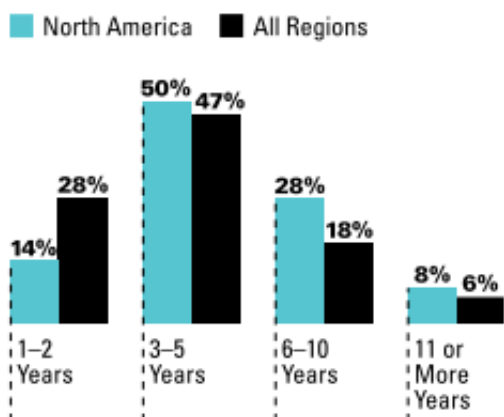


Figura 2.3 – Tempo de utilização do BIM, McGraw-Hill Construction, 2013

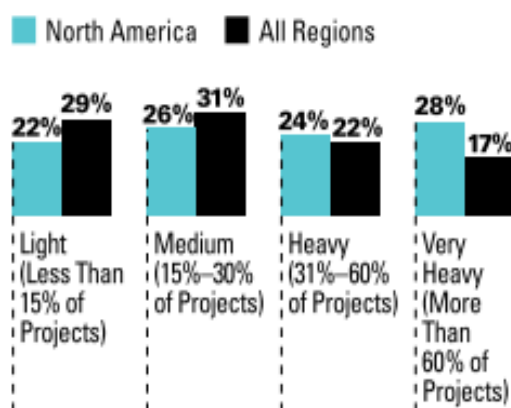


Figura 2.4 – Nível corrente de implementação BIM, McGraw-Hill Construction, 2013

2.1.2.3 Brasil

Segundo o *SmartMarket Report* os empreiteiros brasileiros ainda são relativamente novos no que diz respeito ao BIM. No entanto, eles preveem planos de investimento em capacidades e conhecimentos de construção esperando aumentar os níveis de atividade no futuro. De particular importância neste país são os benefícios de custo que o BIM pode render incluindo melhor capacidade de previsão de custos (Construction, 2014).

Length of Time Using BIM

Source: McGraw Hill Construction, 2013

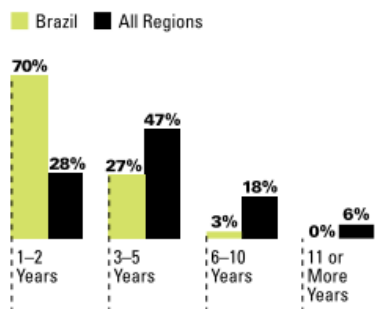


Figura 2.6 - Tempo de utilização do BIM, McGraw-Hill Construction, 2013

Current BIM Implementation Level

Source: McGraw Hill Construction, 2013

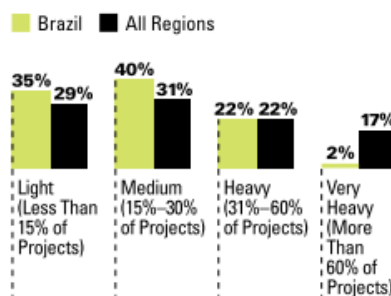


Figura 2.5 - Nível corrente de implementação BIM, McGraw-Hill Construction, 2013

Na sua

maioria os empreiteiros brasileiros utilizam o BIM em projetos de baixo nível de complexidade o que é o reflexo direto do grau de maturidade que o BIM tem no país. Os benefícios da utilização do BIM no Brasil mais citados para melhoria do produto final dos projetos/processos são redução dos custos de construção, redução de erros e omissões, melhor controlo e previsão de custos e colaboração do proprietário com os gabinetes de projeto (Construction, 2014).

2.1.2.4 Japão

Os empreiteiros japoneses estão a “entrar” no BIM de forma moderada contudo, têm reportado benefícios importantes em fazê-lo desta forma. Isso pode ajudar a estimular o seu uso com investimentos orientados tanto para as capacidades de construção bem como, para a experiência em BIM. Maiores lucros e menores custos são fatores chave para o uso do BIM neste país (Construction, 2014).

A maioria dos utilizadores de BIM japoneses utilizam-no em edifícios comerciais e industriais. De forma geral, os outros setores da construção apresentam uma utilização das práticas BIM inferiores quando comparadas com outros países mais experientes em BIM (Construction, 2014).

Os empreiteiros japoneses apontam como maiores benefícios da implementação do BIM, o marketing de um novo modelo de negócio levando ao aumento dos lucros. Para estes profissionais, os principais benefícios enumerados no que diz respeito a projetos/processos são a redução de erros e omissões, redução geral do tempo de projeto, colaboração entre proprietários e gabinetes de projeto e melhor controlo e previsão dos custos (Construction, 2014).

Length of Time Using BIM

Source: McGraw Hill Construction, 2013

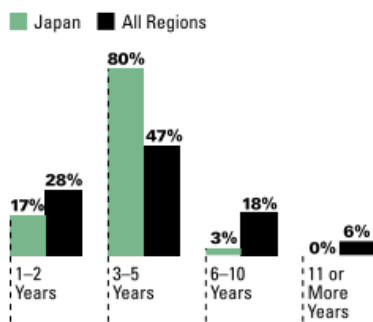


Figura 2.8 - Tempo de utilização do BIM, McGraw-Hill Construction, 2013

Current BIM Implementation Level

Source: McGraw Hill Construction, 2013

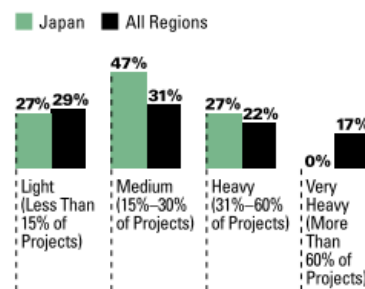


Figura 2.7 - Nível corrente de implementação BIM, McGraw-Hill Construction, 2013

2.1.3 BIM em Portugal

Atualmente em Portugal o BIM encontra-se ainda numa fase embrionária. Existem alguns movimentos a nível académico que procuram expor, por intermédio de *workshops* e conferências, as mais-valias que a implementação do BIM pode refletir no setor da AEC. É de notar que ainda que tenham vindo a ter lugar durante os últimos anos iniciativas como as referidas anteriormente, existe ainda uma grande falta de conhecimento desta metodologia por parte dos profissionais desta indústria.

Por outro lado, empresas mais inovadoras como a EFACEC e Mota-Engil, já tem alguns projetos piloto desenvolvidos em BIM e adivinha-se que os processos BIM possam vir a fazer parte de futuros projetos destas empresas.

Nesta fase, as empresas que pretendem integrar o BIM nos seus projetos ainda irão sentir alguns entraves na sua implementação. Fatores como: investimento em tecnologia, organização interna, processos, métodos de comunicação, culturais são alguns dos principais desafios com os quais

as empresas pioneiras se depararão. Ainda assim o maior dos desafios é a normalização BIM necessária para efeitos de uniformização de processos, prevenção de riscos e garantia de legalidade.

Entidades como o Instituto Português da Qualidade e iniciativas como o grupo de trabalho BIM (GTBIM), a Plataforma Portuguesa Tecnológica da Construção (PTPC) e o BIMfórum têm canalizados esforços no sentido de desenvolver normas BIM nacionais e europeias (Aguiar Costa).

2.1.4 Normas BIM

Para que a implementação total do BIM seja uma realidade, a sua regulamentação é um fator obrigatório. Por isso surgiu a necessidade de desenvolver normas e guias de boas práticas. Estes documentos contêm especificações técnicas e critérios precisos a serem desenvolvidos pelos utilizadores de forma consciente condizendo com uma regra, diretriz ou definição.

Um relatório da Universidade de Newcastle na Austrália refere que a maioria dos países industrializados estão bem informados sobre as tecnologias e processos BIM e têm vindo a promover o seu uso (Jorge Silva, 2013).

No decorrer dos últimos anos, as organizações governamentais de vários países de todo o mundo aperceberam-se do potencial do BIM, bem como dos benefícios que a sua prática pode refletir no seu setor construtivo (Khemlani, 2012).

Para tornar possível o uso deste novo modelo várias organizações sediadas em vários países, elaboraram normas/diretrizes. O AIA descreveu iniciativas que confluem numa tabela no sentido de se apresentarem as normas estabelecidas para uso do BIM a nível mundial. Na Tabela 1 é apresentada uma adaptação dessa tabela onde aparecem listadas as organizações e países que têm como principal meta regulamentar os seus processos de modelação. Após uma análise cuidada da tabela a perceção que resulta é de que a adoção das tecnologias BIM está em linha de corrida em vários pontos do globo terrestre e que, atualmente são realizados vários esforços e várias campanhas com o intuito de normalizar a sua prática (Jorge Silva, 2013).

Bem na linha da frente temos os Estados Unidos como grande motor deste movimento que, sendo uma grande potência económica, são sede de diversas organizações e universidades que têm vindo a publicar normas/diretrizes sendo que, nem todas se encontram aqui enumeradas. Já na Europa, o principal motor de arranque encontra-se na região escandinava com principal destaque para a Finlândia e Noruega que desde o princípio têm vindo a mostrar o seu enorme interesse em tornar o uso BIM como padrão na realização de inúmeros processos. A par destes países europeus, também o Reino Unido tem revelado um enorme potencial na implementação do BIM (Jorge Silva, 2013).

Tabela 1 - Alguns países com normas ou diretrizes BIM, Retirada de AIA, 2012.

País	Organização	Nome da Norma/Diretriz/Requisito	Data de Publicação
Austrália	NATSPEC	<i>NATSPEC National BIM Guide</i> <i>NATSPEC BIM Object/Element Matrix</i>	19-Set-2011
Dinamarca	<i>Erhvervsstyrelsen (National Agency for Enterprise and Construction)</i>	<i>Det Digitale Byggeri (Digital Construction)</i>	01-Jan-2007
Finlândia	<i>buildingSMART Finland</i>	<i>Common BIM Requirement 2012 (COBIM)</i>	27-Mar-2012
Reino Unido	<i>AEC (UK)</i>	<i>AEC (UK) BIM Protocols</i>	07-Set-2012
Noruega	<i>Statsbygg</i>	<i>Statsbygg Building Information Modeling Manual</i>	24-Nov-2011
Singapura	<i>Building and Construction Authority</i>	<i>Singapore BIM Guide</i>	15-Mai-2012
	<i>CORENET e-submission System (ESS)</i>	<i>CORENET BIM e-submission Guidelines</i>	25-Jan-2010
Estados Unidos da América	<i>National Institute of Building Science (NIBS) - buildingSMART alliance (bSa)</i>	<i>National BIM Standard (NBIMS)</i>	04-Mai-2012
	<i>American Institute of Architects (AIA) Contract Documents</i>	<i>E202-2008 BIM Protocol Exhibit</i>	2008
	<i>New York City Department of Design + Construction</i>	<i>BIM Guidelines</i>	01-Jul-2012
	<i>United States Department of Veterans Affairs (VA)</i>	<i>The VA BIM Guide</i>	02-Abr-2010
	<i>Indiana University Architect's Office and Engineering Services</i>	<i>IU BIM Guidelines & Standards for Architects, Engineers, and Contractors</i>	02-Jul-2012
	<i>buildLACCD (Los Angeles Community College District)</i>	<i>BIM Design-Bid-Build Standards</i> <i>BIM Design-Build Standards</i>	29-Jun-2011
	<i>LACCD BIM Standard</i>		02-Jun-2010
<i>United States General Services Administration (GSA)</i>	<i>National 3D-4D Building Information Modeling Program</i>	15-Mai-2007	

Singapura foi um dos primeiros países a avançar com um programa de implementação BIM (Aguiar Costa, n.d.) e já apresenta várias regras para a utilização de BIM a nível do sector público (Wong, Wong, & Nadeem, 2010).

2.1.4.1 COBIM - Finlândia

A publicação *Common BIM Requirements*, mais conhecida por COBIM, foi primeiramente publicada em 2007 pela organização pública Senate Properties finlandesa (Aguilar Costa). Surgiu na Finlândia como forma de resposta à rápida adoção do BIM neste país. O âmbito da criação destes documentos foi a sua utilização como apêndices para os documentos de adjudicação e contratos dirigidos a todos os intervenientes no processo construtivo durante todo o ciclo de vida da obra (Finne, 2012).

A norma COBIM está dividida em 13 séries onde se tenta regulamentar as atividades necessária para a realização de um modelo BIM, sendo elas:

- Requisitos gerais BIM;
- Modelar de uma situação inicial;
- Projeto de arquitetura;
- Projeto de MEP;
- Projeto de estruturas;
- Garantia de qualidade;
- Extração de quantidades;
- Uso de modelos para a visualização;
- Uso de modelos para a análise MEP;
- Análise energética;
- Gestão de um projeto BIM;
- Uso de modelos na gestão de edifícios;
- Uso de modelos na construção.

2.1.4.2 GSA BIM GUIDES – EUA

As normas BIM dos EUA têm resultado da compilação de várias contribuições lançadas por diferentes entidades quer sejam elas privadas, governamentais ou universidades.

A GSA é responsável pela construção e manutenção de todos os edifícios federais nos Estados Unidos tendo em 2003 estabelecido como meta imediata o programa *National 3D-4D-BIM* (Jorge Silva, 2013).

A 15 de Maio de 2007 a *General Services Administration* (GSA) tornou publica a primeira versão do *GSA BIM Guide* com o título *GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview*. Esta primeira serie é um texto introdutório que serve de suporte e arranque comum para as tecnologias BIM em aplicações gerais (GSA, 2007). Desde então a GSA tem vindo a publicar mais séries de guias e neste momento já estão as disponíveis as seguintes:

- Series 01 – 3D-4D-BIM Overview;
- Series 02 – Spatial Program Validation;
- Series 03 - 3D Laser Scanning;
- Series 04 - 4D Phasing;
- Series 05 - Energy Performance and Operations.

Com cinco séries já publicadas, neste momento prevê-se o lançamento de mais três:

- Series 06 - Circulation and Security Validation;
- Series 07 - Building Elements;
- Series 08 - Facility Management.

2.1.4.3 National BIM Standard (NBIMS) - EUA

O *NBIMS* resulta de um projeto de colaboração do *National Institute os Building Sciences* com a *buildingSMART alliance*. Esta norma procura fornecer a estrutura necessária e um quadro base de suporte ao processo colaborativo BIM atendendo às necessidades de desenvolvedores de software bem como, aos diversos profissionais da indústria AEC (NBIMS, 2013). Neste momento a última versão disponível para consulta da NBIMS é a versão 2. Esta norma está dividida em cinco capítulos:

- Âmbito;
- Normas de referência;
- Termos e definições;
- Normas de troca de informação;
- Documentos práticos;
- Anexo. Versão 1 da NBIMS lançada em 2007.

2.1.4.4 AEC (UK) BIM Protocol

Em contraste com a maioria dos países, o governo do Reino Unido tem em curso um programa legislativo com o objetivo de tornar obrigatória a utilização de BIM nas obras públicas. É possível ler-se no documento “*Government Construction Strategy*” que até 2016 para obras com custo superior a 5M£ o governo vai exigir BIM 3D totalmente colaborativo. Como resposta a esta exigência a *AEC (UK) BIM Standard Committee* lançou até à data a norma *AEC (UK) BIM Protocol*, a *AEC (UK) BIM Protocol* para o Autodesk Revit e Bentley (Jorge Silva, 2013), com o objetivo de melhorar os processos de produção, gestão e partilha de informação de projeto (Caires, 2013).

A mais recente versão do AEC (UK) BIM Protocol foi publicado em 2012 e conta com os 11 capítulos a seguir mencionados:

- Introdução;
- Melhores práticas;
- Plano de execução do projeto BIM;
- Trabalho colaborativo em BIM;
- Interoperabilidade;
- Segregação de dados;
- Métodos de Modelação;
- Estrutura das pastas e convenção de identificação;
- Estilos de apresentação;
- Recursos;
- Anexos.

2.1.4.5 Singapore BIM Guide 2013 Version 2

Singapura foi um dos primeiros países a colocar em ação um de implementação BIM. O responsável pelo desenvolvimento do *Singapore BIM Guide 2013* é a *Building and Construction Authority (BCA)*. Este guia procura delinear os diversos usos, procedimentos e profissionais que estão envolvidos em projetos de construção com aplicação do BIM e encontra-se dividido em três capítulos, (BCA, 2013):

- Introdução;

- Especificações BIM (*what*);
- Modelação e processos de colaboração BIM (*how*).

2.2 BIM nos sistemas MEP – Mechanical Electrical and Plumbing

Os sistemas mecânicos, elétricos e de águas, também conhecidos por sistemas MEP, são sistemas que regulam a temperatura ambiente de um edifício, distribuem a energia elétrica, permitem a comunicação, distribuem água e conduzem redes de esgotos (Barton, 1983). Estes projetos envolvem o dimensionamento das redes e a definição dos locais dos diferentes componentes das infraestruturas tratando-se muitas vezes de locais de espaço reduzido onde é necessário evitar interferências multidisciplinares bem como, respeitar o projeto diversificado e respetivos critérios operacionais.

Com a crescente necessidade de melhorar as condições e a qualidade do interior dos edifícios, novos sistemas têm vindo a ser desenvolvidos sendo que neste momento os projetos MEP já não incluem somente os sistemas tradicionais. Atualmente fazem parte das infraestruturas sistemas adicionais como os de proteção e deteção de fogo, controlo, telefone e internet (T M Korman, Simonian, & Speidel, 2010). Em obras especiais, este tipo de sistemas, pode representar até 60% do custo total de um edifício.

Entende-se que os projetos de infraestruturas MEP podem por vezes ser bastante complexos e tecnicamente desafiantes, principalmente quando falamos de obras “*high-tech*” ou hospitalares. A sua coordenação constitui um desafio que exige grande esforço por parte das equipas coordenadoras e recorre às suas capacidades de visualização 3D. Os sistemas MEP desenvolvem-se num espaço limitado e invisível ao utilizador comum, obedecendo a critérios rigorosos de conceção, construção e manutenção (Olofsson, Lee, & Eastman, 2008).

Por outro lado, os proprietários devem ser capazes de gerir e avaliar o alcance do projeto tendo em conta as suas próprias necessidades em cada fase do projeto, o que muitas vezes envolve uma análise espacial e funcional do mesmo. Hoje em dia, este é um processo manual e os proprietários dependem dos projetistas e do auxílio de desenhos, imagens e *renders* para entender o projeto, devido à complexidade de alguns projetos por vezes nem sempre é possível satisfazer na totalidade as vontades do cliente.

2.2.1 Modelação MEP

A figura do modelador BIM MEP entra em ação quando o projeto de arquitetura deixa de estar na fase de conceito passando a estar mais próximo do produto final. Nesta fase pressupõe-se

que também a estrutura já esteja relativamente definida em termos de localização dos componentes estruturais. A modelação surge na fase de pré-construção e focando-se na definição paramétrica e espacial dos sistemas MEP, coordenação dos modelos e criação de desenhos e detalhes de projeto.

O BIM não é um *software* contudo não existe sem um software de modelação, análise ou simulação. Existem várias ofertas no mercado de *software* de modelação BIM. A *Autodesk, Inc.* é indiscutivelmente a líder do mercado e disponibiliza uma grande variedade de softwares como, o *Navisworks*[®] para revisão, coordenação e simulação de projetos, o *Revit*[®] para modelação e o *Vasari*[®] para análise energética, entre outros.

Existem no entanto vários bons softwares de modelação 3D de outros fornecedores sendo o maior concorrente do *Revit*[®] é o *ArchiCAD*[®] da *Graphisoft, Inc.*. Este é um *software* muito completo que contém uma interface intuitiva com bastante força no Brasil e na Europa enquanto o *Revit*[®] é o mais utilizado nos EUA. Uma das grandes vantagens do *ArchiCAD*[®] é a sua compatibilidade com os sistemas operativos Windows e MacOS.

Existem ainda muitos outros *softwares* BIM de menor popularidade como o *Bentley*[®] *Architecture*[®], *3D CAD Architecture*[®], *Vectorworks*[®] que, embora não sejam tão utilizados como os anteriores, contêm as suas potencialidades e têm a vantagem de apresentarem custos menores comparados com os anteriores.

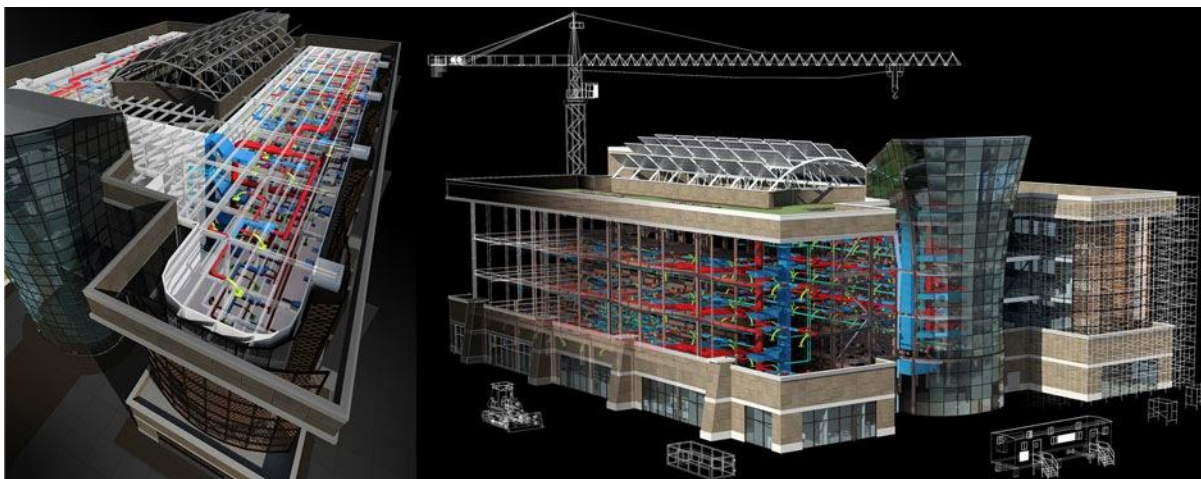


Figura 2.9 – Exemplo de um projeto MEP

Cada *software* oferece uma vasta panóplia de ferramentas de auxílio à modelação. Na Figura 2.10 surge um exemplo de algumas das ferramentas disponíveis no Revit da Autodesk.



Figura 2.10 – Ferramentas de modelação MEP no Revit

As ferramentas de modelação são bastante intuitivas e apresentam-se agrupadas pelos diversos sistemas da seguinte forma: sistema AVAC, mecânico, elétrico e de canalizações e tubagens. Cada um destes grupos dispõem de várias ferramentas específicas de cada sistema ou família de objetos.

No caso do Revit a modelação de um tubo ou de um duto pode ser alcançada de duas formas. A primeira é através da colocação do tubo/duto já com as características intrínsecas como, diâmetro, caudal, material. A segunda pela definição do local onde este se deverá situar definindo-se neste caso apenas uma “linha de local”. Nesta segunda forma de abordagem seguida á definição do traçado é possível definir as características como o material ou sistema e o dimensionamento pode ser feito de forma automática recorrendo à ferramenta de cálculo.

Outro recurso bastante importante para a modelação MEP são os objetos paramétricos. Existem algumas bibliotecas *online* de onde é possível extrair objetos paramétricos como sanitas e lavatórios. Estes objetos são disponibilizados *online* pelos fabricantes e incluem as características que lhes são inerentes. No caso das sanitas estas têm disponíveis informações como o diâmetro dos conectores o que constitui um fator indispensável para o dimensionamento automático de sistemas Figura 2.11.

O processo de modelação é um processo multifacetado, pelo que a modelação de um elemento pode ser alcançada de diferentes formas. Por esta razão, esta atividade deve ser regulamentada através de normas. No caso da norma COBIM, os projetos MEP são contemplados em dois capítulos, nomeadamente, “Parte 4 – Projeto de MEP” e “Parte 9 - Uso de modelos para análise MEP”. A parte 4 pretende definir algumas regras dirigidas para a forma como a modelação deve ser executada e define a informação contida nos projetos.

Já na parte 9 são descritas as possibilidades que a modelação traz à análise MEP, documentando as possibilidades do uso do modelo para a simulação da circulação do ar e análise dos custos do ciclo de vida do edifício.

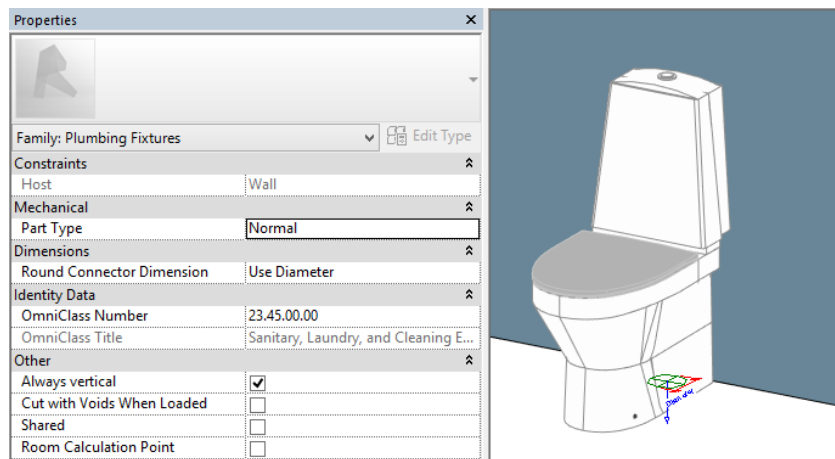


Figura 2.11 – Exemplo de um objeto paramétrico

2.2.2 Coordenação de projetos MEP

Durante os últimos anos a forma comum de coordenação de modelos MEP não foi muito além da comparação direta entre desenhos. Esta metodologia consiste no desenvolvimento detalhado do projeto de cada especialidade, para consecutiva análise de potenciais conflitos e objeções à fase de montagem dos sistemas. Recorre-se a uma mesa de luz para comparação dos desenhos (Olofsson et al., 2008). Estes mesmos conflitos são identificados numa folha transparente para uma resolução atempada e de acordo com o plano previamente estabelecido para conclusão do projeto. Esta metodologia é ainda utilizada em muitos dos projetos, ainda que esta forma de coordenação condicione a evolução do projeto pela lentidão que apresenta e por ser bastante dispendiosa (Tatum & Asce, 2003). Tipicamente, o custo da coordenação de projeto representa cerca de 2% do custo total da construção. Sendo que este processo pode traduzir-se em centenas de milhões (Kostelni, 2008).

