



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Norma BIM Portuguesa

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na
Especialidade de Construções

Autor

Fábio Adriano Almeida Pinho

Orientadores

Prof. Doutor Fernando José Telmo Dias Pereira

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Janeiro, 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Doutor Fernando José Telmo Dias Pereira pela orientação e partilha de conhecimentos cruciais no desenvolvimento da dissertação.

Quero agradecer a todos os professores que durante todo o percurso académico contribuíram para a minha formação.

Em especial agradeço aos meus pais, irmão e namorada pela ajuda, incentivo e disponibilidade durante esta etapa.

Quero também agradecer a toda a família pelo apoio incondicional.

Agradeço ainda a todos os colegas e amigos que de alguma forma se cruzaram na minha vida.

RESUMO

A utilização de metodologias e ferramentas BIM (*Building Information Modeling*) tem vindo a assumir um papel importante dentro das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no sector da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Em Portugal, apesar da crescente utilização destes processos, não existem normas ou diretivas de boas práticas tendo em vista a sua implementação. O mesmo não acontece em países nórdicos ou no Reino Unido em que, para além da definição de normas a sua utilização já é, ou virá a ser obrigatória a curto prazo, em projetos (de obras públicas).

O principal objetivo deste trabalho é abordar a utilização da tecnologia BIM e criar uma norma aplicável à realidade portuguesa. Para tal, foram estudados alguns conceitos relevantes para a compreensão da modelação da informação em empreendimentos da indústria da construção tendo por base de trabalho os resultados obtidos na correspondente normalização existente nos países nórdicos e no Reino Unido.

Pretende-se também, contribuir para uma dinamização e formação das metodologias de modo a promover a expansão do conceito.

É consensual, que existe a necessidade de adquirir conhecimentos sobre as potencialidades da ferramenta para a administrar de forma adequada.

ABSTRACT

The use of BIM methodologies and tools (*Building Information Modeling*) has assumed an important role within the Information and Communication Technologies (TIC) in the Architecture, Engineering and Construction sector (AEC). In Portugal, despite the growing use of these processes, there are no rules or policies of good practice with a view to its implementation. The same is not true in Nordic countries or in the United Kingdom where, in addition to the definition of standards its use is already, or will be required in the short term, in projects (of public works).

The main goal of this study is to address the use of BIM technology and create a standard applicable to the Portuguese reality. For this, some relevant concepts have been studied to the understanding of information modeling in businesses in the construction industry on the basis of the obtained results in the corresponding normalization in the Nordic countries and in the United Kingdom.

It is also intended to contribute to methodologies promotion and formation in order to promote the expansion of the concept.

There is a consensus that there is a need to acquire knowledge about the potential of the tool to manage it properly.

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vii
Índice de Quadros	viii
Abreviaturas.....	ix
1 Introdução.....	11
1.1 Identificação e pertinência do tema	11
1.2 Objetivos gerais	12
1.3 Estrutura da dissertação	12
2 Revisão Bibliográfica	13
2.1 Setor da Construção	13
2.2 Conceito de <i>Building Information Modeling</i> (BIM).....	14
2.3 A evolução do 2D para os modelos BIM.....	15
2.4 Benefícios e Possibilidades.....	16
2.5 Interoperabilidade	18
2.6 Modelos <i>industry foundation classes</i> (IFC).....	19
2.7 Ferramentas BIM	20
2.8 Dificuldades de implementação.....	21
2.9 Gestão da Informação na construção	22
2.10 BIM pelo mundo	23
2.10.1 E.U.A.	23
2.10.2 Finlândia	26
2.10.3 Reino Unido.....	27
2.10.4 BIM em Portugal	29
3 Norma Portuguesa	32
3.1 Considerações Iniciais	32
3.2 Requisitos gerais para BIM.....	32
3.3 Métodos de modelação	32
3.4 Modelos de especialidades.....	33
3.4.1 Modelo de Arquitetura.....	34
3.4.2 Modelo de Estruturas.....	34
3.4.3 Modelos de Instalações Técnicas	34

3.5	Requisitos de modelação.....	35
3.5.1	Aplicações de Modelação.....	35
3.5.2	Estrutura hierárquica do modelo.....	36
3.5.3	Propriedades dos elementos.....	36
3.5.4	Precisão da modelação.....	37
3.5.5	Exportação de modelos para formato IFC.....	37
3.6	Espaços e zonas.....	38
3.6.1	Espaços.....	38
3.6.2	Zonas.....	38
3.7	Elementos de construção.....	39
3.8	Nível de desenvolvimento.....	39
3.8.1	LOD 100.....	41
3.8.2	LOD 200.....	42
3.8.3	LOD 300.....	43
3.8.4	LOD 400.....	45
3.8.5	LOD 500.....	45
3.9	Metodologia de implementação.....	47
3.9.1	Organização.....	47
3.9.2	Implementação.....	48
3.9.3	Aplicação.....	51
3.9.4	Continuidade.....	51
4	Caso Prático.....	53
4.1	Considerações iniciais.....	53
4.2	Modelação da Estrutura.....	53
4.2.1	Grelha.....	53
4.2.2	Fundações.....	54
4.2.3	Chumbadouros.....	54
4.2.4	Pilares.....	55
4.2.5	Vigas.....	55
4.2.6	Madres e Tirantes.....	56
4.2.7	Revestimentos.....	56
4.2.8	Numeração dos elementos.....	57
4.3	Criação de desenhos.....	58
4.3.1	Desenhos de peça única.....	58
4.3.2	Desenhos de conjunto.....	58
4.4	Mapa de quantidades.....	59
4.5	Criação do diagrama de Gantt.....	60
4.6	Análise de interoperabilidade do modelo.....	61
5	Conclusões.....	63

5.1	Trabalhos futuros	64
6	Bibliografia.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Comunicação entre intervenientes (Fonte: https://brunotecnologia.files.wordpress.com).....	15
Figura 2.2- Adoção do BIM nos EUA (McGraw_Hill, 2012).....	24
Figura 2.3- Níveis de maturidade BIM (PAS1192-2:2013, 2013).	29
Figura 4.1- Configuração da grelha de trabalho	54
Figura 4.2- Modelação da viga de bordo em betão	54
Figura 4.3- Alteração das variáveis do componente.....	55
Figura 4.4- Criação do elemento pilar	55
Figura 4.5- Ligação viga-pilar	56
Figura 4.6- Modelo final da estrutura.....	56
Figura 4.7- Painéis de cobertura e fachada.....	57
Figura 4.8- Desenho de peça única.....	58
Figura 4.9- Desenho de conjunto/montagem.....	59
Figura 4.10- Lista de material.....	60
Figura 4.11- Diagrama de Gantt	61
Figura 4.12- Modelo IFC	62

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1- Principais usos do BIM	18
Quadro 3.1- Ilustração do nível de detalhe (adaptado (Elliott, 2013))	46

ABREVIATURAS

2D- Dimensional;

3D- Tridimensional;

4D- Quadridimensional;

AEC- Arquitetura, Engenharia e Construção;

AVAC- Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;

BIM- *Building Information Modeling /Model;*

BREP- *Boundary Representation;*

CAD- *Computer Aided Design;*

CAM- *Computer-Aided Machining;*

COBIM- *Common BIM Requirements;*

CSG- *Constructive Solid Geometry;*

DXF- *Drawing Exchange Format;*

GPS- *Global Positioning System;*

GSA- *General Service Administration;*

IC- Indústria da Construção;

IFC- *Industry Foundation Classes;*

LOD- *Level of Development/ Detail;*

NBIMS- *National Building Information Modeling Standard;*

PTPC- Plataforma Portuguesa Tecnológica da Construção;

TEKES- *Finnish Funding Agency for Technology;*

TIC- Tecnologias de Informação e Comunicação;

WEB- *World Wide Web*.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Identificação e pertinência do tema

A presente dissertação tem como tema incidente o *Building Information Model* (BIM).

O BIM surge com o objetivo de colmatar os problemas da indústria da construção (IC). Na opinião de alguns autores, os modelos de informação podem vir a alterar radicalmente as práticas e processos de trabalhos atuais. O conceito BIM parte de uma filosofia que se baseia na minimização dos custos através da maximização dos recursos, permitindo a utilização de ferramentas que possibilitam a diminuição de tempo e custos na fase de projeto pela centralização de toda a informação num único modelo partilhado.

Durante as diversas fases do ciclo de vida do empreendimento a diversidade de ferramentas de modelação utilizadas pelos vários intervenientes é de grandes dimensões. Para que o modelo BIM seja partilhado, a interoperabilidade entre os diversos sistemas de modelação deve ser garantida. O principal formato de troca de informação responsável pela interoperabilidade entre as ferramentas é o *Industry Foundation Classes* (IFC). Este permite o reaproveitamento de modelos já criados evitando a repetição do trabalho de modelação sempre que se muda de especialidade, trazendo ainda o benefício de aproximar todos os intervenientes na fase de projeto.

Os sistemas BIM representam a evolução das tradicionais ferramentas de CAD, passando estas a ser orientadas para a gestão da informação dos elementos de construção. Com este tipo de ferramentas à disposição da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, todos os seus profissionais devem iniciar um processo de colaboração, interoperabilidade e reutilização de informação durante todo o ciclo de vida do edifício. Esta abordagem visa a competitividade e a melhoria contínua do processo de desenvolvimento dos produtos da construção.

O BIM encontra-se numa fase de implementação e desenvolvimento. Os âmbitos e as possibilidades oferecidas por esta tecnologia aumentam todos os dias, tornando-se assim necessário identificar possibilidades e criar as condições necessárias para as tornar uma realidade.

De forma a tornar eficaz a implementação desta tecnologia, deve existir um processo de normalização de todo o trabalho desenvolvido com o recurso a tecnologias BIM. O fato de este estar normalizado poderá aumentar adesão dos projetistas ao BIM.

1.2 Objetivos gerais

Pretende-se estudar as regras de modelação e níveis de desenvolvimento na execução de um modelo em BIM.

Tem-se observado em diversos países onde o setor da construção está em crescimento, um esforço para a obtenção de legislação em relação à modelação BIM. Em Portugal começam a surgir as primeiras iniciativas na obtenção desta padronização.

Com este trabalho pretende-se contribuir no desenvolvimento de um documento, que poderá ser semelhante aos que são utilizados no estrangeiro, no que diz respeito às regras de modelação e de produção de um modelo de informação do edifício.

1.3 Estrutura da dissertação

A estrutura da presente dissertação divide-se em quatro capítulos.

No primeiro capítulo pretende-se contextualizar o tema, apresentar os objetivos propostos e a estrutura da Dissertação.

O segundo é composto por uma análise bibliográfica onde se pretende dar a conhecer o estado da arte dos conceitos tratados na dissertação. É ainda efetuada uma revisão bibliográfica mais profunda para a recolha de informação em vários países sobre implementações BIM.

No terceiro capítulo é apresentada uma proposta para uma norma portuguesa BIM, onde são abordadas regras de modelação, níveis de desenvolvimento do modelo para cada fase do projeto e ainda uma proposta de implementação da tecnologia BIM. Os temas abordados neste capítulo são fruto de uma investigação do setor da construção nos diversos países onde a implementação está numa fase mais adiantada.

No quarto capítulo, é apresentado um caso prático do uso de modelos BIM aplicados às estruturas metálicas.

No quinto e último capítulo, são apresentadas as conclusões da dissertação, assim como os trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Setor da Construção

A indústria da construção (IC) em Portugal, à semelhança do que acontece em outros países, tem uma importância significativa na economia nacional. O sector da Construção é muito diferenciado dos outros sectores de atividade, quer em termos produtivos, quer em termos de mercado de trabalho. Trata-se de um sector com uma cadeia de valor muito extensa, uma vez que recorre a uma ampla rede de *inputs*, proporcionando o aparecimento de externalidades positivas às restantes atividades e gera efeitos multiplicadores significativos a montante e a jusante (Nunes, 2001).

A construção é uma atividade económica com uma grande singularidade, caracterizada por uma grande diversidade. Esta diversidade deve-se a fatores tais como: **Clientes**, que vão desde instituições públicas ao pequeno particular que pretende autoconstruir; **Projeto**, onde cada obra geralmente apresenta sempre características distintas, levando assim a um aumento da dificuldade de obtenção de novos produtos e processos de fabrico estandardizados; **Produto**, que vão desde os mais tradicionais, utilizados em habitações comuns até aos mais especializados em obras mais complexas, como acontece nas obras arte. Para além destes, existem ainda diversas, **Operações Produtivas**, em que o produto final resulta da interação de várias especialidades com diferentes graus de exigência; **Tecnologias**, intervenção das especialidades com desenvolvimento tecnológico diferenciado; **Unidades produtivas**, em que as empresas de maiores meios, capacidades e tecnologicamente mais evoluídas trabalham a par de empresas de menores dimensões e com um aproveitamento mais limitado dos recursos (Afonso, et al., 1998).

As tecnologias de informação na construção assumem um papel cada vez mais essencial, ainda que este setor apresente valores de utilização mais baixos em comparação com outras indústrias devido à especificidade de cada projeto levando assim à não possibilidade de sistematização do processo. Contudo cada vez mais, devido à crise no setor, torna-se fundamental maximizar todos os recursos de modo a torná-los mais sustentáveis e rentáveis.

2.2 Conceito de *Building Information Modeling* (BIM)

Em meados dos anos 90, um novo conjunto de projetos na área Tecnologia de Informação e Comunicação associados ao sector da Engenharia, Arquitetura e Construção, começaram a desenvolver sofisticados sistemas CAD onde era possível, para além da informação vetorial, enriquecer os modelos 3D dos edifícios e estruturas com dados complementares como características físicas, custos, quantidades de matérias necessárias, etc.. Este tipo de sistemas passaram então a denominar-se por *Building Information Modeling* (BIM).

Iniciou-se assim o desenvolvimento e uso desta plataforma informática de modelação que simula as fases de operação de um empreendimento. Sendo assim é possível obter uma representação digital inteligente do conjunto de elementos que constituem uma infraestrutura, onde vistas e dados podem ser extraídos consoante as necessidades e expectativas dos utilizadores e partes interessadas (AGCA, 2006).

Com o BIM, a mudança de uma abordagem tradicional é obrigatória pois este assenta em processos obrigatoriamente mais colaborativos e a uma elevada transparência contrastando assim com os métodos tradicionais. Esta ferramenta permite a manipulação de modelos que apresentam duas características primordiais, tais como, o modelo construído em 3D permitindo assim uma representação realista dos componentes e a possibilidade de criação de vistas possibilitando, a visualização de alçados e cortes resultantes de apenas uma única fonte de informação e em que, qualquer alteração feita é automaticamente atualizada em todo o modelo. O BIM para além de ser uma ferramenta de desenho pode envolver outras utilizações, tais como, ferramentas, plataforma e ambiente. A **Ferramenta** trata da aplicação de tarefas específicas como a modelação, deteção de conflitos, visualização, estimativa de custos, entre outras. Como **Plataforma** é normalmente uma aplicação de conceção, que gera informações para várias utilizações onde os dados primários do modelo são armazenados e suportados como plataforma. O **Ambiente** integra a ferramenta e a plataforma num conjunto de processos e práticas de suporte à informação, com vista à automatização de dados (Eastman, et al., 2011).

- O uso do BIM proporciona o desenvolvimento de novas metodologias de conceção o que está a mudar a maneira de como se projeta e gera a construção.
- O BIM permite avaliar o desempenho das equipas e melhorar consideravelmente a sua coordenação, permitindo assim tomadas de decisão mais acertadas tendo por base informação mais coerente, consistente e rigorosa quando comparada com os métodos tradicionais.

A figura que se segue mostra-nos a comunicação entre os vários intervenientes do setor através de um modelo BIM.

