



TÉCNICO
LISBOA

Contribuição para o desenvolvimento de uma norma BIM nacional

Adaptação da COBie a Portugal

Miguel Augusto Cardoso Gamboa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientador: Prof. Doutor António Morais Aguiar Costa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Augusto Martins Gomes

Orientador: Prof. Doutor António Morais Aguiar Costa

Vogal: Prof.^a Doutora Alcínia Zita de Almeida Sampaio

Outubro de 2015

Agradecimentos

Durante o desenvolvimento desta dissertação tive o privilégio de ter o contributo de algumas pessoas, às quais gostaria de deixar um breve agradecimento. Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor António Aguiar Costa pelos conhecimentos transmitidos, orientação prestada e oportunidade de apresentar a dissertação à CT 197. Queria também agradecer ao meu colega André Antunes pela paciência e disponibilidade na explicação de conceitos de *Revit* e *Dynamo*.

Por último, obrigado à minha família e a todos os que me acompanharam: Sara, Joana, Luís, Diogo, Mónica, André, Tiago, Pedro e Sabino.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo estudar a adaptação da Construction Operations Building Information Exchange (COBie) a Portugal, contribuindo assim para o desenvolvimento de uma norma BIM nacional.

A tese inicia-se com o enquadramento da tese, objetivo e metodologia, de forma a definir o âmbito geral. Segue-se uma apresentação simples do BIM, focando as vantagens da sua aplicação e as melhores práticas de implementação. O BIM é uma ferramenta poderosa na gestão e organização da informação sendo apresentado um Diagrama de Maturidade que demonstra as diversas normas que conduzem a uma correta implementação. Ainda focado na gestão da informação faz-se uma avaliação das taxonomias mais utilizadas. Posteriormente apresentam-se alguns conceitos base que permitem a colaboração entre todos os envolvidos. Procede-se a uma avaliação detalhada da estrutura da COBie e da informação obrigatória em cada fase de projeto. Apresentam-se dois casos de aplicação internacionais.

Utiliza-se um caso de estudo que permite aplicar a COBie e avaliar os resultados obtidos. O programa utilizado é o *Revit*, sendo apresentado o procedimento de exportação com algum detalhe. Após um trabalho de introdução de informação no modelo é possível melhorar o ficheiro COBie obtido. Procede-se a uma avaliação dos dados exportados, sendo verificado que cerca de metade da informação é preenchida automaticamente, sendo sempre de evitar que a informação tenha de ser introduzida manualmente, o que conduziria a um aumento de recursos. Nas conclusões avalia-se o cumprimento dos objetivos propostos, verificando-se que foram em grande parte atingidos. Apresentam-se conclusões gerais relacionadas com a COBie e medidas necessárias para a sua correta implementação em Portugal. Relativamente ao caso de estudo a principal conclusão está relacionada com a importância de criar o modelo BIM corretamente desde o início do projeto. Como trabalho futuro apresenta-se uma proposta de implementação faseada da COBie em Portugal e a utilização do programa *Dynamo* no preenchimento da informação em falta da COBie.

Palavras-chave: BIM, COBie, IFC, normalização, interoperabilidade

Abstract

This work is aimed to study the adaptation of Construction Operations Building Information Exchange (COBie) to Portugal, contributing to the development of a national BIM standard.

The framework, objective and methodology of the thesis are defined, in order to define the overall scope. Further is a simple BIM presentation, focusing on the advantages of the application, implementation and best practices. BIM is a powerful tool in the management and organization of information, being presented a maturity diagram showing the various standards that lead to a correct implementation. Still focusing information management, is assessed the most used taxonomies. Later it is presented some basic concepts that allow collaboration between the stakeholders. Proceeds to a detailed evaluation of the structure of COBie and the mandatory information in each design phase. There are presented two cases of international application.

Using a case study that allows the application of COBie there is an evaluation of results. The program used was *Revit*, being presented the export procedure in some detail. After an information entry work in the model it was possible to improve COBie file obtained. There has been an assessment of the exported data, and found that about half of the information is automatically populated, always avoiding that the information isn't entered manually, which would lead to an increase in resources. The conclusions evaluate the fulfillment of the proposed objectives, verifying that have been largely achieved. Further general conclusions related to COBie are presented and necessary measures for its correct implementation in Portugal. Regarding the case study, the main conclusion is related to the importance of creating the right BIM model from the beginning of the project. It is presented as future work a phased implementation of the proposed COBie in Portugal and use the *Dynamo* program in filling in the missing information of COBie.

Key words: BIM, COBie, IFC, standardization, interoperability

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento da tese	1
1.2. Objetivo da tese.....	4
1.3. Metodologia.....	4
1.4. Estrutura da tese	5
2. Revisão da literatura	7
2.1. BIM	7
2.2. O desafio da implementação BIM	9
2.2.1. Plano de Execução BIM	10
2.2.2. Maturidade BIM	13
2.3. BIM como suporte à informação	15
2.3.1. Objetos – ISO 12006-2.....	15
2.3.2. Nível de detalhe - LOD.....	17
2.4. Taxonomias – Sistemas de classificação	19
2.4.1. OmniClass	20
2.4.2. <i>Uniclass2</i>	23
2.5. Interoperabilidade.....	24
2.5.1. IFC – <i>Industry Foundation Classes</i>	25
2.5.2. IFD – <i>International Framework for Dictionaries</i>	27
2.5.3. IDM – <i>Information Delivery Manual</i>	28
2.5.4. MVD – <i>Model View Definiton</i>	28
3. COBie.....	29
3.1. Estrutura COBie	30
3.2. Informação obrigatória	34
3.2.1. Data drops	34
3.2.2. Matriz de Responsabilidade da COBie	36
3.3. Casos de aplicação da COBie	39
3.3.1. Aeroporto de Gatwick	40