A prática atual envolve o uso de conhecimento fragmentado para realizar a coordenação do sistemas MEP (Tatum & Asce, 2003) e está diretamente ligado à baixa produtividade registada na indústria da construção que, muitas vezes leva a que os conflitos apenas sejam identificados já em fase de construção refletindo-se em atrasos na sua resolução no terreno de obra e efetivamente no aumento do custo total da obra devido a retrabalhos para resolução desses conflitos. O processo corrente de trabalho oferece uma larga margem para melhorias (Tatum & Asce, 2003).

É fácil identificar vários problemas existentes no atual processo de coordenação já que se trata de um processo lento e de elevados custos. Por vezes a data de término da obra e os orçamentos sofrem alterações que prejudicam o decorrer do processo uma vez que, são necessárias várias reuniões para resolução de conflitos que acabam por não ser fundamentados e onde por vezes o avanço na sua resolução é ténue. Este é um processo iterativo que “consome” tempo e recursos humanos.

É também um processo fragmentado, pois as reuniões de coordenação têm lugar quando um problema acontece (pontualmente) e não de forma sequencial. A coordenação envolve intervenientes de diferentes especialidades o que, por vezes pode representar um desafio devido aos diferentes conhecimentos de parte a parte dos envolvidos bem como a sua disponibilidade.

A introdução das ferramentas BIM nos projetos de construção permite a redução de erros e omissões, a redução de trabalhos repetidos e um melhor integração dos proprietários no projeto, estas foram algumas das principais vantagens apontadas pelos empreiteiros norte americanos conforme ilustra a Figura 2.12.

Contractors Citing BIM Benefit as Among Top Three for Their Company

Source: McGraw Hill Construction, 2013

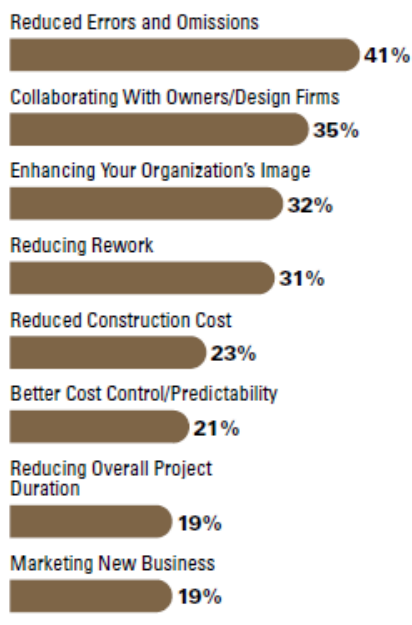


Figura 2.12 – Benefícios identificados pelos empreiteiros, McGraw Hill Construction 2013

Grande parte dos erros que acontecem durante a execução dos trabalhos em obra devem-se a uma pobre documentação, falta de desenhos ou detalhes. No quinto relatório anual FMI/CMAA de proprietários em 2004, 70% dos proprietários afirmaram sentir um decréscimo na qualidade dos desenhos técnicos. Para pequenas empresas qualquer retrabalho pode significar passar da margem de lucro para perda. A utilização de um *software* BIM permite a coordenação e execução automática de desenhos técnicos, vistas, mapas de trabalhos e relatórios permitindo baixar drasticamente erros neste tipo de documentos.

Mesmo com a ajuda das tecnologias mais recentes, *software* 3D-CAD, pode ser necessário recorrer ao auxílio de desenhos de cortes e vistas projetadas para visualizar espaços com grande congestionamento de componentes. Em alguns casos extremos, os empreiteiros podem mesmo ter de construir maquetas em grande escala de áreas muito congestionadas para identificar locais de conflito com o objetivo de aliviar as preocupações ligadas às vertentes da construtibilidade, operações e manutenção (T M Korman et al., 2010). Muitos profissionais da indústria da construção afirmam que a coordenação dos sistemas MEP é uma das mais desafiantes tarefas que se pode encontrar num projeto de construção (Tatum & Korman, 2000).

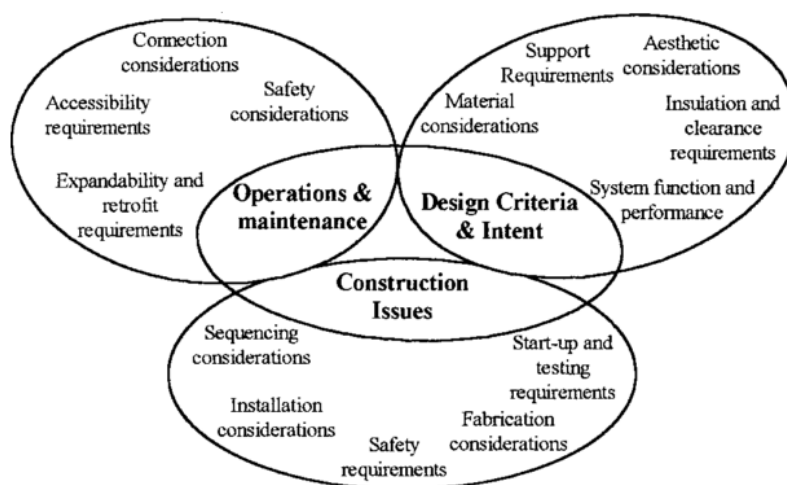


Figura 2.13 – Conhecimentos base para coordenação MEP (Tatum & Asce, 2003)

Existem vários fatores que tornam a coordenação de sistemas MEP baseada em desenhos 2D, uma das tarefas mais desafiantes, lentas e caras que se pode ter num projeto de construção. Dentro destes fatores vêm a enormidade de desenhos produzidos pelos diferentes atores em que a perçetibilidade se torna confusa, a descoberta de erros que leva ou não a alterações do projeto gerando incerteza de responsabilidade pelos profissionais, o número elevado de participantes

que este modo de coordenação envolve e, a constante atualização dos projetos de arquitetura e estrutura.

Um estudo realizado em 2013 por Chang Lee e Joghoon Walter Kim teve como objetivo a comparação entre duas abordagens diferentes de coordenação, a coordenação sequencial e a coordenação paralela. Para alcançar o objetivo a que se propunham os autores contrataram dois coordenadores a quem foram atribuídas diferentes áreas, de um edifício farmacêutico, com densidades de sistemas mecânicos identificadas para serem coordenadas utilizando os dois métodos distintos. Este estudo revelou que a coordenação sequencial é três vezes mais rápida que a coordenação paralela (Lee & Kim, 2014a).

A coordenação MEP vai mais além do que a coordenação de desenhos, como representa a Figura 2.13. A coordenação passa também pela integração dos sistemas MEP na envolvente arquitetónica e estrutural, o que leva à criação de matrizes de equipamento e seleção de fornecedores, pela instalação e programação de compras para os sistemas MEP e aquisição de desenhos dos fornecedores para componentes de sistemas MEP (T M Korman et al., 2010).

Podem ser consultadas na Tabela 2 algumas das mais comuns interferências identificadas num estudo elaborado por Tatum (Tatum & Asce, 2003).

A coordenação MEP é essencial para o bom funcionamento do edifício e o resultado ideal de uma boa coordenação é aquele que combina de forma económica os critérios de projeto e a performance das infraestruturas (Thomas M Korman, Simonian, & Speidel, 2008).

Segundo Korman, os profissionais desta indústria consideram um sistema de infraestruturas bem coordenado aquele que inclui os seguintes parâmetros (T M Korman et al., 2010):

- Uso mínimo de acessórios e conexões;
- Agrupamento e centralização de sistemas similares;
- Agrupamento de sistemas similares à mesma cota;
- Encaminhamento de sistemas no padrão de grelha e perpendiculares às paredes da construção, mínimo número de linhas diagonais;
- Acesso adequado para operações de manutenção;
- Espaço suficiente para uma eventual futura expansão.

Tabela 2 – Tipos e descrição de interferências – adaptado a partir de (Tatum & Asce, 2003)

Tipo de interferência	Descrição
Física	Uma interferência física ocorre quando dois ou mais componentes interferem fisicamente.
Prolongada	Uma interferência prolongada ocorre quando o componente interfere com um espaço alargado, como um caminho de acesso para manutenção que está associado a outro componente.
Funcional	A interferência funcional ocorre quando o engenheiro posiciona dois ou mais elementos de tal forma que a sua localização impede o seu bom funcionamento. Por exemplo quando o duto bloqueia a luz de um candeeiro.
Temporal	As interferências relacionadas com o tempo ocorrem quando um engenheiro posiciona um componente de tal forma que esta irá impedir ou dificultar a sequência da construção.
Futura	Interferências futuras ocorrem quando os projetistas posicionam componentes em localizações que não permitem efetuar operações de rotina e manutenção nem expansão futura.

A indústria da AEC está em constante mudança sendo a tecnologia o principal impulsionador desta mudança. Em tempos, foram usadas mesas de luz para comparar desenhos que mais tarde foram trocadas pelas ferramentas CAD e CAD 3D que, por sua vez a pouco e pouco têm vindo a ser substituídas pelas ferramentas BIM.

As ferramentas e os processos BIM vêm de certa forma amenizar os esforços e integrar os proprietários na coordenação e regulamentação de infraestruturas cada vez mais complexas. A coordenação passa a ser feita de forma semiautomática recorrendo a modelos 3D com todas as especialidades completamente integradas. Com a utilização de *softwares* BIM a coordenação MEP ganha nova forma tornando-se mais rápida, eficaz e consumindo menos recursos resultando na sua otimização.

2.2.3 Interoperabilidade em projetos MEP

Um dos grandes desafios da indústria construção é a organização da informação e dos vários membros do projeto. Enquanto a construção de um carro é feita em serie por uma mesma equipa de trabalho, na construção de edifícios o cenário é bastante diferente. Uma equipa de projeto pode ser composta por arquitetos, empreiteiros, engenheiros, orçamentistas, etc. Cada um destes intervenientes necessita de diferentes informações relativas à construção. Na ótica do processo tradicional este método de trabalho resulta, frequentemente, em erros omissões e até perda de informação.

“A interoperabilidade pode ser definida como a habilidade de implementar e gerir relações colaborativas entre membros de um projeto multidisciplinar” (Parreira & Cachadinha, 2012). Sendo que os projetos MEP integram várias equipas de diferente disciplinas, questões relacionadas com a interoperabilidade, são fulcrais.

Os projetos MEP por si só são projetos complexos e englobam engenheiros Mecânicos, Elétricos e Hidráulicos. Cada um dos participantes do projeto necessita e gera diferentes informações. Se pensarmos na perspetiva da coordenação, as informações fundamentais são essencialmente de cariz geométrico e espacial, para este processo apenas é necessário saber o espaço ocupado por cada componente de forma a evitar conflitos. Porém as informações geradas num modelo BIM por este tipo de projetos vai mais além. Se pensarmos num projeto AVAC as informações como o caudal de ar, o material, a data de instalação, são fundamentais tanto para efeitos de dimensionamento como para cálculos relacionados com a análise energética e manutenção. É por isso necessário armazenar a informação de forma clara num ficheiro de formato aberto, executável por todos os membros do projeto.

A era BIM é a era dos projetos virtuais e desta forma existem no mercado vários *softwares* de filosofia BIM. Se pelo processo anterior a comunicação era efetuadas fisicamente, o que por vezes significava, introdução manual de dados entre aplicações e duplicação de funções e tarefas (Parreira & Cachadinha, 2012), na era BIM a comunicação é feita digitalmente. Por esta razão, é necessário que os diferentes *softwares* tenham a capacidade de comunicarem entre si de forma clara sem que haja lugar para erros, ambiguidades ou amissões. Foi por esta razão que a *BuildingSmart* desenvolveu o *Industry Foundation Class* mais conhecido por IFC. Destinado ao *openBIM* o IFC é um esquema de dados em formato aberto. O IFC é utilizado na transferência de dados que representam elementos do modelo e as suas funções, entre softwares distintos (Parreira & Cachadinha, 2012).

Sendo o IFC um catalisador da informação de um projeto BIM, este formato é essencial na troca de informação num projeto MEP. Os vários projetistas recorrerem a *softwares* diferentes, por vezes baseados em linguagens diferentes, para desenvolver o seu trabalho. Após o trabalho desenvolvido é necessário integrar todos os sistemas numa plataforma comum de forma a analisar o modelo completo do projeto.

O IFC tem a capacidade de reconhecer a localização relativa exata de cada sistema bem como os seus parâmetros, ainda que tenham sido modelados em softwares diferentes. Desta forma é possível coordenar estes projetos multidisciplinares com vista à sua aprovação.

Durante o processo de coordenação é natural o aparecimento de interferências entre as várias disciplinas. Nesta altura, os autores dos projetos devem reunir-se procurando resolver estas incompatibilidades. De forma a tornar este processo mais fluido, recentemente foi apresentado um novo ficheiro de armazenamento de informação com vista à melhoria da capacidade de comunicação/colaboração entre as equipas de trabalho, o BCF.

Tem-se verificado nos países em que o BIM é já uma prática corrente a criação de bibliotecas de objetos paramétricos BIM. Uma grande parte destes objetos está voltado para projetos MEP, como torneiras, bombas hidráulicas, sanitas. Estes objetos contém informações que devem ser interpretados por todos os softwares, neste campo o IFC representa também um dos pontos fundamentais na interpretação de dados entre os softwares.

2.2.4 Integração do BCF no processo de coordenação

No seguimento da melhoria da comunicação e colaboração entre *softwares* e projetistas, foi recentemente desenvolvido um novo ficheiro chamado BCF - *BIM Collaboration Format*. Este formato de ficheiro foi apresentado, durante o ultimo ano, pela *Tekla Corporation*® e pela *Solibri*®, *Inc* à *buildingSMART* como uma ideia de utilização das normas abertas que permitisse melhorar a troca de informação entre *softwares* (Cominetti, 2014).

O BCF funciona como uma base de dados do histórico de problemas identificados no projeto sem que seja necessário o armazenamento dos seus elementos (Mogollon, 2014). Por outras palavras, o BCF é um formato para a visualização de projetos que não armazena os elementos sendo apenas possível visualiza-los. Neste ficheiro é possível armazenar *screenshots*,

comentários e estados que serão ligados aos elementos do edifício com base no esquema representado pela Figura 2.14.

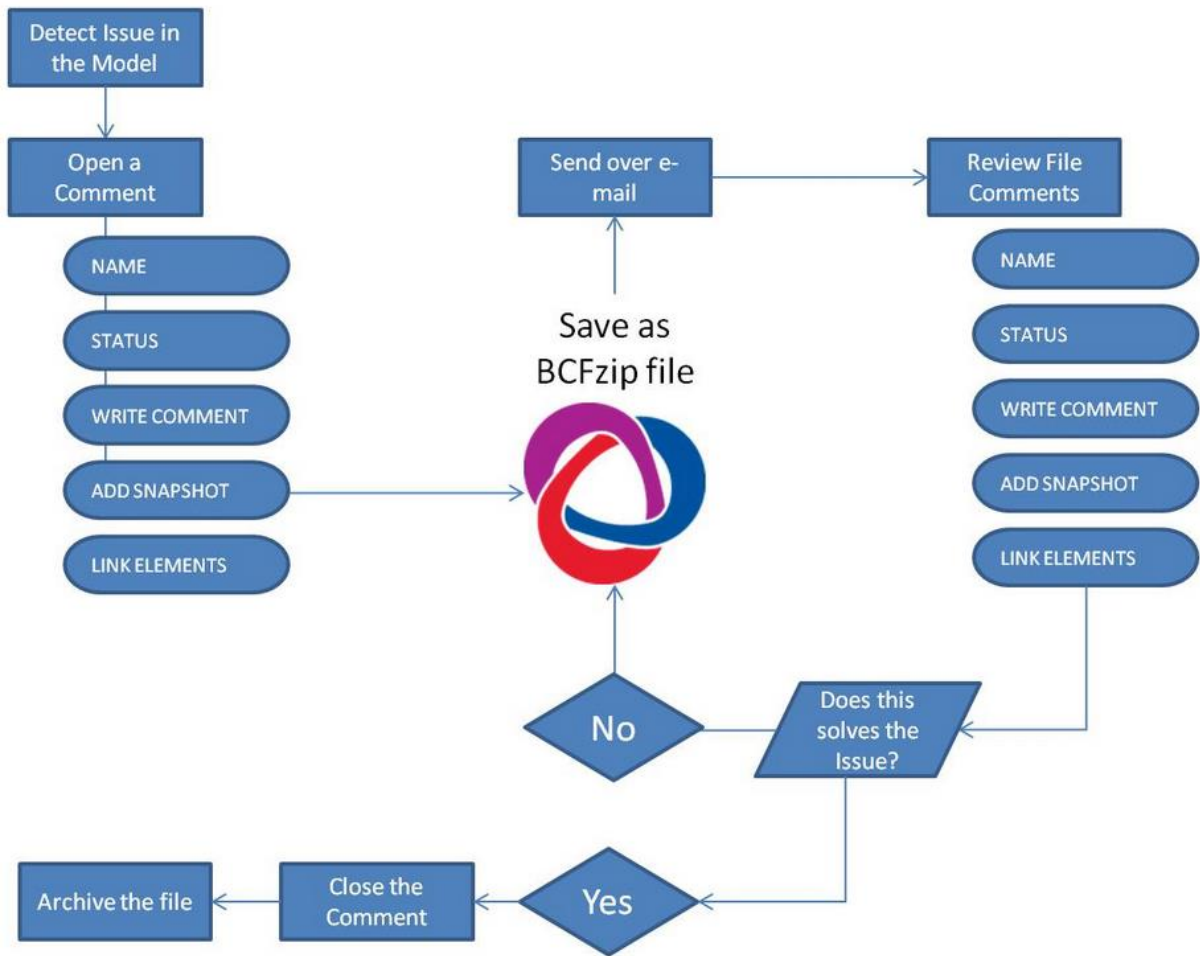


Figura 2.14 – Workflow de utilização de um ficheiro BCF

Do ponto de vista da coordenação de projetos esta é uma grande mais-valia uma vez que a comunicação entre os diferentes projetistas é melhorada e os direitos de autor estão preservados.

Num caso real o BCF funciona da seguinte forma, o coordenador BIM recebe os projetos do engenheiro mecânico em formato IFC. Ao coordena-lo com o projeto de arquitetura deteta uma interferência que necessita ser revista pelo engenheiro projetista MEP. O coordenador abre o projeto na vista onde foi detetada a interferência, capta um *screenshot* e adiciona comentários. Aos comentários são automaticamente anexados os dados pessoais do coordenador. Posteriormente é exportado um ficheiro BCF que será aberto pelo engenheiro responsável pela alteração. Ao abrir este ficheiro o utilizador é levado diretamente para a vista onde a interferência foi detetada e os comentários podem ser analisados.

2.2.5 A importância do trabalho colaborativo num projeto MEP

Várias estatísticas sugerem que os projetos MEP são aqueles que mais beneficiam com a implementação do BIM. Estes benefícios podem ser diretamente ligados à filosofia de trabalho colaborativo. Os projetos MEP incluem várias equipas que produzem vários projetos e várias informações. Com o aumento da complexidade dos edifícios não é suficiente que a coordenação de sistemas e correção de erros acontece em reuniões periódicas. A coordenação deve ser feita virtualmente recorrendo a modelos de informação da construção. Este cenário só é possível se a colaboração completa e partilha de informação for aplicada.

Os modelos BIM permitem uma relação mais inclusiva e colaborativa entre arquitetos, consultores e engenheiros. A inclusão do BIM em projetos ajuda a minimizar conflitos, erros e omissões, que ocorrem frequentemente nos projetos tradicionais 2D (Xie, Tramel, & Shi, 2011). Com os avanços registados durante a última década nas ferramentas BIM, detetar erros de projeto tornou-se numa tarefa amplamente automática tornando-se mais rápida e precisa (Lee & Kim, 2014b).

O processo de coordenação MEP de um modelo BIM passou a ser feito em três passos. Primeiro, é gerado o modelo BIM de cada sistema que posteriormente é enviado ao coordenador BIM que, a partir destes modelos cria o modelo geral de sistemas MEP. Numa segunda fase, o coordenador com recurso a um *software*, faz passar o modelo por um teste de interferências de onde resultam relatórios de erros. Na última fase é necessária uma reunião onde se procura solucionar as interferências detetadas (Lee & Kim, 2014b). Este processo é relativamente mais rápido se comparado com o processo tradicional.

O BIM torna possível que proprietários trabalhem diretamente com as suas equipas de projeto integrando o desenvolvimento das exigências programáticas e melhorando o cumprimento do programa por meio de análise espacial do modelo BIM. A interação dos diferentes atores em ambiente BIM permite uma partilha de ideias mais valiosa e diversificada recorrendo a simulações visuais. Permite também, uma resposta rápida a alterações e identificação de vários cenários e abordagens possíveis.

O BIM funciona com base na partilha de trabalho, como ilustrado na Figura 2.15. Esta forma de trabalho tem por base os valores morais dos membros do projeto exigindo respeito e confiança uma vez que, o projeto é partilhado na rede deixando de existir um autor único. O modelo central único contém toda a informação subdividida por áreas disciplinares que

permanecem num local partilhado na rede, levando a que mais do que uma pessoa possa trabalhar num mesmo projeto ao mesmo tempo. Deste modo há possibilidade de minimizar as incompatibilidades em tempo real. Por outro lado o utilizador tem a vantagem de conseguir descarregar o modelo central de forma a poder trabalhar nele individualmente podendo voltar a introduzi-lo na rede sincronizando-o e conferindo de forma automática a existência de conflitos com as outras instalações ou especialidades.

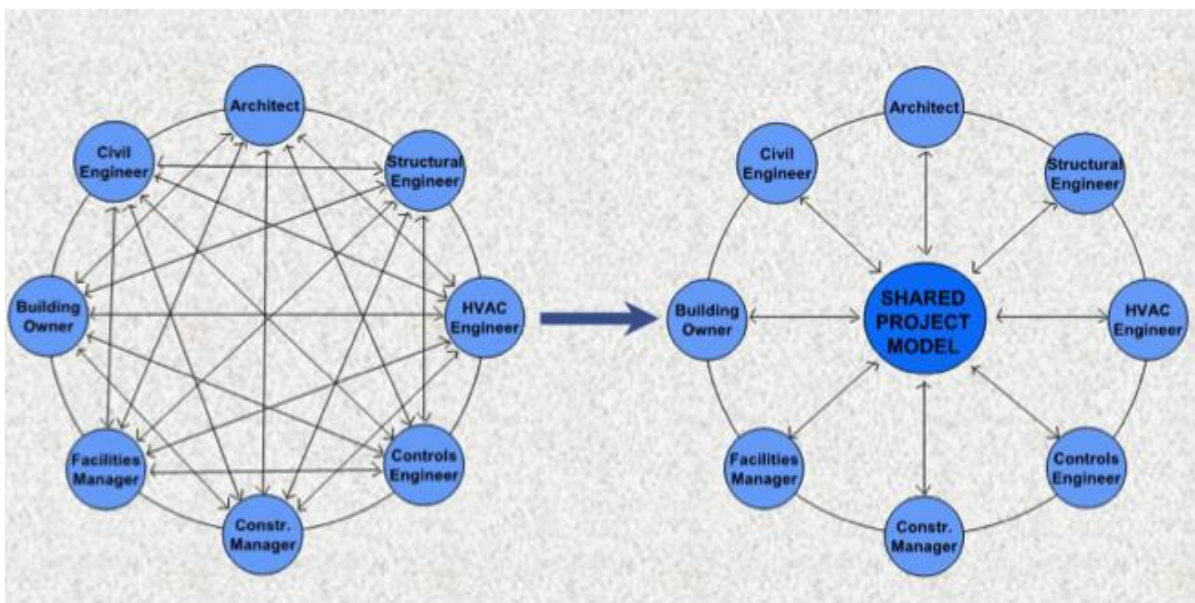


Figura 2.15 – Modelo tradicional versus modelo colaborativo

2.2.5.1 Integrated Project Delivery (IPD)

Com a implementação do BIM e do trabalho colaborativo é de prever que num futuro próximo a legislação e os métodos de trabalho do setor sejam revistos. Isto engloba a forma como os contratos são geridos e administrados. Á semelhança do que acontece nos países que já adotaram o BIM, é de prever que surjam novos modelos de contratos onde a colaboração seja privilegiada, como é o caso do *Integrated Project Delivery*, mais conhecido por IPD. Este modelo prevê uma relação mais inclusiva entre o Dono de Obra, o arquiteto, engenheiros projetistas e construtores em todas as fases do projeto. O IPD é um método relativamente novo que ganhou popularidade com o crescente uso do BIM (C. Eastman et al., 2011). Esta colaboração ajuda na recolha de informação, bem como na sua fluidez servindo de base para tomadas de decisão

O *American Institute of Architects* (AIA) define IPD como um método de contrato de projeto que integra pessoas, sistemas, estruturas de negócio e práticas num processo colaborativo que explora os talentos e ideias de todos os participantes de forma a reduzir o desperdício e otimizar a eficiência em todas as fases de projeto, fabricação e construção (AIA, 2007). O IPD alavanca antecipadamente conhecimentos e competências dos vários intervenientes, através da utilização de novas tecnologias permitindo que todos os membros da equipa contribuam com os seus melhores potenciais.