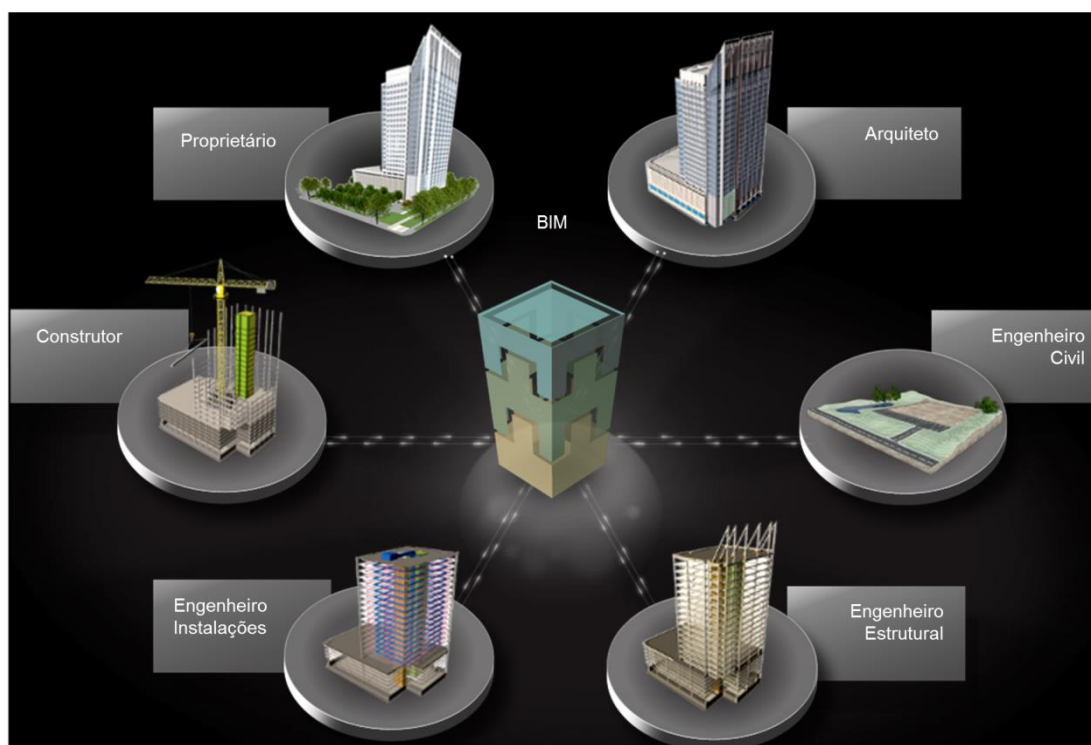


Figura 2.1- Comunicação entre intervenientes (Fonte: <https://brunotecnologia.files.wordpress.com>)

A indústria tem dificuldades em adotar BIM, devido à forte resistência à mudança. Os seus intervenientes ainda operam sobre processos baseados em documentos em papel, a transição de um para outro, baseado na interoperabilidade e fluxo de informação digital, apresenta uma dualidade de riscos e benefícios (Eastman, et al., 2005).

2.3 A evolução do 2D para os modelos BIM

Durante séculos, os arquitetos têm utilizado desenhos e modelos físicos para explicar as suas ideias e visões do projeto aos promotores e construtores. No entanto, os sistemas 2D transportam consigo uma série de limitações e inconvenientes. Primeiro porque restringem o pensamento dos arquitetos devido à necessidade da existência de uma convenção entre o pensamento e os desenhos. Por outro lado, os desenhos 2D ainda continuam a ser pouco claros e de difícil leitura para os donos de obra, sendo considerado por vezes que o *design* apresentado e as exigências feitas por si continuam distantes. De referir também, que na fase de planeamento, a análise de trabalhos a efetuar tem de ser feita de forma independente do projeto de arquitetura, deste modo, perde-se a oportunidade de comunicar com o arquiteto a necessidade alterações ao projeto inicial, em tempo útil. Outra das desvantagens dos desenhos

2D e representações à mão livre, está relacionada com a disparidade de interpretações. (Hartmann, et al., 2007).

O aparecimento de ferramentas BIM veio revolucionar por completo a forma como os projetos de construção são geridos. Em primeiro lugar, o BIM permite aos utilizadores a visualização de imagens 3D que tornam possível, a qualquer momento, e consoante a necessidade, converter essas imagens para os tradicionais modelos 2D. Depois, através do incremento na qualidade da visualização introduzida pelos modelos 3D, os donos de obra e os membros das equipas podem mais facilmente proceder a alterações no projeto até que o mesmo atinja os objetivos definidos. Os sistemas BIM permitem ainda adicionar aos elementos desenhados um conjunto de informação relevante, como propriedades dos materiais, detalhes do processo construtivo, comportamento das estruturas, etc., o que permite em tempo real ter acesso a estes dados (Grilo., et al., 2010).

Outra das lacunas que os processos baseados quem os modelos em 2D apresentam é o facto de que, durante a fase de projeto, cada interveniente tende a definir o seu próprio modelo. Com a utilização de sistemas BIM, os diferentes intervenientes no projeto passam a trabalhar diretamente sobre a mesma plataforma, sendo promovida a interligação entre especialidades. Deste modo, a utilização de modelos 3D torna possível a resolução de problemas nas fases iniciais dos projetos (Oliveira, 2010).

Pelas razões apresentadas, é facilmente perceptível que os sistemas BIM apresentam importantes vantagens face aos comuns sistemas 2D CAD.

2.4 Benefícios e Possibilidades

Algumas empresas da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), já estão a utilizar o BIM em projetos de vários tamanhos, tipos e custos. O BIM permite aumentar a compreensão, confiança, comunicação, qualidade e segurança, enquanto é possível diminuir o custo, tempo e erros de construção (Campbell, 2007).

Como são definidos parâmetros para um objeto, ao alterar algum deles, a mudança repete-se automaticamente em todos os objetos semelhantes, permitindo assim a possibilidade de se testar várias alternativas e avaliar os efeitos.

De acordo com Eastman, existem outras vantagens associadas ao uso da tecnologia BIM. Sendo de destacar as seguintes (Eastman, et al., 2011):

- Análises de viabilidade e *design* conceitual, permitindo assim elaborar estudos preliminares mais precisos e ricos;

- Melhora de performance e qualidade da construção, através de simulações e análises de diferentes alternativas;
- A colaboração entre projetistas acontece mais cedo, evitando erros e omissões;
- Estimativas de custos mais precisas e em qualquer etapa do projeto;
- Facilita as análises e dessa forma promove a eficiência energética e a sustentabilidade da construção;
- Resposta rápida a mudanças de *design* durante a execução;
- Redução de retrabalhos, graças à possibilidade de se descobrir erros e omissões ainda durante o projeto de forma mais fácil e eficiente, permitindo a verificação e análise de soluções no dia-a-dia da obra;
- Integração com sistemas automatizados de gestão e de operação de equipamentos.

No Quadro 2.1 são apresentados os principais usos da tecnologia BIM nas diversas fases de construção do empreendimento.

Quadro 2.1- Principais usos do BIM

Projeto	Visualização	Projetos com visualização em 3D
		Documentação e detalhes
		Realidade virtual aumentada
	Análise	Verificações de requisitos de normas
		Estimativas de custo
		Análises estruturais por elementos finitos
		Levantamentos quantitativos
		Análises de implantação no terreno
		Estudos de radiação solar
		Coordenação espacial e análise de conflitos
		Análise estrutural e arquitetónica
		Análises de sustentabilidade
		Análises térmicas e energéticas
Construção	Execução	Construtibilidade
		Construção virtual
		Segurança do trabalho
		Especificações da construção
		Projeto de sistemas construtivos
		Planeamento e controlo da produção
	Pré-fabricação	Estruturas metálicas
		Estruturas de betão
Operação	Gestão	Manutenção e gestão dos elementos
		Monitoramento de ativos por GPS
		Gestão dos espaços
		Gestão dos sistemas
		Planeamento para situações de emergência
		Análises do consumo energético

2.5 Interoperabilidade

Entende-se por interoperabilidade a capacidade de comunicar dados através e entre diferentes sistemas e de reutilizar a informação. No desenvolvimento de projetos, a falta de padronização faz com que dados deixem de ser partilhados. Não existe uma unificação das plataformas informáticas entre projetistas aquando do desenvolvimento de projetos. Alguns desses procedimentos, todavia, podem ser automatizados, abrindo caminho para transferência de informações via *World Wide Web (Web)* (Jacoski, 2003).

A falta de interoperabilidade, é um problema que deve ser estudado pela indústria de *software* e pelos utilizadores dos sistemas. Para que um *software* possa ser considerado interoperável, deve apresentar as seguintes características (Jacoski, 2003):

- Abertura para que os usuários criem aplicações que possam ser integradas aos sistemas;
- Capacidade de troca de informações entre sistemas;
- Uniformidade, de modo a que utilizem padrões já conhecidos pelos usuários;
- Simplicidade, o que facilita a aprendizagem de operação do sistema;
- Transparência, de forma a reduzir a informação a apenas um formato;
- Similaridade entre os sistemas (utilização das mesmas convenções).

Nos projetos CAD tradicionais a interoperabilidade já era um problema, uma vez que em grande parte dos projetos é desenvolvida em plataformas privadas, que utilizam linguagens e códigos divergentes. A solução mais inteligente seria o uso de arquivos com formatos neutros, entre os quais os mais usados são *Drawing Exchange Format* (DXF) e DWG.

Normalmente a informação pode ser transferida de um projetista para outro através de documentos em papel ou digitalmente. Assim, é necessária a reinserção de toda a informação noutros programas computacionais. Nesse processo as falhas e erros podem ocorrer, daí a importância da interoperabilidade, esta é a possibilidade de a informação ser transmitida de um programa computacional para outro durante todo o ciclo de vida do projeto (Froese, 2003).

O BIM desempenha um papel fundamental na criação de consistência da interoperabilidade entre intervenientes no projeto. Cada especialidade pode criar um modelo e partilha-lo com todas as outras, tornando assim mais claras as vantagens da partilha de dados. Com o crescente uso do BIM, a partir de 2008 a interoperabilidade entre intervenientes foi aumentada significativamente, sendo este aumento um fator de decisão do uso do BIM (McGraw-Hill, 2007).

2.6 Modelos *industry foundation classes* (IFC)

Associada ao processo BIM surge a especificação *Industry Foundation Classes* (IFC) que é um formato de arquivo baseado num objeto que define a forma como a informação (por exemplo: geometria, cálculo, quantidades, preços, etc.) deve ser fornecida/armazenada para todas as fases de um ciclo de vida do projeto. O modelo IFC é uma especificação neutra e aberta, independente de um fornecedor de *software*, ou conjunto de fornecedores, considerada a chave no processo que pretende tornar possível guardar e trocar dados entre diferentes

softwares BIM de forma a aumentar a interoperabilidade na arquitetura, engenharia e indústria de construção. Assim os principais objetivos do IFC são:

- A coordenação interdisciplinar de modelos de informação de edifícios;
- A troca e partilha de informação entre *softwares*;
- A transmissão e reutilização de informação para dimensionamento e operações a jusante do projeto;
- Melhorar a comunicação, produtividade, tempo de entrega, custos e qualidade durante todo o ciclo de vida do edifício;
- Permite a permuta de informação entre os intervenientes no projeto independentemente dos programas usados por cada um.

Os fabricantes de *softwares* promovem, em geral, a utilização de formatos próprios (exclusivos de determinado fabricante) para os modelos em BIM. É claro que isso só é interessante para a empresa que desenvolve o *software*, pois diminui o poder de partilha dos contratantes, que se veem obrigados a utilizar o *software* que tiver domínio de mercado, limitando assim as possibilidades de colaboração.

O IFC caracteriza-se como uma base de dados de informação dos objetos que permite a partilha e troca de dados entre *softwares*, em que cada versão do protocolo IFC. Permite uma especificação segundo o protocolo ifcXML ou segundo o protocolo EXPRESS (Martins, et al., 2012). Usa um arquivo de texto simples, já que este formato é o único formato de dados digital verdadeiramente universal, dando origem a ficheiros com a extensão “*.txt”, “*.ifc” ou “*.ifcXML”.

Em suma, o modelo de informação IFC é visto como uma das chaves que permite transpor barreiras e ineficiências que se opõem ao desenvolvimento das tecnologias na indústria AEC (Thein, 2011). Consiste numa biblioteca de objetos e propriedades que podem ser usados para representar projetos de edifícios e informação de suporte para um caso particular (Eastman, et al., 2011).

2.7 Ferramentas BIM

Nas últimas décadas, tem-se assistido à transição dos projetos em suporte papel para um formato digital. A rápida evolução da instrumentação digital tem proporcionado novas possibilidades ligadas à gestão da informação na indústria da construção (Eastman, 2009).

Desde os primeiros desenvolvimentos em 1957, em que Patrick J. Hanratty desenvolveu o primeiro *software* comercial, o *Computer-Aided Machining* (CAM), passado pelo primeira ferramenta de CAD em 1963, entre os anos 70 e 80 surgiram os principais métodos de

representação, *Constructive Solid Geometry* (CSG) e *Boundary Representation* (BREP). Em 1984 a Húngara, Graphisoft lançou o Archicad. Aqui deu-se o ponto de viragem na forma de projetar e na gestão da informação na construção. Atualmente, este é um *software* utilizado por todo o mundo (Silva, 2011).

Com o passar dos anos muitas outras ferramentas foram desenvolvidas, de maneira a inovar e proporcionar uma melhoria contínua à indústria da construção. Hoje em dia o uso das ferramentas BIM permite criar modelos virtuais, onde se pode facilmente e rapidamente obter todas as informações. Permite gerar vistas tridimensionais, plantas, cortes, alçados, pormenores entre outras informações que podem ser relevantes para o projeto. É possível simular detalhes estruturais e fazer verificações segundo normas que validam o modelo analítico e a sua função estrutural e também fazer cálculos de eficiência energética entre outras utilidades que dessa forma fazem uma associação global dos elementos que constituem o modelo. Para além de tudo isto, o recurso às ferramentas permite gerar uma quantificação automática com rigor e detalhe que pode ser usada para fins de execução orçamental, controlo de projeto e aprovisionamento de materiais, minimizando a ocorrência de erros nestas áreas pela facilitação de processos.

Nos sistemas BIM, qualquer modificação inserida no modelo é atualizada automaticamente em todos os conjuntos, não dando espaço à repercussão de erros resultantes de alterações efetuada em fase de projeto. Esta é outra das vantagens que vem impulsionar a implementação do BIM.

2.8 Dificuldades de implementação

Segundo Tse e Wong, os principais desafios, no que diz respeito à implementação dos BIM, são (Wong, et al., 2005):

A mudança nas práticas da arquitetura, com a utilização adequada ao potencial da ferramenta: não se pode deixar de destacar que, para as mudanças acontecerem na plenitude, é necessária uma maturidade organizacional e metodologias de trabalho, que requerem tempo, esforço e formação para serem atingidas;

Dificuldades em adequar os objetos ao projeto: cada objeto tem as suas propriedades paramétricas fixas, em que o utilizador pode apenas modificar os seus valores; Será necessário desenvolver esforços adicionais para que os objetos se possam adequar totalmente ao projeto;

Poucas possibilidades de padronizar os objetos: cada projeto é único e contém muitas especificidades, tais como os objetos que o integram que estão em desenvolvimento contínuo,

o que faz com que não exista um padrão de objetos disponível de forma imediata sem a intervenção de um modelador;

Complexidade da ferramenta requer muito tempo para a modelação, todos os elementos de construção presentes num programa BIM são abertos, ou seja, podem ser modificados para se adequarem ao projeto em questão; Este fator faz com que seja necessário despende algum tempo para que seja feito este ou outros ajustes;

Falta de formação e apoio técnico: para a implementação de um sistema BIM numa empresa é necessária a formação dos profissionais da construção sobre este assunto; Isto nem sempre acontece, seja por motivos de ordem financeira, perda de tempo, etc., o que dificulta todo o processo;

Custos extra para adquirir módulos complementares: os custos associados a este tipo de ferramentas são ainda elevados; As empresas, sobretudo as pequenas e médias empresas, ainda vêm este fator como um grande entrave à implementação do sistema BIM;

Indisponibilidade para a avaliação do *software* de forma gratuita: o facto de existirem poucas empresas de *software* que disponibilizem os seus produtos para teste ou que os demonstrem de forma gratuita faz com que haja uma falta de confiança na sua adoção, pois esse teste era de todo necessário para atingir esse objetivo.

2.9 Gestão da Informação na construção

Uma boa base para a comunicação reside numa gestão de informação apropriada, sendo que os modelos BIM surgem como a ferramenta que possibilita a integração de toda a informação referente a um dado projeto e de todos os intervenientes envolvidos, constituindo assim um dos desenvolvimentos mais promissores na AEC (Eastman, et al., 2011).

O recurso às ferramentas BIM constitui um contributo valioso no alcance dos objetivos do projeto, tornando todo o processo de gestão mais transparente. O modelo tridimensional demonstra rapidamente quais os pontos que requerem especial atenção, quais os objetivos cumpridos em determinada área, quais as situações que futuramente são suscetíveis de evidenciar problemas, etc. Resumidamente, apenas pela visualização do modelo 3D é possível traçar cenários expectáveis e definir medidas concretas de correção. Percebe-se então claramente quais os benefícios que a implementação destas ferramentas traz para todas as áreas do projeto, já que permitem uma melhoria dos conceitos básicos da ação e interação humana (colaboração, comunicação, compreensão e visualização). Contudo, por si só a indústria da construção não se altera apenas com a implementação de novas ferramentas tecnológicas, é fundamental que haja um contributo e um trabalho realizado em equipa por

parte dos colaboradores do projeto para que se alcancem os resultados desejados (Kymmel, 2008).

2.10 BIM pelo mundo

Desde a introdução do termo BIM na AEC em 2002 que já se percorreu um longo caminho até ao presente, sendo que um número considerável das grandes empresas já está a usar esta plataforma nos seus projetos e esta começa a ter uma elevada importância na indústria (Khemlani, 2012).