3.3.2.	Edifício Mark Center	42
4.	Caso de Estudo.....	45
4.1.	Aplicação ao Revit.....	45
4.1.1.	<i>Setup</i> – Configurações gerais	46
4.1.2.	<i>Modify</i>	48
4.1.3.	<i>Export</i>	51
4.2.	Resultados obtidos	51
4.2.1.	Informação relativa ao caso de estudo	53
4.2.2.	Associação de informação a um objeto	55
4.2.3.	Balanço final	57
5.	Discussão no contexto nacional	59
5.1.	Resultados do estudo da COBie	59
5.2.	Resultados do caso de estudo	61
6.	Conclusões.....	63
6.1.	Avaliação dos objetivos propostos	63
6.2.	Trabalho futuro	64
6.2.1.	Desenvolvimento de plano faseado para implementação da COBie.....	64
6.2.2.	Aplicação do Dynamo para automatização de processos	65
7.	Bibliografia.....	67
	Anexo 1	71
	Anexo 2	73
	Anexo 2.a.....	73
	Anexo 2.b.....	73
	Anexo 2.c.....	73
	Anexo 2.d.....	73
	Anexo 2.e.....	74
	Anexo 2.f.....	74
	Anexo 2.g.....	75
	Anexo 2.h.....	75
	Anexo 2.i.....	75

Anexo 2.j.....	76
Anexo 2.l.....	76
Anexo 3	79
Anexo 4	85

Lista de quadros

Tabela 1 - Esquema de cores utilizado na COBie	35
Tabela 2 - Legenda da Matriz de Responsabilidade COBie	38
Tabela 3 - Definições do COBie Toolkit da Autodesk	48
Tabela 4 - Código de cores utilizado na verificação do ficheiro COBie obtido	52
Tabela 5 - Balanço final da informação que consta na COBie	57
Tabela 6 - Preenchimento da informação em células requeridas.....	61
Tabela 7 - Resumo das fases de projeto que constam da Portaria 701-H.....	72

Lista de figuras

Figura 1 - Produção da construção tendo como base o ano de 2010 (INE, 2014)	1
Figura 2 – Exemplo de integração do modelo BIM. Retirado de: Autodesk (2015).....	3
Figura 3 - Relação entre a influência e custos ao longo do projeto. Adaptado de (Paulson, 1976)	7
Figura 4 - Curva de MacLeamy (MacLeamy, 2011).....	8
Figura 5 - Fases do BIM Execution Plan.....	10
Figura 6 - Trocas de informação do modelo	12
Figura 7 - Tabela referente às trocas de informação	12
Figura 8 – Diagrama de maturidade BIM. Adaptado de: (PAS 1192-2, 2013)	13
Figura 9 - Diagrama de processo de recursos e resultados ao longo do ciclo de vida (ISO 12006- 2, 2001)	16
Figura 10 - Representação esquemática das classes. Adaptado de (Ekholm, 2005)	17
Figura 11 - Evolução gráfica de uma coluna. Adaptado de (BIM Task Group, 2014)	19
Figura 12 - Exemplo da divisão da OmniClass, Tabela 21 – Elements.....	21
Figura 13 - Tabela 21 da Omniclass relativa aos elementos (OCCS, 2006)	22
Figura 14 - Hierarquia da Uniclass2.....	24
Figura 15 - Esquema dos principais conceitos BIM. Adaptado de (BuildingSMART, 2014)	25
Figura 16 - Definição do alfabeto. Retirado de (STEP, 2015)	26
Figura 17 - Informação a inserir em cada fase segundo a COBie.....	30
Figura 18 – Esquema da informação existente na COBie	31
Figura 19 - Ficheiro COBie numa folha de cálculo	32
Figura 20 - Exemplo da COBie Team Responsibility.....	37
Figura 21 - Exemplo da folha Deliverable Requirements	39
Figura 22 - Especialidades modeladas do edifício do aeroporto de Gatwick	40
Figura 23 - Edifício Mark Center	42
Figura 24 – Modelo 3D do piso 0 do hospital da Luz.....	45
Figura 25 - Processo de criação e exportação no Revit	46
Figura 26 - Configurações do Setup em Revit	47

Figura 27 - Definição das zonas COBie na aplicação para o Revit	50
Figura 28 - Aba relativa aos Contacts da COBie	52
Figura 29 - Folha de cálculo do ativo (Facility) obtida	53
Figura 30 - Propriedades de projeto adicionadas	54
Figura 31 - A azul a cadeira selecionada para editar a informação.....	55
Figura 32 - Parâmetros introduzidos	56
Figura 33 - Aba dos atributos referentes à cadeira de teste	57
Figura 34 - Diagrama de maturidade BIM (CIC, 2011)	64
Figura 35 - Exemplo de um fluxograma em Dynamo.....	65

Abreviaturas

3D – Três dimensões

AEC – Arquitetura Engenharia e Construção

BEP – *BIM Execution Plan*

BIM – *Building Information Modeling*

BPMN – *Bussiness Process Modeling Notation*

CCP – Código dos Contratos Públicos

COBie – *Construction-Operation Building information exchange*

CPCI – Confederação Portuguesa da Construção e do Imobiliário

CT 197 – Comissão Técnica 197

EUA – Estados Unidos da América

GUID – *Global Unique Identifier*

IFC – *Industry Foundation Classes*

INE – Instituto Nacional de Estatística

NBIMS – *National BIM Standard-United States*

OSHA – *Occupational Safety and Health Administration*

RU – Reino Unido

UE – União Europeia

URL – *Uniform Resource Locator*

1. Introdução

Neste primeiro capítulo será apresentado o enquadramento da tese para que o leitor possa compreender a necessidade de toda a análise posterior. Os objetivos serão definidos para que haja uma clara compreensão das conclusões a obter com este estudo.

1.1. Enquadramento da tese

O setor da construção em Portugal está fortemente dependente do investimento do Estado em grandes obras públicas. Apesar de sinais de melhoria da economia nacional, o investimento público no ano de 2014 foi 33% inferior em relação ao ano anterior e menos de 4% da despesa do Estado (CPCI, 2014). A falta de investimento público e privado reflete-se na queda da produtividade no setor da construção. Apresenta-se, na Figura 1, os dados relativos à produtividade em Portugal, tendo por base o ano de 2010 (INE, 2014).