Nesta nova forma de contrato procura-se promover o trabalho conjunto e em simultâneo entre os vários membros do projeto numa mesma plataforma virtual comum envolvendo todas as fases desde o início, passando pelo projeto concetual até à entrega final. O conceito-chave é que esta equipa de projeto trabalhe em conjunto utilizando as melhores ferramentas de colaboração ao seu alcance de forma a garantir que o projeto atenda aos requisitos do proprietário reduzindo significativamente em tempo e custo (C. Eastman et al., 2011).

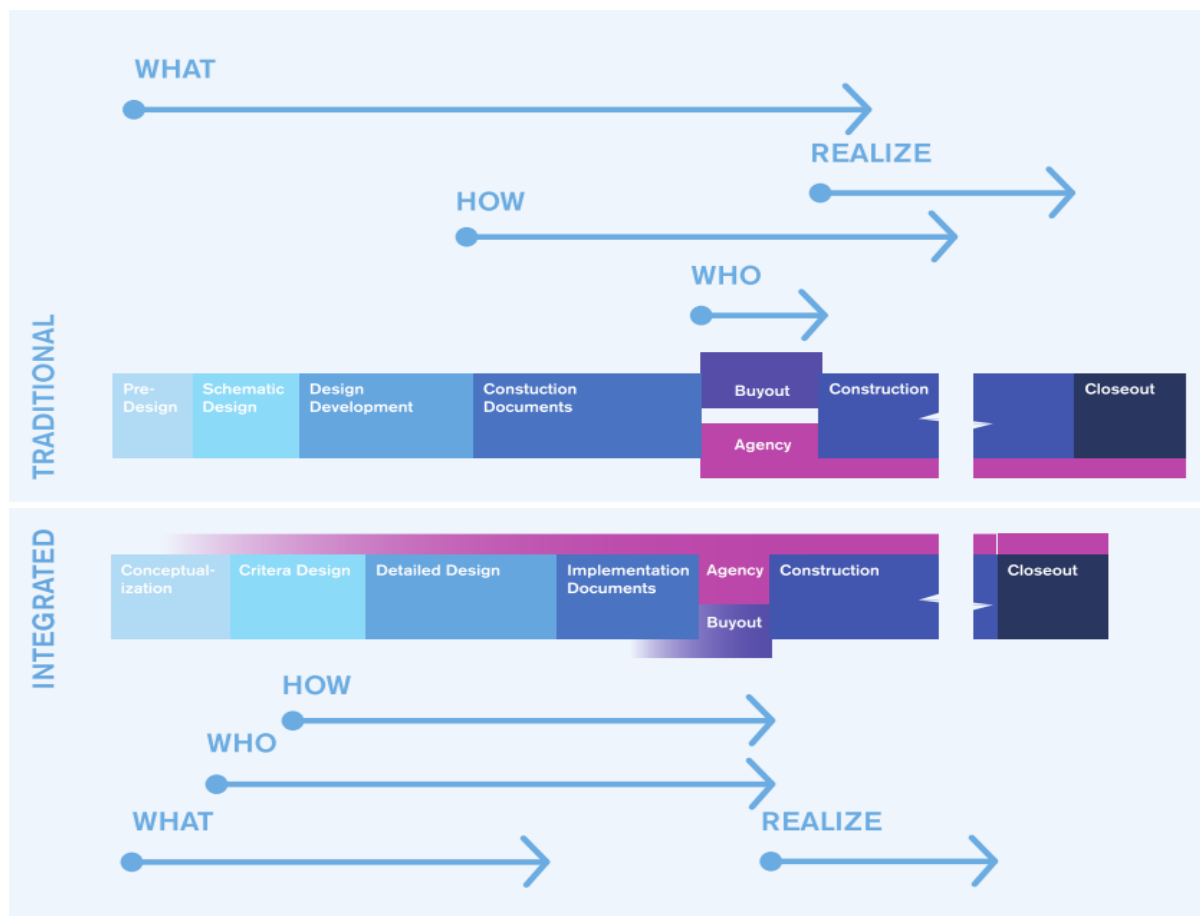


Figura 2.16 – Método tradicional vs método colaborativo

O IPD baseia-se em oito princípios essenciais (General Services Administration, 2007):

- Respeito mútuo;
- Mútuo benefício;
- Previa definição de objetivos;
- Elevada comunicação;
- Normas abertas bem definidas;
- Tecnologia apropriada;
- Alta performance;
- Liderança.

Com a implementação de modelos de informação nas práticas de trabalho tradicionais são esperadas alterações significativas. Como pretende ilustrar a antevisão das decisões de projeto provocadas pelo uso do BIM desde as primeiras fases do processo construtivo poderá ser um veículo que conduzirá a um número de vantagens bastante relevantes (J. Martins, 2009).

Analisando a Figura 2.17 é possível verificar que é nas fases iniciais que os projetistas têm mais controlo sobre o custo associado a decisões do projeto e que com o decorrer do tempo, esse controlo vai sendo eliminado e o custo ligado às alterações do projeto aumenta drasticamente. É também possível verificar que no processo tradicional o maior esforço está concentrado a meio do tempo de duração do projeto, coincidindo com a fase de produção de documentos. Já no processo colaborativo o maior esforço situa-se nas fases preliminares do projeto, resultando numa translação do gráfico para a esquerda.

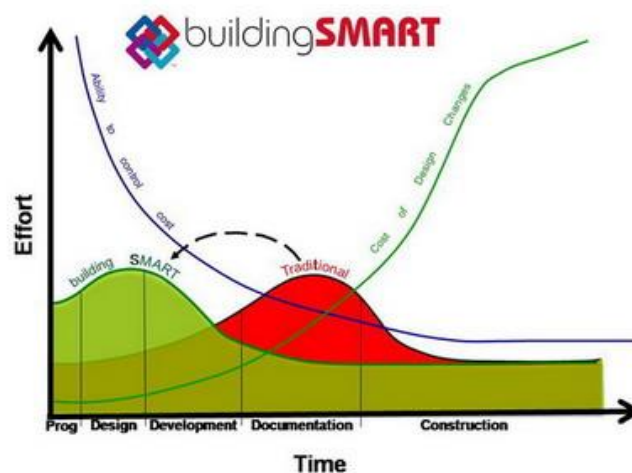


Figura 2.17 - Vantagens decorrentes da antecipação de decisões de projeto. Curva de MacLeamy (CURT 2004)

Esta nova metodologia resulta em enormes vantagens quer para o proprietário quer para os vários membros do processo construtivo. Esta prática permite que o projeto seja alterado em qualquer fase sem que essa alteração resulte em custos significativos, pois a generalidade dos desenhos e documentação são produzidos de forma automática. As medições serão atualizadas sempre que o projeto for modificado. Os diferentes projetistas podem verificar as incompatibilidades entre os seus projetos de forma automática, o que resulta em menos erros de projeto que normalmente só eram detetados em fases mais avançadas, nomeadamente na fase de construção.

Esta nova forma de trabalho partilhado permite otimizar os projetos não só em tempo mas também em recursos e custos. Todos os membros, proprietário, arquitetos, engenheiros e construtores, entram em processo de colaboração no início do projeto (Xie et al., 2011).

2.2.6 Benefícios da implementação BIM nos projetos MEP

O BIM terá um grande impacto na indústria da construção e muitos dos problemas enfrentados pelo sector serão resolvidos com a sua ajuda. Problemas de produtividade, como retrabalhos, erros e omissões, podem resultar em atrasos nos prazos de entrega e derrapagens orçamentais, problemas estes que o BIM ajuda a minimizar ou até mesmo a extinguir (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2010).

Para cada um dos intervenientes num projeto de construção, o BIM traz diferentes vantagens mas, quando falamos de projetos MEP é ainda mais fácil identificá-las pois normalmente são projetos muito complexos e o BIM irá trazer muitas melhorias não só na fase de conceção como também na fase de planeamento, execução do projeto e manutenção do edifício.

Alguns dos benefícios que advém da sua utilização são (Smith & Tardif, 2009):

- Decisões mais fundamentadas em termos de especificações e custos em fase de projeto;
- Através da demonstração do âmbito de trabalho aos subempreiteiros durante a fase de concurso, eliminam-se ambiguidades, reduzem-se custos de contingência em sub-propostas através do aumento da clareza;
- Redução de mudanças de projeto durante a fase de construção;
- Menos desperdício e atrasos durante a fase de construção;
- Melhor planeamento para coordenar subempreiteiros e fornecedores de materiais;

- Melhoria de comunicação tanto em fase de projeto com durante o processo de construção. Os modelos BIM podem criar cadernos de encargos e desenhos que podem ser usados para identificação de conflitos antes da fase de construção;
- Cenários de construção otimizados podem ser alcançados utilizando recursos de custos e estudando alternativas de acessos;
- Geração de desenhos ou modelos 3D precisos para futura gestão de instalações;
- Melhor documentação para efeitos de acreditação LEED;
- A melhor sequência de construção pode ser alcançada combinando um modelo BIM com um projeto de planeamento obtendo-se um simulação 4D;
- Melhoria da segurança pública e minimização do risco de desastres.

Um verdadeiro modelo BIM é aquele que tem a capacidade de ser utilizado durante todo o ciclo de vida de um edifício. Quando aplicado à fase de manutenção percebe-se que os sistemas MEP tem um papel fundamental e ter o controlo sobre os mesmos é indispensável. Através da integração da informação do modelo BIM com a tecnologia domótica poderá ser possível ter mais controlo sobre os gastos dos edifícios.

2.3 BIM 4D

Um planeamento eficiente é um dos princípios mais importantes num projeto de construção e tem influência direta no seu sucesso (Chevallier & Russell, 1998). É uma tarefa que deve ser executada com o máximo de profissionalismo e recorrendo a ferramentas que nos possam ajudar a tomar as melhores decisões. O setor da construção é altamente competitivo existem várias empresas que oferecem o mesmo tipo de serviço. Para se manterem no mercado as empresas tem de evoluir procurando aumentar a sua produtividade e competitividade, a forma de o fazerem passa pela adoção de novos processos e tecnologias.

Neste capítulo procura-se explorar alguns conceitos que servirão de suporte ao capítulo 3.

2.3.1 Planeamento e controlo

Um bom planeamento de projetos envolve evitar problemas, enfrentar novos caminhos, gerir grupos de pessoas e tentar alcançar objetivos muito claros com rapidez e eficiência (Alshawi & Ingirige, 2003). Este trabalho deve ser assegurado por um gestor de projeto e requer alto conhecimento do projeto e experiencia. Tendo esta máxima como base, a indústria da construção tem adotados novos processos que procuram facilitar a visualização da obra e da sequência construtiva.

“Planear obras é realizar um “plano” de atividades e indexá-las ao calendário. No fundo, é decompor a obra em “tarefas” ou “atividades” elementares e definir para cada uma, datas de início e fim e folgas de realização” (Faria, 2010). Planeamento de obra é apenas uma das partes da gestão de um projeto mas talvez seja a mais importante ao nível da conceção do mesmo. Ou seja, pode traduzir-se na maneira como se conseguem atingir os objetivos do projeto de um modo mais ou menos satisfatório (Araújo, 2012).

A tarefa de planeamento tem um papel fundamental no desenrolar de uma construção tanto a nível de cumprimento de calendário, como de gestão de recursos humanos e materiais. É uma tarefa que deve ser executada desde cedo, possibilitando assim a identificação de potenciais problemas em fases preliminares da construção, ou mesmo em fases anteriores. Num planeamento deve ser possível identificar o que deve ser feito, como deve ser feito, quem o deve fazer e quando de ser feito. Deve ainda antecipar possíveis condicionalismos às atividades bem como o tempo e os custos disponíveis para cada tarefa.

Um planeamento deficiente pode ter consequências desastrosas quer para a obra quer para a empresa que a executa. Uma tarefa mal calculada/executada pode resultar em atrasos e consecutivo aumento de custo o que pode colocar em risco o sucesso de uma obra.

As ferramentas de planeamento de obra disponíveis hoje em dia, como gráficos de barras, diagramas de rede, linha de balanço, histogramas de recursos, não representam/comunicam de forma efetiva os aspetos temporais e espaciais. Como consequência, estas ferramentas não facilitam o trabalho dos gestores de obra quando é necessário proceder a alterações de forma rápida, consumindo tempo e dinheiro, levando a derrapagens orçamentais.

O planeamento de uma construção envolve a calendarização e sequenciamento do modelo de coordenação virtual, no tempo e no espaço. Existem dois processos comuns de planeamento, o CPM (*Critical Path Method*) e a linha de balanço.

- **Método CPM**

O método CPM é a técnica mais comum para organizar planeamentos de obra. Trata-se de um simples processo de encadeamento de atividades onde é estabelecida a sucessão lógica e onde são especificadas as relações de dependência entre as atividades. Habitualmente, a representação gráfica da aplicação do método é feita com base num gráfico de Gantt ou num gráfico de barras cuja unidade de medida é simplesmente o tempo (Monteiro & Martins, 2011).

O método CPM assenta em quatro pressupostos:

- Listagem das atividade necessárias para a execução do projeto.
- Duração de cada atividade.
- Dependência entre atividades.
- Conexões lógicas entre atividades.

Os gráficos de Gantt, Figura 2.18, foram criados por Henry Gantt em 1917 como forma de resposta aos problemas de planeamento da indústria daquela altura, facilitando a visualização do encadeamento das tarefas. Desde então, estes gráficos têm sido o padrão na representação de planeamentos de atividades.

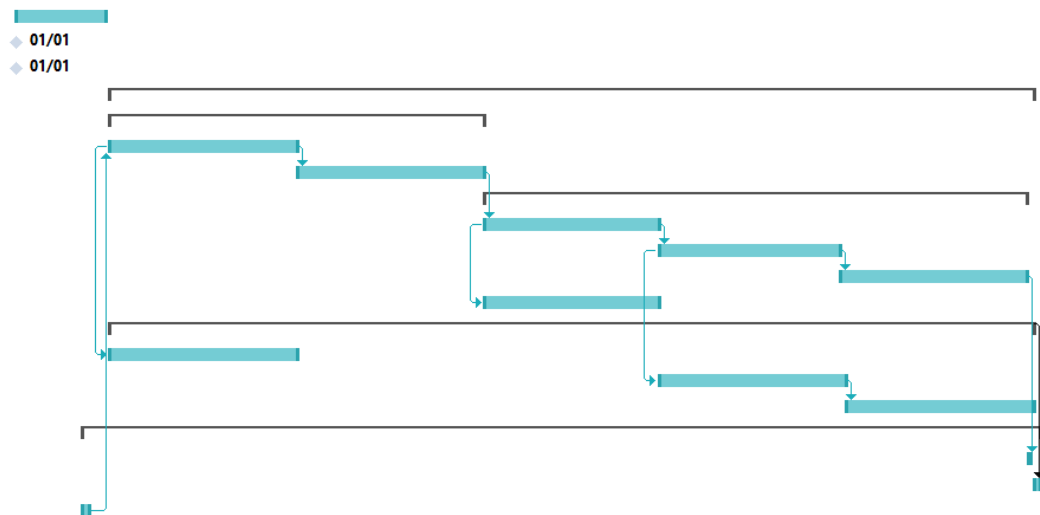


Figura 2.18 – Exemplo de um gráfico de Gantt

A utilização destes gráficos permite a alocação de recursos, quantidades e custos mas por outro lado, são bastante omissos no que diz respeito à representação de localizações, representação da continuidade de tarefas, na visualização de dependências, na otimização do programa, na movimentação das equipas de trabalho e na perceção completa da obra (Monteiro & Martins, 2011).

- **Linha de balanço**

Como forma de resposta à falta de informação no método CPM relativamente a localizações, durante a última década registou-se uma evolução assinalável na formalização dos princípios do planeamento baseado em localizações (Monteiro & Martins, 2011).

A grande vantagem do método da linha de balanço relativamente ao método CPM, está na forma como se aproxima da evolução real do fluxo de trabalho numa cadeia de produção na construção. O fluxo de recursos através de localizações e a capacidade de controlar a passagem entre atividades por localização, isto é, saber exatamente onde as equipas se localizam a dada altura, otimiza consideravelmente a gestão da construção em relação aos processos CPM (Kenley, 2004). A grande maioria dos métodos de planeamento baseados em localizações processam-se em torno da Linha de Balanço (LOB -*Line of Balance*) (Monteiro & Martins, 2011).

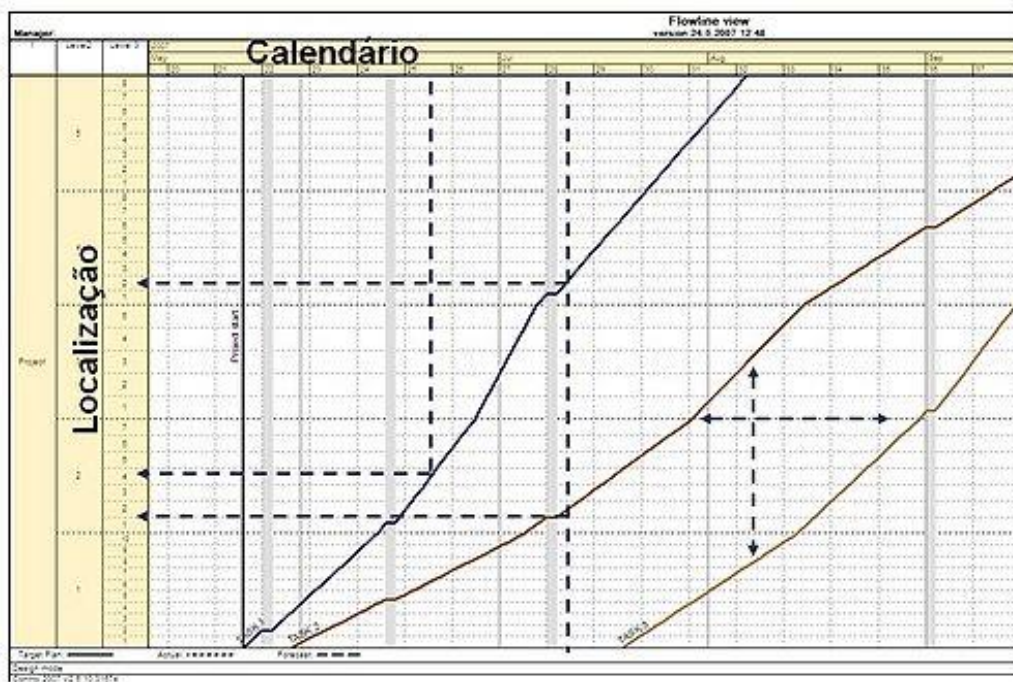


Figura 2.19 - Exemplo de Linha de balanço

A Linha de Balanço é um método gráfico de calendarização que permite ao planeador levar explicitamente em conta o fluxo de trabalho do projeto e da construção através da utilização de diagramas com linhas para representar diferentes tipos de atividades executadas pelas várias equipas de trabalho em diferentes localizações (Seppänen & Kankainen, 2004). A utilização desta técnica permite um maior entendimento da relação entre atividades na medida em que é bastante simples perceber rapidamente o que está a acontecer no projeto e, fazer a comparação com o avanço real dos trabalhos. A técnica representa sobretudo uma mais-valia na otimização e controlo da produção (Monteiro & Martins, 2011).

Se por um lado é necessário planear um projeto de construção, por outro lado, na fase de construção, é necessário controlar as atividades assegurando os prazos previstos no planeamento. Desta forma é possível evitar atrasos ou detetar pontos da obra onde é necessário o reforço de recursos humanos para garantir o cumprimento do calendário. Assim, as atividades desenvolvidas no controlo de uma construção são as seguintes:

- Medições periódicas;
- Comparação entre previsto e real;
- Análise das diferenças entre o previsto e o real;

- Conclusões e tomadas de decisões com vista à correção.

O acompanhamento de uma obra, não só garante a qualidade na execução da mesma como permite à empresa responsável manter uma base de dados baseados em casos reais relativos aos rendimentos médios dos recursos, podendo mais tarde ser aplicados no cálculo de rendimentos de outras obras.

2.3.2 A tecnologia e o 4D

Os projetos atuais são cada vez mais complexos, envolvem grandes investimentos de capital, várias disciplinas, inúmeros participantes, calendários curtos, etc. Estes fatores aliados ao rápido desenvolvimento das TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação, tem influenciado as práticas da gestão de projetos (Alshawi & Ingirige, 2003).

O processo de planeamento tradicional ainda utilizado por algumas empresas para planear e coordenar projetos apresenta algumas lacunas, pelo que tem vindo a ser alvo de especial interesse no que diz respeito à otimização de processos. Entre essas limitações estão (Alshawi & Ingirige, 2003):

- Inadequada comunicação;
- Despesas adicionais devido a “retrabalhos”;
- Falta de integração com a cadeia de fornecedores;
- Falta de integração entre *softwares*;
- Défice de normalização na troca de informações;
- Falta de ferramentas de suporte à tomada de decisões;
- Falta de normalização de processos para planeamento de projetos.

As ferramentas tradicionais de planeamento como gráficos e diagramas não facilitam a visualização do processo construtivo, por não possuírem interligações entre o tempo e o espaço e apelam a um elevado nível de abstração para que seja possível ter uma representação mental (Koo & Fischer, 2000). Estes fatores levaram primeiro ao desenvolvimento das ferramentas CAD 4D e mais recentemente às ferramentas BIM 4D.

Existem dois tipos de tecnologias que servem de suporte ao planeamento, o CAD 4D e o BIM 4D.

O CAD 4D pode ser visto como uma ferramenta de visualização integrada de um modelo 3D CAD com dados de engenharia, espaço e planeamento (tempo). Estas ferramentas permitem a visualização da sequência da construção e comunicação das atividades em termos de espaço e tempo gerando simulações virtuais, também conhecidos por, animações 4D (C. Eastman et al., 2011). Um modelo BIM 4D para além da possibilidade de produção das animações 4D utiliza ferramentas de análise para otimizar a sequência de atividades. Estas ferramentas incorporam informações relativas ao espaço, utilização de recursos e informações de produção (C. Eastman et al., 2011).

Os primeiros modelos e ferramentas 4D surgiram na década de 80. Na altura estas ferramentas foram uma resposta por parte das grandes empresas envolvidas na construção à existência de atrasos com impactos nos custos dos seus projetos (C. Eastman et al., 2011).

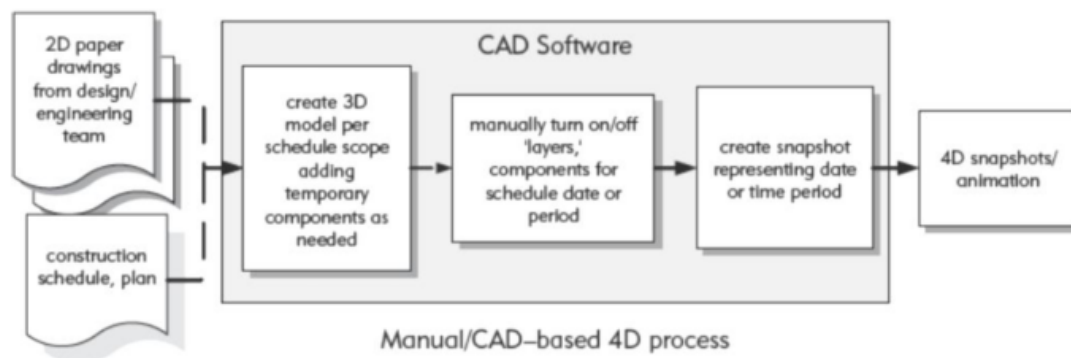


Figura 2.20 – Processo 4D CAD (C. Eastman et al., 2011)

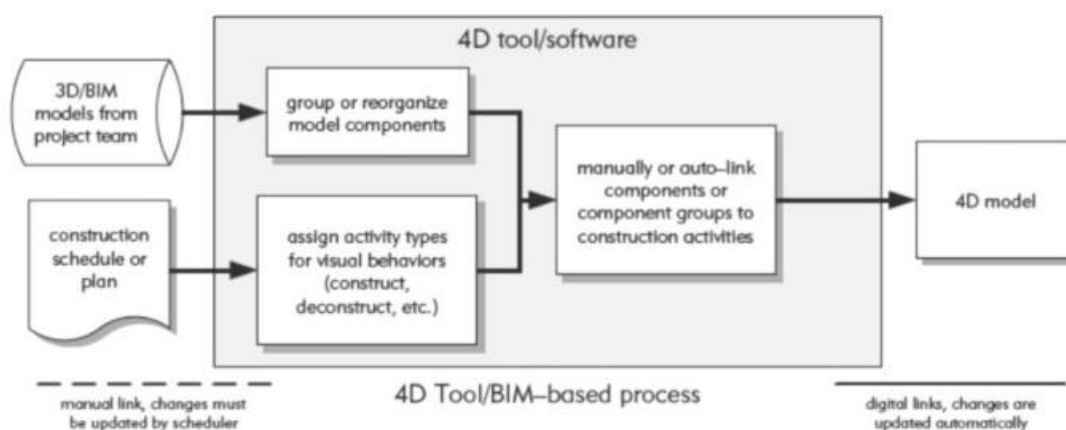


Figura 2.21 – Processo BIM 4D (C. Eastman et al., 2011)

Como forma de resposta a algumas das limitações apresentadas, na década de 90, deu-se um desenvolvimento significativo a nível tecnológico que resultou na produção de poderosos

softwares para a indústria da AEC (Alshawi & Ingirige, 2003). Nesta altura, na Universidade de Stanford, foi criada uma ferramenta, “*CIFE 4D-CAD*”, direcionada para o planeamento 4D que permitia o estudo de alternativas ao planeamento de projetos. Contudo, nesta fase preliminar todo o processo era manual deixando o desejo de desenvolver um *software* automático de criação 4D que integrasse o processo colaborativo (Velasco, 2013).