No que se refere à informação sobre as tecnologias e processos BIM, os países industrializados estão naturalmente mais bem informados em relação aos que têm uma construção menos evoluída. Destes é de salientar aqueles que já possuem as suas normas ou *guidelines*, que refletem também as estratégias de implementação BIM (Costa, 2014).

- **U.S.A**, *National Building Information Modelling Standards*, desenvolvidos pelo *National Institute of Building Science*, que representa o culminar de inúmeras iniciativas BIM americanas que iniciaram em 2003 com o *National 3D-4D-BIM program da General Service Administration (GSA)*;
- **Finlândia**, *National Common BIM requirements (COBIM)*, surge depois de o BIM ter assumido um papel central na investigação e desenvolvimento da construção *guideline* publicada em 2007 pela organização pública *Senate Properties* finlandesa. Desde 2001 que esta entidade desenvolve projetos-piloto que culminaram numa crescente generalização do BIM a nível nacional;
- **Reino Unido**, *PAS1192-2 Specification for information management using BIM* e também o *AEC (UK) BIM protocol*, impulsionados pelo *Cabinet Office* britânico, responsável pelas metas estratégicas entretanto estabelecidas de utilização BIM obrigatória a partir de 2016;

É ainda de referir alguns outros países que já possuem normas e *guidelines* BIM como a Dinamarca, a Holanda, Coreia do Sul, Hong Kong, Austrália, Emiratos Árabes Unidos.

2.10.1 E.U.A.

Os Estados Unidos da América não são apenas os pioneiros na investigação da tecnologia BIM, como também os maiores produtores e consumidores de produtos e soluções BIM, pelo que é previsível que a evolução se prolongue ao longo do tempo (Wong, et al., 2011).

Segundo McGraw_Hill, em 2012 cerca de 71% dos engenheiros e arquitetos Americanos utilizavam a tecnologia BIM nos seus projetos o que representou um crescimento de cerca de 75% em 5 anos.

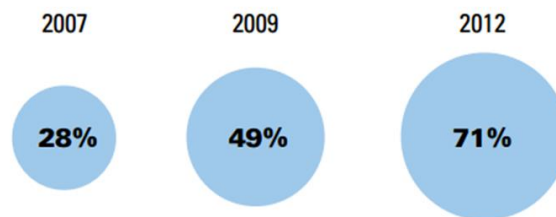


Figura 2.2- Adoção do BIM nos EUA (McGraw_Hill, 2012).

A adoção do BIM em toda a indústria subiu de 28% em 2007 para 71% em 2012. No que toca aos intervenientes, os empreiteiros surgem no topo dos mais utilizadores do BIM com 74% seguidos pelos arquitetos com 70% e engenheiros com 67%. As diferenças regionais também se fazem sentir pois a zona ocidental dos USA têm um uso do BIM de 77%, contudo o maior avanço foi dado no Nordeste do país que passou dos 38% em 2009 para os 66% em 2012. O tamanho das empresas também é um fator importante na adoção do BIM pois cerca de 90% das grandes empresas usam a modelação digital nos seus projetos enquanto as pequenas se ficam pelos 49% (McGraw_Hill, 2012).

2.10.1.1 National Building Information Modeling Standard (NBIMS)

O NIBS iniciou o desenvolvimento de *National Building Information Model* (NBIMS) com os principais objetivos de promover a troca de dados e informações ao longo de toda a vida útil do edifício, definir um conjunto de dados para obtenção de uma padronização nacional BIM e organizar toda essa informação para que se torne útil, atual e acessível a todos os intervenientes da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) (Bazjanac, 2007).

O NBIMS fornece uma base de dados abrangente de modo a permitir uma avaliação comparativa de todos os custos, rendimento das operações e seus impactos na empresa, assim como a saúde e ambiente, baseando-se no modelo de dados IFC (Bazjanac, 2007).

A norma BIM nos EUA tem vindo a ser desenvolvida através da compilação de várias regras/requerimentos/guias para implantação de BIM que as várias entidades tais como empresas de construção, universidades e instituições estatais.

Atualmente já se encontra em votação as propostas para uma terceira versão desta norma, contudo neste documento iremos fazer uma análise da versão disponível para consulta é a segunda versão que tem como intenção o incentivo a práticas mais produtivas por todos os intervenientes para todo o ciclo de vida de um projeto. Com dois principais públicos-alvo que

são: a) os vendedores e produtores de *software*; b) os utilizadores da indústria que projetam, constroem, possuem e operam no ambiente construído. A norma está dividida em 5 capítulos principais e 2 de anexos:

- Âmbito;
- Normas de referência;
- Termos e definições;
- Normas de troca de informação;
- Documentos práticos;
- Anexo A;
- Anexo B.

2.10.1.2 GSA Building Information Modeling

A principal organização governamental que promove ativamente o BIM nos EUA é a *General Services Administration* (GSA) com o seu programa 3D-4D BIM descreve os seguintes objetivos (Wong, et al., 2011):

- Estabelecer políticas para uma gradual adoção do BIM nos projetos de grandes dimensões;
- Incentivar a utilização de aplicações piloto BIM em projetos atuais e futuros;
- Fornecer apoio especializado para projetos que implementem a tecnologia BIM;
- Avaliar a situação da indústria e identificar o momento ideal para implementação;
- Efetuar parcerias com fornecedores BIM, associações profissionais, organizações produtoras de open-standards, instituições de ensino e investigação.

Para que os seus objetivos fossem cumpridos a GSA lançou algumas iniciativas para promoção do BIM tais como (Wong, et al., 2011)

- Promoção de projetos-piloto com BIM;
- Digitalização dos edifícios a laser;
- Obrigatoriedade de apresentar os projetos e análises no formato IFC;
- A tecnologia avatar simula as pessoas. O modelo BIM é povoado com pessoas eletrónicas programadas com comportamentos como, caminhar, correr ou até detetar uma saída de emergência mais próxima o que irá permitir que um edifício seja estudado para uma situação de emergência;
- Demonstração da eficiência energética dos projetos;
- Comunicação da adoção do BIM através do lançamento do US National BIM *standard*;
- Colaboração com empresas criadoras de *software*;
- Colaboração internacional.

2.10.2 Finlândia

Há mais de 30 anos que os BIM têm um papel fundamental na investigação e desenvolvimento da construção na Finlândia. O *RATAS-project* deu os primeiros passos na década de 80 com a introdução dos conceitos como objetos, atributos, relações e modelos conhecidos para o setor da construção. Na década de 90 e nos primeiros anos de 2000 surgiram vários projetos tecnológicos criados pela *Finnish Funding Agency for Technology* (TEKES), estes projetos fizeram com que a Finlândia fosse um dos impulsionadores do BIM. Mas a verdadeira implementação do BIM deu-se a 1 de Outubro de 2007, altura em que o Estado, através do *Senate Properties* passou a exigir a entrega de todos os projetos utilizando modelos dentro do *standard IFC*.

Atualmente o uso do BIM está bastante difundido e é uma ferramenta de uso diário para muitos profissionais do setor. Desde o lançamento de *Senate Properties* que existem diversas diretrizes BIM o que permite que haja uma grande abundância de projetos BIM. Devido a esta abundância de modelos criados e à diversidade de processos de modelação, a qualidade é muito variável. Uma modelação pouco cuidada leva a incompatibilidades entre os diferentes intervenientes da construção.

2.10.2.1 *Common BIM Requirements* (COBIM)

Esta publicação é o resultado de um desenvolvimento do projeto COBIM. A necessidade para estes requisitos surge na rápida adoção do BIM na indústria da construção. Durante todas as fases de um projeto, as partes envolvidas têm a necessidade crescente de definir com mais precisão o que está a ser modelado e as técnicas de modelação utilizadas. A COBIM é apoiada por diversas entidades desde empresas, universidades, produtores e utilizadores de BIM (COBIM, 2012).

A COBIM está dividida nas seguintes treze partes:

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

- Uso de modelos na gestão de edifícios;
- Uso de modelos na construção.

2.10.3 Reino Unido

Ao contrário do que acontece na maioria dos países, no Reino Unido está em curso um programa legislativo que tem como principal objetivo a obrigatoriedade do uso do BIM em obras públicas. Em maio de 2011, *UK Cabinet Office* publicou a *Government Construction Strategy*, este documento tem uma secção dedicada ao BIM, na qual especifica que o governo vai exigir o BIM 3D, no mínimo, até 2016. O documento admite que existe falta de sistemas compatíveis, normas e protocolos e os diferentes requisitos e necessidades das várias equipas de projeto, tem inibido a adoção do BIM a cem por cento. No entanto o governo irá focar-se na obtenção de normas que permitam que todos os intervenientes da AEC trabalhem de forma colaborativa através do BIM (Kemlani, 2012).

Estas exigências do governo são apoiadas pela AEC (UK) *BIM Standard Committee* que publicou até à data as normas AEC (UK) *BIM Standard* (em Novembro de 2009), e a AEC Standard para os *softwares* Revit (em Junho de 2010) e Bentley (em Setembro 2011).

Todas estas normas têm como objetivo fornecer protocolos e procedimentos para que as empresas do AEC no Reino Unido façam a transição de CAD para BIM. Estas normas são escritas por uma comissão que inclui profissionais da AEC que estão a usar o BIM no seu dia-a-dia, por isso, as normas não são simplesmente teóricas, mas podem ser aplicadas na implementação do BIM (Kemlani, 2012).

2.10.3.1 AEC (UK) Protocol

Em 2000 foi formada a iniciativa AEC (UK) para uma melhoria dos processos de conceção, produção de informação, gestão e transmissão de informações, tendo com o objetivo inicial a criação de convenções CAD. Com o evoluir das tecnologias e das necessidades a iniciativa foi-se alargando, é expectável que alcance todos os aspetos relacionados com a produção de dados de projeto e de troca de informações entre os intervenientes (AEC_(UK), 2012).

O momento de transição do CAD para o BIM deu-se em 2009 com a reformulação da comissão onde foram incluídos novos membros de empresas especialistas em *software* BIM. Esta comissão foi fundada com o intuito de responder às crescentes necessidades de normalização da indústria.

No mesmo ano, foi publicada a primeira versão do AEC (UK) *BIM Protocol* sendo atualizado em 2012. De seguida é apresentada uma análise desta versão que está dividida em 11 capítulos e são os seguintes:

- 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.

2.10.3.2 PAS 1192:2 (Especificações de acesso publico)

PAS 1192-2:2013 “*Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*”. A finalidade desta norma é apoiar o objetivo de alcançar a maturidade BIM nível 2, especificando os requisitos para este.

Os requisitos passam por construir um código de práticas para a produção colaborativa de informações de engenharia, arquitetura e construção, definidas em BS1192:2007. Descreve o uso compartilhado de modelos criados num ambiente de dados comum como sendo a única fonte de informação em qualquer projeto.

Na figura seguinte são apresentadas os níveis de maturidade BIM especificados em PAS 1192:2.

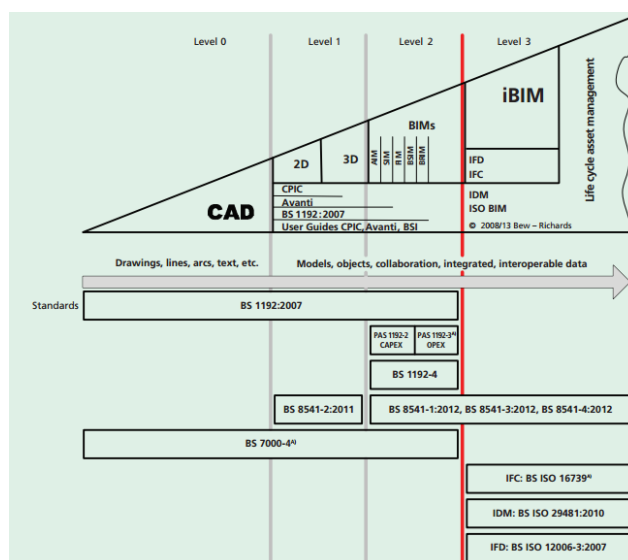


Figura 2.3- Níveis de maturidade BIM (PAS1192-2:2013, 2013).

2.10.4 BIM em Portugal

Em Portugal, a normalização ainda só agora começa a dar os primeiros passos. O Instituto Português da Qualidade está representado no grupo de trabalho da Comissão de Normalização Europeia para o desenvolvimento da norma BIM europeia, garantindo-se assim uma convergência entre os esforços nacionais e europeus, e algumas iniciativas estão também a ser dinamizadas para gerar o conhecimento de base necessário ao desenvolvimento de um documento de âmbito nacional de valor indiscutível.

Algumas iniciativas como o grupo de trabalho BIM da Plataforma Portuguesa Tecnológica da Construção e o BIMfórum representam um contributo valioso para as dinâmicas de normalização, gerando uma visão integrada, que será considerada como uma estratégia *bottom-up* e irá permitir atingir um mais rápido consenso. Outras iniciativas, como a Comissão BIM da Associação Portuguesa dos Mercados Públicos, estão também a contribuir ativamente, especialmente no que diz respeito à participação numa rede BIM europeia de entidades públicas e ao trabalho de integração do BIM nos processos de contratação pública que, aliás, recebe especial atenção nas novas diretivas europeias da contratação pública.

A normalização BIM em Portugal deve ser encarada como uma oportunidade de reorganização da indústria e otimização dos processos e fluxos de informação que lhe estão inerentes. A sua correta implementação permitirá, de forma inequívoca, potenciar sinergias entre os diversos agentes e abrir espaços de inovação importantes para o aumento da competitividade no mercado global (Costa, 2014).

Os três principais projetos que tem vindo a reunir esforços para a tentativa de uma implementação de processos BIM na indústria da construção são os seguintes:

- BIMFórum Portugal;
- Projeto SIGABIM;
- Plataforma Tecnológica de Construção e Grupo de Trabalho BIM.

2.10.4.1 BIMFórum Portugal

A missão do **BIMFórum Portugal** é promover e acelerar a adoção de *Building Information Modeling* na indústria da construção. Pretende liderar a promoção do BIM em Portugal, envolvendo toda a cadeia da construção, no desenvolvimento de melhores práticas e padrões para a gestão construção virtual (design, construção e operação) garantindo assim uma maior diferenciação e vantagem competitiva dos envolvidos interessados entre os seus pares internacionais (BIMFórum, 2013).

Esta iniciativa tem como principais áreas de impacto as seguintes (BIMFórum, 2013):

- **Projetistas** – Pretende criar e promover regras práticas relacionadas com o BIM, promovendo assim a colaboração entre projetistas das várias especialidades;
- **Empreiteiros e Subempreiteiros** – Incentivar a colaboração na definição de metodologias BIM de modo a garantir uma melhoria no processo de planeamento e controlo das obras;
- **Dono de Obra** – Pretende criar um repositório de normas, orientações e especialistas que apoiem o dono de obra na tomada de decisão em tornar as suas obras BIM e assim influenciar todo o setor;
- **Entidades Fiscalizadoras** – Desenvolvimento e fomentação dos meios de colaboração com outras áreas de impacto, para uma maior facilidade e aceleração na adoção do BIM;

2.10.4.2 Projeto SIGABIM

O projeto SIGABIM pretende abordar o ciclo de gestão na construção com o objetivo de corresponder às necessidades de desenvolvimento, modernização e internacionalização, de maior competitividade das empresas nacionais. Em paralelo pretende impulsionar e suportar as necessidades de investigação, desenvolvimento e tecnologia nas empresas, ou seja, favorecer a aproximação entre a produção científica e o mercado.

Este projeto aproveita a atual conjuntura de mercado, assumindo-se como um potenciador e otimizador de recursos e da redução dos riscos em obras de construção civil. Com a entrada em vigor do novo Código da Contratação Pública, obriga a que as várias partes interessadas fiquem obrigadas a realizar um estudo mais atento e cuidado dos projetos e sobretudo obriga o

desenvolvimento de novas ferramentas e metodologias que auxiliem esse mesmo estudo. Este desenvolvimento pode ser considerado como uma verdadeira alavanca num mercado cada vez mais competitivo (Sousa, et al., 2011).

O projeto SIGABIM tem como entidades participantes, as empresas Mota-Engil Engenharia e Construção, ARQUIFAM e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

2.10.4.3 Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção (PTPC)

A PTPC tem como missão, a promoção da reflexão sobre o setor e implementação de iniciativas e projetos de investigação, desenvolvimento e inovação, no sentido de contribuir para um aumento da competitividade e promover a cooperação entre empresas, entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional (SCTN), associações, federações, confederações, entidades públicas e privadas do setor da construção e obras públicas (PTPC, 2011).

Para a garantia de uma melhoria da competitividade global do setor da construção nacional, em contexto de internacionalização, crescimento e construção sustentável a PTPC pretende alcançar os seguintes objetivos (PTPC, 2011).