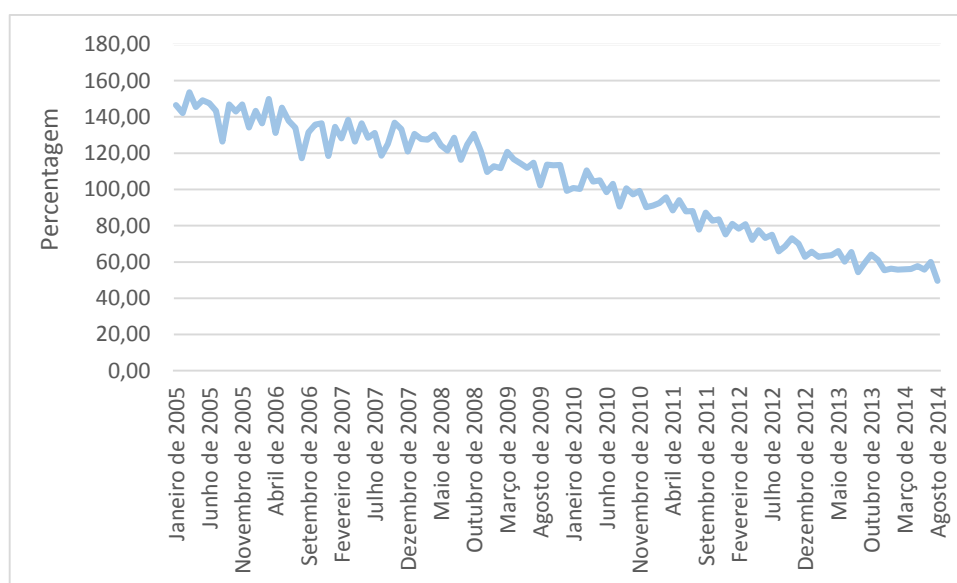


Figura 1 - Produção da construção tendo como base o ano de 2010 (INE, 2014)

Visualiza-se uma notória redução, quase linear, dos valores do índice de produção. Importa referir que devem ser desprezados os pontos mínimos do gráfico, uma vez que correspondem ao mês de agosto, que naturalmente estão associados a uma baixa produção. A acrescentar à redução do índice de produção, existem causas relacionadas com o não cumprimento de custos, prazos e casos de corrupção que conduzem a desvios. Para contornar estes problemas terá de

haver “uma alteração significativa”, recorrendo a uma mudança dos “procedimentos que estão na sua origem” (Santo, 2006).

Vários processos do setor da construção que implicam um aumento dos custos e dos desvios são enunciados de seguida (Santo, 2006):

- os programas preliminares das empreitadas apresentam insuficiências na sua elaboração;
- os prazos para a execução dos programas são demasiado curtos;
- as características do terreno não são conhecidas desde início;
- os donos de obra não possuem conhecimento técnico que lhes permita elaborar programas de concurso corretamente;
- o investimento nas fases iniciais do projeto é insuficiente, o que implica que existam alterações, erros e omissões;
- os alvarás não são representativos da capacidade técnica, económica e financeira da empresa
- grande parte da administração pública não possui uma gestão global do empreendimento, está usualmente separada pela fase de construção e gestão;
- o elevado número de empresas no setor da construção com o mesmo alvará conduz a que os valores das propostas apresentados sejam bastante reduzidos, ou seja, existe uma forte concorrência;

Santo (2006) conclui que “só uma ação preventiva que envolva os diferentes intervenientes e que os sensibilize para as responsabilidades de cada ato e suas consequências a jusante dos processos poderá reduzir significativamente os resultados negativos das práticas correntes”. Como resposta à necessidade de mudança no setor, que permita alterar a mentalidade e processos, tem sido desenvolvido nos últimos anos o *Building Information Modeling* (BIM).

O objetivo do BIM é apoiar e coordenar todos os envolvidos para que se possa simplificar o fluxo de trabalho (Bolpagni, 2013), apesar de existirem algumas dificuldades na correta implementação. Tal também poderá ser explicado pelo rápido crescimento da metodologia que conduz a nuances entre várias definições de diferentes autores do significado do BIM (Succar, et al., 2012). Desta forma, as duas definições apresentadas de seguida são de grandes associações dos Estados Unidos da América (EUA) e Reino Unido (RU). Segundo a *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS, 2007), o BIM pretende integrar a informação que é recolhida e aplicada durante todo o ciclo de vida do empreendimento, para que seja facilmente trocada e preservada. Uma definição de um documento mais recente é apresentado pela *Architecture Engineering Construction* (AEC, 2012) do RU, que defende que o BIM é a criação e utilização coordenada, consistente e computadorizada da informação num projeto na fase de projeto e construção. A ideia de interligação entre todas as especialidades num único modelo BIM está apresentada na Figura 2. Pode-se observar que no mesmo modelo existe informação relativa ao cálculo estrutural, térmica, planeamento, entre outros.

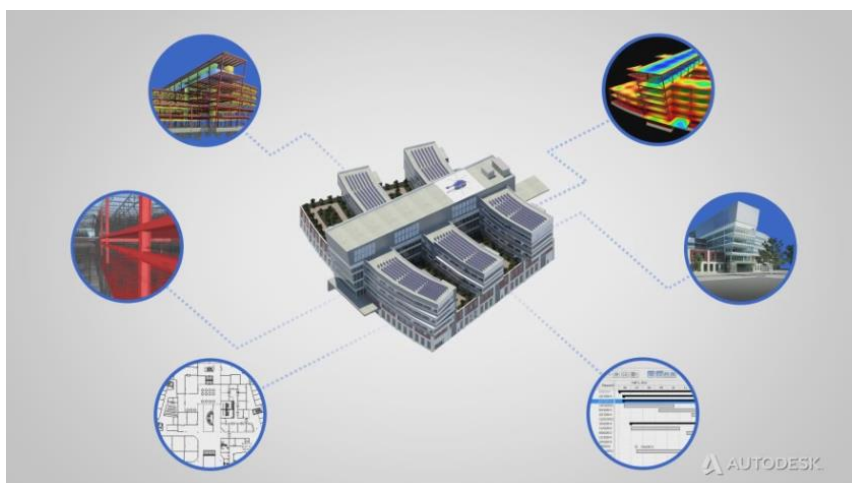


Figura 2 – Exemplo de integração do modelo BIM. Retirado de: Autodesk (2015)

Em Portugal não existem normas que refiram as melhores práticas em relação ao BIM. Diversos estudos têm sido desenvolvidos, mas a sua aplicação tem encontrado alguma resistência. O facto de não existir obrigatoriedade na sua utilização, em concursos públicos ou privados, contribui para o desinteresse por parte do setor da construção. Na Europa a utilização do BIM é obrigatória no Reino Unido (RU), Dinamarca, Finlândia, Holanda e Noruega. Estes países encontram-se bastante desenvolvidos na utilização do BIM, destacando-se o RU que tem contribuído para a tentativa de implementação na União Europeia (UE).