Ao longo dos anos foram identificados “problemas” presentes nas primeiras ferramentas 4D. Foram ainda identificados possíveis melhorias a integrar nessas ferramentas como a possibilidade de análise de custos. Desta forma novas ferramentas foram sendo propostas. Em 2002, Akinci apresentou um sistema chamado “*4D WorkPlanner Space Generator*”, também conhecido por “*4D SpaceGen*”. Chau elaborou em 2003 o “*Graphical Construction Planning and Site Utilization*” também conhecido por “*4D-GCPSU*” outra ferramenta 4D. Em 2004 Wang apresentou o “*4D Site Management Model+*” (Velasco, 2013). Todas estas ferramentas surgiram com o intuito de aprimorar uma ou outra função do processo 4D.

Foi reconhecido às tecnologias 4D o mérito na execução das funções a que se propunham e com a crescente utilização das tecnologias BIM no setor AEC, estas tecnologias passaram a estar integradas no processo BIM.

É de notar que a obtenção de um modelo 4D pelo processo CAD e BIM é distinta, como demonstra a Figura 2.20 e Figura 2.21. Outras diferenças entre o CAD 4D e BIM 4D são: o nível de informação; a forma como o modelo é obtido, no CAD por camadas no BIM por elementos; a obtenção do modelo 3D; a flexibilidade para replaneamento; o método de conexão do tempo com o espaço (Velasco, 2013).

A Tabela 3 resume alguns desafios que podem ser melhorados pela utilização de técnicas 4D: (GSA, 2009)

Tabela 3 – Desafios e objetivos de um modelo 4D

Fase de projeto	Desafios do projeto	Objetivo
<p>Projeto conceptual</p> <p>e</p> <p>Projeto de execução</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Qual a melhor forma de usar os espaços? • Como comunicar o planeamento ao cliente? • Como visualizar alternativas de construção? • Quais são os fatores limitantes? 	<p>Melhorar o entendimento dos espaços e poupar tempo de execução.</p> <p>Melhorar a comunicação com o cliente. Análise visual de alternativas de construção e atividades.</p>
<p>Projeto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Como integrar o projeto, especificações estruturais e planeamento de construção? • Como comunicar o cronograma a potenciais concorrentes? • Como satisfazer todos os potenciais clientes? 	<p>Melhorar a comunicação com os empreiteiros acerca dos processos construtivos, durações e âmbito do projeto.</p>
<p>Concurso</p> <p>e</p> <p>Construção</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Como gerir o cronograma de construção e coordenar os subempreiteiros? • Como manter os fluxos de tráfego durante a construção? • Como comunicar o âmbito de cada atividade aos empreiteiros e trabalhadores durante o processo? • Como implementar processos “lean” e eficientes? 	<p>Melhorar a coordenação dos subempreiteiros bem como de atividades e outros utilizadores durante a construção.</p> <p>Demonstrar o modelo 4D e imagens do mesmo ao grupo apropriado na altura certa.</p>

2.3.3 Sistemas de Classificação

O sector da construção envolve um conjunto muito vasto de informação sendo importante que toda ela seja padronizada de forma a obter um melhor desempenho nos processos de gestão recorrendo para isso a sistemas de código que permitem classificar a informação técnica juntamente com as respetivas referências, tarefas e atividades correspondentes a todas as fases da construção (Carvalho, 2010). O acesso à informação em tempo útil/real constitui um fator essencial a nível de desempenho e qualidade nos processos de qualquer empresa.

Os primeiros sistemas de classificação surgiram no século XX tinham objetivo solucionar algumas deficiências presentes em alguns processos do setor da construção (Sousa, Moreira, & Mêda, 2008). Mais recentemente com a rápida evolução das TIC, o sucesso das empresas ficou mais dependente dos seus sistemas de classificação (Teles, 2009).

Através das capacidades de organização, processo, armazenamento e distribuição da informação, os sistemas de classificação significam para as empresas melhores meios de gestão de recursos, materiais, humanos ou financeiros. O que pode traduzir-se numa maior agilidade de e produtividade de processos.

Até ao momento, o *IFC data Exchange standard* e os *BIM national standards*, são os dois alicerces que suportam a colaboração BIM. Aliados a estas normas estão os sistemas de classificação utilizados na indústria da construção. Estes métodos permitem a organização da informação específica desta indústria (C. Eastman et al., 2011). Já os sistemas de classificação permitem que todos os objetos de um edifício se vinculem facilitando a interoperabilidade.

Entre os mais conhecidos sistemas de classificação da indústria AEC estão o *OmniClass*, *Unifomat II*, *Talo 2000*, *MasterFormat* e *Cuneco*. Em Portugal existe também uma iniciativa de nome *PRONIC* que se encontra ainda em desenvolvimento e que procura ser implementado em aplicações BIM como o sistema nacional de classificação (Caires, 2013).

Em alguns casos a utilização de sistemas de classificação a nível interno para efetuar comunicações e trocas de informação entre departamentos pode ser uma forma mais eficaz de agilizar processos e contornar adversidades, como por exemplo fraca interoperabilidade entre softwares. Esta situação é alvo de estudo no capítulo 3.

2.3.3.1 **OmniClass (OCCS)**

O *OCCS* é um sistema de classificação para a indústria da construção que acompanha todo o seu ciclo de vida desde a sua construção até à sua demolição ou reutilização, incluindo todos os tipos de construções com o intuito de visar a organização de diferentes informações. Foi criado e é usado na América do Norte para a arquitetura, engenharia e indústria da construção (AEC) (Carvalho, 2010).

O *OCCS* é o sistema de classificação mais utilizado na atualidade em aplicações BIM com o pressuposto de organizar a livreria de materiais e informação de projeto providenciando uma estrutura de classificação para bases de dados eletrônicas (OmniClass, 2013).

Este sistema de classificação é multifacetado uma vez que, existindo uma combinação de informações e conceitos de outros sistemas de classificação por exemplo, o *MasterFormat* para classificar os resultados do trabalho, o *UniFormat* para classificar os sistemas e componentes de um edifício e ainda o *EPIC* para os produtos (OmniClass, 2013).

A estrutura do *OCCS* mescla a classificação facetada e a classificação hierárquica constituída por 15 tabelas representativas das diferentes facetas de informação dos objetos construtivos, que podem ser utilizadas de forma independente ou combinadas (JCB Silva & Amorim, 2011).

2.3.3.2 UniFormat

O *UniFormat* é um sistema de classificação desenvolvido e utilizado nos EUA e Canadá que classifica especificações de edifícios, bem como a estimativa e análise dos custos.

UniFormat é um método de organização de informações de construção com base em elementos funcionais ou partes de uma instalação caracterizados pelas suas funções desprezando os materiais e métodos utilizados para alcançá-las. Estes elementos são muitas vezes referidos como sistemas ou conjuntos. A abordagem do *UniFormat* para a organização de dados também é importante para o desenvolvimento contínuo do BIM, pois a organização do sistema permite que os objetos sejam inseridos antes de serem definidas as suas propriedades (JCB Silva & Amorim, 2011).

O sistema é organizado em três níveis: o nível 1 compreende os maiores grupos de elementos do edifício, o nível 2 alberga os detalhes dos grupos maiores sintetizando em grupos menores, e o nível 3 que especifica o nível de cada um dos elementos individuais do edifício (Manziona, 2013).

2.3.3.3 **Cuneco (CCS)**

Cuneco é um novo sistema de classificação que surge a partir da norma dinamarquesa. Tem sido apontado como um sistema de classificação global com elevada importância para a União Europeia embora seja alvo de interesse em todo o mundo.

A equipa *Cuneco* desenvolve, testa e implementa normas BIM comuns para a melhoria das trocas de dados ao longo de todos os processos de construção, desde o conceito inicial e projeto da construção até à operação e manutenção. Uma das mais-valias presentes neste sistema de classificação é a completa compatibilidade com o sistema *IFC*.

Este novo sistema de classificação BIM consiste numa base comum para a cooperação na construção, operação e manutenção de forma a aumentar a eficiência através de uma maior troca de informações. As normas devem ser de fácil utilização e adequadas para garantir a integração TIC. A equipa *Cuneco* tem desenvolvido esforços no sentido de garantir a compatibilidade com normas BIM nacionais, bem como com as normas internacionais.

2.3.4 **A utilização de um modelo BIM 4D**

Os modelos 4D podem ter várias utilidades durante o ciclo de vida de um edifício. Dependendo do seu propósito principal, um modelo BIM 4D pode requerer diferentes informações ou parâmetros. Se por exemplo, pretendemos um modelo apenas para demonstrar ao cliente qual a sequência que a construção irá seguir, este modelo apenas deverá ter informações relativas às atividades com as precedências devidamente definidas podendo, neste caso, ser ignorado o tempo efetivo de cada tarefa. É importante que o nível de detalhe seja bem definido pois este pode ser um entrave à implementação do BIM. A GSA afirma que os modelos 4D podem ser utilizados em quatro fases distintas: projeto concetual, projeto, concurso e construção.

- **Fase de projeto concetual**

Na fase preliminar do projeto, os modelos 4D contendo informação ainda não muito detalhada acerca do projeto, podem servir como suporte a decisões estratégicas de planeamento da construção permitindo estudar diferentes alternativas. Por exemplo, num projeto de uma ETAR, Figura 2.23, onde existem vários órgãos independentes, é possível definir de forma

fundamentada e com menos incerteza qual deve ser a sequência de construção que otimiza a gestão de recursos e tempos.

- **Fase de projeto**

Com o avançar do projeto, este ganha mais detalhes. Nesta altura um modelo 4D pode ser utilizado para melhorar a construtibilidade do projeto através de comparação das diferentes alternativas de métodos ou processos construtivos. Pode ser utilizado para melhorar o planeamento tornando-o mais detalhado.

- **Fase de concurso**

Na fase de concurso os modelos 4D podem ter uma importância bidirecional isto é, por um lado eles podem servir para que empreiteiros possam demonstrar ao cliente qual a estratégia desenvolvida para construir a obra, como se pretende demonstrar na Figura 2.22, facilitando o entendimento de projetos complexos por parte do dono de obra e por outro lado o modelo 4D pode ser fornecido pelo dono de obra de forma a otimizar as propostas por parte dos empreiteiros resultando em estimativas de preços e tempos mais próximos da realidade.



Figura 2.22 – Exemplo de uma simulação 4D, Fonte: EFACEC 2014

- **Fases de construção**

Durante a fase de construção estes modelos têm um papel fundamental no controlo de conflitos temporais e espaciais. Servem de base para o controlo do tráfego dentro do terreno de obra. Uma das grandes vantagens da utilização de modelos 4D nesta fase é a comunicação entre o escritório e o terreno de obra, pois estes modelos possibilitam o controlo do planeamento através da comparação do que está construído com aquilo que deveria estar construído, gerando um relatório de controlo. A utilização de modelos 4D nesta fase possibilita também uma rápida resposta por parte das equipas de trabalho no caso de se verificar ajustes ou mudanças no projeto.

2.3.5 Benefícios da utilização de um modelo BIM 4D

O recurso a modelos 4D acrescenta vários benefícios relativamente às práticas tradicionais. A Figura 2.23, representa de forma sucinta alguns desses benefícios que passam a ser explicados mais detalhadamente com base num estudo feito por Velasco (Velasco, 2013):

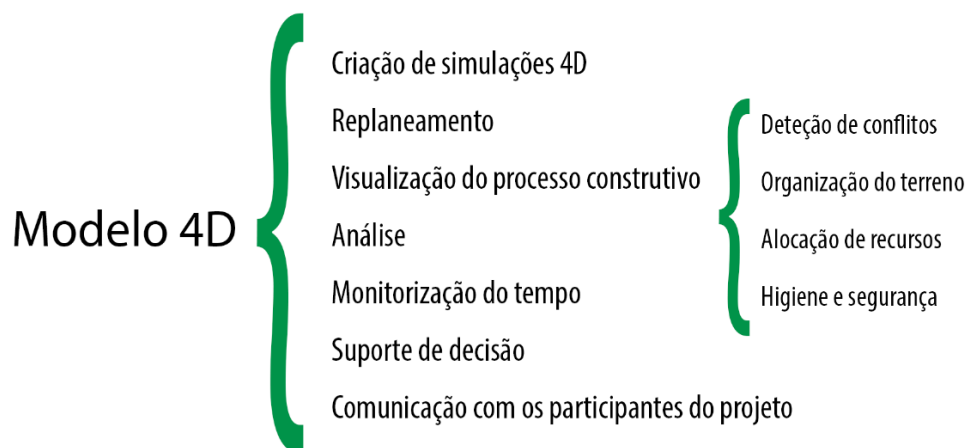


Figura 2.23 – Utilidades de um modelo 4D

- **Visualização do processo construtivo**

Esta funcionalidade é identificada por muitos como a maior mais-valia que advém da utilização de modelos 4D. Esta funcionalidade permite não só facilitar um planeamento ótimo das atividades, mas também comunicar de forma mais clara o cronograma de atividades às equipas

de trabalho e aos empreiteiros. Esta funcionalidade não está só ligada à fase de projeto mas também á fase de construção ajudando na avaliação de alterações bem como dos seus impactos no projeto, como demonstrado pela Figura 2.24.

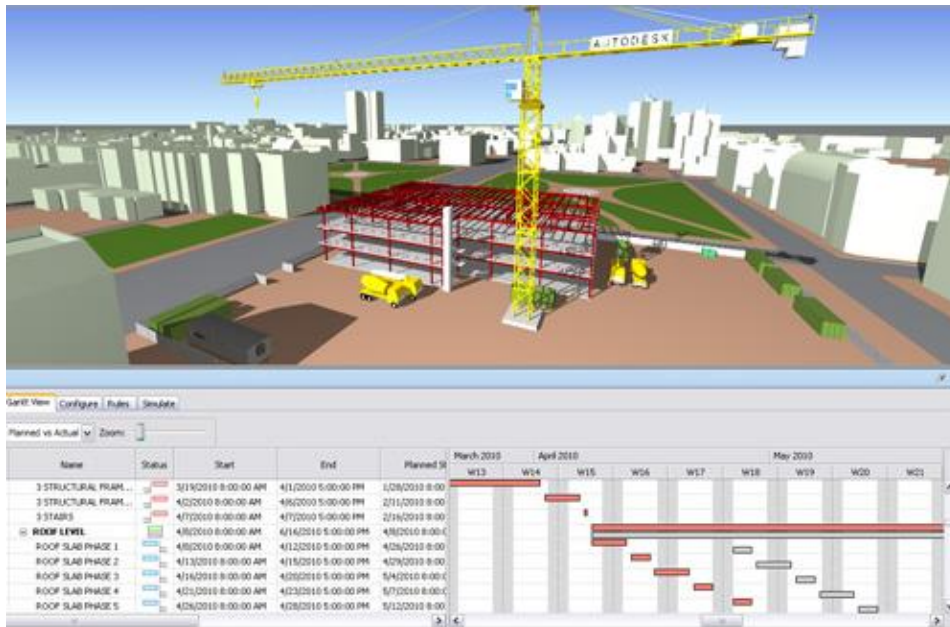


Figura 2.24 – Exemplo de software de simulação da construção

- **Integração e comunicação entre os participantes de um projeto**

A utilização de tecnologia 4D potencia o IPD e o trabalho colaborativo. Em reuniões de projetos, como o exemplo demonstrado pela Figura 2.25, os modelos 4D podem ser utilizados para coordenar os vários atores do projeto. Por ser um modelo visual, o modelo 4D facilita as interpretações por parte das diferentes disciplinas não deixando espaço para dúvidas ou mal entendidos.

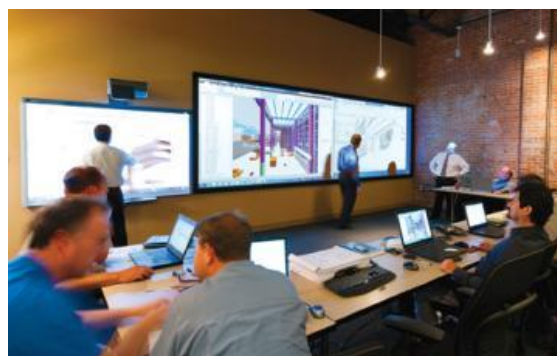


Figura 2.25 - Utilização do SMARTBoard para coordenação de projeto

- **Tomada de decisão**

Na indústria da construção nem todos os acontecimentos são previsíveis, o que se pode traduzir em alargamento de prazos e por sua vez agravamento do preço. As ferramentas 4D podem servir de base suporte às tomadas de decisão não só em fase de projeto e planeamento, como também em fase de construção promovendo uma rápida ação no caso de acontecimentos improváveis.

- **Replaneamento**

A ideia inicial de um projeto raramente é aquela que se traduz no produto final, ora porque o cliente mudou de ideia, ora por mudanças impostas devido a fatores externos. Nos casos de alterações de projeto no modelo antigo, o replaneamento de atividades levava algum tempo. Os modelos 4D possibilitam que o replaneamento de atividades seja produzido quase de forma instantânea.

- **Controlo do planeamento**

Tão importante como o planeamento é assegurarmo-nos que o mesmo é cumprido de forma a que, se tal não se verificar, medidas adequadas possam ser tomadas. Os *softwares* 4D oferecem uma ferramenta de comparação através de cores entre as atividades planeadas e as atividades executadas para que o planeador possa acompanhar o decorrer da obra sem que seja necessário deslocar-se à mesma.

- **Análise**

A análise é obtida a quatro níveis: deteção de conflitos, utilização do terreno, alocação de recursos e saúde/segurança. Os modelos 4D têm também a importante tarefa de coordenar e detetar possíveis conflitos entre especialidades realçando as interferências com cores apelativas, como pode ser visto na Figura 2.26.

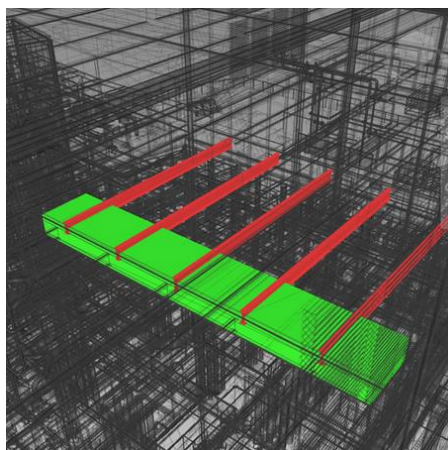


Figura 2.26 – Exemplo de uma interferência detetada por software

O planeamento através do uso do BIM melhora as informações sobre o produto, a utilização do terreno e a coordenação do espaço. Um modelo 4D pode incluir um plano de logística de estaleiro que permita descrever visualmente a utilização do espaço do local de trabalho. O modelo deve incluir componentes temporários tais como, guindastes, camiões, cercas, etc. A Figura 2.27 representa um modelo com integração de componentes temporários.

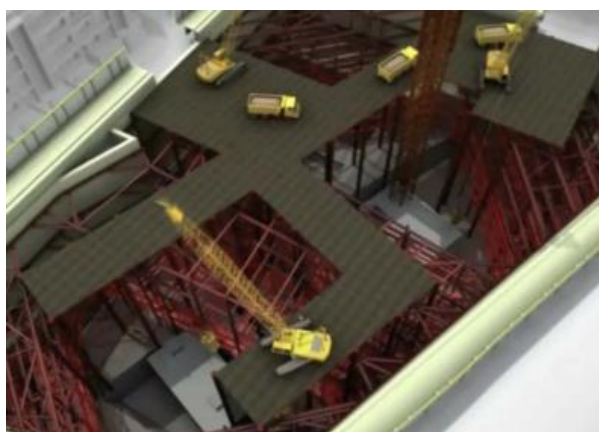


Figura 2.27 – Modelo de simulação com componentes temporários

Os modelos BIM 4D podem ser usados como ferramenta de visualização para a identificação de características de segurança que serão necessárias em diferentes momentos. Com base nestas observações as estruturas temporárias relacionadas com a segurança tais como, guindastes e andaimes, podem ser modeladas no BIM e as atividades relacionadas com a segurança devem ser integradas no planeamento. Em suma, o modelo BIM 4D pode ser usado como abordagem proactiva para melhorar o planeamento e monitorização da segurança local de trabalho.

- **Simulação 4D**

A simulação 4D é permite visualizar todo o processo construtivo permitindo uma aproximação à realidade, como pode ser visto na Figura 2.28, simulando vários cenários. Permite reduzir o risco de incerteza e antecipar situações de baixa produtividade podendo-se melhorar o fluxo das atividades construtivas. Se, uma imagem vale mais que mil palavras, uma animação vale mais que mil imagens.

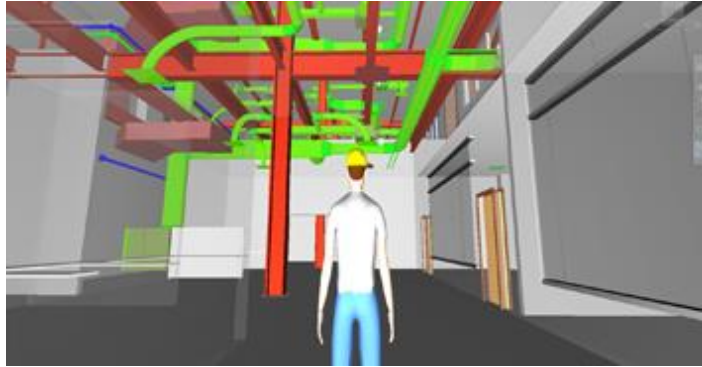


Figura 2.28 – Aspeto de uma construção em ambiente virtual

3. CASO DE ESTUDO

3.1 Enquadramento

Neste capítulo são explicadas as metodologias implementadas com vista a alcançar os resultados propostos, e contribuir dessa forma para a resolução do problema da baixa produtividade aquando da criação de um modelo MEP 4D.

O BIM veio sem dúvida melhorar a produtividade do processo construtivo atual, mas para que surta efeito é necessário que haja uma adaptação a esta inovadora forma de projetar e começar a usa-la de forma a tirarmos o maior partido do que os *softwares* BIM tem para nos oferecer, evitando o chamado BIM Hollywood. Chama-se BIM Hollywood a um modelo BIM pobre em informação. Este tipo de modelos é apenas utilizado para produzir renders e animações. Este tipo de imagens e animações produzidas a partir de um modelo BIM tem a importante função de transmitir informação não técnica ao dono de obra ou até mesmo a operários.

O modelo atual de desenvolvimento de projetos envolve uma fase preliminar e uma fase de projeto de execução. O modelo preliminar é aquele que vai a concurso e portanto correntemente este modelo precisa de ser ajustado depois da adjudicação em face das especificidades próprias dos projetos e da necessidade de enquadrar adequadamente o projeto às exigências estabelecidas pelo Dono de Obra. É portanto interessante, em termos de produtividade, que o modelo permita alterações mas que ao mesmo tempo não consuma muito tempo para as efetuar.

3.1.1 Objetivos estabelecidos

Este caso de estudo surge com o intuito de aprimorar o atual workflow de planeamento de projetos MEP por intermédio da ligação do tempo com o espaço permitindo a visualização do faseamento construtivo, melhorando as capacidades de comunicação entre os diversos *softwares*. Desta forma pretende-se o desenvolvimento de um workflow para o processo de criação de uma simulação 4D fluído e que permita refletir a introdução de alterações com relativa rapidez.

3.1.2 Metodologia implementada

Para a concretização do objetivo proposto foram utilizados os seguintes softwares:

- Autodesk Revit®
- Autodesk Navisworks Manage®
- Microsoft® Office Project
- Microsoft® Excel

Cada um dos programas acima enumerados possui diferentes ferramentas que podem ajudar no processo de criação de uma simulação 4D. O principal desafio consistiu em melhorar a capacidade de comunicação entre eles, Figura 3.1. Desta forma e tendo por base uma espécie de sistema de classificação foi desenvolvido um código ao qual se deu o nome de Phase_ID. O nome escolhido para o código, Phase_ID, pode ser dividido em duas partes, a primeira parte do nome “Phase” está ligada à fase de construção, já a segunda parte, “ID”, é alusivo à sua identificação.

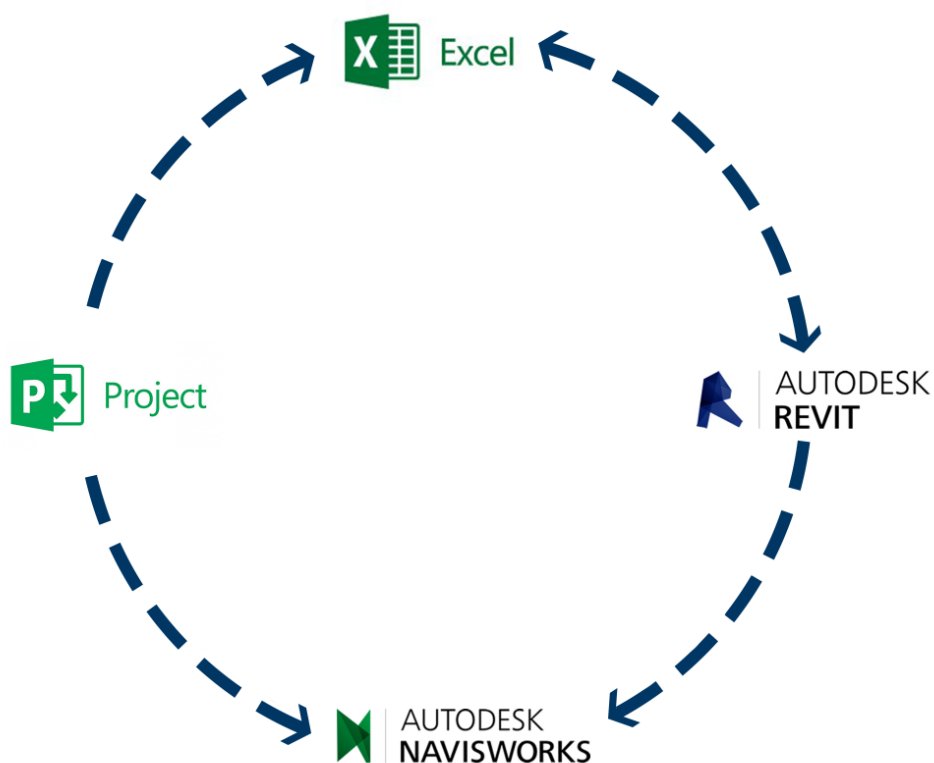


Figura 3.1 – Comunicação entre os softwares

3.2 Descrição dos software utilizados e o objetivo da sua utilização

3.2.1 Autodesk Revit® 2015

O *software* Revit é essencialmente utilizado em projeto. Foi especificamente desenvolvido para a utilização em projetos BIM e disponibiliza funcionalidades para projeto de arquitetura, MEP e engenharia de estruturas e de construção. Sendo um *software* de metodologia BIM ele permite uma colaboração eficaz entre todos os intervenientes do projeto privilegiando a comunicação.