- **Competitividade** - intensificar a prática da inovação nas empresas, fomentando o trabalho em rede entre parceiros com ligações ao sector e assegurando a difusão de resultados e a transferência de tecnologia;
- **Vigilância tecnológica** - criar um polo de vigilância tecnológica sobre a produção científica, relacionada com a atividade da construção, e promover a produção e disseminação do conhecimento;
- **Inovação relacionada com as tecnologias sistemas, processos e produtos** - promover o investimento em atividades de Investigação, Desenvolvimento e Inovação com vista tanto ao desenvolvimento tecnológico aplicado, como à reformulação de processos, respondendo adequadamente às atuais e futuras exigências da sociedade;
- **Inovação relacionada com métodos de gestão** - desenvolver novos conceitos e metodologias de gestão relevantes para o sector;
- **Inovação relacionada com as tecnologias de informação** - promover o desenvolvimento de tecnologias de informação ao serviço das empresas.

Em 2012 foi criado um grupo de trabalho em associação das iniciativas BIMFórum e PTPC, com objetivo de facilitar e acelerar a adoção do BIM na indústria da construção nacional. Para tal, procurou envolver todos os setores da indústria no sentido de desenvolver um conjunto de melhores práticas e normas para a gestão virtual de empreendimentos em todas as fases do seu ciclo de vida.

3 NORMA PORTUGUESA

3.1 Considerações Iniciais

A tecnologia BIM está a difundir-se rapidamente por todo mundo, com diversas entidades públicas a exigirem a sua utilização nos projetos. Em Portugal ainda não existe este tipo de regulamentação governamental para o uso de BIM, nem nenhuma entidade pública tem requisitos para que nos seus projetos seja incluída esta tecnologia. No entanto surgem alguns clientes que requisitam o seu uso, mas sem especificarem ou compreenderem o que significa requerer uma modelação da informação em BIM.

À semelhança do que acontece em diversos países, os principais intervenientes da indústria da construção em Portugal deveriam reunir esforços para obtenção de uma norma ou pelo menos uma padronização no que toca ao uso do BIM no setor.

Este é um trabalho que devido à pequena dimensão de Portugal e à estagnação da construção nacional é de uma importância fulcral alcançar os países que utilizam o BIM diariamente, como é o caso dos EUA, Reino Unido e Finlândia, e transpor o contributo que tem dado ao setor a nível mundial para a realidade portuguesa. Neste capítulo será apresentada uma proposta de padronização nacional com base no que é feito no estrangeiro.

3.2 Requisitos gerais para BIM

Todos os projetos enfrentam uma combinação entre restrições e desafios. Em geral, as oportunidades em cada área do projeto incluem a melhoria da qualidade, precisão, coordenação e eficiência.

Independentemente do tipo de aplicação utilizada, as equipas de projeto podem incorporar tecnologias em diferentes pontos ao longo do ciclo de vida do projeto.

3.3 Métodos de modelação

Esta secção fornece informações sobre a forma de ativar o desenvolvimento do modelo que vai facilitar o uso eficiente ou reutilização de dados e modelos BIM com a consistência dos

dados de modelação dentro de uma especialidade e/ou com outras, incluído os seguintes tópicos:

- Definição de como cada modelo BIM deve ser criada, desenvolvido e partilhada com as outras especialidades;
- Modelação da estrutura de respetivos espaços interiores (por exemplo: estrutura, zonas, níveis, sistemas,...);
- Compilação da informação para posterior publicação dos desenhos.

Modelação é processo de criação de um modelo de informação digital, pelo que o BIM substitui o desenho 2D tradicional e toda a documentação. É importante utilizar o correto *software* BIM para o efeito que foi desenvolvido, isto é, por exemplo, o BIM estrutural deve ser aplicado na modelação das estruturas. Na prática, aqueles que pretendem modelar necessitam da disponibilização de ferramentas de modelação e aqueles que têm a responsabilidade de coordenação e construção de processos precisam de ter ferramentas para esses fins.

O objetivo do modelo deve ser claro e inequivocamente definido antes de se iniciar o processo de modelação. Quando iniciada a construção do modelo devem-se ter presentes as respostas a algumas questões tais como: que informação vai ser extraída do modelo em cada fase, quem vai usar o modelo e de que forma a informação do modelo deve ser comunicada aos restantes intervenientes.

Se o objetivo consistir apenas numa visualização mais precisa e detalhada, dificilmente seria apropriado criar um modelo BIM. Se para além da visualização for pretendida a criação de desenhos de trabalho, estimativa de custos e uma simulação de energia, o desenvolvimento de um modelo detalhado e rigoroso é crucial para o alcance de bons resultados.

Para conceção de uma análise de viabilidade e esquemas de fases, um modelo de visualização pode ser aceitável, contudo para um projeto mais especificado, ou modelos pós construção o modelo BIM tem como pré requisito que todas as informações sejam trocadas usando o formato de arquivo IFC.

Esta secção estabelece os requisitos específicos que todas as equipas de projeto devem seguir para a produção dos modelos de informação.

3.4 Modelos de especialidades

Para cada especialidade existem algumas diretrizes que recomendam a forma e quais os elementos a serem modelados em cada fase do projeto. Consideram-se assim os modelos de arquitetura, estruturas e de instalações técnicas.

3.4.1 Modelo de Arquitetura

O arquiteto deve realizar uma modelação de todos os elementos de construção usando as ferramentas e componentes de *software* apropriados.

Cada elemento de construção deve ser modelado separadamente, uma vez que pode não haver necessidade da modelação de elementos de pequenas dimensões, pois estes não terão qualquer impacto na arquitetura do edifício.

Se o arquiteto modelar elementos estruturais, estes devem estar com a localização e tamanhos exatos de acordo com a informação fornecida pelos engenheiros estruturais. É recomendável que o arquiteto utilize o modelo estrutural como uma referência dentro do modelo de arquitetura para evitar a duplicação de elementos de construção. Os elementos do modelo devem conter as informações e dados disponíveis em cada fase.

O nível de desenvolvimento de cada elemento arquitetónico irá ser descrito mais a frente.

3.4.2 Modelo de Estruturas

Todos os elementos de construção devem ser criados usando as ferramentas e componentes de *software* apropriados.

O engenheiro pode produzir dois tipos de modelos: o modelo de análise e um modelo físico com o real posicionamento e tamanho de todos os componentes. O modelo deve ser utilizado para a documentação.

Os elementos devem ser criados usando ferramentas corretas (ferramenta parede, escada,...).

O BIM estrutural pode abranger todos os materiais, como por exemplo, aço, betão, madeira, entre outros. Os elementos de construção devem ser modelados separadamente para cada piso. Se o projeto estrutural incluir componentes pré moldados ou pré fabricados, estes podem ser incorporados no modelo.

Os engenheiros estruturais devem fornecer opções de enquadramento alternativos ao arquiteto de modo a avaliar *layouts* de conceção alternativos e fazer uma compatibilização entre as estruturas e a arquitetura.

3.4.3 Modelos de Instalações Técnicas

Os elementos devem ser criados usando as ferramentas e componentes de *software* apropriados.

Os elementos de construção devem ser modelados com as ferramentas corretas (ferramentas de canalização, eletricidade, ...) e separadamente por nível/andar.

Os desenhos em 2D ou detalhes padrão devem ser utilizados para complementar o modelo BIM.

Para novos projetos de construção, o engenheiro de instalações pode fornecer informações acerca das instalações elétricas, abastecimento e drenagem de águas e AVAC, de modo a compatibilizar todas as especialidades.

3.5 Requisitos de modelação

3.5.1 Aplicações de Modelação

Os sistemas CAD têm sido utilizados desde há muitos anos, principalmente para a produção de desenhos impressos. Consequentemente, a maioria dos processos organizacionais e ferramentas de *software* foram desenvolvidas para a otimização desses desenhos. No projeto baseado em modelos de informação os desenhos são adaptados para fazerem parte da documentação do BIM. Os intervenientes da indústria da construção são encorajados a fazer a transição do CAD para o BIM.

As aplicações CAD não são adequadas para um processo BIM e não cumprem os requisitos, além disso a funcionalidade 3D de uma aplicação CAD não implica automaticamente que o sistema seja capaz de produzir um BIM.

Algumas aplicações de modelação BIM são capazes de utilizar um único modelo para todas as fases de construção e deste modo permite que toda a informação sobre o projeto seja guardada e compilada num único arquivo ou banco de dados. Nestes casos é simples para o utilizador selecionar as partes do modelo para exportação para um único IFC. Por outro lado, o projeto pode ser dividido em várias partes. Esta separação pode ser baseada nos andares do edifício, etapas de construção ou até mesmo por especialidades. É importante que todos os elementos de construção de um modelo BIM partilhem a mesma origem de coordenadas espaciais.

Os ambientes BIM, são cada vez mais importantes para uma padronização e consistência nas convenções de nomenclatura e propriedades associadas aos elementos.

Se a criação do modelo for executada em diferentes ferramentas, este deve ser exportado para um formato de dados aberto como o IFC, como irá ser analisado mais a frente.

3.5.2 Estrutura hierárquica do modelo

A hierarquia do modelo é normalmente criada automaticamente pela aplicação de modelação, onde os utilizadores têm pouca ou nenhuma possibilidade na sua alteração.

Normalmente, os espaços e elementos de construção estão incluídos num certo piso do edifício, por sua vez o piso está contido num edifício, construções inseridas numa certa zona, e um projeto pode inserir uma ou mais zonas.

A hierarquia do modelo pode ser resumida no esquema que se segue.

- Projeto
 - Zona
 - Espaços
 - Elementos de construção
 - Edifícios
 - Andares do edifício
 - Espaços
 - Elementos de construção

Em geral, a aplicação irá gerar esta hierarquia, mas é importante estar ciente de que esta existe de modo a que se possa compreender melhor os requisitos para o desenvolvimento de um modelo de informação. Como sempre, os utilizadores destas ferramentas, são aconselhados a consultar o seu fornecedor de aplicativos BIM para obter mais informações sobre esta estrutura.

3.5.3 Propriedades dos elementos

Objetos no BIM devem ser estruturados usando a hierarquia definida no ponto anterior usando relações entre eles (por exemplo, um edifício é feito a partir de um ou mais andares). Isso deve normalmente ser tratado automaticamente pelo aplicativo BIM.

Para elaboração de um modelo devem ser tidos em conta os seguintes tipos de objetos;

- Projeto
 - Zona
 - Edifícios
 - Andares
 - Paredes
 - Aberturas
 - Portas
 - Janelas

- Lajes
- Pilares
- Vigas

Propriedades dos elementos

Como foi demonstrado anteriormente, os modelos BIM têm uma hierarquia típica que está definida. Os objetos geométricos 3D são a base do BIM. As aplicações contêm ferramentas específicas para cada tipo de objeto para que cada elemento seja modelado com a ferramenta correspondente, por exemplo, paredes são modeladas com a ferramenta “Parede” e assim sucessivamente.

Os objetos 3D são a base para os projetos de nível superior, no caso de, um piso, este é construído com vários espaços e paredes, enquanto o edifício é construído por vários pisos. Todos estes objetos devem ter uma representação válida no formato IFC.

3.5.4 Precisão da modelação

O sistema de medida para a modelação aconselhado para novas construções é o milímetro (por exemplo 150mm), enquanto para modelação de edifícios existentes para reabilitação deve ser o centímetro.

A origem do sistema de coordenadas para arquivos BIM apresentados deve estar localizada lógica e em estreita proximidade com a geometria do edifício. Esta origem não deve ser movida no decorrer do projeto, já que a maioria dos objetos em IFC utiliza um sistema de posicionamento relativo, que posiciona o projeto tendo como ponto de partida a origem do sistema.

3.5.5 Exportação de modelos para formato IFC

As diversas aplicações BIM têm também formas distintas de exportar os modelos BIM para modelos de formato aberto IFC. Habitualmente, a aplicação tem um comando de exportar/guardar como onde se seleciona o formato IFC. Estas, geralmente permitem que o utilizador tenha a possibilidade de identificar o subconjunto do modelo que pretende exportar, quer seja por objetos selecionados ou fases/*layers* do modelo.

Ao enviar ou realizar o *upload* do modelo no formato “.ifc”, deve-se sempre compactar os arquivos. Este passo pode reduzir o tamanho dos ficheiros em até 90%.

3.6 Espaços e zonas

Esta secção descreve os requisitos de modelação para espaços e zonas, descreve como e quando os espaços devem ser criados e as informações necessárias que cada espaço contém.

Todos os arquitetos e engenheiros devem entender o conteúdo deste capítulo e aderir a todos os requisitos.

3.6.1 Espaços

Os espaços revelam bastante importância na modelação do projeto de construção. As especificações do cliente relativamente ao programa espacial é um dos requisitos base durante a pré construção. Além disto, enquanto decorre a construção do projeto e até mesmo durante as operações de análise de desempenho os dados espaciais são usados. Consequentemente, a modelação precisa e rigorosa dos espaços é das tarefas mais importantes na criação de um modelo BIM.

Os objetos espaciais devem ser representados no plano do desenho com uma etiqueta de identificação que contenha informação significativa e pertinente. A informação que deve constar na etiqueta de identificação deve ser no mínimo a seguinte:

- **Nome:** deve ser utilizada uma nomenclatura consistente na identificação dos elementos espaciais, esta classifica-os de acordo com a utilização do espaço;
- **Número:** todos os espaços devem identificados exclusivamente com um número único, esta numeração deve ser acordada no início e mantida durante todo o projeto. Em espaços copiados deve-se garantir que o número do espaço foi atualizado, uma vez que este é exclusivo de um único espaço;
- **Área:** as áreas e volumes dos espaços são calculados a partir da geometria do objeto automaticamente pela aplicação BIM e deverão ser atualizados sempre que a geometria do espaço seja modificada;
- **Altura:** o espaço é definido como uma extensão vertical do piso acabado e termina no teto. Esta função deve funcionar corretamente nos casos típicos e a informação obtida é viável. Os tetos falsos são opcionais e devem ser modelados à cota pretendida.

3.6.2 Zonas

Os espaços podem ser agrupados, para muitas das análises em zonas. Um espaço pode pertencer a várias zonas. Os espaços que pertencem a uma mesma zona, não têm que ser obrigatoriamente adjacentes, por exemplo, num projeto de reabilitação podem existir várias zonas históricas em que a intervenção terá que ser mais cuidadosa, contudo estas zonas podem

estar distribuídas por diferentes áreas do edifício. De seguida apresenta-se um esquema que pretende ilustrar as zonas típicas de um projeto

- Projeto
 - Zonas comuns
 - Zonas privadas
 - Zonas de projetos específicos
 - Áreas de equipamentos de AVAC, incêndio...

3.7 Elementos de construção

Os elementos físicos, em oposição aos espaços, de um modelo são definidos como elementos de construção, estes podem ser paredes, portas, janelas, vigas, pilares.... Para que estes objetos sejam corretamente modelados para uma posterior exportação para IFC, estes devem ser criados com as ferramentas do tipo a que estes pertencem, ou então pode ser criada uma biblioteca de elementos em IFC que é disponibilizada por cada um dos fornecedores.

Sempre que um objeto tem uma ferramenta para a sua criação correta, esta deve ser utilizada, quando estas não estão disponíveis o elemento deve ser modelado como um tipo genérico.

3.8 Nível de desenvolvimento

O BIM é desenvolvido desde o projeto preliminar até aos modelos finais de pós-construção, com um certo número de fases ao longo do processo. O nível de desenvolvimento que é a tradução de *Level of Development* (LOD) permite aos clientes, arquitetos e engenheiros especificar claramente o conteúdo dos modelos em cada fase do projeto.

O LOD é a quantidade de informação e geometria fornecida pelo autor do conteúdo ou por outro participante do projeto. O LOD para um modelo BIM deve corresponder às necessidades do modelador, do engenheiro projetista, e dos orçamentistas. O LOD identifica a quantidade de informação que é conhecida sobre um elemento do modelo em um determinado momento. A quantidade de informação cresce à medida que o projeto se aproxima da conclusão.

Aquando do planeamento da de execução do projeto, devem ser definidos todos os níveis de desenvolvimento previstos de serem alcançados em cada etapa.

É possível estabelecer um paralelismo entre os níveis de desenvolvimento referidos e as diversas fases de projeto definidas na Portaria 701-H/2008, publicada em Diário da República em 29 de julho.

Esta portaria apresenta uma divisão do desenvolvimento do projeto em quatro fases principais, apresentando graus de exigência diferentes em cada uma e que devem ser tidos em consideração. De seguida serão apresentadas algumas dessas exigências.

1ª Fase: No **Programa Base** é desenvolvido o contexto do projeto, bem como a definição de critérios gerais de dimensionamento das diferentes partes constitutivas da obra, é apresentada uma descrição sumária das opções relacionadas com o comportamento, funcionamento, exploração e conservação da obra. Nesta fase deve ser feita uma Estimativa geral do custo da obra, tomando em conta os encargos mais significativos com a sua realização e análise comparativa dos custos de manutenção e consumos da obra nas soluções propostas.