O governo do RU definiu, em 31 de Maio de 2011, que a estratégia para o setor da construção era a “intenção de requerer: utilização colaborativa do BIM em 3D (com todo o projeto, informação, documentação e dados em formato eletrónico) nos seus projetos até 2016” (BIM Task Group, 2014). Defendendo que o objetivo principal é um “programa modernizador”, com o intuito de reduzir o capital investido e o carbono emitido pela construção e operação em 20% (BIM Task Group, 2014). Um exemplo de uma norma inglesa é a PAS1192-2:2013, que explicita a necessidade de existir um trabalho colaborativo, ou seja, cada tarefa realizada tem de ser executada de uma forma normalizada para que exista sempre a mesma qualidade e forma na informação. Consequentemente, a informação pode ser sempre interpretada e alterada por todos os envolvidos.

O foco desta tese será a *Construction Operations Building Information Exchange* (COBie), uma especificação que pretende facilitar a transferência de informação ao longo das diversas fases do empreendimento, desde a fase de construção até à fase de operação (East, 2007). A informação armazenada é não geométrica, ou seja, a informação refere-se ao equipamento, produtos e espaços (East, et al., 2013). Assim sendo é necessário efetuar uma transição da apresentação do projeto em papel para o formato digital.

A importância deste estudo prende-se com a inexistência de uma especificação portuguesa, o que implica uma avaliação da adequabilidade da COBie à realidade portuguesa.

1.2. Objetivo da tese

O estudo será iniciado com uma análise da utilização do BIM a nível internacional e posteriormente progredir para o âmbito nacional. Mais especificamente, pretende-se com esta tese:

- Avaliar as iniciativas internacionais na adoção e aplicação de normas BIM;
- Discutir a problemática relacionada com a gestão da informação, focando principalmente a interoperabilidade;
- Analisar as ferramentas de apoio à gestão de informação na construção;
- Identificação das potencialidades e limitações da aplicação da COBie;
- Avaliar a adequabilidade da COBie ao contexto português;
- Desenvolver um caso de estudo que permita reforçar as conclusões teóricas dos pontos anteriores.

1.3. Metodologia

Seguidamente apresenta-se a metodologia que possibilite um estudo sólido para servir de base ao desenvolvimento da tese. Inicialmente o estudo terá um âmbito alargado, que será depois mais restrito para que se possam atingir os objetivos propostos.

Revisão da literatura:

A revisão da literatura tem como objetivo estabelecer bases sólidas sobre conceitos e definições referentes à metodologia BIM. Este estudo é fundamental pois ao longo de toda a tese haverá referência às temáticas abordadas na revisão. Grande parte da revisão fará referência a normas internacionais dada a inexistência de normalização portuguesa associada ao BIM. Será concluída com a análise da normalização internacional para a COBie.

Análise teórica:

Após de analisar o contexto internacional pretende-se analisar e adaptar a COBie, se possível, ao contexto nacional. Para isso será fundamental compreender a realidade portuguesa que atualmente se encontra nos primeiros passos na aplicação do BIM. Por esta razão a implementação terá de ser estruturada e faseada de forma a ser acessível, compreendida e aplicada pelo setor da construção em Portugal.

Caso de estudo:

Neste capítulo será feita a aplicação das conclusões da análise teórica de forma a validar os pressupostos. Caso não exista uma validação dos resultados anteriormente obtidos terá de existir uma reformulação. Assim sendo, será utilizado um modelo 3D de uma sala de espera do Hospital da Luz que servirá para exportar um ficheiro COBie a analisar.

1.4. Estrutura da tese

No primeiro capítulo realiza-se uma pequena apresentação do setor da construção e da sua evolução nos últimos anos, seguindo-se a definição dos objetivos e metodologia da tese. O segundo capítulo pretende avaliar as diversas normas internacionais relacionadas com o BIM, focadas principalmente na implementação, suporte à informação, taxonomias e conceitos necessários para a interoperabilidade.

Tendo sempre como base os conceitos internacionais, procede-se ao estudo da estrutura da COBie no terceiro capítulo. A informação que consta da COBie deve evoluir ao longo do projeto, assim é fundamental avaliar a informação que deve ser inserida, neste sentido são avaliados os *data drops* e a matriz de responsabilidade. Por fim, neste capítulo, apresentam-se dois casos de estudo que demonstram as principais dificuldades na aplicação da COBie.

Posteriormente, no quarto capítulo, é descrito o procedimento para a exportação do ficheiro COBie aplicado ao caso de estudo do Hospital da Luz no programa *Revit*. Houve necessidade de alterar e introduzir informação nos objetos do modelo, de forma melhorar o ficheiro final. Por fim apresenta-se um quadro com os resultados obtidos.

No capítulo cinco realiza-se uma discussão no contexto nacional da COBie. Abordam-se os sistemas de classificação, a informação dos objetos, formato do ficheiro COBie e a necessidade de relacionar a evolução da COBie ao longo do projeto com as fases de projeto em Portugal. De seguida, resume-se os resultados do caso de estudo e explicitam-se as principais dificuldades encontradas.

O capítulo seis pretende avaliar o cumprimento dos objetivos propostos no primeiro capítulo e propor possíveis trabalhos futuros para a implementação e aplicação da COBie em Portugal.

2. Revisão da literatura

É fundamental definir alguns conceitos e noções sobre palavras e termos que serão utilizadas ao longo desta tese. Grande parte dos assuntos abordados constam de documentos internacionais que servem de base a esta tese, o que implica que exista uma adaptação para a realidade portuguesa e uma explicação dos termos utilizados.