Na fase inicial do caso de estudo não se previa a utilização deste *software* pois o modelo fornecido já se encontrava completo, porém com o avanço deste caso de estudo foi necessário recorrer a este *software* para simular alterações decorrentes do período de empreitada e avaliar as suas consequências. Numa fase ainda mais avançada este *software* revelou-se essencial para a introdução de novos parâmetros.

3.2.2 Autodesk Navisworks Manage® 2015

O Navisworks Manage® 2015 é um *software* de análise de projeto. Ao contrário do Revit® este é um software que é utilizado numa fase mais avançada. É utilizado para coordenar projetos, analisar interferência, resolver conflitos, produzir simulações do processo construtivo. Já em fase de construção este software pode ser utilizado no acompanhamento/controlo da obra.

O Navisworks® oferece uma vasta panóplia de ferramentas com vista á análise do modelo, contudo para desenvolver o trabalho em questão recorreu-se a apenas uma ferramenta, a “*Timeliner*”. Trata-se de uma ferramenta de planeamento embutida no Navisworks® que permite ligar o tempo com o espaço e obter a simulação 4D. Contudo esta ferramenta foi utilizada com o auxílio do *software* de planeamento MS Project®, que permite gerir de forma mais eficaz as diferentes tarefas do projeto.

3.2.3 Microsoft Project® 2013

O MS Project® é um programa de gestão de projetos bem conhecido pelos profissionais da indústria AEC. O MS Project® é principalmente utilizados pelos profissionais AEC como ferramenta de auxílio ao planeamento da construção e para representação gráfica.

Como explicado em 3.2.2 o Navisworks® disponibiliza uma ferramenta de gestão de projetos semelhante ao MS Project®, porém o este último, oferece algumas soluções mais avançadas e permite realizar o planeamento do projeto com mais fluidez e rapidez. Por estas razões o MS Project® foi o programa escolhido para gestão do projeto.

A utilização deste programa revelou-se fundamental para melhoramento da comunicação entre outros *softwares*, com a introdução de um parâmetro de ligação.

3.2.4 Microsoft Excel® 2013

O Excel® é programa com funções de análise e cálculo de dados. O Excel® permite-lhe criar tabelas que calculam automaticamente os totais de valores introduzidos através de funções, criar tabelas e gráficos.

Neste caso de estudo, o Excel® não era um *software* que se previa utilizar, contudo numa fase mais avançada teve um papel importante para a criação de estatísticas bem como para a manipulação de dados extraídos do Revit®.

3.3 A ETAR de Bou Ismail

3.3.1 Descrição do projeto

O projeto em questão trata-se de uma ETAR situada na Argélia, cidade Bou Ismail, e serviu de base para este caso de estudo. O modelo da ETAR encontra-se dividido em 9 instalações conforme pode ser visto na Figura 3.2.

O processo de tratamento da ETAR em estudo é composto por duas fases principais: fase líquida e fase sólida constituídas pelos seguintes componentes:

Fase Líquida:

- Gradagem Grosseira mecânica;
- Estação Elevatória;
- Gradagem Fina;
- Desarenador / Desengordurador;
- Tratamento Biológico;
- Decantação Secundária;
- Tratamento Terciário.

Fase Sólida:

- Estação de Bombagem de Lamas;
- Espessador Gravítico;
- Desidratação Mecânica.

Outras fases de tratamento:

- Estação de Bombagem de Escorrências;
- Estação de Bombagem de Flotantes;
- Sistema de Desodorização.



Figura 3.2 – Render da ETAR, Autodesk Revit® 2015, Fonte: EFACEC, 2014

O modelo Revit da ETAR utilizado foi disponibilizado pela EFACEC, em formato *.dwfx*. Embora este formato não seja o mais utilizado na interligação entre os programas da Autodesk, Revit® e Navisworks®, este não se demonstrou problemático pois o Navisworks® reconhece de

forma clara todas as camadas de informação necessárias à produção do modelo 4D. Este formato tem ainda a vantagem de ser mais leve quando comparado com o convencional *nwf*.

3.3.2 Descrição do modelo

O modelo da ETAR é composto por nove instalações identificadas na Figura 3.7 e descritas de seguida:

1. Obra de Entrada e Estação Elevatória
2. Tratamento Terciário
3. Decantação Secundária
4. Estação Elevatória de Recirculação de Lamas e Lamas em Excesso
5. Reator Biológico
6. Pré-Tratamento
7. Caixa de Repartição de Caudais
8. Edifício de Tratamento de Lamas
9. Espessamento Gravítico



Figura 3.3 – Planta ETAR, Autodesk Revit® 2015, Fonte: EFACEC, 2014

3.3.2.1 Gradagem grosseira e Estação Elevatória

Na instalação representada pela Figura 3.4, ocorre o processo de gradagem grosseira e elevação. A gradagem grosseira é o primeiro processo de tratamento ao qual as águas residuais brutas são submetidas e tem por função a remoção de sólidos grosseiros à entrada da instalação de forma a proteger os equipamentos das etapas de tratamento posteriores.

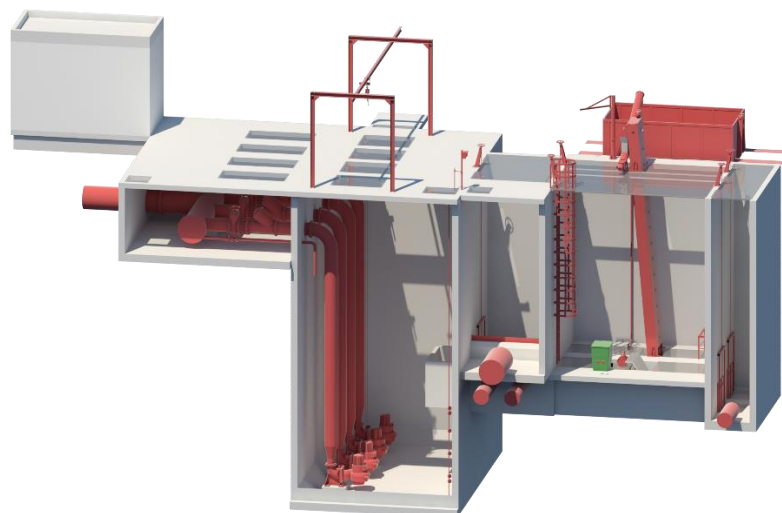


Figura 3.4 - Gradagem grosseira (direita) e Estação Elevatória (esquerda), Fonte: EFACEC, 2014

As águas residuais passam posteriormente para a estação elevatória, onde serão elevadas para uma cota superior por intermédio de bombas submersíveis.

3.3.2.2 Gradagem Fina e Desarenador/Desengordurador

Para otimizar as próximas etapas de tratamento, após a gradagem grosseira as águas são submetidas a uma gradagem mais rigorosa que procura remover os resíduos sólidos sobrantes, este processo denomina-se gradagem fina e ocorre na instalação representada pela Figura 3.5.

Na mesma instalação posteriormente à gradagem fina, encontra-se o desarenador/desengordurador. Nesta instalação efetua-se a remoção dos materiais pesados com areias ou metais e a remoção de gorduras presentes nas águas.

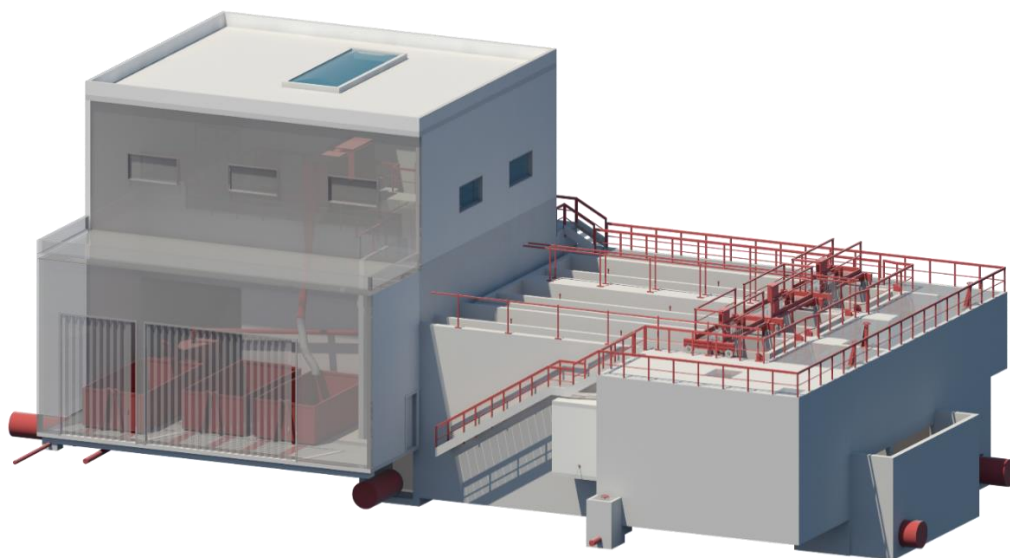


Figura 3.5 – Gradagem fina (bloco da esquerda a transparente) e Desarenador/Desengordurador (direita), Fonte: EFACEC, 2014

3.3.2.3 Tratamento Biológico

O tratamento biológico ocorre após a remoção dos materiais pesados e gorduras. Nos reatores biológicos, Figura 3.6, ocorre um processo biológico aeróbico, onde é fornecido o oxigênio necessário para que os microrganismos metabolizem a matéria orgânica. O fornecimento de ar é feito através de arejadores de superfície.

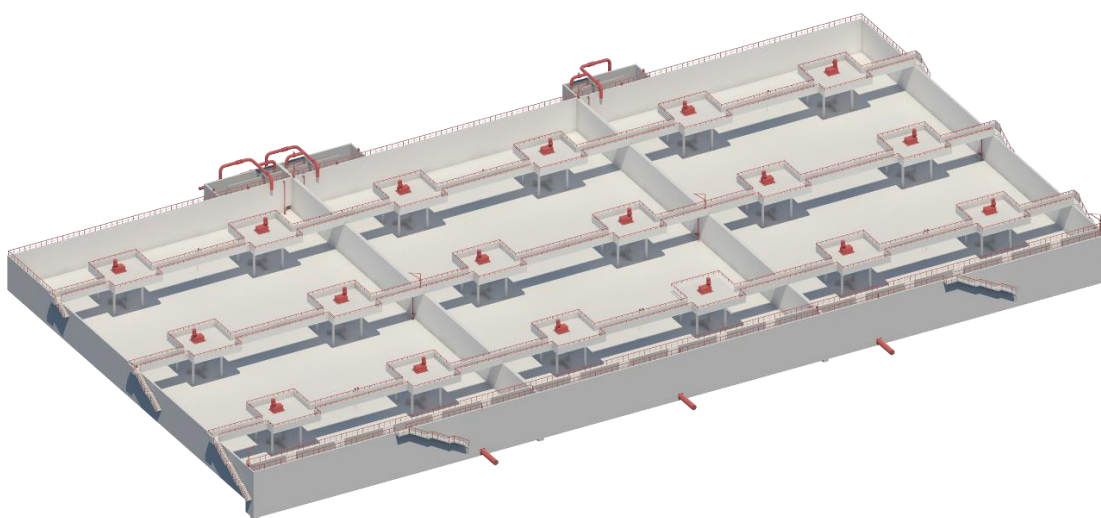


Figura 3.6 – Reatores biológicos, Fonte: EFACEC, 2014

3.3.2.4 Decantador Secundário

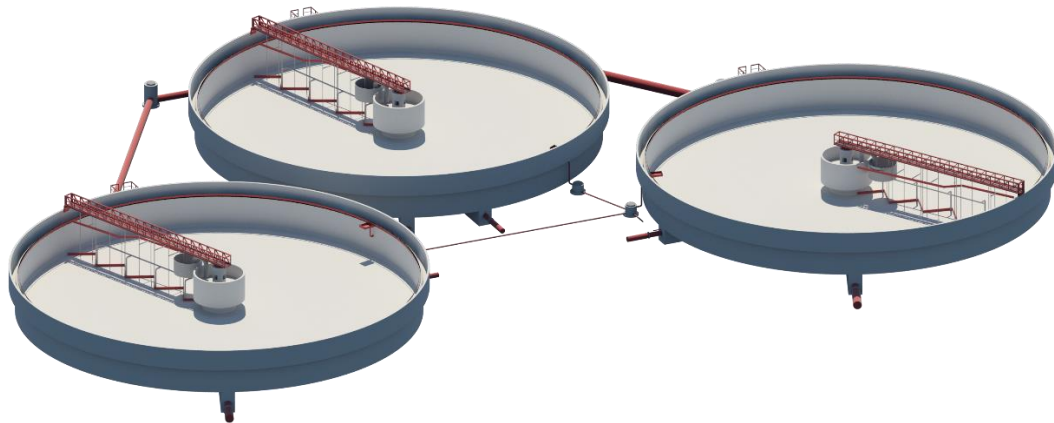


Figura 3.7 - Decantadores secundários, Fonte: EFACEC, 2014

Nesta fase as águas são recolhidas em decantadores secundários, Figura 3.7, onde se dá a separação da fase líquida da fase sólida. Neste processo as lamas sendo mais pesadas depositam-se no fundo de decantador ficando a água clarificada à superfície.

3.3.2.5 Tratamento Terciário

Para que a água possa ser descarregada no meio recetor é necessário proceder a um último tratamento, na instalação ilustrada pela Figura 3.8, onde são removidos destas águas organismos patogénicos. Este processo é alcançado pela utilização de hipoclorito de sódio. Desta forma a água pode ser reutilizada como água de serviço.

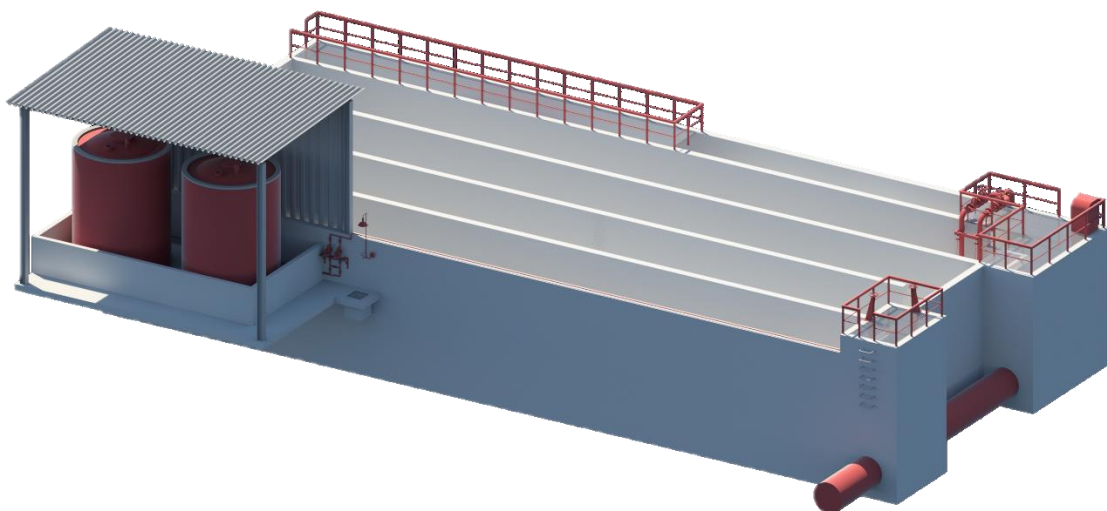


Figura 3.8 – Tratamento terciário, Fonte: EFACEC, 2014

3.3.2.6 Estação de Bombagem de Lamas

As lamas depositadas no fundo dos decantadores são conduzidas para a estação de bombagem de lamas, Figura 3.9, onde posteriormente serão encaminhadas para o tratamento biológico ou para o espessador gravítico.

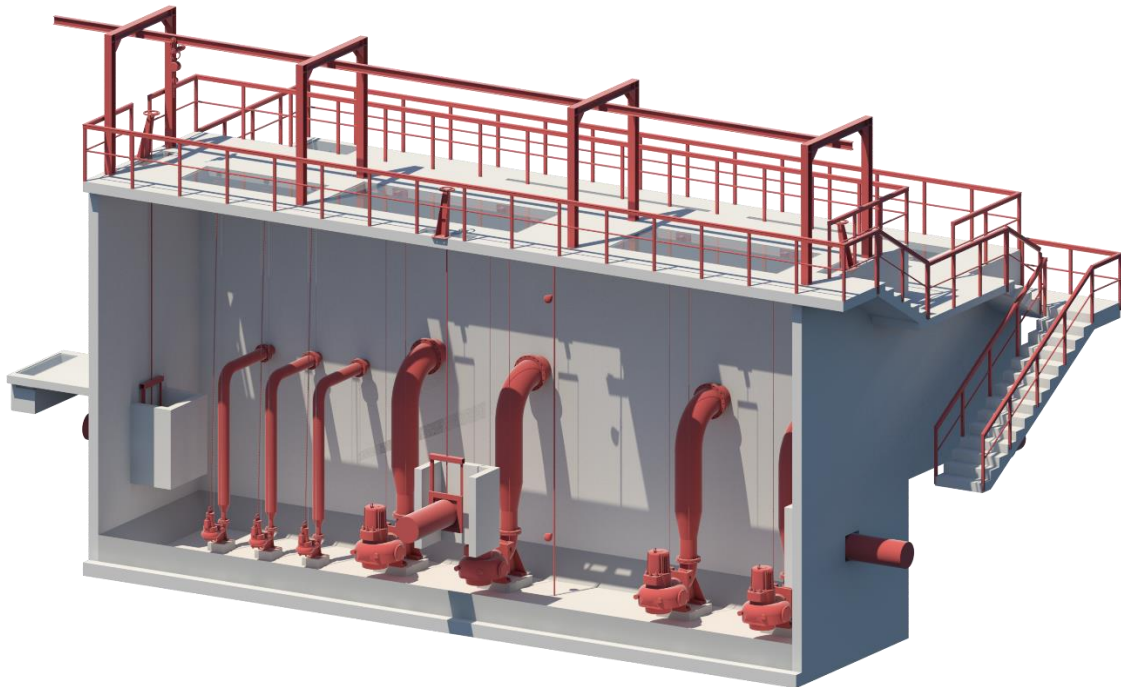


Figura 3.9 – Estação de bombagem de lamas, Fonte: EFACEC, 2014

3.3.2.7 Espessador Gravítico

Nesta etapa o espessador gravítico, Figura 3.10, recebe as lamas da estação de bombagem e dá-se mais uma vez a separação entre as lamas e a água. Esta água é enviada para o início do tratamento da ETAR. As lamas são submetidas a um processo de desidratação mecânica deforma a ser retirada a maior quantidade de água possível.

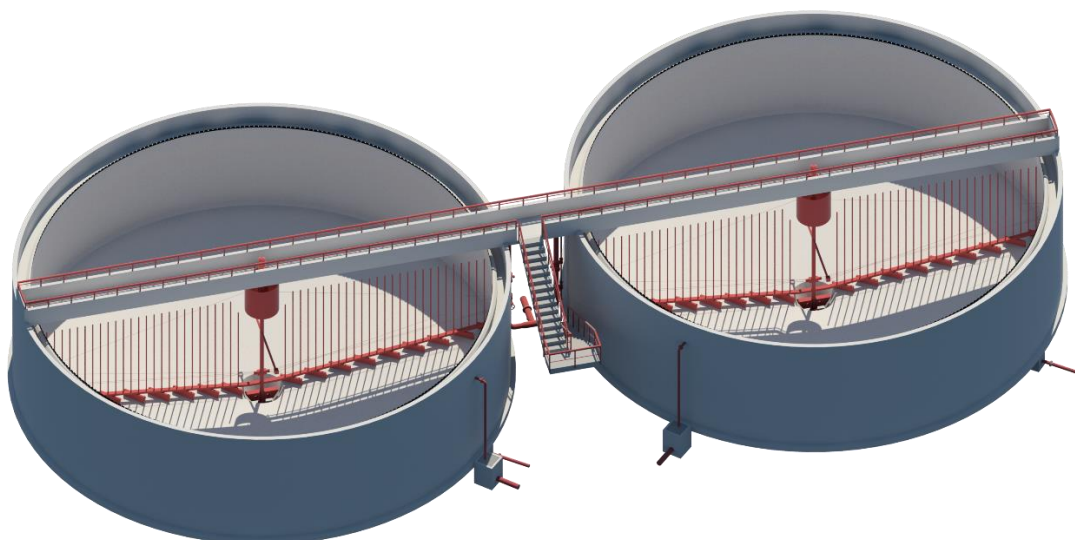


Figura 3.10 – Espessadores gravíticos, Fonte: EFACEC, 2014

3.3.2.8 Estação de Desidratação de Lamas

As lamas retiradas do espessador gravítico são submetidas a desidratação mecânica na instalação representada pela Figura 3.11, para que seja retirada a maior quantidade de água, procurando reduzir o seu volume e massa facilitando o transporte para o destino final.

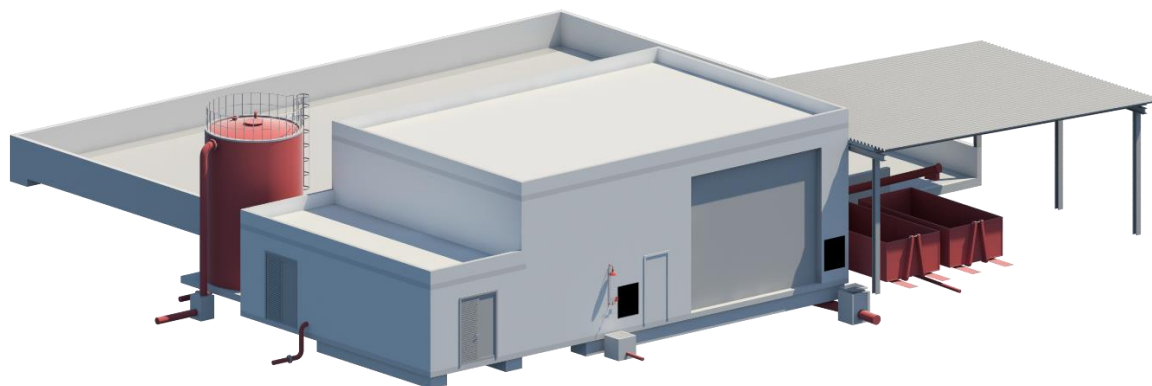


Figura 3.11 – Estação de desidratação de lamas, Fonte: EFACEC, 2014

3.4 Planeamento em BIM 4D

Com vista a alcançar o resultado pretendido, resolveu-se abordar o caso prático de forma iterativa, uma vez que o processo iterativo permite identificar lacunas de forma sequencial

evitando a falha de pormenores. Em cada iteração foram desenvolvidas várias tarefas mas no final de cada uma das iterações o workflow utilizado foi analisado com vista à identificação de potenciais pontos de quebra de produtividade. Estes pontos são identificados no final de cada iteração nos subcapítulos seguinte e formaram a ligação entre workflow.

3.4.1 1ª Iteração

A primeira abordagem foi bastante importante para o resultado final, pois permitiu a familiarização com o modelo da ETAR e com os *softwares*. Foi também possível na primeira iteração a identificação de algumas lacunas de maior interesse. Esta primeira abordagem, sintetizada na Figura 3.12, traçou o caminho a seguir neste caso de estudo. Nesta fase apenas o modelo referente à instalação, decantadores, foi utilizado tendo-se realizado as seguintes tarefas:

- Importação e análise do modelo da ETAR em *dwx* para o Navisworks®;
- Elaboração das tarefas, no MS Project® a serem executadas para a construção dos decantadores;
- Importação do ficheiro MS Project® para o Navisworks®;
- Ligação manual entre as tarefas e os elementos;
- Simulação 4D.

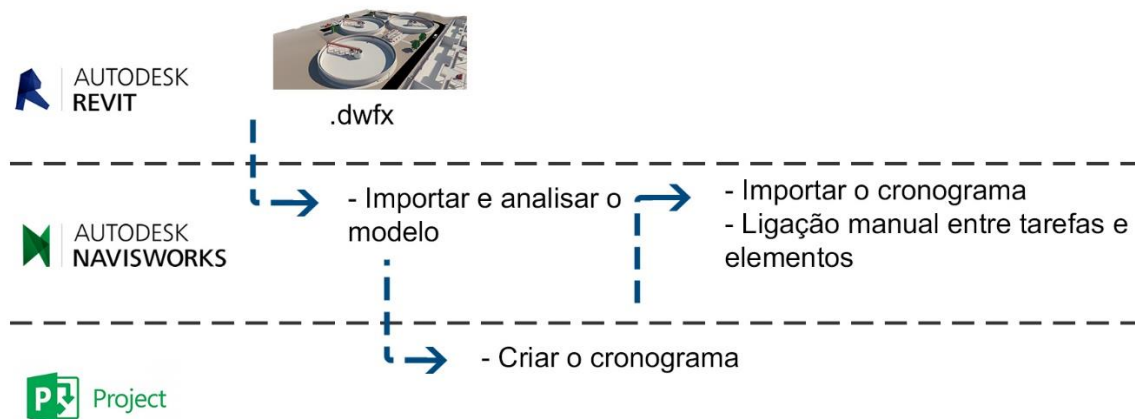


Figura 3.12 – Workflow 1

3.4.1.1 Importação e análise do modelo da ETAR para o Navisworks®

O modelo da ETAR no formato *.dwfx* foi importado para o Navisworks® onde foi estudado. Após a análise do modelo e tendo em conta que ainda se estava numa fase embrionária do caso de estudo, decidiu-se focar as atenções nos decantadores ilustrados na Figura 3.13.