2ª Fase: No **Estudo Prévio** são desenvolvidas as soluções aprovadas no Programa Base, sendo constituído por peças escritas e desenhadas e por outros elementos de fácil apreciação das soluções propostas pelo projetista. Deve ser elaborada uma análise de desempenho térmico e energético e uma estimativa do custo total da obra e o seu prazo de execução.

3ª Fase: No **Anteprojecto**, devem ser desenvolvidas as soluções aprovadas no Estudo prévio, sendo constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos de natureza informativa que permitam a conveniente definição e dimensionamento da obra, bem como o esclarecimento do modo da sua execução. O programa geral dos trabalhos deve ser elaborado nesta fase.

4ª Fase: No **Projeto de Execução** deve ser contemplada a definição detalhada de todos os elementos construtivos. Deve ser definida a posição, devidamente cotada, de todos os elementos estruturais, nomeadamente, as vigas, pelos seus eixos ou pelos seus contornos, os pilares, pelos seus eixos e contornos, as lajes, com a indicação das suas espessura, as aberturas nas lajes, com a indicação da sua localização e das suas dimensões, as paredes e outros elementos estruturais, pelos seus eixos e contornos. Devem ser apresentados plantas e cortes definidores da estrutura, em escalas adequadas.

Fazendo uma sobreposição dos níveis de desenvolvimento com as fases do projeto que são definidas na portaria acima mencionada é possível ajustar o conceito de LOD à legislação portuguesa. Esta relação é a seguinte:

- LOD 100 – Programa de base;
- LOD 200 – Estudo Prévio/ Anteprojecto;
- LOD 300 – Projeto de Execução;
- LOD 400 – Preparação de Obra, Construção e Montagem;
- LOD 500 – Modelo Virtual – após construção.

Os participantes devem definir os níveis reais de desenvolvimento que são utilizados no projeto, entre os quais (AIA, 2013):

- **Requisitos de conteúdo do elemento do modelo:** Este ponto fornece a descrição dos requisitos de conteúdo, em termos de representação dos elementos no modelo. Para que um elemento seja classificado com um determinado LOD deve cumprir todos os requisitos para esse nível, por exemplo, no LOD 300 o elemento deve ter as dimensões e posições reais.
- **Usos possíveis:** Este capítulo irá descrever as utilizações possíveis para cada elemento de acordo como seu grau de desenvolvimento.

3.8.1 LOD 100

Requisitos de conteúdo do elemento

Os elementos em LOD 100 podem ser inseridos no modelo através de um símbolo e podem ser usados numa fase inicial do projeto onde são fornecidas informações como as massas e os volumes dos espaços. Estes apenas contêm informações básicas com um uso prático limitado.

Apesar de um elemento em LOD 100 ser incluído no modelo com recurso a um símbolo ou a uma representação genérica que não traduz a geometria real do elemento. É também possível que não haja nenhuma representação gráfica e individual do elemento, mas sim que este seja um resultado de um sistema mecânico que está modelado com um nível de desenvolvimento superior.

Os elementos LOD 100 são extremamente úteis no início da fase de projeto, estes permitem ao projetista incorporar uma grande quantidade de informações, tais como, custos aproximados. Alguns elementos de modelo podem permanecer em LOD 100 até ao final do projeto (AIA, 2013).

Exemplos de elementos LOD 100 do modelo

- **Estruturais:** A quantidade de aço em quilos por metro quadrado de laje.
- **Arquitetónicos:** Os elementos de arquitetura não são geometricamente modelados. A informação está na forma de documentos escritos, incluindo os elementos que constituem cada espaço, a sua utilização e a área. Os elementos como escadas e elevadores podem ser incorporados nos modelos através de símbolos não geométricos, esta abordagem permite obter uma contagem aproximada de cada elemento e a sua localização aproximada.
- **Construção interior:** É atribuído um custo por metro quadrado de área útil associado aos elementos.

Usos possíveis

- **Análise:** Os elementos com LOD 100 do modelo só podem ser analisados de uma forma muito conceitual, e só com referência a elementos do mesmo modelo mas com níveis mais elevados de desenvolvimento. Por exemplo, um sistema de AVAC que está modelado em LOD 100, os volumes de ar e ventilação podem ser obtidos através de outros elementos que estão modelados com LOD superior.
- **Estimativa de custos:** O LOD 100 pode ser bastante útil no que toca a estimativas de custos. Há muitos elementos que não necessitam de modelação em 3D, uma vez que as informações necessárias estão presentes no modelo para apoiar a estimativa de custos, uma vez que a cada elemento está associado um custo qualquer que seja o nível de detalhe.
- **Planeamento temporal:** Os elementos em LOD 100 podem ser agrupados em medições e contagens de elementos do modelo com níveis superiores de desenvolvimento para criar cronogramas temporais do projeto.

3.8.2 LOD 200

Requisitos de conteúdo do elemento

Geralmente, os elementos em LOD 200 são espaços genéricos que estão reservados para um determinado elemento. Este é o nível mais baixo de representação gráfica de um elemento. Em oposição ao LOD 100, que o elemento pode ser representado através de um símbolo sem qualquer geometria, no LOD 200 o elemento deverá ter, o tamanho, forma, localização, orientação do elemento aproximado. Os elementos neste nível de detalhe são úteis quer no início do processo de criação, onde as especificações ainda não foram determinadas, como nos modelos finais, quando a seleção de determinados itens, tais como ferragens, é deixada para outros intervenientes.

Adicionalmente os elementos podem conter informações não geométricas nomeadamente informações de custos. Existem várias formas de anexar estes dados, muitas das ferramentas de modelação possuem campos que permitem a inclusão de informações a cada elemento, ou então outras que permitem a ligação entre os objetos do modelo e itens de uma base de dados separada. Outras informações não geométricas que podem ser incluídas no elemento em LOD 200 são características térmicas dos componentes da envolvente, peso, fabricante, entre outras (AIA, 2013).

Exemplos de elementos LOD 200 do modelo

- **Estruturais:** A malha estrutural deve ser aproximada, os elementos normalmente são selecionados a partir de bibliotecas existentes, por exemplo um perfil HEB300

pode ser selecionado para a modelação de um pilar pois tem a forma provável do elemento definitivo. Contudo a designação de LOD 200 diz que os elementos são genéricos apesar do seu nível de detalhe, ou seja, ainda podem surgir modificações na sua geometria.

- **Arquitetónicos:** As paredes e lajes devem ser modeladas como objetos 3D, mas de espessura, composição e localização que podem ser eventualmente alteradas. As aberturas, como janelas e portas devem ser modeladas mas com dimensão e localização aproximada.
- **AVAC:** Os elementos em LOD 200 têm como principal objetivo a verificação precoce dos espaços, como por exemplo, verificar a dimensão das salas das máquinas. Os equipamentos e tubagens são modelados com tanta precisão quanta for necessária para reservar o espaço, contudo ainda é uma modelação aproximada pois a localização poderá ser alterada com o decorrer do projeto. Frequentemente, apenas os itens de grandes dimensões são modelados em LOD 200, ficando assim adiada a modelação dos de menores dimensões para níveis de desenvolvimento mais elevados.

Usos possíveis

- **Análise:** Qualquer análise baseada em elementos LOD 200 será necessariamente bastante aproximada. Modelos com elementos neste nível de detalhe são úteis para comparação de opções, tais como efeitos relativos sobre o AVAC, tendo em conta a orientação da construção.
- **Estimativa de custos:** Se por um lado os custos associados a elementos de LOD 100 são baseados em elementos do mesmo modelo mas com nível de detalhe superior, no LOD 200 os custos podem ser quantificados diretamente. Por exemplo: o custo das paredes interiores no LOD 100 é baseado na área útil, no LOD 200 as quantidades reais de paredes podem ser medidas. Como os elementos do modelo têm tamanho e composição genérica, o custo associado a estimativas em LOD 200 é também aproximada.
- **Planeamento temporal:** O cronograma temporal é auxiliado pelo LOD 200 estabelecendo assim quantidades e durações para a instalação, bem como prazo de entrega dos equipamentos.
- **Coordenação:** Como os requisitos dos elementos ainda não são conhecidos, a coordenação entre especialidades e elementos é mais limitada. Este nível de detalhe apenas permite uma reserva do espaço.

3.8.3 LOD 300

Requisitos de conteúdo do elemento

O elemento é representado graficamente no modelo como um sistema específico, objeto ou conjunto em termos de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação, a estes podem ser ligadas informações não geométricas (BIMFórum, 2013).

Os elementos são conjuntos específicos do modelo, tais como tipos de parede, elementos estruturais e componentes do sistema. A construção e coordenação dos componentes de construção podem exigir a alteração neste nível de detalhe, no entanto estas modificações devem ser minimizadas tanto quanto possível. Outras informações não geométricas que podem ser incluídas no elemento em LOD 300 são características térmicas, instruções de operação e de manutenção (AIA, 2013).

Exemplos de elementos LOD 300 do modelo

- **Estruturais:** As vigas e os pilares devem ser representados com os seus tamanhos, formas e localização reais. Toda a malha estrutural deve ser modelada para coordenação espacial com todos os outros elementos, tais como tubagens. Geralmente, no LOD 300 não são incluídos detalhes das ligações, tais como cantoneiras e chapas, que podem afetar a coordenação com as outras especialidades. Se houver algum conflito perto de uma ligação, esta deve ser modelada com um nível superior de detalhe de modo a que se possa assegurar a coordenação. Outros tipos de elementos de menores dimensões necessários nas ligações como os parafusos também não deverão ser modelados neste nível. Dados como o peso do aço e o volume de betão podem ser obtidos com grande rigor, uma vez que os elementos estruturais são modelados com os tamanhos efetivos.
- **Arquitetónicos:** As paredes e os telhados são representados com a espessura real. Os componentes de menores dimensões que não podem ser representados, neste caso devem ser incluídos como informação não geográfica ligada ao elemento.

Usos possíveis

- **Análise:** A precisão dos elementos é suficiente para realizar análises detalhadas, tais como a determinação da carga de AVAC ou uma simulação estrutural. Só é possível realizar estes processos com a utilização de *softwares* especializados que podem gerir dados não geométricos adicionais, contudo muitos destes softwares não permitem a inclusão de elementos do modelo BIM, pelo que deverão ser modelados novamente no formato específico desse programa.
- **Estimativa de custos:** Os elementos podem ser medidos e contados com precisão e a unidade específica de preço pode ser aplicada, dando assim uma estimativa de custo precisa para os itens representados pelo elemento.

- **Planeamento temporal:** Os componentes do modelo contêm informação suficiente para desenvolver as tarefas necessárias para a sua construção e as respetivas durações.
- **Coordenação:** A coordenação entre a maioria dos principais sistemas de construção pode ser executada através de deteção de conflitos. Podem existir casos em que as áreas estão altamente congestionadas ou com ligações estruturais volumosas, onde é necessária a modelação num nível superior de detalhe para que seja possível garantir as folgas necessárias à montagem (AIA, 2007).

3.8.4 LOD 400

Requisitos de conteúdo do elemento

O elemento é representado graficamente no modelo como um sistema específico, objeto ou conjunto em termos de quantidades, tamanho, forma, localização, orientação com detalhe, fabrico, montagem e informações de instalação, a estes podem ser ligadas informações não geométricas.

A designação de LOD 400 indica que deve além das informações presentes no LOD 300, devem constar ainda detalhes de fornecedor. Um elemento classificado no nível de detalhe 400, deve conter todas as informações necessárias para a fabricação e instalação (AIA, 2013).

3.8.5 LOD 500

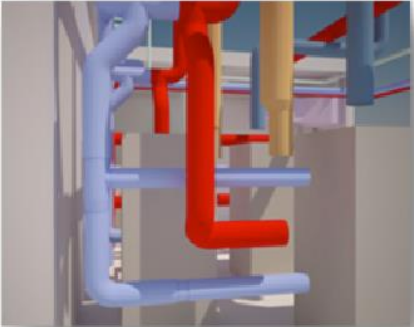
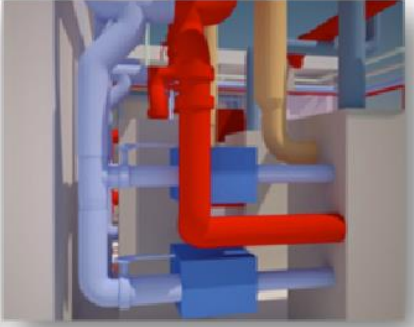


Requisitos de conteúdo do elemento

O elemento do modelo é uma representação real em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação, que pode conter também informações não geométricas. O modelo de elementos com nível de detalhe 500 é uma representação final da construção que pode também ser visto como um modelo pós construção.

Por razões óbvias, a representação a este nível é a última etapa de modelação dos elementos. A modelação LOD 500 é a indicada e necessária para a gestão do edifício pós-construção, uma vez que traduz com precisão e rigor toda a informação da construção.

O quadro que se apresenta de seguida traduz de uma forma sucinta e clara a especificação LOD assim como os requisitos mínimos para os níveis de desenvolvimento consoante o objeto a modelar em BIM (AIA, 2013).

Quadro 3.1- Ilustração do nível de detalhe (adaptado (Elliott, 2013))

Descrição	Ilustração
<p>LOD 100: O elemento do modelo pode ser representado graficamente no modelo comum símbolo ou outra representação genérica. Informações relativas a volumetria geral, área, altura, volume, localização e orientação.</p>	
<p>LOD 200: Elementos do Modelo são modelados como sistemas generalizados ou conjuntos com quantidades, tamanho, forma, localização e orientação aproximadas. Informações não geométricas também podem ser anexadas aos elementos do modelo.</p>	
<p>LOD 300: Elementos do Modelo são modelados como conjuntos específicos que são precisos em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não geométricas também podem ser anexadas aos elementos do modelo.</p>	
<p>LOD 400: Elementos do modelo são modelados como conjuntos específicos que são precisos em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com fabricação completa, a montagem, e informação detalhada. Informações não geométricas também podem ser ligadas a elementos do modelo.</p>	
<p>LOD 500: Elementos do Modelo são modelados como construídos na realidade (modelo <i>as-built</i>) e precisos em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não geométricas também podem ser ligadas aos elementos modelados.</p>	

3.9 Metodologia de implementação

De acordo com a Taborda, existem algumas considerações necessárias de ter presentes para o sucesso da implementação (Taborda, 2012).

Neste capítulo será apresentada uma sugestão para a implementação dos sistemas BIM, que serve de plataforma para obras públicas. Esta pode estar dividida nas seguintes fases:

- **Organização:** São estudados os padrões para a implementação do BIM, por parte do Governo.
- **Implementação:** São planeadas as medidas de aplicação que previamente definidas, apoiadas por parte do Governo. Este apoio deve ser dado tanto a instituições públicas como a privadas.
- **Utilização:** O BIM nesta fase deve torna-se uma plataforma obrigatória nas obras públicas.
- **Seguimento:** Devem ser acordadas medidas que garantam a melhoria contínua da implementação. Deve existir apoio para que esta não se restrinja apenas a obras públicas.

3.9.1 Organização

O êxito da implementação depende de uma boa organização. Efetivamente, todas as decisões e escolhas devem ser avaliadas de uma forma exaustiva e cuidada. Após a escolha das políticas a adotar e a estratégia de implementação, deve-se iniciar o processo de introdução através de projetos pioneiros neste âmbito.

3.9.1.1 Criação de políticas

Para que as medidas adotadas pelo governo tenham sucesso e sejam aplicadas em todas a indústria, este deve criar políticas de implementação BIM. Necessitará de haver um conjunto de regras ou princípios escritos que guiem a tomada de decisão (Succar, 2009).

3.9.1.2 Implementação

Deve ser definida a fase da obra e/ou os tipos de obras em que se pretende que o BIM seja implementado. Entende-se por fase de obra: projeto, construção, operação, manutenção ou demolição. Os tipos de obra a considerar são: obras novas ou de reabilitação e obras de administração central ou local.

3.9.1.3 Adaptação à realidade nacional

As condicionantes de implementação variam conforme o país. Mais do que estabelecer medidas e procedimentos de implementação, deve existir uma adaptação à realidade. Por

exemplo, no que diz respeito à condicionante cultural, há países em que será suficiente garantir o diálogo para introduzir novas medidas, enquanto noutros o tema terá que ser introduzido através de legislação, regulamentação e requisitos governamentais.

3.9.1.4 Projetos-piloto

Os projetos pioneiros devem ser iniciados com a maior brevidade possível para que sejam recolhidos dados necessários às fases de organização e de implementação.

3.9.1.5 Recolha de conhecimento

Para auxiliar a tomada de decisão, melhorar a preparação e aumentar o sucesso da implementação, devem ser consultados os institutos nacionais, as universidades, as ordens, os sindicatos, os distribuidores de *software*, assim como os órgãos regulamentadores do sector. Deve ser criado um grupo de trabalho, constituído por elementos das organizações anteriormente mencionadas. Este grupo de trabalho deve pôr em prática, avaliar, fiscalizar e dar continuidade ao programa do Governo.