O capítulo será iniciado com uma descrição geral do BIM, seguido de uma explicação de implementação e qual a informação que pode constar de um modelo. De seguida e reduzindo o âmbito serão abordadas diversas temáticas relacionadas com os objetos, desde normas existentes até aos sistemas de classificação existentes. Por fim será realizada uma explicação de termos relacionados com as trocas de informação.

2.1. BIM

O setor da construção, especialmente nos últimos 70 anos, tem-se fragmentado e especializado em processos (Fox, 2014), havendo uma inevitável separação entre a arquitetura e a construção. Acrescentando a este facto, a troca de informação recorre a desenhos de duas dimensões (2D) que apresenta limitações em termos espaciais, trabalho colaborativo e armazenamento da informação (Alfred, 2011). O intuito do BIM é precisamente melhorar todos estes aspetos, recorrendo ao envolvimento de todos os intervenientes em todas as fases do ciclo de vida do empreendimento e utilizando ferramentas que possibilitem a interoperabilidade (NBIMS, 2007). Isto implica que exista um armazenamento da informação normalizado, sendo esta a única forma de garantir que as trocas sejam possíveis.

Importa assim analisar o interesse do BIM em relação aos custos associados ao ciclo de vida do empreendimento devido à mudança de paradigma. Neste sentido, Boyd Paulson apresentou uma

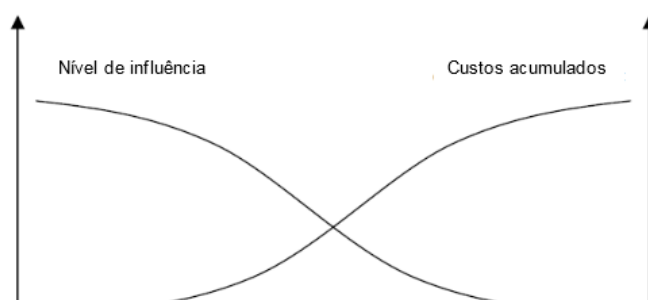


Figura 3 - Relação entre a influência e custos ao longo do projeto.
Adaptado de (Paulson, 1976)

relação entre o nível de influência num projeto e o custo de uma alteração ao longo do tempo, Figura 3.

Paulson pretendia demonstrar com a Figura 3 a importância de efetuar alterações em fases iniciais do projeto, já que os custos associados são relativamente reduzidos. Em fases adiantadas do projeto ocorre o contrário, a capacidade de influenciar é substancialmente inferior e representa um valor elevado de custos acumulados. Também mencionava termos como *life-cycle costing*, *construction management*, *design-construct*, o que demonstra que os problemas associados ao investimento de recursos em fases iniciais e a importância de ter em conta os custos de operação das instalações são conhecidos há muito.

Ao longo dos anos, a curva tem sido utilizada por diversas vezes e, em 2004, MacLeamy apresentou um gráfico, apresentado na Figura 4 com as mesmas ideias base e acrescentando outras duas curvas. A curva 3 representa o método tradicional, onde os custos são essencialmente na fase de construção. Já a curva 4 representa os custos numa fase mais inicial do empreendimento, associados a novas metodologias. Estas permitem atuar quando o nível de influência é maior, curva 1, o que permite reduzir os custos totais. Para efetuar esta mudança é essencial envolver todas as partes numa fase mais inicial de projeto, ou seja, recorrer a um trabalho colaborativo (Kulkarni, 2012).

Na legenda da Figura 4 a curva quatro faz referência ao *Integrated Project Delivery* (IPD) que foi uma metodologia desenvolvida pela American Institute of Architects (AIA). De uma forma muito simples, o IPD tem como objetivo integrar os envolvidos, sistemas e estruturas de negócio, de forma a definir procedimentos que possibilitem um trabalho colaborativo. Pode facilmente realizar-se um paralelismo com a metodologia *Building Information Modelling* (BIM) que pretende

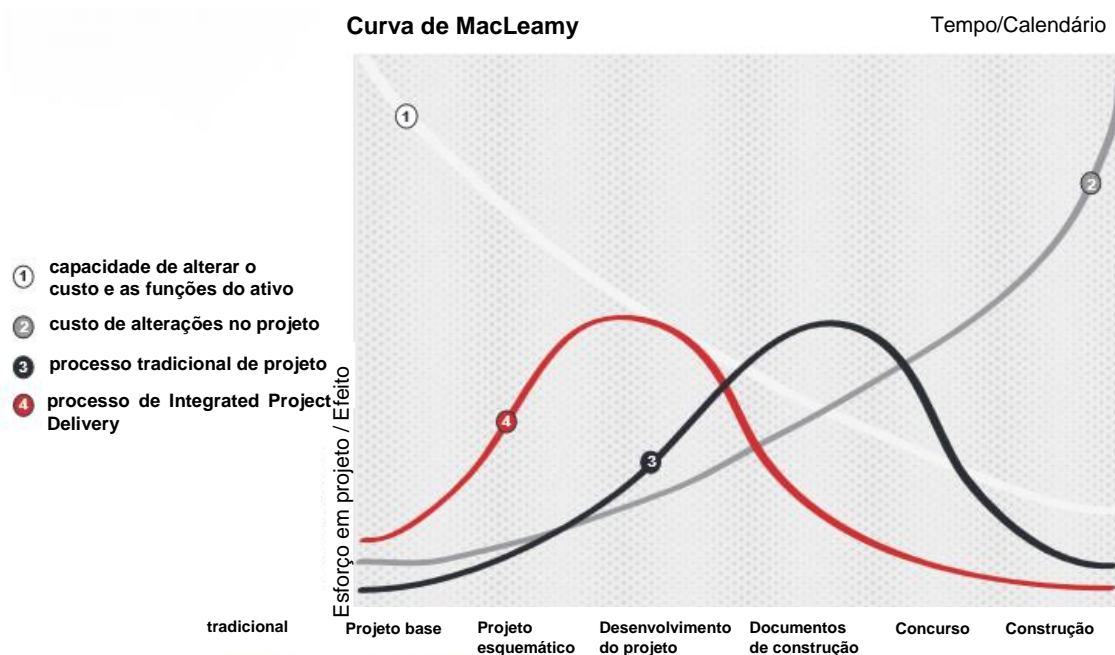


Figura 4 - Curva de MacLeamy (MacLeamy, 2011)

precisamente atuar numa fase mais inicial do projeto envolvendo todos os interessados. Assim estas curvas são muitas vezes utilizadas quando se pretende explicar as vantagens do BIM.