Optou-se por começar o caso de estudo abordando a instalação referente aos decantadores, por ser uma instalação relativamente simples entre termos de construção civil e em equipamentos. Desta forma foi possível aprender a lidar com os softwares de forma estratégica.

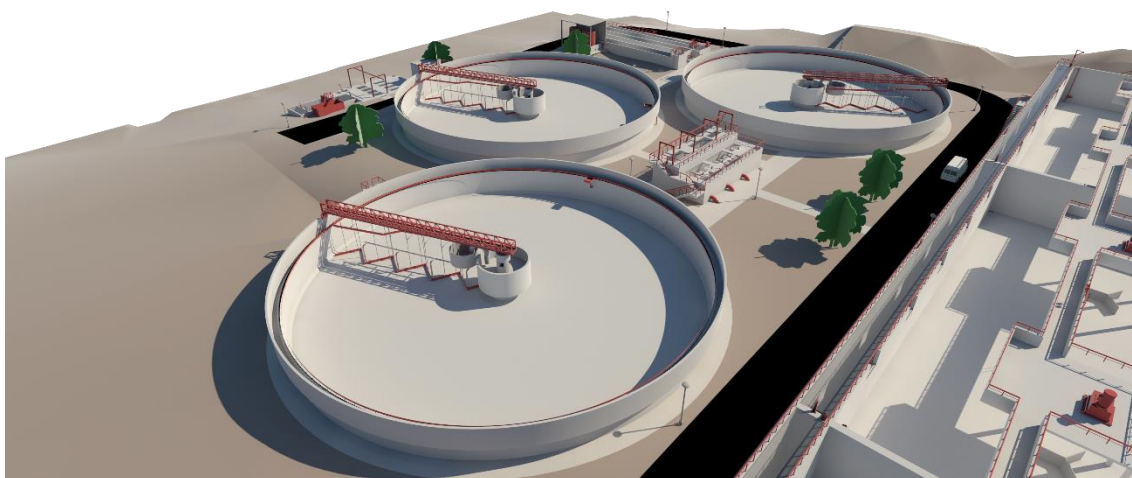


Figura 3.13 – Decantadores, Fonte: EFACEC, 2014

3.4.1.2 Elaboração das tarefas a serem executadas para a construção dos decantadores

O modelo dos decantadores, ilustrados pela Figura 3.13, foram dissecado de forma a revelar todos os componentes, permitindo estudar uma possível abordagem ao faseamento para sua construção. No processo de dissecação do modelo foram utilizadas ferramentas que permitiram ocultar objetos que impossibilitam a visualização de outros. Desta forma foi possível analisar o modelo integralmente e definir a data de instalação/construção de cada objeto.

Decidiu-se então dividir as tarefas em dois grupos principais, estrutura e equipamentos. Por sua vez os dois grupos principais foram subdivididos em várias tarefas referentes a cada um dos componentes como pode ser visto na Figura 3.14.

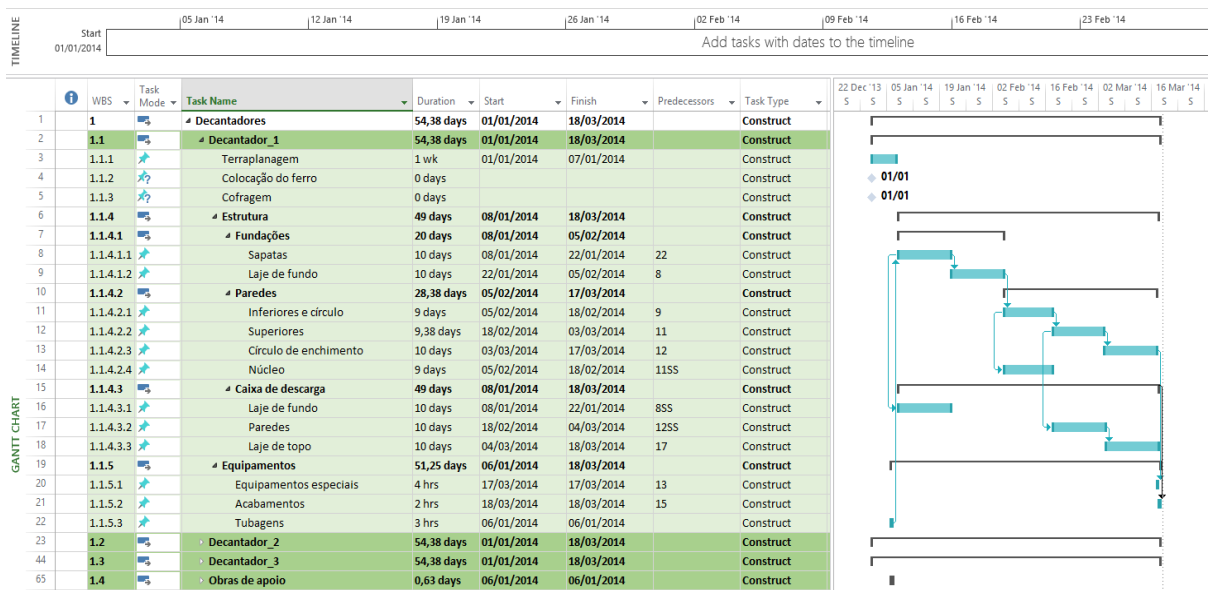


Figura 3.14 – Cronograma para a construção dos decantadores, MS Project® 2013

Dependendo do seu propósito principal, um modelo BIM pode requerer diferentes tipos de informação ou detalhes de informação. Por esta razão as durações utilizadas no cronograma são meramente indicativas e pretendem apenas representar aproximações, tendo por base a experiência acumulada e transmitida pela EFACEC.

Foi ainda inserida uma coluna com o nome “Task Type” para definir o tipo de tarefa. Uma vez importado o ficheiro MS Project no Navisworks este será capaz de reconhecer os dados da coluna “Task Type” automaticamente dispensando desta forma a seleção individual de cada tipo de tarefa em cada tarefa na ferramenta “TimeLiner” do Navisworks®. Os “Task Type” identificáveis pelo Navisworks são: Construct, Temporary e Demolish.

3.4.1.3 Importação do ficheiro MS Project® para o Navisworks®

Uma das vantagens do Navisworks® é a de permitir a importação de ficheiros de programas de terceiros como o MS Project® e o Primavera®. Assim sendo, após a elaboração das tarefas no MS Project, as mesmas foram importadas para o “TimeLiner” do Navisworks® usando o caminho “Data Source”, “Add”, “Microsoft Project® 2007-2013”.

3.4.1.4 Ligações manuais entre as tarefas e os elementos

A simulação 4D só é alcançável devido à possibilidade de se ligar o tempo com o espaço, isto é, ligar uma tarefa (tempo) ao elemento 3D (espaço) correspondente. Desta forma cada elemento passa a ter a informação do tempo associada e é possível obter uma sequência visual da construção (modelo 4D).

3.4.1.5 Simulação 4D

A Figura 3.15 reflete o resultado do workflow 1 aplicado aos decantadores secundários. É possível ver a cor cheia os elementos já construídos e a verde transparente os elementos que estão a ser executados naquele momento.

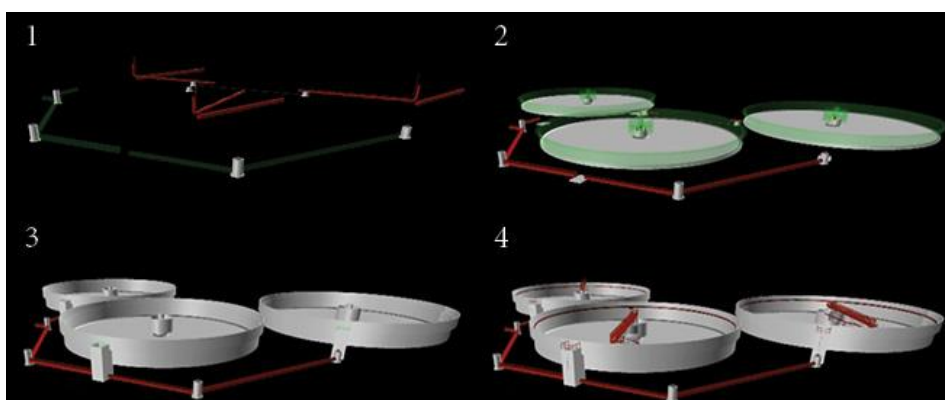


Figura 3.15 – Simulação 4D dos decantadores, , *Navisworks 2015*

3.4.1.6 Reflexão/Discussão dos resultados

Como referido anteriormente, esta primeira fase do trabalho revelou-se bastante importante no desenrolar do presente caso de estudo. Foi possível identificar logo desde início quais os pontos mais vulneráveis onde se deveria focar as atenções de forma a poder melhorar o fluxo de trabalho.

Foi notória a quebra de produtividade no ponto 3.4.1.4 quando se fez a ligação entre as tarefas e os elementos por ser tratar de um processo muito exaustivo e moroso, pois era necessário seleccionar cada objeto individualmente.

3.4.2 2ª Iteração

Na segunda abordagem, sintetizada na Figura 3.20, procurou-se melhorar a vulnerabilidade detetada no fluxo de trabalho anterior. Desta forma recorreu-se à criação de “*set selections*”. Os “*set selection*” permitem agrupar os elementos que vão ser executados na mesma tarefa, evitando assim a perda de tempo que se sentia quando se tinha de seleccionar cada elementos individualmente no workflow anterior. Assim sendo a segunda abordagem teve uma ligeira variação nas tarefas com a introdução da tarefa “Criação de *set selections* no Navisworks®”. Foi também nesta fase que se procurou utilizar pela primeira vez a ferramenta de *auto-attach* entre os *set selection* e as tarefas importados do MS Project® de forma a otimizar um processo que se tinha revelado bastante moroso no workflow anterior. A segunda abordagem seguiu o seguinte encadeamento de tarefas:

- Importação e análise do modelo da ETAR para o Navisworks®;
- Elaboração das tarefas a serem executadas para a construção dos decantadores;
- Importação do ficheiro MS Project® para o Navisworks®;
- Criação de *sets selections* no Navisworks®;
- *Attachs* automáticos entre as tarefas e *set selection*;
- Simulação 4D.

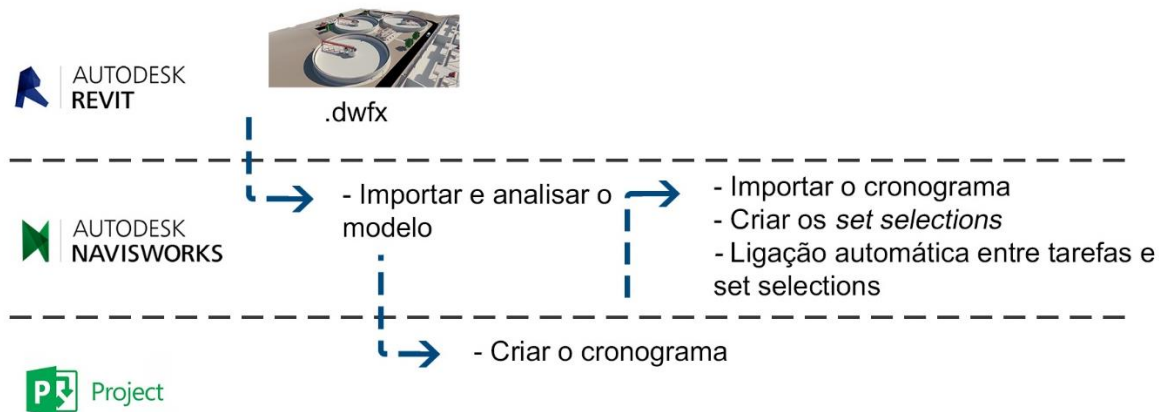


Figura 3.20 - Workflow 2

3.4.2.1 Criação de “set selection” no Navisworks®

Como referido anteriormente o Navisworks® oferece a possibilidade de criação de “*set selections*”, que não é nada mais do que o agrupamento de elementos que achamos ter em comum um mesmo parâmetro. No caso foram escolhidos objetos pertencentes à mesma tarefa. Na Figura 3.17 pode ser visto o “*set selection*” relativo às paredes superiores do decantador número 1.

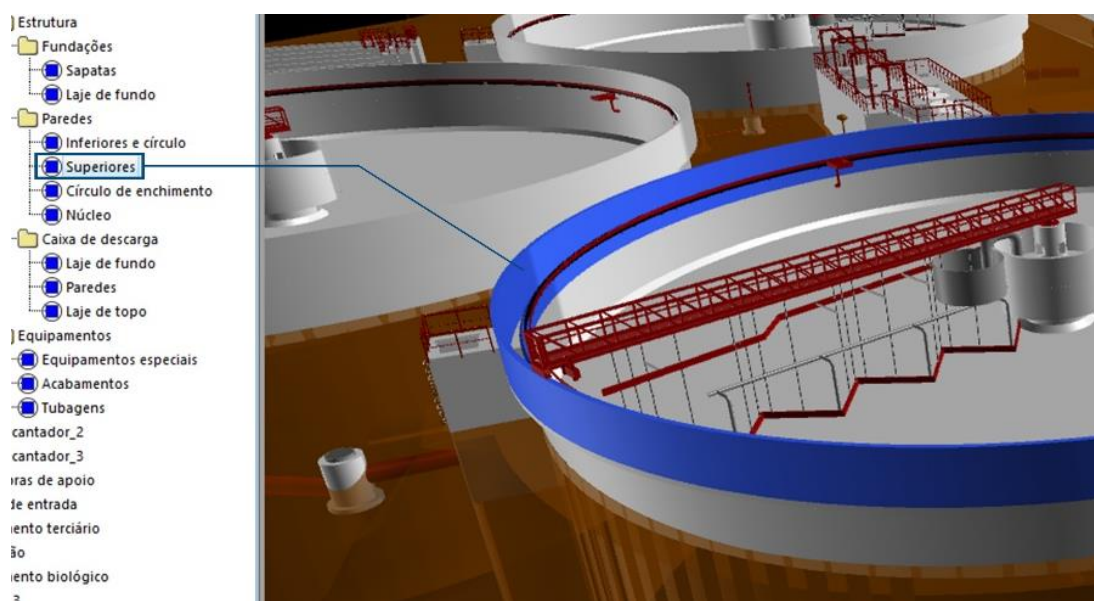


Figura 3.17 - Exemplo de “*set selection*”, Navisworks® 2015

3.4.2.2 Ligações automáticas entre as tarefas e “set selections”

Uma das principais vantagens da ferramenta *Timeline* do Navisworks® é a de permitir o *auto-attach* entre as tarefas e os diferentes elementos do modelo 3D, conectando o espaço e o tempo. Para que seja possível a utilização da função *auto-attach* é necessário criar uma regra de ligação entre as tarefas e os elementos organizados nos *set selection* definidos anteriormente.

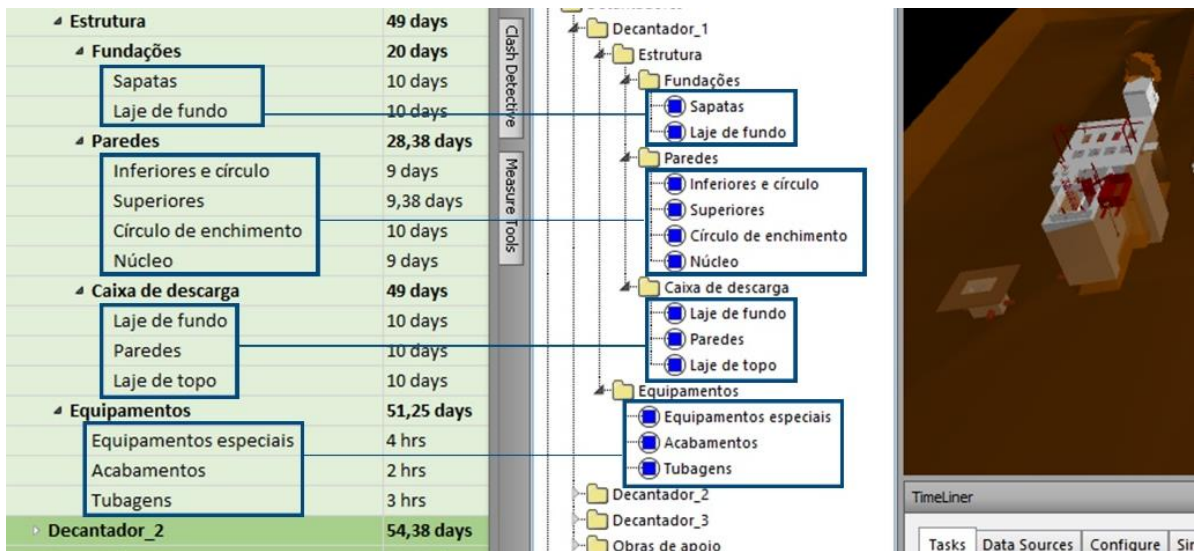


Figura 3.18 – Exemplo de nomenclatura das tarefas no MS Project® (à esquerda a verde) e exemplo nomenclatura de sets selection (à direita a azul) no Navisworks®

Optou-se por utilizar como regra a coerência na nomenclatura das tarefas e dos set selection, desta feita o nome das tarefas e dos set selection tem obrigatoriamente de ser iguais, como exemplificado na Figura 3.18. Após efetuar esta operação de “*auto-attach*” para o decantador 1, procedeu-se à simulação do modelo 4D. Foi possível verificar que todo o processo de construção foi simulado da forma idealizada, contudo foi nesta fase que se detetou uma falha no processo de auto-attach. Esta falha tinha a ver com o facto de o processo de construção do segundo e terceiro decantadores ser idêntico à do decantador número 1, logo as tarefas teriam a mesma nomenclatura e por consequência a regra que era a base do processo de “*auto-attach*” deixava de ser eficaz. A Figura 3.19 representa o ambiente do Navisworks onde se procede à ligação entre tarefas e elementos.

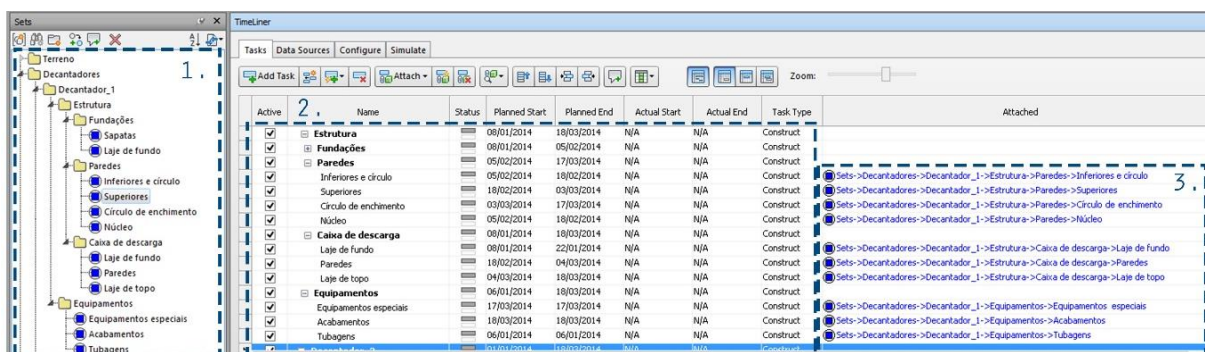


Figura 3.19 – Exemplo de auto-attach(3) entre set selection(1) e tarefas(2) , Navisworks®

3.4.2.3 Reflexão/Discussão dos resultados

Nesta iteração procurou-se resolver os problemas detetados na abordagem anterior onde havia uma quebra de produtividade devido ao consumo exaustivo de tempo quando se procedia às tarefas discriminadas em 3.4.1.4. A resolução passou pela criação de *set selection* explicado em 3.4.2.1. Foi ainda utilizado pela primeira vez a ferramenta de *auto-attach*, explicada em 3.4.2.2. Esta ferramenta permite tornar automático o processo de ligação entre as tarefas e os “*set selection*” e demonstrou ser de elevada relevância para o objetivo principal que é o aumento da produtividade. Contudo, nesta fase esta ferramenta não foi tão eficaz como previsto pois havia um conflito entre as tarefas e os “*set selections*”. Este contratempo foi a base de partida para a próxima iteração.

3.4.3 3ª Iteração

O workflow anterior mostrou ser pouco eficaz quando foi necessário recorrer ao “*auto-attach*” numa fase mais avançada do planeamento. O “*auto-attach*” do primeiro decantador não se revelou problemático, porém quando se efetuou o mesmo processo para os decantadores número dois e três o mesmo não se verificou. As tarefas criadas no MS Project® tinham a mesma nomenclatura, desta feita a regra criada já não surte o efeito desejado e a função *auto-attach* deixa de funcionar propriamente. Esta iteração, segue o workflow representado pela Figura 3.20 e surge com o objetivo de tornar possível a utilização da ferramenta de “*auto-attach*”. Esta iteração veio introduzir algumas pequenas nuances naquele que era o encadeamento de tarefas seguido até então. A terceira abordagem seguiu o seguinte encadeamento de tarefas:

- Importação e análise do modelo da ETAR para o Navisworks®;
- Elaboração das tarefas, com código “*Phase_ID*”, a serem executadas para a construção dos decantadores no MS Project®;
- Importação do ficheiro MS Project para o Navisworks®;
- Criação de *sets selections*, com código “*Phase_ID*”, no Navisworks®;
- “*Attachs*” automáticos entre as tarefas e os “*set selection*”;
- Simulação 4D.

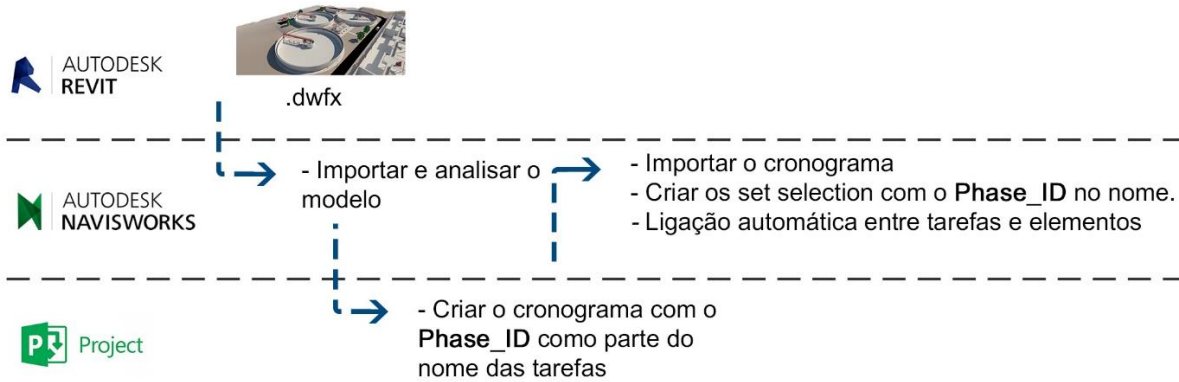


Figura 3.20 – Workflow 3

3.4.3.1 Phase_ID

Para melhorar a regra de nomenclatura que era a base da ligação automática entre tarefas e elementos, recorreu-se á criação de um código único que viria a ser parte do próprio nome de cada tarefa e que seria composto pela primeira letra de cada palavra que compõe as tarefas principais acima da tarefa em questão, como se pode ver na Figura 3.21.

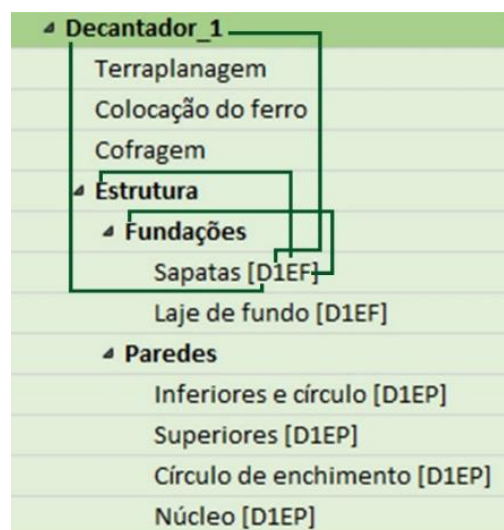


Figura 3.21 – Exemplo da criação do código Phase_ID, MS Project® 2013

A criação deste código, garante que cada tarefa terá um nome único o que é essencial para o bom funcionamento da ferramenta “*auto-attach*” do Navisworks®.

3.4.3.2 Elaboração das tarefas, com código “Phase_ID”, a serem executadas para a construção dos decantadores

Recorrendo ao ficheiro do MS Project® elaborado em 3.4.1.2, induziu-se uma modificação na nomenclatura das tarefas passando as mesmas a ter o seguinte formato, “nome da tarefa [Phase_ID]”. Um exemplo ilustrativo pode ser visto na Figura 3.22.