3.9.1.6 Legislação base

A implementação do BIM deve ser sustentada por uma legislação de base. Esta deve sobretudo preparar profissionais, investigar, informar quais os benefícios, reduzir os riscos e conflitos dentro da indústria. Para este fim, devem ser destacadas equipas compostas por técnicos de organizações especializadas. Estas equipas devem ter um papel fundamental no desenvolvimento de regulamentação dos processos relativos aos projetos, construção e operação dos empreendimentos (Succar, 2009). Esta equipa de técnicos deverá trabalhar em colaboração próxima com o grupo de trabalho referido na secção anterior.

3.9.2 Implementação

Esta fase deve ser desenvolvida no prazo máximo de um ano e este prazo deve ser adaptado à realidade de cada país. Se o processo de implementação decorrer durante um curto espaço de tempo, pode ter uma conotação negativa uma vez que poderá não haver tempo suficiente para a adaptação dos intervenientes. Por outro lado, se o processo se prolongar, pode gerar um clima de passividade e os intervenientes perdem a dinâmica de implementação.

3.9.2.1 Divulgação

O Governo deve apostar numa boa estratégia de comunicação, que chegue a todo sector da construção. Devem ser criados meios para a comunicação de informação e formação de apoio aos donos de obra e às empresas da indústria que possam estar interessados na implementação da tecnologia. Uma boa estratégia de comunicação deve incluir, a promoção da mudança, a participação de indivíduos respeitados no sector.

3.9.2.2 Organização do Estado

No Governo deverá existir um departamento ou instituição responsável pelo grupo de trabalho que assegure o seguimento prático da decisão política através dos projetos-piloto, controle e oriente as iniciativas BIM. Este departamento ou instituição deverá orientar associações de empresas que se organizem no âmbito do BIM, seja marcando presença em conferências, formações, apresentações públicas ou *workshops*.

3.9.2.3 Preparação das empresas

Os processos operacionais das empresas obrigatoriamente irão sofrer modificações. A informação facultada pelo Governo às empresas do setor construtivo será determinante para que essas mudanças sejam previstas, analisadas e pensadas atempadamente. As empresas deverão ponderar as possíveis mudanças e prever as soluções aos seus processos.

3.9.2.4 Promoção da interoperabilidade

De forma a evitar conflitos, o projeto político relativo ao BIM deve estimular o desenvolvimento de *software open source* (Wong, et al., 2011).

3.9.2.5 Criação da norma

Deve ser criado um manual, guia ou *standard* que indique quais os requisitos do Governo para o BIM. Para garantir o sucesso da implementação, o *standard* do Governo deve considerar os seguintes aspetos:

- Definição de quem escolhe o *software* a ser utilizado, caso haja múltiplas opções. Normalmente é indicado o dono de obra ou o arquiteto. O *software* escolhido terá, obrigatoriamente, que importar e exportar em IFC;
- Entrega de propostas efetuada via internet e em plataformas BIM. A necessidade de enviar documentos em papel para as autoridades governamentais é eliminada, passando a ser enviados documentos via eletrónica;
- Projetos de arquitetura, estruturas e especialidades deverão ser modelados em BIM, desde o estudo prévio;
- Entrega obrigatória no formato original em que o modelo foi modelado, para além do formato principal (IFC);
- Entrega obrigatória da biblioteca de objetos utilizados no modelo;
- Definição da possibilidade de serem pedidas análises energéticas, estruturais, de AVAC, mapas de quantidade, entre outros,
- O orçamento que acompanha a proposta do empreiteiro deve ser retirado obrigatoriamente do BIM;
- Análise de propostas feita em plataformas BIM;

- Deve ser prevista a possibilidade do empreiteiro geral operar sobre plataformas BIM, sempre que o dono de obra o julgue necessário;
- Definição do valor máximo de obra a partir do qual será obrigatória a utilização do BIM. Esse valor máximo poderá ser único ou não, definindo neste último caso graus de exigência diferentes na aplicação do BIM;
- Definição de um período de transição correspondente à terceira fase da metodologia proposta (utilização), durante o qual haverá reduções do valor máximo acima descrito;
- Definição de especificações técnicas: unidades geométricas, sistemas de coordenadas, formatos da documentação não BIM;
- Entrega eletrónica, ao dono de obra, do modelo final *as-built*.

3.9.2.6 Mudanças na legislação base

As considerações obtidas na fase organizacional da criação de políticas de incentivo à adoção BIM devem agora ser ajustadas.

Entre outras mudanças, devem ser previstas as seguintes:

- Deve ser criado um regime legal que que identifique claramente o valor legal do modelo de informação;
- De forma a evitar um uso desapropriado e abusivo do modelo fora do contexto do projeto deve ser definida uma política de proteção da propriedade de todos os contributos para o modelo e a quem é apontado o *copyright* do modelo. A interoperabilidade a que os modelos possam ser utilizados por outros participantes, dentro do mesmo projeto, este fato não invalida a proteção das contribuições de cada um, mas sim que existe uma licença para o uso, reprodução e distribuição do modelo. Por outro lado, a participação na criação dos modelos não dá o direito à utilização dos mesmos fora do contexto do projeto;
- Cada interveniente deve ser responsabilizado por um erro devido às incoerências de modelação anteriores à sua participação, uma vez que se deve analisar o modelo antes de iniciar a modelação. É responsabilizado também se deixar passar em branco estas situações;
- Apesar de único, o modelo não é da responsabilidade dos intervenientes em áreas que estejam fora do âmbito do seu projeto. Neste sentido, devem ser previstas as responsabilidades de cada interveniente;
- Definição dos direitos e dos deveres do dono de obra para utilizar o modelo BIM após o término do projeto.

Para que a implementação do BIM seja bem possível será necessário haver alterações na legislação em vigor, nomeadamente ao Código dos Contratos Públicos.

3.9.3 Aplicação

Após o período de implementação, o objetivo da metodologia é alcançado, o BIM torna-se uma plataforma obrigatória nas obras públicas. É aconselhado que a fase de aplicação corresponda a um período transitório durante o qual deverá haver descidas progressivas do valor a partir do qual todas as obras requerem a utilização do BIM.

3.9.3.1 Controlo

O grupo de trabalho responsável pela implementação, deve controlar e monitorização de forma eficiente e eficaz os indicadores de desempenho e desenvolver relatórios periódicos. Uma das formas de garantir que a monitorização é efetuada e que a implementação é efetiva, o Governo pode tornar os pagamentos dos autos de medição dependentes destes relatórios e basear-se nos modelos da obra para aprovar os autos.

3.9.3.2 Análises de desempenho

O sucesso da implementação deve ser verificado, de modo a garantir a aplicabilidade destas ferramentas não só em obras públicas mas também em obras privadas. Através destas análises poder-se-á averiguar a evolução, em todo o sector da AEC, conseguida pela implementação do BIM como plataforma obrigatória nas obras públicas.

3.9.3.3 Fiscalização

A utilização de modelos, tanto em gabinete como em obra, irá disponibilizar à fiscalização meios para comparar o previsto no projeto com o realizado em obra. Deverá haver uma fiscalização por parte do Estado, para garantir a boa execução em obra e ao mesmo tempo recolher os dados necessários para o controlo da implementação. Este trabalho deve basear-se totalmente nos modelos de informação.

3.9.4 Continuidade

Atingida esta etapa, as entidades envolvidas começam a reconhecer as potencialidades da tecnologia, deixando de ser necessária uma intervenção tão ativa do Estado para a adoção efetiva do BIM.

Na fase da continuidade o BIM deverá ser uma plataforma obrigatória para todas as obras públicas, independentemente do seu valor.

3.9.4.1 Melhoria contínua

Para aumentar a efetividade da implementação, deve ser criado um sistema que estimule a mudança e a melhoria contínua. Este sistema deve ser criado na fase de implementação e a

sua utilização deve iniciar-se logo desde a fase de aplicação. No entanto, os seus resultados serão atingidos na fase de continuidade.

3.9.4.2 Trocas de informação

No sentido dar continuidade à utilização do BIM e alargar a sua implementação ao setor privado, deve existir uma ligação entre organizações e associações profissionais de modo a difundir a informação a todos os intervenientes. Para este fim, devem ser utilizados os meios de comunicação criados na fase de implementação.

3.9.4.3 Operação e manutenção

Com toda a informação centralizada, é menos provável que esta se perca ao longo do tempo, o que facilita a operação, a manutenção e a gestão do empreendimento. Apesar de na metodologia aqui descrita a operação e a manutenção só ocorrerem na fase de continuidade, estas são resultado direto da implementação BIM, sendo mesmo o seu objetivo principal.

4 CASO PRÁTICO

4.1 Considerações iniciais

O presente trabalho demonstra uma aplicação a um caso real. Esta execução prática pretende testar a versatilidade de sistemas baseados em Modelos de Informação para a Construção (BIM) na assemblagem de um pavilhão industrial com dimensões de 20 metros por 15 metros.

Recorrendo às noções teóricas sobre os BIM, adquiridas durante o desenvolvimento deste trabalho, e assimilando estas ao conhecimento prático sobre o processo de projeto, procurou-se obter resultados que conduzam a conclusões importantes que possam ser usadas no desenvolvimento e implementação.

É de salientar que se optou por fazer um estudo onde são apresentadas as aplicações práticas deste tipo de tecnologia nas empresas de construção metálica.

4.2 Modelação da Estrutura

Para a elaboração dos modelos foi escolhido o programa *Tekla Structures 20*. Esta aplicação permite a modelação de componentes paramétricos, a geração de tabelas com a informação que consta no modelo (caraterísticas dos elementos, quantidades, entre outros), a criação e edição de bibliotecas de pormenores, o trabalho colaborativo, permitindo a exportação de dados em formatos padrão (DWG, DXF e IFC).

Todos os elementos foram modelados com a ferramenta adequada do programa de forma a permitir a interoperabilidade através do padrão IFC, uma vez que a maioria das aplicações informáticas já incorpora bibliotecas de elementos compatíveis.

Como mencionado anteriormente no presente trabalho, todos os elementos de modelação devem ser trabalhados de acordo com a especificação de cada um. Posteriormente irá ser demonstrada a sequência de criação do modelo.

4.2.1 Grelha

A grelha colabora no processo de modelação e representa os planos de trabalho. Estas são utilizadas para auxiliar a localização dos elementos.

No presente caso, optou-se por elaborar uma grelha que concordasse com a implantação dos pilares do pavilhão com 20x15m, como pode ser observado na Figura 4.1.

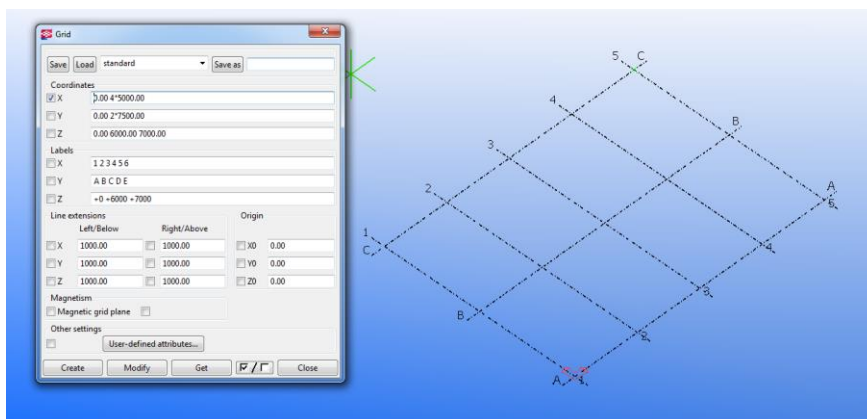


Figura 4.1- Configuração da grelha de trabalho

4.2.2 Fundações

As fundações são estruturas responsáveis por transmitir as solicitações das estruturas ao solo. A modelação do betão que irá servir de apoio para estrutura foi feita com recurso ao comando “Criação de Viga de Betão”, onde se delimitou todo o perímetro da estrutura.

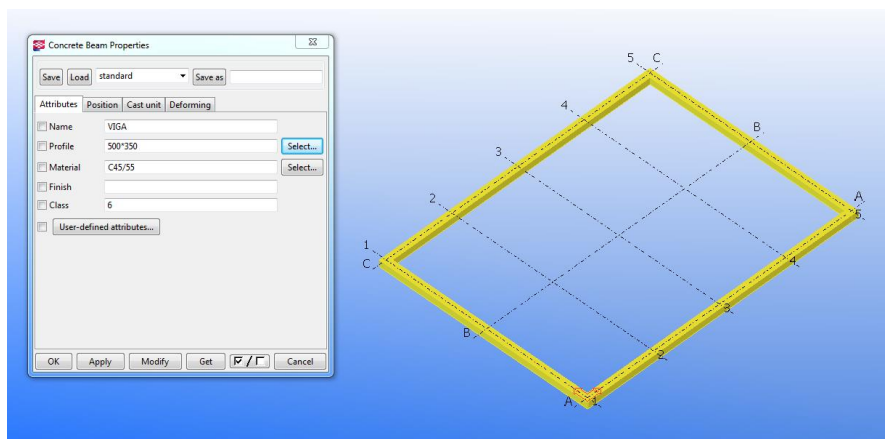


Figura 4.2- Modelação da viga de bordo em betão

4.2.3 Chumbadouros

Os chumbadouros foram inseridos no modelo com o recurso a uma base de dados de elementos, ligações e funções já modelados. Depois de inserido o elemento base todos os seus componentes podem ser alterados, desde os parafusos até às espessuras das chapas. Esta funcionalidade pode ser observada na figura que se segue.

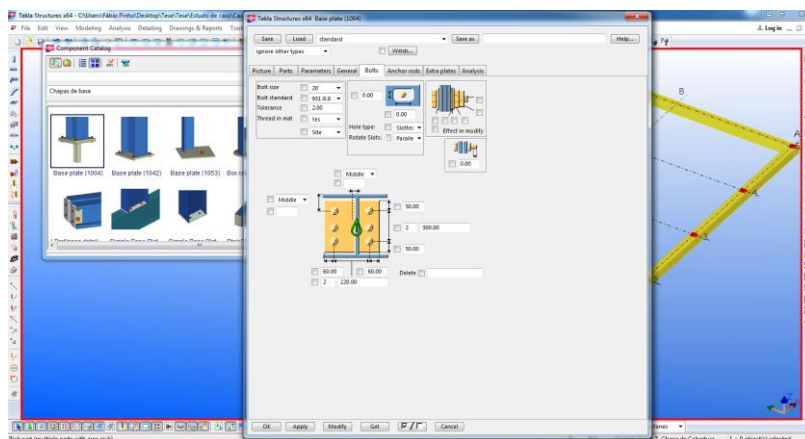


Figura 4.3- Alteração das variáveis do componente

4.2.4 Pilares

O pilar representa uma estrutura linear numa posição essencialmente vertical. Os pilares são criados através do ponto inicial e com especificação da sua altura. O perfil pode ser selecionado na base de dados onde todas as informações já estão inseridas. Se houver necessidade de criar pilares com as mesmas características, é possível fazer uma cópia.

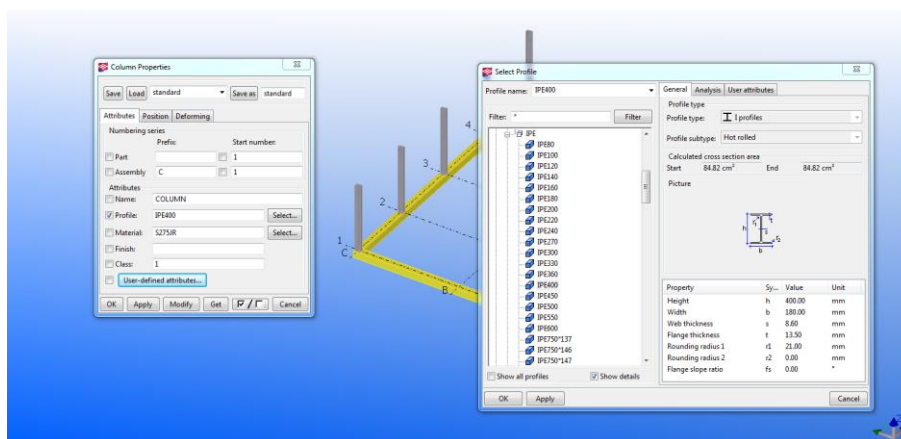


Figura 4.4- Criação do elemento pilar

4.2.5 Vigas

As vigas representam uma estrutura linear numa posição essencialmente horizontal. No Tekla Structures, as vigas são criadas através da escolha dos seus pontos de início e fim. Tal como nos pilares, os perfis das vigas podem ser selecionados na base de dados.

Depois de criadas as vigas, as chapas de reforço na ligação viga-pilar podem ser criadas automaticamente através da base de dados de componentes.