O BIM surge como uma nova geração de tecnologia de informação (TI) e *computer-aided design* (CAD) para edifícios. BIM é o processo de gerar e gerir a informação associada a um empreendimento de forma interoperável e reusável (Lee, et al., 2005). Por outras palavras, a informação que é criada ao longo do projeto tem de ser armazenável e de fácil acesso para todos os envolvidos. Como se pode compreender isto implica uma alteração significativa dos métodos utilizados atualmente no setor da construção, sendo a adoção destes novos conceitos difíceis de aplicar apesar dos variados estudos teóricos já elaborados (Sacks, et al., 2003).

A utilização do BIM permite alterar significativamente os processos associados ao setor da construção e, com base na análise de casos de estudo em que foi utilizado, pode concluir-se que (Bryde, et al., 2013):

- o maior benefício está relacionado com a redução do custo total;
- o tempo total do projeto foi reduzido, tal como o caminho crítico, apesar de por vezes ser mais demorada a modelação;
- influência positivamente a comunicação, coordenação e qualidade;
- problemas relacionados com a interoperabilidade e coordenação;
- necessidade de formar os trabalhadores para que estejam preparados para o novo método de trabalho;
- útil em fases iniciais do projeto com o modelo virtual em que é possível visualizar o ativo antes de estar construído.

As barreiras para a implementação BIM estão principalmente relacionadas com as tecnologias de informação que ainda se encontram numa fase de evolução para que possam responder às necessidades. Importa, por isso, criar ferramentas que facilitem a adoção da metodologia e incentivem as partes envolvidas.

Um dos maiores desafios do paradigma BIM é a sua implementação. Seguidamente apresenta-se uma explicação geral dos principais desafios.

2.2. O desafio da implementação BIM

De forma a compreender quais os aspetos a ter em conta na implementação BIM será apresentado neste subcapítulo um plano com as melhores práticas. Posteriormente será apresentado o diagrama de maturidade, que pode ser explicado como sendo o estado de implementação BIM de uma organização (CIC, 2013).

2.2.1. Plano de Execução BIM

Para que se possa implementar o BIM numa organização terá de ser elaborado um plano que, em primeiro lugar, deverá conter um objetivo, de forma a identificar os aspetos que serão abordados e qual o nível de implementação que se pretende obter. As melhores práticas de elaboração estão definidas num guia desenvolvido pela Universidade da Pensilvânia, mais propriamente pelo *The Computer Integrated Construction Research Program* (CIC, 2011), que define os passos para criar o Plano de execução BIM (*BIM Execution Plan*) (BEP).

Os vários objetivos a atingir com o Plano de execução BIM tanto para o projeto como para a equipa de projeto são (CIC, 2011):

- conhecimento por parte de todos os envolvidos dos objetivos a atingir para a implementação BIM no projeto;
- compreensão pelas organizações de quais as suas funções e responsabilidades na implementação;
- capacidade da equipa em criar processos de execução que estejam adequados para cada membro da equipa e para a organização;
- elaboração do plano que permite quantificar os recursos e formações necessárias para a implementação;
- definição das melhores práticas para novos participantes no projeto;
- definição da linguagem a utilizar no projeto, para que esteja uniformizada;
- o plano inicial permitirá avaliar o progresso ao longo do projeto.

A criação de um plano também permite que todos os envolvidos efetuem um estudo prévio do BIM, sendo especialmente importante quando a familiaridade com o BIM é insuficiente para a sua correta implementação. A redução do risco da nova metodologia também é possível se a organização recorrer a um elemento externo à organização que já possua experiência de implementação do BIM.

Pode efetuar-se uma divisão do BEP em quatro grandes fases: identificação dos objetivos e aplicações, processos, colaboração e infraestrutura de implementação, estas apresentam-se na Figura 5.

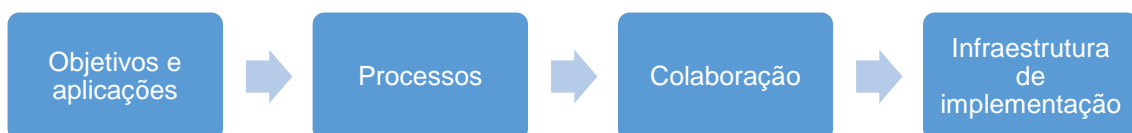


Figura 5 - Fases do BIM Execution Plan

Em primeiro lugar, a definição de objetivos e metas a atingir com a elaboração do BEP têm necessariamente de ter em conta as características do projeto, as partes envolvidas, as capacidades (do pessoal e do equipamento) e os riscos associados.

Quanto à aplicação BIM pode ser definida como “o método de aplicar o BIM durante o ciclo de vida do espaço para atingir um ou mais objetivos específicos” (Kreider, et al., 2013), por outras palavras, são as utilizações que serão atribuídas ao projeto BIM. A escolha das aplicações BIM a utilizar terão de ter sempre em conta o ciclo de vida do projeto, as fases de planeamento, projeto, construção e operação.

Desta forma, o estabelecimento das aplicações BIM é fundamental para a criação dos processos, já que haverá um processo para cada. Os processos são representados em mapas ou, por outras palavras, esquemas que demonstram as trocas de informação. O mapeamento permite que as equipas envolvidas compreendam onde se inserem, desde a informação que recebem, ao que executam e, por fim, até ao que têm de enviar. Para a implementação global do projeto existe um mapa que demonstra todas as relações entre as aplicações BIM escolhidos e as trocas de informação principais do projeto. Este mapa global é depois subdividido em mapas específicos para cada aplicação BIM. Os dados constantes nestes são as responsabilidades de cada entidade, informação de referência e as trocas de informação. Um exemplo do CIC do procedimento estimativa de custos é apresentada no Anexo 4.