	WBS	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Task Type
1	1		Decantadores	54,38 days	01/01/2014	18/03/2014		Construct
2	1.1		Decantador_1	54,38 days	01/01/2014	18/03/2014		Construct
3	1.1.1		Terraplanagem	1 wk	01/01/2014	07/01/2014		Construct
4	1.1.2		Colocação do ferro	0 days				Construct
5	1.1.3		Cofragem	0 days				Construct
6	1.1.4		Estrutura	49 days	08/01/2014	18/03/2014		Construct
7	1.1.4.1		Fundações	20 days	08/01/2014	05/02/2014		Construct
8	1.1.4.1.1		Sapatas [D1EF]	10 days	08/01/2014	22/01/2014	22	Construct
9	1.1.4.1.2		Laje de fundo [D1EF]	10 days	22/01/2014	05/02/2014	8	Construct
10	1.1.4.2		Paredes	28,38 days	05/02/2014	17/03/2014		Construct
11	1.1.4.2.1		Inferiores e círculo [D1EP]	9 days	05/02/2014	18/02/2014	9	Construct
12	1.1.4.2.2		Superiores [D1EP]	9,38 days	18/02/2014	03/03/2014	11	Construct
13	1.1.4.2.3		Círculo de enchimento [D1EP]	10 days	03/03/2014	17/03/2014	12	Construct
14	1.1.4.2.4		Núcleo [D1EP]	9 days	05/02/2014	18/02/2014	11SS	Construct
15	1.1.4.3		Caixa de descarga	49 days	08/01/2014	18/03/2014		Construct
16	1.1.4.3.1		Laje de fundo [D1ECD]	10 days	08/01/2014	22/01/2014	8SS	Construct
17	1.1.4.3.2		Paredes [D1ECD]	10 days	18/02/2014	04/03/2014	12SS	Construct
18	1.1.4.3.3		Laje de topo [D1ECD]	10 days	04/03/2014	18/03/2014	17	Construct
19	1.1.5		Equipamentos	51,25 days	06/01/2014	18/03/2014		Construct
20	1.1.5.1		Equipamentos especiais [D1E]	4 hrs	17/03/2014	17/03/2014	13	Construct
21	1.1.5.2		Acabamentos [D1E]	2 hrs	18/03/2014	18/03/2014	15	Construct
22	1.1.5.3		Tubagens [D1E]	3 hrs	06/01/2014	06/01/2014		Construct

Figura 3.22 – Nomenclatura das tarefas com “Phase_ID” incorporado, MS Project® 2013

3.4.3.3 Criação de “sets selections”, com código “Phase_ID”, no Navisworks®

À semelhança daquilo que aconteceu em 3.4.3.2, os “set selection” criados em 3.4.2.1, também tiveram o seu nome alterado de forma a haver coerência entre o nome das tarefas e dos “set selection”, como pode ser visto na Figura 3.23.

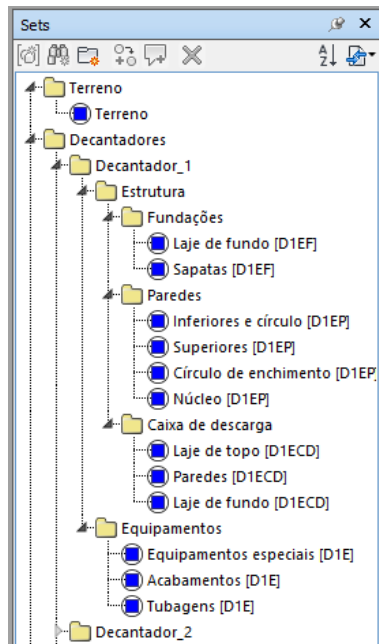


Figura 3.23 – Sets com o Phase_ID incorporado, Navisworks® 2015

3.4.3.4 “Attachs” automáticos entre as tarefas e os “set selection”

Após as modificações impostas em 3.4.3.2 e 3.4.3.3, foi possível utilizar eficazmente a ferramenta de “auto-attach”, tornando o processo de ligação entre as tarefas e os elementos 3D organizados em “set selection” automático, como pode ser visto na Figura 3.24.

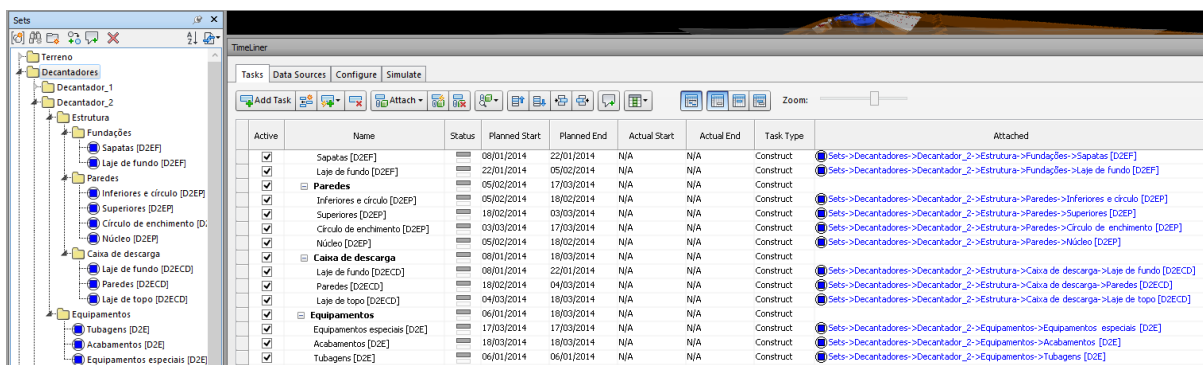


Figura 3.24 – Auto-attach entre tarefas e set selections com código, Navisworks® 2015

3.4.3.5 Reflexão/Discussão dos resultados

Após a conclusão desta iteração era notório o aumento de produtividade quando comparado com a primeira iteração. Contudo ficava a sensação de que ainda era possível otimizar algumas fases do processo. Pretendia-se também que este workflow fosse de possível aplicação prática. Desta forma decidiu-se introduzir alterações no projeto refletindo aquilo que acontece muitas vezes em casos reais. Foi então que se focou as atenções no processo de criação dos “*set selection*” por ser a tarefa que ocupava mais tempo. Este foi o foco da iteração número 4.

3.5 Introdução de alterações no decorrer da obra

Frequentemente o projeto inicial sofre alterações quer seja por imposição de necessidades em obra ou por exigência do cliente. Um bom workflow deve permitir responder a estas alterações de forma rápida e eficaz e desta forma surgiu a 4ª iteração que procura responder a esta necessidade.

Nesta fase o workflow desenvolvido foi testado de forma a avaliar a sua resposta a alterações no projeto. Desta forma foram simuladas alterações no projeto que procuravam recriar um cenário real. Verificou-se que era praticamente necessário repetir todo o processo explicado no ponto 3.4.3, o que era o improdutivo.

De forma a resolver este aspeto era necessário que o modelo fosse dinâmico e bidirecional refletindo as modificações impostas num programa no outro, por exemplo se uma parede fosse excluída do modelo no Navisworks, num cenário ideal essa alteração deveria ser refletida no modelo do Revit® e vice-versa, todavia este cenário ainda não é possível nas recentes versões destes produtos da Autodesk. Foi então necessário recorrer a um “work-around” que se aproximasse deste cenário.

3.5.1 4ª iteração

Na 4ª iteração, que seguiu o encadeamento de tarefas ilustrado na Figura 3.25, optou-se por utilizar “*search sets*” em vez de “*set selections*” utilizados até à terceira iteração. Esta alteração deve-se principalmente ao facto de os “*set selection*” não atualizarem quando é feita uma

alteração no modelo. O mesmo já não se pode dizer em relação aos “*search sets*” quando aplicados em simultâneo com um “*shared parameter*”.

Nesta fase foi necessário recorrer ao software Revit® contudo o modelo inicial em formato .dwfx não permitia efetuar alteração. Desta forma foi fornecido pelo Eng. Francisco Reis um modelo Revit® de uma das instalações da ETAR, o tratamento biológico. Assim, na 4ª iteração foram desenvolvidas as seguintes tarefas:

- Importação e análise do modelo para o Navisworks®;
- Elaboração das tarefas, com código “*Phase_ID*”;
- Criação de um parâmetro partilhado com o nome “Phasing”;
- Introdução do código “*Phase_ID*” no parâmetro “Phasing”;
- Exportação do modelo em formato .dwfx;
- Atualização do modelo no Navisworks®;
- Importação do ficheiro MS Project® para o Navisworks®;
- Criação de “*search sets*”, com código “*Phase_ID*” no Navisworks®;
- Ligação automática entre entre “*search sets*” e tarefas;
- Simulação 4D.

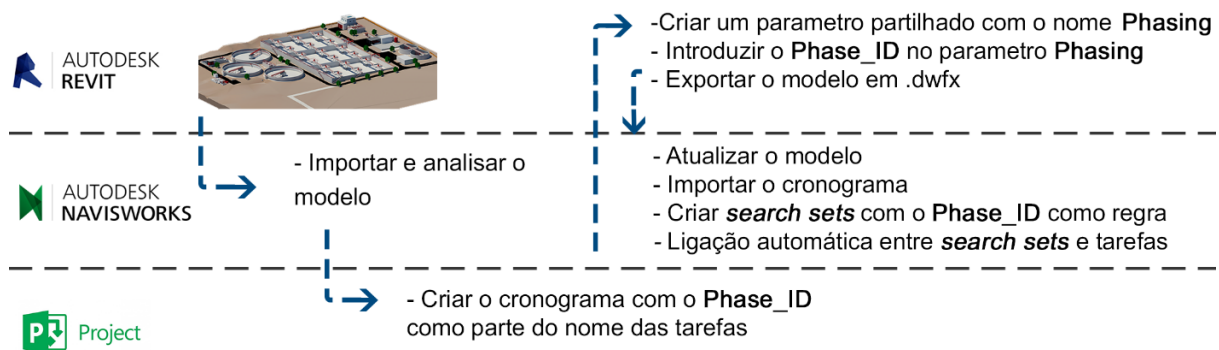


Figura 3.25 – Workflow 4

3.5.1.1 Modificação no modelo Revit®

Conforme referido foi necessário proceder a alterações no modelo elaborado no Revit® de forma a torna-lo mais dinâmico. Desta feita, foi criado um “*shared parameter*” com o nome “*Phase_ID*”. Um “*shared parameter*” é um campo de base de dados que quando associado a

um objeto permite acrescentar informações como, material, preço, fabricantes ou controlar as dimensões do objeto. Neste caso o “shared parameter” foi agrupado no campo “Phasing” para ser coerente com o código das tarefas elaboradas no MS Project[®], Figura 3.26, permitindo criar os “*search sets*” automaticamente.

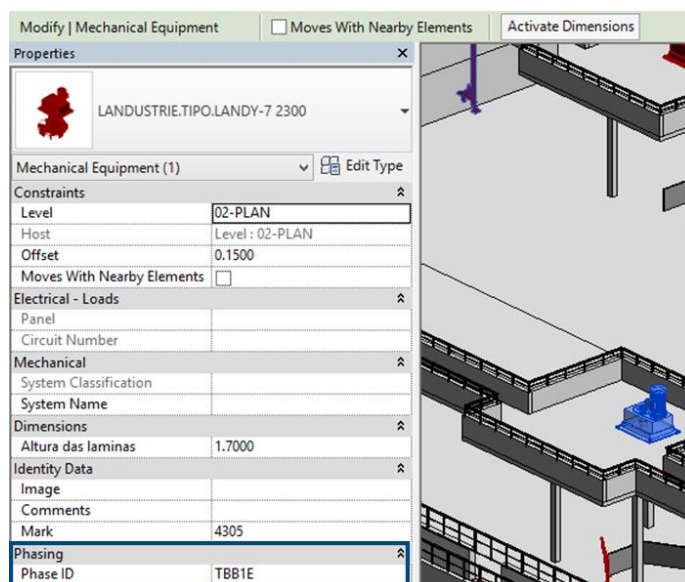


Figura 3.26 – Exemplo do parâmetro partilhado “Phase_ID”, Navisworks[®] 2015

3.5.1.2 Criação de “search sets”

Comparativamente aos “sets” os “search sets” (SS) demonstraram ser uma ferramenta mais dinâmica. Como explicado anteriormente os “sets” são grupos de componentes. Os SS são também um grupo de elementos porém estes elementos são agrupados tendo por base uma regra.

O que torna os SS dinâmicos é o facto de atualizarem sempre que algum elemento não respeita essa regra. Nesta fase foram então criados SS tendo como regra o código “Phase_ID”. Desta forma o Navisworks conseguia identificar os elementos com o mesmo código e agrupa-los.

Se numa fase mais avançada se verificarem alterações no projeto apenas é necessário alterar parâmetro “Phasing” introduzindo o código “Phase_ID” de forma a refletir essas alterações e os SS do Navisworks são atualizados de forma automática.

Para a criação dos SS foi utilizada uma ferramenta de procura de elementos representada na Figura 3.27. Para que os elementos fossem encontrados foi criada uma condição de igualdade entre o nome e a propriedade como mostra a figura.

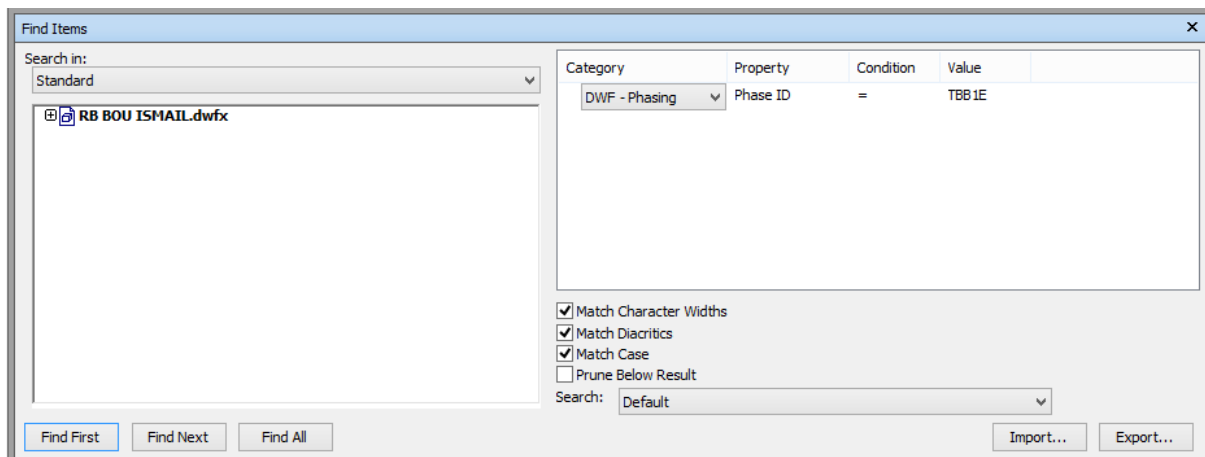


Figura 3.27 – Ferramenta de procura de elementos, Navisworks® 2015

3.5.1.3 Reflexão/Discussão dos resultados

Após a quarta iteração era notória a diferença de rapidez no processo de produção de uma simulação 4D. Contudo, nesta fase o workflow tinha sido testado assumindo que apenas um ou dois elementos iriam sofrer alterações. Isso significava que apenas esses elementos iriam ter o seu parâmetro partilhado alterado. Esta alteração foi uma tarefa simples, contudo num cenário real é de esperar que vários elementos possam ser alterados e desta forma em vez de um ou dois elementos podíamos ter de alterar o parâmetro “Phase_ID” em centenas de elementos o que iria acabar por se tornar numa tarefa bastante mais demorada refletindo-se na produtividade.

3.5.2 5ª Iteração

De forma a tornar mais rápida a resposta à situação identificada em 3.5.1.3 foi estudada a hipótese de exportação de dados para uma folha de cálculo por intermédio de uma extensão disponível na loja virtual da Autodesk e assim sendo no workflow 5 foram executadas as tarefas ilustradas na Figura 3.28.

As extensões são aplicação desenvolvidas por terceiros que pretendem introduzir mais valor a determinados softwares, neste caso o Revit®.

Assim, na 5ª iteração foram desenvolvidas as seguintes tarefas:

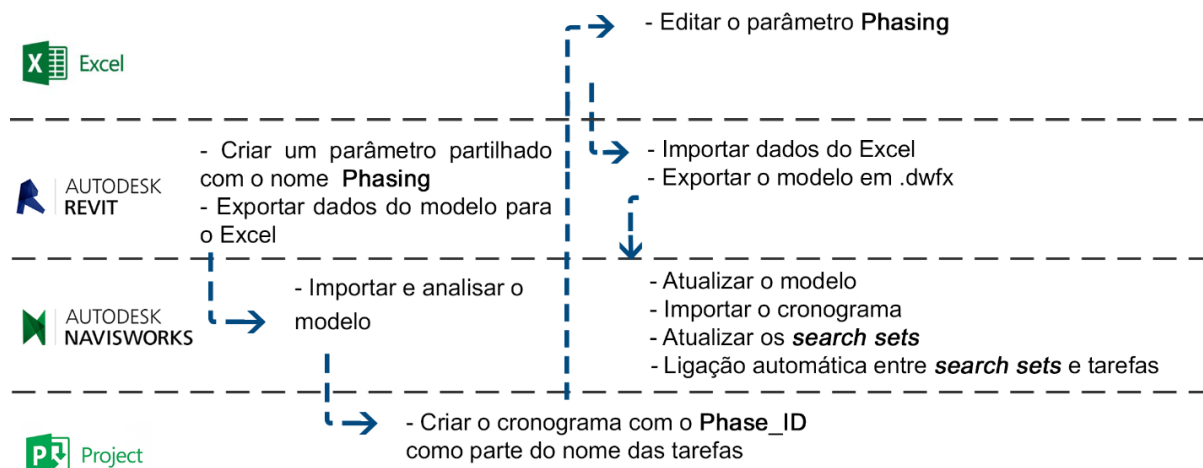


Figura 3.28 – Workflow 5

3.5.2.1 Edição do parâmetro “Phase_ID” no Excel®

Recorrendo às capacidades de edição de dados do Excel® optou-se então por exportar a informação dos elementos do modelo Revit® que iram ter o seu parâmetro “Phase_ID” alterado, como exemplificado na Figura 3.29.

	A	B	C	D
1	Id	Mark	Type Name	Phase ID
2	515459	4305	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
3	515474	4306	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
4	515569	4303	Motor - LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
5	515584	4304	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
6	515697	4302	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
7	544715	4311	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
8	544737	4309	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
9	544746	4310	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
10	544759	4307	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
11	544768	4308	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
12	544823	4317	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E
13	544832	4318	LANDUSTRIE.TIPO.LANDY-7 2300	TBB1E

Figura 3.29 – Dados exportados do modelo Revit® para o Excel®, Excel® 2013

Após a edição dos dados da coluna referente ao Phase_ID a folha de cálculo é salva e os dados são importados novamente no Revit® por intermédio da mesma extensão.

3.6 Processo de controlo

No término da quinta iteração era possível notar uma otimização no processo 4D. A experiência adquirida permitiu ao autor aplicar alguns conceitos e ferramentas no processo de controlo do planeamento.

O cenário idealizado para testar esta forma de controlo foi o seguinte:

- Local da obra: Argélia
- Escritórios da empresa: Portugal

Estando perante uma obra internacional, o controlo de datas, alocação de equipas e materiais pode ser um desafio. Para facilitar o controlo por parte da empresa localizada em Portugal, foi idealizado um workflow que desse fluidez à comunicação entre a empresa e o engenheiro localizado na Argélia responsável pelo controlo da obra.

3.6.1 Workflow para o controlo do planeamento

A comunicação entre os softwares utilizados neste workflow segue o esquema representado pela Figura 3.1. Na Tabela 4 estão sintetizadas as tarefas que cada ator do projeto deve elaborar em cada uma dos softwares.

Tabela 4 – Tabela de função/ator

	Diretor de Obra	Coordenador BIM	Project Manager
Excel	<ul style="list-style-type: none">• Preencher a folha “Planeado VS Efetivo”	<ul style="list-style-type: none">• Preparação do livro Excel• Criação de relatórios estatísticos	<ul style="list-style-type: none">• Análise das estatísticas
Revit		<ul style="list-style-type: none">• Criação de SP• Exportação de dados• Importação e exportação do modelo	
Navisworks			<ul style="list-style-type: none">• Análise do modelo

A filosofia adotada neste esquema de trabalhos passa pela criação de uma base de dados (Excel[®]) que permite a comunicação com o MS Project[®] e Revit[®]. Esta base de dados é manipulada pelo engenheiro encarregue do controlo do planeamento que no final do dia preenche uma folha de Excel com os dados necessários para o controlo como datas de entregas, estados de encomendas ou verificações de instalações. Estas informações podem depois ser usadas para a fase de manutenção.

Em cada um dos softwares foram elaboradas as seguintes tarefas pela seguinte ordem:

Revit[®]

- Criação de “shared parameters”
- Exportação de dados

Excel[®]

- Importação das datas para controlo
- Controlo
- Relatórios estatísticos

Revit[®]

- Importação dos dados e exportação do modelo

Navisworks[®]

- Visualização e análise

Cada um dos passos anteriores é explicado nos pontos seguintes:

- **Criação de “shared parameters”**

Seguindo a mesma linha de pensamento utilizada em 3.5.1.1 foram introduzidos no modelo sete novos “*shared parameters*” de acordo com a Figura 3.30.

Phasing	
Phase Filter	None
Phase	Proposto
Phase ID	
Estado da Encomenda	
Local da Entrega	
Data da Entrega	
Data de Encomenda	
Transporte	
Instalação	

Properties help Apply

Figura 3.30 – Shared parameters de controlo, Navisworks® 2015

Os “*shared parameters*” criados foram os identificados na Figura 3.33 uma vez que estes são os dados considerados relevantes no processo de controlo de equipamentos mecânicos.

- **Exportação de dados**

À semelhança do que aconteceu em 3.5.2.1, foi utilizada uma API desenvolvida por terceiros para exportar estes parâmetros para uma folha de Excel®. Esta API é fundamental neste processo uma vez que é ela que permite a comunicação bidirecional entre o Revit® e a base de dados (Excel®).

Por ser uma versão demo a API só permite a exportação de 25 linhas, de forma a contornar esta situação a empresa responsável pelo software foi contactada no sentido de disponibilizar uma versão que possibilitasse mais liberdade ao autor para realizar o estudo, contudo tal não foi possível obter em tempo útil.

Com a restrição imposta pela API o estudo que se pretendia aplicar a todo o projeto teve de ser aplicado apenas a alguns equipamentos mecânicos.

A folha de Excel® foi criada pela API de forma automática sendo exportados apenas dados relevantes para o controlo da obra como demonstrados pela Figura 3.31. Neste caso foram exportados os dados referentes aos “*shared parameters*” criados anteriormente.

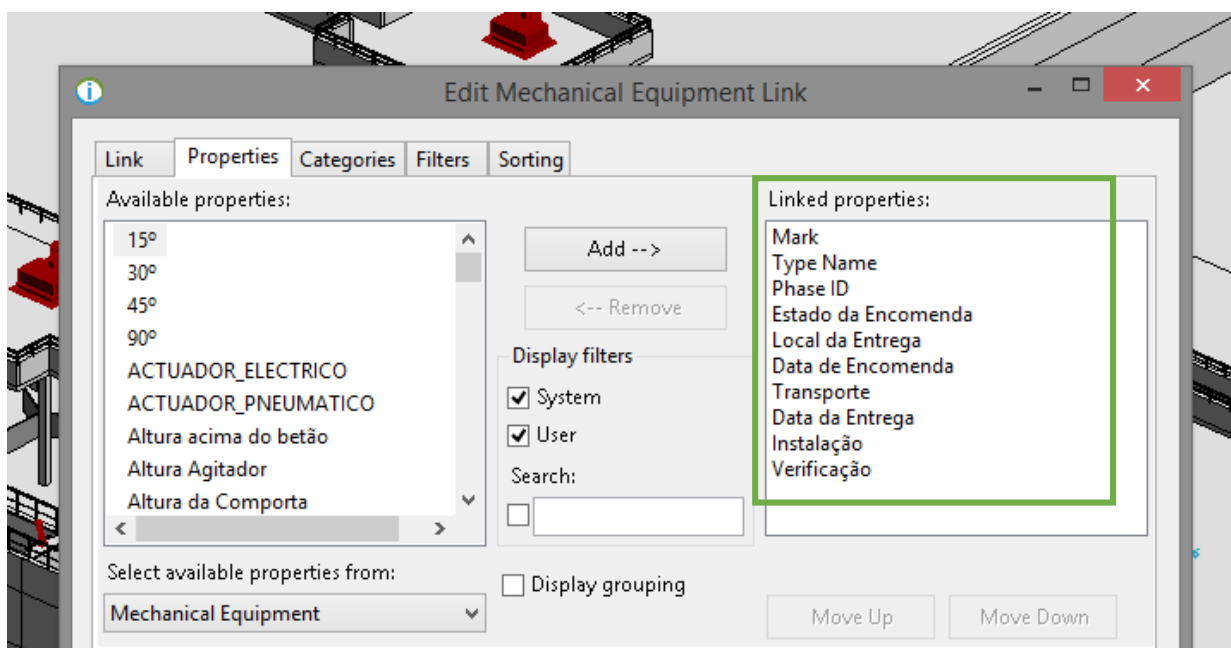


Figura 3.31 – Interface de seleção de propriedades, , Navisworks® 2015

- **Importação das datas do ficheiro MS Project®**

O ficheiro MS Project® contendo todos os dados relativos ao planeamento da obra serve de base para o controlo do planeamento, Figura 3.32. As datas relativas as atividades encomenda, transporte, entrega, instalação e verificação são copiadas em forma de *link*, ou seja, se as datas do planeamento tiverem de ser ajustadas no MS Project® esta modificações refletem-se de forma automática numa folha do Excel® à qual se deu o nome “Planeado VS Efetivo”.