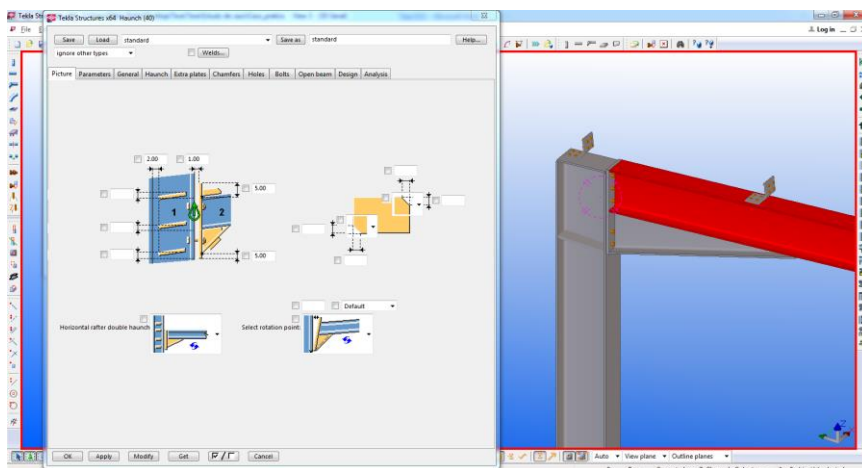


Figura 4.5- Ligação viga-pilar

4.2.6 Madres e Tirantes

Os elementos associados às madres e aos tirantes foram modelados como um elemento viga, com os perfis mais comuns neste tipo de elementos de uma construção. Os perfis utilizados foram o IPE200 e cantoneiras de abas iguais L80x8 para as madres e para os tirantes, respetivamente.

Veja-se o modelo final da estrutura.

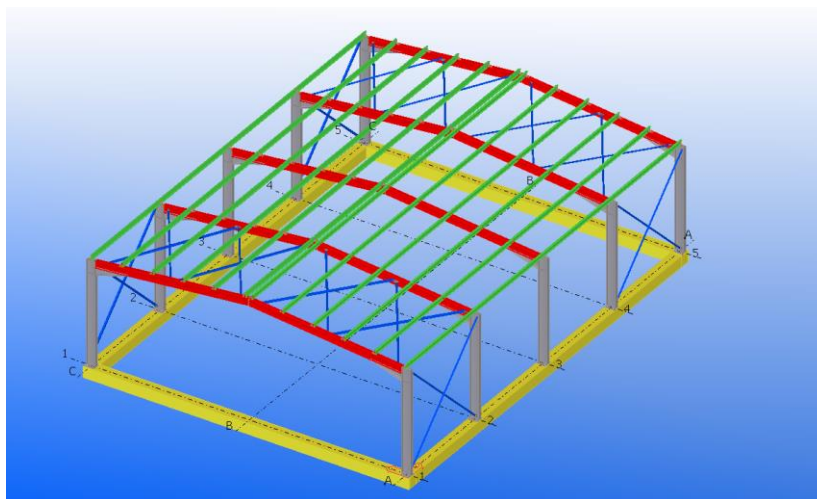


Figura 4.6- Modelo final da estrutura

4.2.7 Revestimentos

De forma a criar um modelo mais realista, os revestimentos de cobertura e fachada foram modelados, com recurso à base de dados onde está inserido o tipo de material correntemente aplicado nestas construções. Neste caso, foi inserido painel de *sandwich* com 100 e 30

milímetros de espessura para a cobertura e fachada, respetivamente. Nesta modelação não é necessário grande detalhe pois este tipo de elementos no modelo serve apenas para se obter uma estimativa de quantidades próxima da realidade.

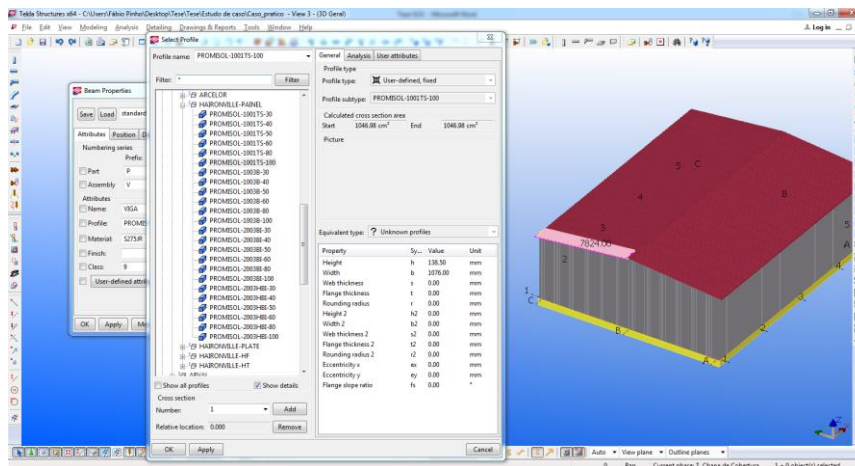
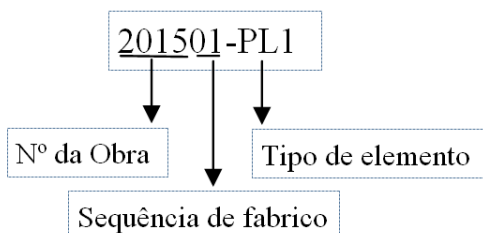


Figura 4.7- Painéis de cobertura e fachada

4.2.8 Numeração dos elementos

A numeração de todas as peças dever ser feita de uma forma consistente e coerente durante todo o processo de fabrico e montagem da estrutura. Esta dever conter algumas informações de modo a identificar e localizar determinada peça, nomeadamente: identificador comum a todas as peças (por exemplo, o número da obra), a sequência de fabrico, que pode variar conforme a estrutura seja fabricado em conjunto ou dividida em várias etapas e por fim a identificação do tipo de elemento separado por uma barra ou hífen. Existem dois grandes tipos de componentes para numeração. O primeiro corresponde às peças elementares (por exemplo, as chapas e os perfis) e o segundo aos conjuntos, que como o próprio nome indica, são conjuntos de peças, unidas através de soldadura para a formação dos elementos mais complexos, como os pilares e as vigas.

De seguida é apresentado o identificador com um exemplo da nomenclatura adotada no presente trabalho.



4.3 Criação de desenhos

Um dos pontos a ser explorado, como já referido anteriormente, seria a capacidade e facilidade com que o *software* permite a extração de desenhos dos diversos elementos construtivos. Para tal, deve-se seleccionar a peça que se pretende criar o desenho, e através do comando “*Create Drawings*”, é possível obter o 2D do elemento.

Aqui, serão apresentados dois tipos de desenhos, os desenhos dos componentes de base (desenhos de peça única) para construção dos elementos construtivos mais complexos como as vigas e os pilares (desenhos de conjunto).

4.3.1 Desenhos de peça única

Estes são os desenhos que habitualmente mostram as informações de fabrico, aquelas que são essenciais para a produção da peça. De seguida é apresentado um desenho de fabrico da chapa de base do pilar.

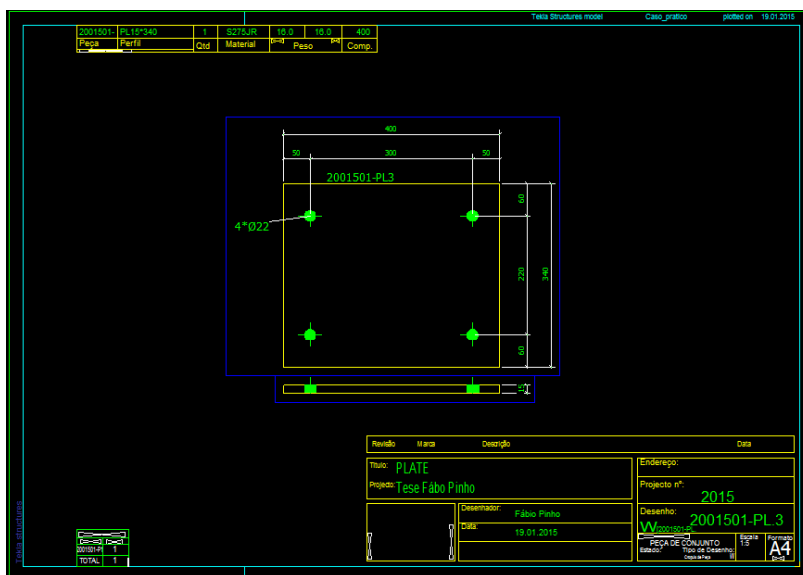


Figura 4.8- Desenho de peça única

4.3.2 Desenhos de conjunto

Este tipo de desenho também pode ser chamado de desenho de montagem, mostra todas as informações para fabrico de um elemento composto por várias peças, incluindo parafusos e soldaduras, exibindo a sua localização. De seguida é apresentado um desenho de montagem do pilar com as respetivas cotas e cortes.

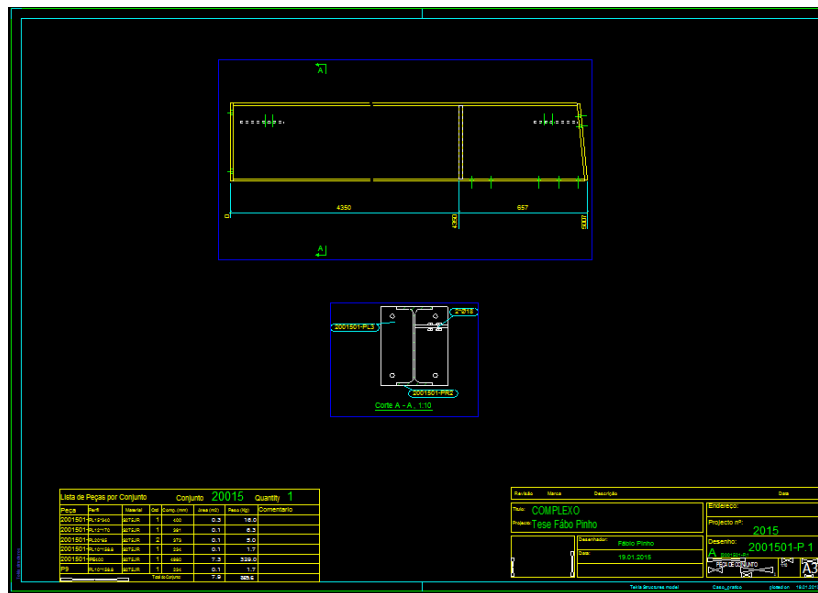


Figura 4.9- Desenho de conjunto/montagem

4.4 Mapa de quantidades

O *Tekla Structures* permite a extração de quantidades de cada tipo de perfil, o ficheiro pode ser produzido num formato compatível com o Excel. Através deste, é possível de uma forma bastante intuitiva obter uma estimativa do custo total da obra, basta fazer uma simples multiplicação entre as quantidades e o preço unitário. De seguida é apresentada uma listagem de material obtida diretamente do modelo.

Report

TEKLA STRUCTURES LISTA MATERIAL ;
 Modelo: Caso_pratico
 Titulo: M20120213 - Material
 Doc/ M20120213 - Material

Projecto: 2015
 Data: 19.01.2015
 Hora: 22:55:12
 Pag: 1

Perfil	Material	Qt.	Comp. (mm)	Area (m²)	Peso (kg)
15*80	S275JR	40	80 3200	0.02 0.70	0.8 30.1
ANCHOR_M20	S275JR	40	500 20000	0.03 1.25	1.0 40.7
IFE200	S275JR	20	5070	3.89	115.5
IFE200	S275JR	4	5075	3.90	113.7
IFE200	S275JR	24	4980 241220	3.82 185.26	111.6 5441.4
IFE330	S275JR	10	7339	9.20	358.7
IFE330	S275JR	10	1693 90220	2.11 113.14	77.6 4862.8
IFE400	S275JR	10	4981 49809	7.31 73.07	328.9 3289.1
L50*8	S275JR	8	6787	2.11	65.6
L50*8	S275JR	16	5892 148574	1.83 46.21	56.9 1435.2
NUT_M20	S275JR	160	20 3200	0.00 0.58	0.1 19.6
FL3*340	S275JR	10	400 4000	0.28 2.76	3.2 32.0

Figura 4.10- Lista de material

4.5 Criação do diagrama de Gantt

O diagrama de Gantt representa-se sob a forma de um gráfico de barras onde cada coluna corresponde a uma unidade de tempo e cada linha a uma operação/tarefa a realizar. Define-se uma barra horizontal para cada uma das tarefas e o comprimento de cada barra corresponde à sua duração. A posição da barra no gráfico é função das ligações entre as diferentes tarefas.

Depois da modelação da estrutura, definição das prioridades e dependências pode-se obter diretamente o gráfico que é apresentado na figura seguinte.

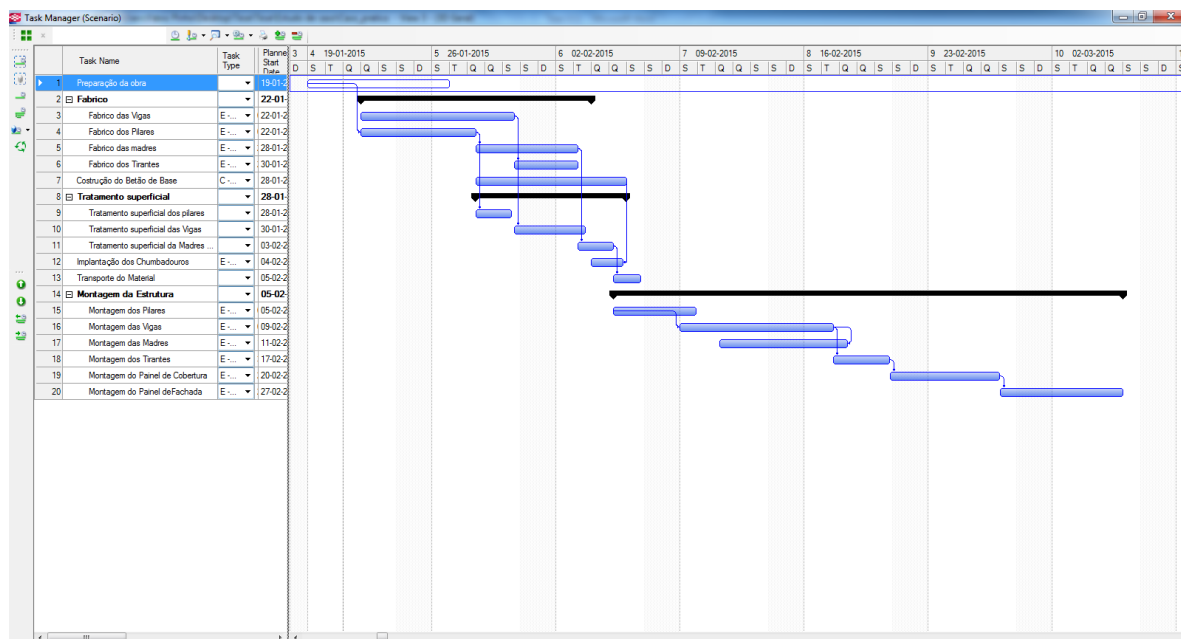


Figura 4.11- Diagrama de Gantt

4.6 Análise de interoperabilidade do modelo

A interoperabilidade pode ser definida como "a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e usar as informações que foram trocadas" A interoperabilidade permite a reutilização, comparação e validação dos dados de projeto, e assim, garantir a consistência entre os modelos. A interoperabilidade elimina o processo dispendioso de integrar todas as aplicações com outras aplicações.

Usualmente, os profissionais que trabalham com ferramentas BIM são, frequentemente, sobrecarregados com o desafio de integrar vários tipos de dados (dados espaciais, gráficos e tabelas) em inúmeros formatos de arquivo. Como tal, um dos problemas da interoperabilidade gira em torno da qualidade e consistência dos modelos produzidos.

De modo a garantir a interoperabilidade do modelo procedeu-se à exportação deste para o formato IFC para avaliar se a qualidade era mantida. De seguida é apresentada a imagem do modelo no *software* Tekla BIMsight.