Os documentos que se encontram no terço superior da figura em anexo são os documentos de referência para a aplicação em causa. Os documentos no terço inferior são a informação gerada ao longo do procedimento. No centro encontra-se o procedimento propriamente dito, obedecendo às regras gerais da elaboração de fluxogramas. Todas as caixas estão ligadas por setas que representam o seguimento sequencial do procedimento. A leitura inicia-se no círculo da esquerda e continua seguindo as setas que ligam às caixas retangulares que representam uma atividade ou trabalho a realizar. Os losangos são pontos de controlo, normalmente associados a pontos de decisão, ou seja, a decisão normalmente está relacionada com o cumprimento ou não dos requisitos da aplicação. Importa referir que a entidade responsável pela elaboração da atividade ou trabalho se encontra na parte inferior de cada retângulo.

Importa analisar como se procede às trocas de informação entre processos. No mapa global de procedimentos as trocas de informação devem estar definidas, até para que seja perceptível qual a previsão da conclusão de uma atividade. Idealmente as trocas devem estar organizadas de forma cronológica, já que, como referido, os mapas são esquemas gráficos de rápida análise e compreensão.

De seguida terá de se proceder à decomposição dos elementos do modelo, ou seja, os elementos devem estar subdivididos. Para efetuar esta decomposição o CIC recorreu às tabelas da Unifomat II do CSI, uma explicação detalhada referente aos diversos sistemas de classificação encontra-se mais à frente neste capítulo.

As trocas de informação possuem uma tabela própria, isto porque é importante documentar quem envia a informação, quem recebe, como é que é executada e quais os requisitos. A informação a ser documentada é apresentada na Figura 6 com uma explicação geral de cada requisito.

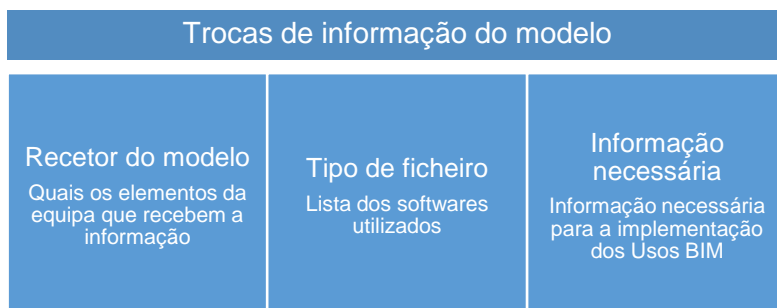


Figura 6 - Trocas de informação do modelo

No que diz respeito ao recetor do modelo tem de estar definido o *input* e o *output*. O *input* é preenchido pelos elementos da equipa que recebem a informação, logo têm de estar identificada a equipa que irá executar um determinado Uso. O *output* não será recebido por ninguém em específico, portanto a informação deve ser preenchida pela equipa do projeto.

A informação necessária varia com a aplicação BIM a ser implementado e com a fase projeto em que nos encontramos. Existe uma grande correlação entre a informação necessária e os LOD's que são explicados detalhadamente no subcapítulo 2.3 BIM como suporte à informação. Resumidamente os LOD's definem a informação que terá de estar contida num objeto numa determinada fase do projeto.

Um exemplo da tabela relativa às trocas de informação que relaciona os elementos com as fases de projeto apresenta-se na Figura 7.

Project Stage Deliverable	10 Conception Stage			15 Project Delivery Selection Stage			20 Design Stage			25 Construction Document Stage			30 Procurement Stage		
Author File Format (if varies, specify in notes) Application & Version															
Model Element Breakdown	Info	Resp Party	Notes	Info	Resp Party	Notes	Info	Resp Party	Notes	Info	Resp Party	Notes	Info	Resp Party	Notes
01 SUBSTRUCTURE															
10 Foundations															
10 Standard Foundations															
20 Special Foundations															
20 Subgrade Enclosures															
10 Walls for Subgrade Enclosures															
40 Slabs-On-Grade															
10 Standard Slabs-On-Grade															
20 Structural Slabs-On-Grade															
30 Slab Trenches															
40 Pits and Bases															
50 Slab-On-Grade Supplementary Components															
60 Water and Gas Mitigation															
10 Building Subdrainage															
20 Off-Gassing Mitigation															
90 Substructure Related Activities															

Figura 7 - Tabela referente às trocas de informação

Como é óbvio, para cada troca de informação terá existir uma entidade responsável pela sua criação, que é depois adicionada na tabela da Figura 7. Torna-se fundamental que exista uma

discussão entre todos os envolvidos de forma a compreender se os *inputs* necessários para executar uma determinada aplicação estão disponíveis quando são necessários. Um exemplo será para a aplicação estrutural (*output*) terá de existir uma aplicação de arquitetura (*input*) previamente criado e concluído.

Neste subcapítulo foram abordados os tópicos necessários para a implementação do modelo BIM num determinado projeto, sendo o estudo focado na troca de informação referente ao projeto. Pode concluir-se que é essencial que exista uma forma normalizada de trocas de informação, já que as dependências entre trabalhos implicam a utilização do mesmo ficheiro por todos. No âmbito da presente dissertação, que foca essencialmente a problemática da gestão da informação em ambiente BIM. Importa agora perceber como evolui o nível de utilização BIM numa organização e a respetiva complexidade da informação.

2.2.2. Maturidade BIM

No Reino Unido (RU) foi desenvolvido o *BIM Maturity Diagram* (Diagrama de Maturidade BIM), que se apresenta na Figura 8. Este diagrama foi desenvolvido por Mervyn Richards e Mark Bew em 2008 e não esteve sujeito a grandes alterações até à data da publicação da norma inglesa PAS1192-2. Por seu lado a norma foi desenvolvida com o objetivo de “reduzir os custos dos ativos do setor público 20% até 2016” (PAS 1192-2, 2013).