19	?		↳ Equipamentos				
20	?		Descarregadores [TBB1E]	2 hrs	23/04/2014	23/04/2014	
21	?	TBB1E	↳ Motores [TBB1E]	10,13 days	07/10/2014	21/10/2014	
22	?		Encomenda	0 days	06/10/2014	06/10/2014	10
23	?		Transporte	1 wk	08/10/2014	15/10/2014	22
24	?		Entrega	0 days	15/10/2014	15/10/2014	23
25	?		Instalação	5 hrs	15/10/2014	15/10/2014	24
26	?		Verificação	1 hr	20/10/2014	20/10/2014	25

Figura 3.32 – Excerto do ficheiro MS Project® importado, Excel® 2013

- **Controlo**

Para efeitos de controlo ao planeamento, na folha referida anteriormente “Planeado VS Efetivo”, disponibilizou-se na zona a azul-escuro um espaço para o preenchimento por parte do engenheiro responsável pelo controlo, das datas efetivas relativas a cada tarefa. No exemplo

ilustrado pela Figura 3.33 pode ver-se que determinado motor foi encomendado no dia 07/10/2014 e transportado no dia 08/10/2014.

	G	H	I	J
1				
2	Instalação	Verificação	Data de Encomenda	Transporte
3	15/10/2014	20/10/2014	07/10/2014	08/10/2014
4	15/10/2014	20/10/2014	07/10/2014	08/10/2014
5	15/10/2014	20/10/2014	07/10/2014	08/10/2014
6	15/10/2014	20/10/2014	07/10/2014	08/10/2014
7	15/10/2014	20/10/2014	07/10/2014	08/10/2014
8	15/10/2014	20/10/2014	07/10/2014	08/10/2014
9	15/10/2014	20/10/2014	07/10/2014	08/10/2014
10	15/10/2014	20/10/2014	06/10/2014	08/10/2014
11	15/10/2014	20/10/2014	06/10/2014	08/10/2014

Figura 3.33 – Excerto da folha “Planeado VS Efetivo”, Excel® 2013

- **Relatórios**

Sendo o Excel uma poderosa ferramenta com funções de análise e cálculo de dados foi possível através da comparação das datas planeadas e efetivas, gerar relatórios estatísticos com gráficos que ilustram o seu estado, como demonstrada na Figura 3.34. Por exemplo se uma encomenda está atrasada, ou se a instalação de determinado motor já foi verificada.

Esta é uma ferramenta importante para que a empresa, que está localizada em Portugal, possa acompanhar o decorrer da obra e controlar faturas.

STATUS MECHANICAL EQUIPMENT (MOTOR)

30 de Agosto 2014

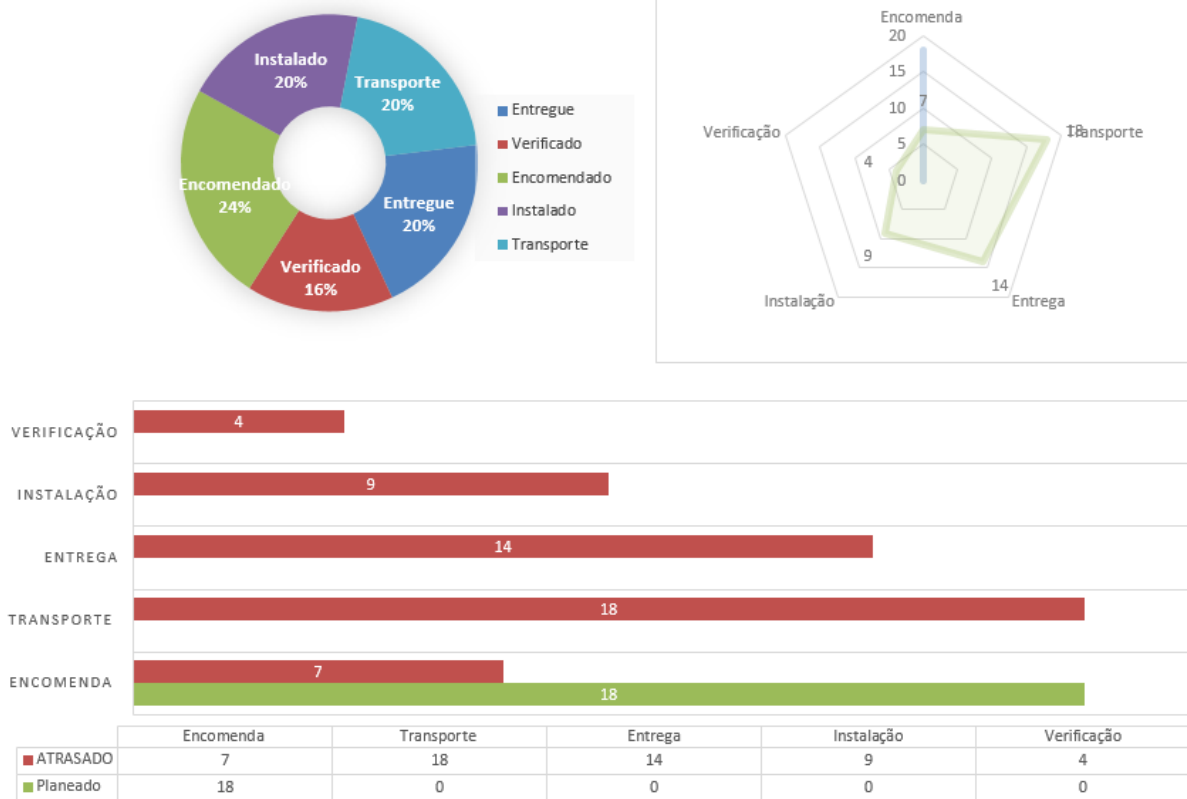


Figura 3.34 – Exemplo de relatório estatístico, Excel® 2013

- **Importação dos dados**

Após a introdução e análise dos dados no Excel® estes voltam a ser importados no Revit® por intermédio da API utilizada numa fase anterior. Este seria um trabalho da competência do coordenador BIM. A API tem a capacidade de preencher automaticamente os “shared parameters” com o resultado da análise feita pelo Excel®, ou seja, comparando as datas o resultado será “Planeado” ou “Atrasado”. No caso ilustrado pela Figura 3.35 é possível ver que após a análise dos dados no Excel o motor selecionado tem todos os parâmetros como “ATRASADO”. Com o processo de importação concluído o modelo é exportado em .dwfx, por ser um formato leve que pode facilmente ser enviado por e-mail ou guardado na cloud.

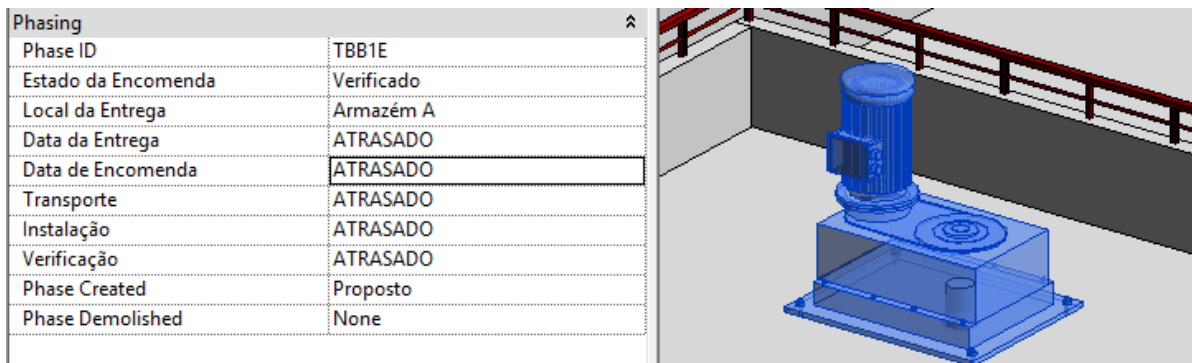


Figura 3.35 – “Shared Parameters” de controlo, Navisworks® 2015

- **Visualização e análise**

O Project Manager, que está em Portugal, pode manter-se atualizado relativamente à obra de duas formas. Uma analisando a folha de Excel® onde estão expostas as estatísticas, outra importando o modelo .dwfx no Navisworks®.

Da mesma forma como foram criados os SS em 3.5.1.2 foram criados SS para monitorização da obra, Figura 3.36.

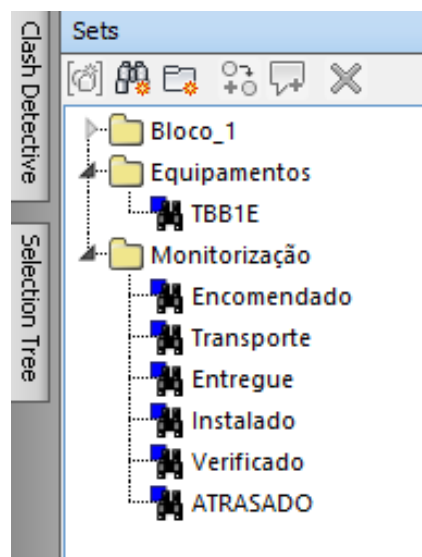


Figura 3.36 – SS de monitorização, Navisworks® 2015

Desta forma, qual o PM pretende monitorizar a obra, clicando num dos SS ele irá destacar no modelo os elementos que se identificam com aquela propriedade. No exemplo da Figura 3.37 foi selecionado o SS “ATRASADO” e foi possível verificar que a bomba destacada a azul não

com os parâmetros dentro do planeado. Desta forma é possível ter um melhor controlo e comunicação com a obra.

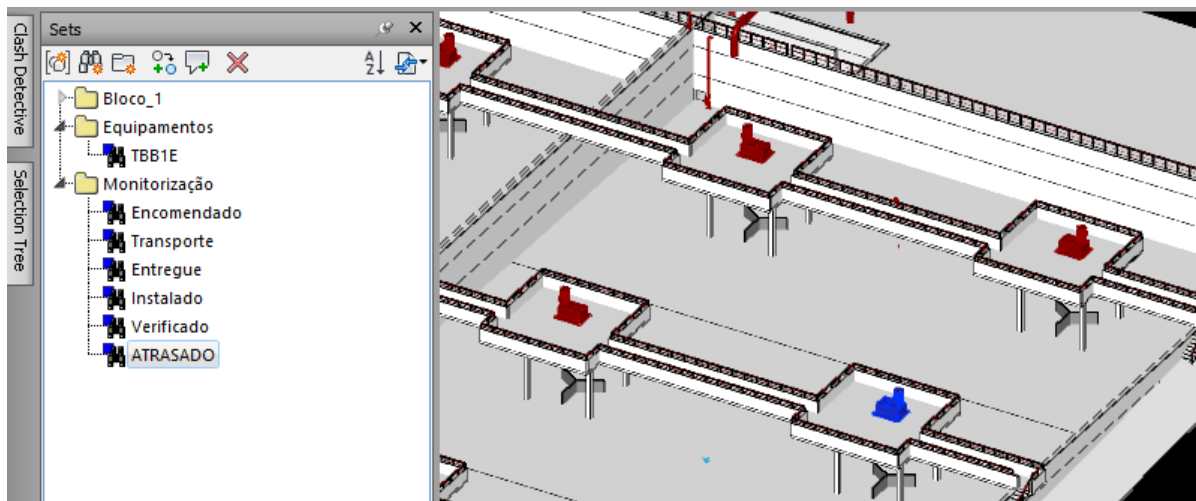


Figura 3.37 – Exemplo de monitorização, Navisworks® 2015

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

4.1 Considerações Finais

A indústria da construção tem uma importância considerável na economia portuguesa. Esta indústria engloba não só edifícios de habitação mas também edifícios públicos, vias de comunicação e obras de arte, entre outros. Estas construções são alguns dos alicerces que suportam a economia portuguesa.

Devido à crise socioeconómica sentida durante os últimos anos em Portugal, grande parte das indústrias sentiram uma quebra acentuada de produtividade, sendo o setor AEC um dos que mais sofreu. Todavia, esta poderá ser a oportunidade para que as empresas adotem novos métodos e processos de organização interna e de gestão e produção que proporcionem um reforço da sua competitividade quer a nível nacional quer a nível internacional. Neste sentido as ferramentas e as metodologias BIM podem ser a solução que o mercado da construção necessita.

É certo que existem ainda vários entraves à implementação do BIM em Portugal, quer seja adversidade à mudança, quer seja pelos avultados custos que a sua implementação representa ou pela carência de normas que regulamentem os projetos BIM. Algumas entidades pioneiras tem desenvolvido esforço no sentido de regulamentação BIM tanto a nível europeu como a nível nacional. Por esta razão e à semelhança daquilo que acontece em vários países, prevê-se que nos próximos anos o BIM passe a ser uma realidade no projetos nacionais.

As vantagens da integração do BIM em projetos são inúmeras e foram analisadas de forma sintética neste documento. Contudo após a revisão de algumas referências bibliográficas é possível afirmar que os projetos MEP são os que mais podem beneficiar com a implementação do BIM.

Os projetos MEP são cada vez mais complexos e incluem cada vez mais sistemas. O trabalho colaborativo, com recente desenvolvimento da extensão BCF, representa uma mudança radical na forma como os sistemas de um edifício são coordenados. O ficheiro BCF representa um grande avanço na forma como a comunicação, entre os diferentes intervenientes de um projeto de construção, é feita. A utilização deste ficheiro reduz a necessidade de reuniões presenciais promovendo uma coordenação de forma virtual sem desperdício de tempo.

Uma outra área de aplicação do BIM, abordada nesta dissertação, foi o planeamento e controlo das construções. Foram estudadas as vantagens da utilização de um modelo 4D e o que elas podem representar na interação entre os vários membros de um projeto desde o Dono de Obra até o arquiteto e engenheiros.

No desenvolvimento do caso prático procurou-se responder ao problema da comunicação entre softwares baseando-se em conhecimentos adquiridos no levantamento do estado da arte e demonstrando a importância que a adaptação dos processos internos representa num fluxo de trabalho baseado em softwares BIM. Desta forma aplicaram-se metodologia BIM 4D num projeto MEP.

A primeira conclusão que se pode tirar da aplicação do caso prático é a importância que a comunicação entre as *software-houses* e os profissionais da indústria AEC pode representar para o público utilizador destes softwares.

No caso prático foi necessário desenvolver um *workaround* como forma de resposta à falta de comunicação entre os softwares utilizados. O que por um lado pode representar a necessidade de adaptação dos processos internos e por outro a necessidade de colaboração entre *software-house* e utilizadores com vista à resolução de problemas. O que se pretende demonstrar com este parágrafo, é que embora seja importante a colaboração com as *software-houses*, as empresas não podem ficar à espera que os problemas sejam todos resolvidos pelos softwares, é necessário comunicar esses problema e às vezes é necessário desenvolver processos internos que resolvam esses problemas enquanto eles não são resolvidos pelas *software-houses*.

Na melhoria da comunicação entres os softwares, recorreu-se a um sistema de classificação. Este tema, abordado no levantamento do estado da arte, foi aplicado no caso prático com a finalidade de interligação entre softwares. Conclui-se que os sistemas de classificação tem um papel fundamental na gestão da informação e que estes podem facilmente ser desenvolvidos e aplicados internamente. Contudo este tema levanta algumas questões como, será realmente necessário desenvolver um sistema de classificação universal? Será possível aplicar um único sistema de classificação BIM à escala mundial? E quais os custos/benefícios desta mudança?

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação o autor foi-se especializando em softwares e no tema BIM tendo tido a oportunidade de partilhar os seus conhecimentos por intermédio de workshops e conferências.

- **Artigo científico apresentado na segunda conferência internacional de BIM**

O autor submeteu e publicou como primeiro autor um artigo científico na segunda conferência internacional de BIM que decorreu em Lisboa, nos dias 9 e 10 de Outubro 2014, intitulado “*Improving MEP planning using BIM tools*”.

- **Monitor no curso de BIM organizado pela Ordem dos Engenheiros**

O autor foi convidado a monitorizar as aulas práticas na vertente de planeamento da construção envolvendo o auxílio nos softwares: Revit e Navisworks.

- **Palestrante num Workshop de BIM na Universidade do Minho**

O autor, através da BIMClub UMinho, participou num Workshop, intitulado “BIM: um modo inovador de projetar” tendo abordado o tema: BIM 4D.

4.2 Perspetivas futuras

As áreas de aplicação do BIM no setor construção são inúmeras. As metodologias BIM podem ser aplicadas em fase de projeto, preparação, construção e manutenção.

No ponto 3.6.1 do caso prático abordou-se um workflow para o controlo do processo construtivo. Durante o seu desenvolvimento o autor apercebeu-se também das potencialidades que o mesmo poderia ter, se aplicado à fase de manutenção, ou seja ao 6D. A ideia base deste estudo seria: se for possível, através da utilização de parâmetros, saber a data exata em que uma bomba foi posta em funcionamento, saberíamos quando começa a sua garantia, e em caso de avaria, esta seria ativada de forma automática.

Sendo o BCF um ficheiro relativamente novo, não foi possível integra-lo no workflow desenvolvido pelo autor. Seria interessante analisar a aplicabilidade deste ficheiro no workflow desenvolvido como forma de comunicação entre os diferentes membros do projeto. Outro tema de interesse seria a integração de um código QR no controlo das atividade como, entregas de materiais e verificações de instalações. Era interessante que o processo de preenchimento das folhas de Excel apresentadas no ponto 3.6.1, por parte do diretor de obra, fosse feito de forma automática através da utilização de um equipamento que permitisse a leitura de um código QR que, por sua vez, preenche-se as datas da folha “Planeado VS Efetivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar Costa, A. O paradigma BIM e a normalização como fator de competitividade. Retrieved from <http://www1.ipq.pt/PT/Site/Destaques/Pages/Paradigma-BIM-e-a-normalizacao-como-fator-de-competitividade.aspx>
- AIA. (2007). Integrated Project Delivery. California. Retrieved from http://studio4llc.com/wp-content/uploads/2011/01/Integrated-Project-Delivery_A-Working-Definition-AIA.pdf
- AICCOPN. aiccopn.pt :: Novidades :: AICCOPN quer construção como motor da economia. Consultado em Agosto 13, 2014, de http://www.aiccopn.pt/news.php?news_id=739
- Alshawi, M., & Ingirige, B. (2003). Web-enabled project management: an emerging paradigm in construction. *Automation in Construction*, 12(4), 349–364.
- Araújo, R. (2012). Planeamento de obra. Porto. Consultado em <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/58151>
- Barton, P. K. (1983). *Building Services Integration*, E. & F.N. London: Spoon Ltd.
- BCA. (2013). *Singapore BIM Guide, Version 2*. BCA - Building and Construction Authority. BCA - Building and Construction Authority.
- Caires, B. (2013). BIM as a tool to support the collaborative project between the Structural Engineer and the Architect. Universidade do Minho.
- Carvalho, S. M. de J. (2010). *Análise e Alinhamento de Tecnologias de Construção*. Universidade do Minho. Consultado em http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/analise_alinhamento.pdf
- Chan, A. P. C., Scott, D., & Chan, A. P. L. (2004). Factors Affecting the Success of a Construction Project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(1), 153–155. Consultado em Factors Affecting the Success of a Construction Project
- Chevallier, N., & Russell, A. D. (1998). Automated schedule generation. *Canadian Journal for Civil Engineering*, 25(6), 1059–77.
- Cominetti, M. (2014). BIM Collaboration Format (BCF). Retrieved October 26, 2014, from <http://matteocominetti.com/bim-collaboration-format/>
- Construction, M. (2010). The business value of BIM in Europe. *Building Information Modeling to the Bottom Line*. Consultado em <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+Business+Value+of+BIM+in+Europe#0>
- Construction, M. (2014). *SmartMarket Report The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets* : SmartMarket Report.
- Eastman, C. M. (1999). *Building product models: computer environments supporting design and construction*. CRC Press LLC. Consultado em

http://books.google.pt/books?id=KBNW0fDtKrsC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook. A Guide to. Retrieved from http://resource.unisa.edu.au/file.php/588/BIM_Handbook_extract.pdf
- Faria, J. A. (2010). 9 - Planeamento de Obras. Faculdade Engenharia da Universidade do Porto
- Finne, C. (2012). eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction. CRC Press. Consultado em <http://dx.doi.org/10.1201/b12516-74>>.Cap.
- General Services Administration. (2007). GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview. Washington, DC. Consultado em http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf
- GSA. (2007). GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview.
- GSA. (2009). BIM Guide For 4D Phasing.
- Kenley, R. (2004). Project micromanagement: practical site planning and management of work flow,. In 12th Conference of the International Group for Lean Construction (pp. 194–205). Helsingor, Denmark.
- Khemlani, L. (2012). Around the World with BIM. AECbytes Magazine. Consultado em <http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html>
- Koo, B., & Fischer, M. (2000). Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(4), 251–260.
- Korman, T. M., Simonian, L., & Speidel, E. (2008). Using Building Information Modeling to Improve the Mechanical, Electrical and Plumbing Coordination Process for Buildings.
- Korman, T. M., Simonian, L., & Speidel, E. (2010). How building information modeling has changed the MEP coordination process, 959–964.
- Kostelni, N. (2008). “Just a month old, the BIM Addendum has won national endorsements: How a homegrown legal contract will save building contractors from themselves.” *Philadelphia Business Journal*. Consultado em August 31, 2014, em <http://www.bizjournals.com/philadelphia/stories/2008/08/18/focus1.h>
- Lee, G., & Kim, J. “Walter.” (2014a). Parallel vs. Sequential Cascading MEP Coordination Strategies: A Pharmaceutical Building Case Study. *Automation in Construction*, 43, 170–179. doi:10.1016/j.autcon.2014.03.004
- Lee, G., & Kim, J. “Walter.” (2014b). Parallel vs. Sequential Cascading MEP Coordination Strategies: A Pharmaceutical Building Case Study. *Automation in Construction*, 43, 170–179. doi:10.1016/j.autcon.2014.03.004

- Manziona, L. (2013). Sistemas de classificação da informação do edifício. Consultado em August 27, 2014, em <http://www.coordenar.com.br/sistemas-de-classificacao-da-informacao-do-edificio/>
- Martins, J. (2009). Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção. Universidade do Porto. Consultado em <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/59123>
- Martins, S. (2008). Análise do Sector da Construção Civil e Obras Públicas. Braga. Consultado em <http://foreigners.textovirtual.com/edit-value/619/Estudo CCOP.pdf?1327163468>
- Mogollon, N. (2014). BCF. BIM Collaboration Format Explained. Consultado em October 26, 2014, em <http://openbimer.com/?p=286>
- Monteiro, A., & Martins, J. P. (2011). Linha de balanço - uma nova abordagem ao planeamento e controlo das actividade da construção.
- NBIMS. (2006). About the National BIM Standard-United States. Consultado em <http://www.nationalbimstandard.org/about.php>
- NBIMS. (2013). National BIM Standard - United States Version 2. National Institute of Building Sciences buildingSmart Alliance.
- Olofsson, T., Lee, G., & Eastman, C. (2008). Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical , electrical , and plumbing (MEP) systems on a large healthcare project. *itcon*, 13(september 2007), 324–342.
- OmniClass. (2013). A Strategy for Classifying the Built Environment. Retrieved August 27, 2014, from <http://www.omniclass.org/index.asp>
- Parreira, J., & Cachadinha, N. (2012). Implementação BIM e integração nos processos. Coimbra.
- Portugal, B. de. (2014). Análise do setor da construção. Lisboa. Consultado em http://www.bportugal.pt/ptPT/Estatisticas/PublicacoesEstatisticas/NIE/Lists/FolderDeLis taComLinks/Attachments/76/NIE_Estudo CB 15_2014.pdf
- S. Keoki, S., Glenn A., S., & Richard H., C. (2008). *Construction Project Management: A Practical Guide to Field Construction Management (Fifth Edit.)*. New Jersey: Wiley.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., & Owen, R. (2010). The Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136, 968–980.
- Saluja, C. (2009). A Process Mapping Procedure for Planning Building Information Modeling (BIM) Execution on a Building Construction Project. The Pennsylvania State University.
- Seppänen, O., & Kankainen, J. (2004). Empirical research on deviations in production and current state of project control. In 12th Conference of the International Group for Lean Construction (pp. 206–219).

- Silva, J. (2013). Princípios para o desenvolvimento de projetos com recurso a ferramentas BIM.
- Silva, J., & Amorim, S. (2011). A Contribuição dos Sistemas de Classificação Para a Tecnologia BIM: uma abordagem teórica. Encontro de tecnologia de informação. Consultado em <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:a+contribuicao+dos+sistemas+de+classificacao+para+a+tecnologia+bim+-+uma+abordagem+teorica#0>
- Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Sousa, H., Moreira, J., & Mêda, P. (2008). Breve retrospectiva sobre os primeiros sistemas de classificação da informação para a construção (CICS). Consultado em http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=sistemas_de_classifica%3%a7%a3%a3o_de_informa%3%a7%a3%a3o_para_a_constru%3%a7%a3%a3o
- Tatum, C. B., & Asce, F. (2003). Knowledge and Reasoning for MEP Coordination, (December), 627–635.
- Tatum, C. B., & Korman, T. M. (2000). Coordinating Building Systems: Process and Knowledge. ASCE Journal of Architectural Engineering, 6(4), 116–121.
- Teles, I. (2009). Arquitectura de Sistemas de Informação – Referenciais e Métodos. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Velasco, A. U. (2013). Assessment of 4D BIM applications for project management functions. Assessment of 4D BIM applications for project management functions, (August).
- Wilkinson, P. (2005). Construction Collaboration Technologies: An Extranet Evolution. Taylor & Francis. Consultado em http://www.google.pt/books?id=H7x_AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Williams, T. (2002). Modeling Complex Projects. London: Wiley.
- Wong, A. K. D., Wong, F. K. W., & Nadeem, A. (2010). Attributes of building information modelling implementations in various countries. Architectural Engineering and Design Management, 6(Special issue), 288–302.
- WSP, G. (2013). Around the world. Consultado em <http://www.wspgroup.com/en/BIM/10-truths-about-BIM/Around/>
- Xie, H., Tramel, J., & Shi, W. (2011). Building Information Modeling and simulation for the mechanical, electrical, and plumbing systems. Computer Science and Automation. Consultado em http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5952637