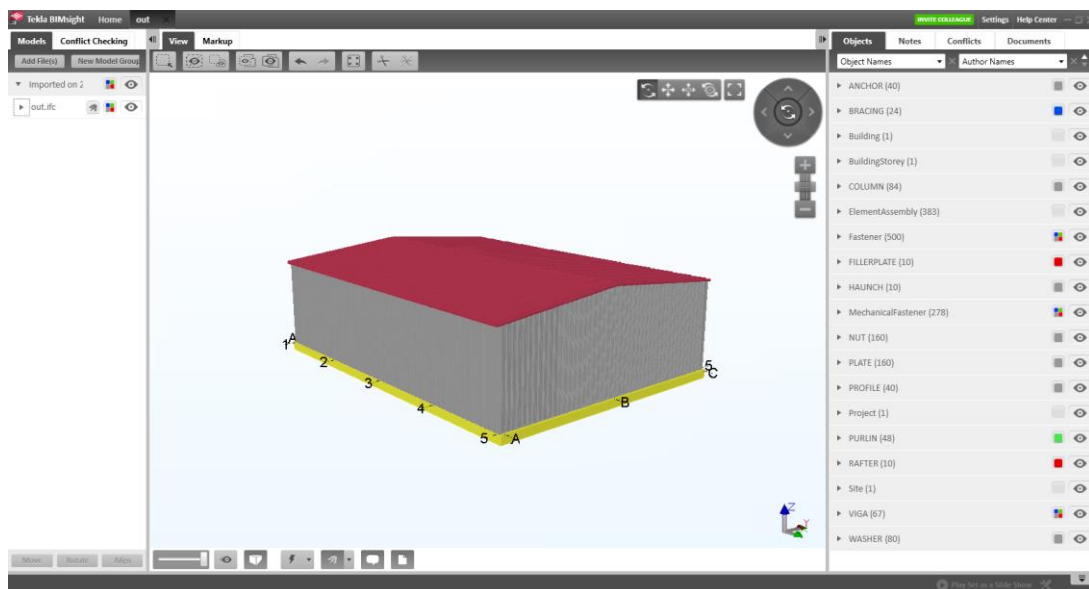


Figura 4.12- Modelo IFC

5 CONCLUSÕES

No ramo da Engenharia Civil o uso das tecnologias BIM têm sido uma aposta constante nos projetos de construção. Cada vez decorrem mais estudos que tentam explorar o conceito BIM e as potencialidades que a utilização desta metodologia implica nos processos construtivos.

Com o desenvolvimento deste documento, conclui-se que apesar de alguns países já terem adotado os processos BIM nos projetos construtivos e já terem alguns avanços nos requisitos para a sua utilização, este conceito ainda não se encontra suficientemente desenvolvido no nosso país para ser de utilização obrigatória. O setor da construção português ainda se encontra numa fase mais embrionária na adoção deste tipo de tecnologias. É de frisar que a utilização deste conceito traz vários benefícios, no entanto é de salientar que uma das grandes potencialidades da sua utilização é a possibilidade de modelar a informação associada à representação tridimensional.

Foram demonstradas alguns benefícios e possibilidades gerais dos BIM, assim como as dificuldades de implementação no sector da construção. O BIM permite aumentar a compreensão, confiança, comunicação, qualidade e segurança, enquanto é possível diminuir o custo, tempo e erros de construção. Como principais dificuldades associadas à implementação, destacam-se, a resistência à mudança das práticas, dificuldades em adequar os objetos ao projeto, custos extra para adquirir módulos complementares dos *softwares* e falta de formação e apoio técnico.

Foi também abordada a importância do modelo IFC na gestão da informação e na partilha de dados. Foi salientado que este modelo é efetivamente um grande auxílio no que diz respeito à troca de informação eficaz entre os diferentes profissionais da indústria da construção, visto que promove a padronização da informação e, conseqüentemente, a interoperabilidade entre *softwares*.

Foi ainda apresentada uma proposta para a uma eventual normalização em Portugal no que diz respeito à implementação do BIM. Foram identificados alguns requisitos e regras efetivas para modelação da informação para que esta seja uma metodologia obrigatória em Portugal.

A modelação de um edifício pode abranger informações e níveis de detalhes bastante diversificados em cada fase do projeto. Assim, foi possível concluir que se devem desenvolver modelos com níveis de desenvolvimento diferentes correspondentes às várias

fases do projeto, no sentido de que cada modelo corresponda às especificações do cliente em cada fase.

Foi apresentado um caso prático, recorrendo ao *software* Tekla Structures para a modelação de um edifício em estrutura metálica. O grande objetivo foi testar a aplicabilidade destes modelos na indústria da construção deste tipo de estruturas. Para isso foi ilustrada a criação de informações e elementos para a execução da obra, como por exemplo, a criação automática de peças desenhadas, extração de quantidades de material, criação do diagrama de Gantt e por último foi testada a interoperabilidade com o *software* Tekla BIMsight.

5.1 Trabalhos futuros

Através do conhecimento adquirido pela realização desta dissertação, compreendeu-se que este tema é específico, com uma dimensão de aplicabilidade que necessita de elevados níveis de formação e pessoal especializado para manipular esta ferramenta.

De forma a complementar este documento, podem-se realizar outros estudos no sentido de acrescentar informações relevantes, como por exemplo, fazer uma análise às particularidades do sector da construção que dificultam o alargamento dos BIM, apresentando soluções comprovadas experimentalmente de modo a potencializar a implementação.

6 BIBLIOGRAFIA

- AEC (UK) BIM Protocol (2012). “Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry”.
- Afonso, F. P., Morais, J. M., Sequeira, A. M. e Hill, L. (1998). “O Sector da Construção. Diagnóstico e Eixos de Intervenção. Lisboa: IAPMEI (Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e ao Investimento)”, Observatório das PME.
- AGC of America (2006). “Contractors’ Guide to BIM”. Associated General Contractors of America.
- AIA, (2007), “Integrated Project Delivery: A Guide”, Vol.1.
- AIA, (2013), “AIA Document E203™–2013, Building Information Modeling and Digital Data Exhibit”.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C. and O'Reilly, K. (2011). “Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice”. *Automation in Construction*, Vol.20, pp. 189-195.
- Arayici, Yusuf, Khosrowshahi, Farzad, Ponting, Amanda Marshal and Mihindu, Sas (2009). “Towards Implementation of Building Information Modelling in the Construction Industry”. Fifth International Conference on Construction in the 21st Century, Istanbul, Turkey.
- Azhar, Salman, Hein, Michael and Sketo, Blake. “Building Information Modeling (BIM):Benefits, Risks and Challenges”. McWhorter School of Building Science, Auburn University, Auburn, Alabama.
- Azhar, Salman, Khalfan, Malik and Maqsood, Tayyab (2012). ”Building information modeling (BIM): now and beyond”. *Australasian Journal of Construction*, Vol.12, pp.15-28.
- Baganha, Maria Ioannis, Marques, José Carlos e Góis, Pedro (2001). “O Sector da Construção Civil e Obras Públicas em Portugal: 1990-2000”. Relatório 1-P European Commission, 5th Framework Programme Improving Human Potential and SocioEconomic Knowledge Base Key Action for Socio-Economic Research.

-
- Bazjanac, Vladimir (2007). “Impact of the U.S. national building information model standard (NBIMS) on building energy performance simulation”. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, USA.
- BIMFORUM, (2013), “Level of Development Specification For Building Information Models”.
- BIMFórum. (2013). <http://www.bimforum.com.pt/>. BIMFórum Missão, áreas de impacto e Vetores estratégicos.
- Bolig BIM (2011). “Norwegian Home Builders' BIM Manual”. Norwegian Home Builders' Association.
- Bolpagni, Marzia (2013). “The implementation of BIM within the public procurement. A model-based approach for the construction industry” VTT Technical Research Centre of Finland, Finland.
- Brewer, G., Gajendran, T., and Goff, R. L. (2012). “Building Information Modelling”.
- Bryde, David, Broquetas, Martí ande Volm, Jürgen Marc (2013). “The project benefits of Building Information Modelling (BIM)”. International Journal of Project Management, Vol. 31, pp. 971-980.
- BS 1192-4 (2014) “Collaborative production of information. Part 4: Fulfilling employer’s information exchange requirements using COBie – Code of practice”.
- Campbell, Dace A.,(2007).” Building Information Modeling: The Web3D Application for AEC”, pp. 173-176.
- Chassiakos, A.P., Sakellaropoulos,S.P., (2008) “A web-based system for managing construction information”. Advances in Engineering Software, Vol.39, pp. 865-876.
- Chelson, Douglas E., (2010). “The effects of building information modeling on construction site productivity”. Tese de doutoramento, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, Maryland, 1 vol.
- COBIM, (2012) “Common BIM Requeriments”, Finlândia.
- Construction Industry Council. “CIC Building Information Modelling Standards Draft 5.0”.
- Costa, A. A. (2014). <http://www1.ipq.pt/PT/Site/Destaques/Pages/Paradigma-BIM-e-a-normalizacao-como-fator-de-competitividade.aspx>. Instituto Português da Qualidade (O paradigma BIM e a normalização como fator de competitividade).
-

-
- Dawood, Nash, Akinsola, Abi and Hobbs, Brian (2002). "Development of automated communication of system for managing site information using internet technology". *Automation in Construction*, Vol.11, pp. 557-572.
- Dispenza, K. (2010). <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>. *The Daily Life of Building Information Modeling (BIM)*.
- Eadie, Robert, Browne, Mike, Odeyinka, Henry, McKeown, Clare and McNiff, Sean (2013). "BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis". *Automation in Construction*, vol. 36, pp. 145-151.
- Eadie, Robert, Odeyinka, Henry, Browne, Mike, McKeown, Clare and Yohanis, Michael (2014). "Building Information Modelling Adoption: An Analysis of the Barriers to Implementation". *Journal of Engineering and Architecture*, Vol.2, pp. 77-101.
- Eastman, C. M., Wang, F., You, S.-J., & Yang, D. (2005). "Deployment of an AEC industry sector product model". *Computer-Aided Design*, Vol. 37, pp. 1214-1228.
- Eastman, Charles M. (1999). "Building Product Models- Computer Environments Supporting Design and Construction". Georgia Institute of Technology, Atlanta GA. USA.
- Eastman, Chuck, Teicholz, Paul, Sacks, Rafael and Liston, Kathleen (2011). "BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors". John Wiley & Sons, Canada.
- Elliott, D (2013) <http://www.trimbleextensions.com/>. Trimble Extensions (Level of Detail and Model Progression Specification).
- Ferraz, Miguel e Morais, Ruben (2012). "O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão". Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL - BE2012, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, Porto.
- Froese, T. (2003). AEC future directions for IFC-based interoperability, *ITCON*, Vol. 8, pp. 231-246.
- Graphisoft. <http://www.graphisoft.com/rb/openbim/interoperability/structural>. Graphisoft.
- Grilo, A., and Jardim-Goncalves, Ricardo (2010). "Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments". *Automation in Construction*, vol. 19, pp. 522-530.
- GSA, (2007). "The National 3D-4D-BIM Program", U.S.
-

-
- Hartmann, T., Fischer, M. (2007). "Supporting the constructability review with 3D/4D models. Building Research and Information". Vol. 35, pp. 70-80.
- Ilozor ,Benedict D.and Kelly David J., (2012), "Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study", Journal of Engineering, Project, and Production Management, pp. 23-36.
- Jacoski, C. A. (2003). "Integração e interoperabilidade em projetos de edificações- uma implementação com IFC/XML". Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Jacoski, C. A., Lamberts, R. (2002). "A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil".
- Jung, Youngsoo, Joo, Mihee (2011). "Building information modelling (BIM) framework for practical implementation". Automation in Construction, Vol.20, pp. 126-133.
- Kemlani, L (2012) <http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html>. AECbytes.
- Kia, Saeed (2013). "Review of Building Information Modeling (BIM) Software Packages Based on Assets Management". Department of Civil and Environmental Engineering Amirkabir University of Technology, Iran.
- Kiviniemi, Markku, Sulankivi, Kristiina, Kähkönen, Kalle, Mäkelä, Tarja and Merivirta, Maija-Leena, (2011). "BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction". Kopijyvä Oy, Kuopio.
- Kymmell, W. (2008). "Building Information Modeling: Planning and Managing Constructio Projects Wiht 4D CAD and Simulations". McGraw-Hill Professional Publishing.
- Linderoth, Henrik C.J., (2010), "Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks". Automation in Construction, Vol.19, pp. 66–72.
- Love, Peter E. D., Edwards, David J., Han, Sangwon and Goh, Yang M. (2011). "Design error reduction: toward the effective utilization of building information modeling". Res Eng Design, Vol. 22, pp. 173-187.
- Love, Peter E.D., Matthews, Jane, Simpson, Ian, Hill, Andrew and Olatunji, Oluwole A. (2014). "A benefits realization management building information modeling framework for asset owners". Automation in Construction, vol. 37, pp. 1-10.
-

-
- Manziona, Leonardo (2013). “Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM”. Tese de Doutoramento, Graduação em Engenharia Civil, São Paulo, 1 vol.
- Martins, João Pedro da Silva Poças (2009). “Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos”. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- McGraw-Hill, C. (2007). “Interoperability in the Construction Industry”. McGraw-Hill Professional Publishing.
- McGraw_Hill. (2012). “SmartMarket Report - The Business Value of BIM in North America”. McGraw-Hill Professional Publishing.
- McGraw-Hill (2010). “The Business Value of BIM in Europe. Getting Building Information Modeling to the Bottom Line in the United Kingdom, France and Germany”. McGraw-Hill Construction.
- Menezes, Gilda Lúcia Bakker Batista de (2011). “Breve histórico de implantação da plataforma Bim”. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Vol.18.
- NBIMS, (2012), “National BIM Standard - United States™ Version 2”.
- NBIMS. (2012). “Introduction to the National BIM Standard-United States™”.
- Nunes, Catarina (2001). “Construção. O desafio da especialização”. GEPE-Gabinete de Estudos e Prospectiva Económica do Ministério da Economia, Lisboa.
- Oliveira, M. (2010). “Potential of Building Information Modeling (BIM) system”. Crc Press Taylor & Francis Group.
- PAS 1192-2 (2013). “Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling”.
- Pedroto, Maria e Martins, João Poças (2012). “Pesquisa estruturada e manipulação de informação no modelo IFC. requisitos e soluções”. Congresso Construção 2012, Coimbra.
- Pereira, Telmo Dias, (2014), “Gestão de Projeto e Contratação de Empreitadas de Obras”. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Philp, David (2012). “BIM: The UK Government Strategy”. UK Government Strategy Task Group.
-

-
- PTPC (2011) <http://www.ptpc.pt/index.php/pt/missao-visao-e-valores>. Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção (Missão, Visão e Valores).
- RIBA (2012). “BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work”. RIBA Publishing, London.
- Richards, Mervyn (2010). “Building Information Management. A standard Framework and Guide to BS 1192”. British Standards Institution, London.
- Rogers, Everett M. (2010). “Diffusion of Innovations”. 5ª edição, U.S.
- Sacks, R., Radosavljevic and M., Barak, R., (2010). “Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction”. *Automation in Construction*, Vol.19, pp. 641-655.
- Shafiq, Muhammad T, Matthews, Jane and Lockley, Stephen R (2012) “Requirements for model server enabled collaborating on building information models”. First UK Academic Conference on BIM, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, UK.
- Silva, Jorge Miguel Santos (2013). “Princípios para o desenvolvimento de projetos com recurso a ferramentas BIM. Avaliação de melhores práticas e proposta de regras de modelação para projetos de estruturas”. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Porto, Porto.
- Silva, V (2011). “BIM - The summary of a long history”.
- Sousa, H. d., Martins, J. P., e Monteiro, A. (2011). “Projecto SIGABIM”. Secção de Construções Civas, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Succar Bilal., (2009), “Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders”, *Automation in Construction*, Vol.18, pp. 357–375.
- Taborda, Paulo Jorge Santos (2012) “O BIM como plataforma para concursos públicos: contribuição para uma metodologia de implementação”. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Taborda, Paulo, Cachadinha, Nuno (2012). “BIM nas obras públicas em Portugal: condicionantes para uma implementação com sucesso”. Congresso Construção 2012, Coimbra.
- Takim, Roshana, Harrins, Mohd and Nawawi, Abdul Hadi (2013). “Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within Architectural, Engineering
-

-
- and Construction (AEC) industry”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol 101, pp. 23-32.
- Tekla Structures Glossary. (2015). Tekla Corporation.
- Thein, Volker (2011). “Industry Foundation Classes (IFC). BIM Interoperability Through a Vendor-Independent File Format”.
- Trench, Stephen (2014). “Building information modelling and its effect on computer aided manufacture in the uk construction industry”. Tese de doutoramento, Department of Built Environment, London.
- Vanlande, R., Nicolle, C. and Cruz, C. (2008). “IFC and building lifecycle management”. *Automation in Construction*, Vol. 18, pp. 70-78.
- Wong, Andy K. D., Wong, Francis K. W. and Nadeem, Abid. “Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries”. Department of Building and Real Estate, The Hong Kong Polytechnic University.
- Wong, Andy K.D., Wong, Francis K.W. and Nadeem, Abid (2011). “Government roles in implementing building information modelling systems Comparison between Hong Kong and the United States”. *Construction Innovation*, Vol.11, pp. 61-76.
- Wong, Dr. Andy K.D., Wong, Prof. Francis K.W. and Nadeem, Dr. Abid. “Comparative roles of major stakeholders for the implementation of BIM in various countries”. Department of Building and Real Estate, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.
- Wong, K.-w. F., Wong, K.-d. A., & Tse, T.-c. K. (2005). “The utilisation of building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers”. *ITcon*, Vol. 10, pp. 85-110.