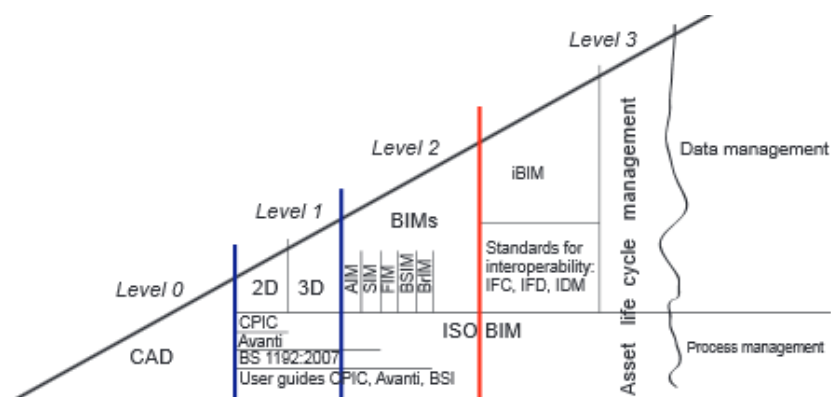


Figura 8 – Diagrama de maturidade BIM. Adaptado de: (PAS 1192-2, 2013)

De forma a cumprir as metas estabelecidas, o governo do RU definiu as estratégias para o setor da construção a atingir até 2016. Pretende-se que nesta data o BIM seja completamente colaborativo ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Na Figura 8 está representado o nível que se pretende atingir em 2016 com uma linha vertical vermelha. Para compreender melhor o diagrama de maturidade, apresenta-se, de seguida, uma breve explicação do que se pretende de um projeto em cada nível. O diagrama encontra-se dividido em quatro níveis, desde o 0 até ao 3. O nível 0 corresponde à utilização do CAD em 2D, que é o método utilizado em projetos nos últimos anos pelo setor da construção.

No nível 1 existe o desenho em 2D e em 3D nos projetos, não havendo relação entre ambos. O modelo 3D já é utilizado diversas vezes pelos arquitetos como ferramenta para a fase conceptual e para a visualização do projeto finalizado e posterior apresentação ao cliente. Contudo utilização não é colaborativa, uma vez que apenas uma especialidade, neste caso arquitetura, é que utiliza o modelo 3D, continuando o restante projeto a ser desenvolvido em 2D. Para além da arquitetura, também as instalações mecânicas e elétricas recorrem ao modelo 3D para verificar conflitos no modelo. Outro aspeto que tem de existir no nível 1 relaciona-se com a gestão dos processos de troca de informação, existindo como guia a BS 1192:2007.

O nível 2 implica a modelação em 3D de todas as especialidades, sem que exista obrigatoriedade de toda a informação constar num único modelo. Pretende-se, desta forma, que os envolvidos possuam um conjunto de práticas que permitam uma interpretação normalizada da informação, estando estas descritas também na BS 1192:2007. Ainda assim existem ainda alguma dificuldade em definir a função e responsabilidade de cada projetista. Outro aspeto que causa alguns problemas é a informação necessária, *input*, para realizar uma determinada fase do projeto para que se obtenha o produto final, *output*, que não está devidamente explícita. Assim também não está definida a informação necessária em cada fase de projeto, ficando a responsabilidade atualmente para o coordenador de projeto.

O último nível é o 3 que possui o maior âmbito e o mais difícil de implementar, já que corresponde a um projeto único, precisamente o que falta ao nível 2. Este é o grande objetivo da metodologia BIM, criar um ficheiro que contenha toda a informação e possa ser consultado por todos os intervenientes. Para que seja possível alcançar estas metas terá de existir interoperabilidade, ou seja, o mesmo ficheiro terá de ser suportado em vários softwares. Com o nível 3 do diagrama de maturidade pretende-se (RIBA, 2012):

- Análise rápida e simples numa fase inicial do projeto do desempenho ambiental;
- Acesso rápido a modelos de custo;
- Aspetos de segurança e higiene associados à construção e manutenção do edifício que podem ser analisados em paralelo ao projeto;
- Gestão dos ativos recorrendo aos Key Performance Indicators (indicadores chave de desempenho) e informações semelhantes que permitem logo na fase de projeto ter em conta a fase de operação e manutenção.

Os problemas associados à incerteza das responsabilidades e processos referidos no nível 2 não podem existir. Assim os processos da fase de projeto têm de ser melhorados para que sejam claros e possuam informação sobre quais as especialidades quem podem trabalhar no modelo simultaneamente. Tal implica que as responsabilidades também estejam claramente definidas e qual o âmbito de ação de cada especialidade. Importa referir que atualmente alguns programas permitem limitar o acesso no programa, ou seja, é possível atribuir a cada pessoa restrições sobre o que podem alterar ou criar. Um desenvolvimento futuro que requer uma evolução das

técnicas de programação poderá também restringir a edição do mesmo espaço simultaneamente por duas especialidades diferentes.

Facilmente se compreende que a introdução da metodologia BIM obriga a uma grande mudança no setor da construção, sendo esta a necessidade de criar vários níveis de forma a permitir que as organizações se adaptem até 2016. Resumidamente as principais alterações estão relacionadas com o trabalho colaborativo dos intervenientes, introdução e gestão da informação inserida no modelo, mudanças no programa de concursos, interoperabilidade de softwares, normalização que contém novas definições, utilização do modelo para criar o planeamento, mapa de quantidades de trabalho e para a gestão dos ativos desde a fase de projeto.

2.3. BIM como suporte à informação

Neste subcapítulo pretende-se compreender qual a informação que se pode associar ao empreendimento de construção e qual o papel do BIM neste âmbito. Esta análise é fundamental para que se compreenda qual o tipo e quantidade de informação que tem de ser trocada entre todos os envolvidos. Mais uma vez, as normas que serão referidas são internacionais e pretende-se avaliar o que explicitam, servindo de base para o desenvolvimento desta da tese.

É importante referir que a representação BIM, em 3D, contém informação não geométrica associada, contrariamente à representação CAD, em 2D. Recorrendo ao exemplo de uma parede, no modelo CAD, esta é representada como várias superfícies planas independentes. No modelo BIM a parede surge como um elemento único, ao qual está associada informação volumétrica, interligações com elementos adjacentes, identificação da parede como um objeto, características dos seus materiais constituintes, custos, entre outros (Tang, et al., 2010). O modelo pretende-se tanto quanto possível igual ao “como construído”. Desde já, é possível perceber que a quantidade de informação pode ser considerável o que, como se verá mais a frente, pode conduzir a dificuldades de interoperabilidade. Por exemplo, é possível associar a informação aos componentes, com o inconveniente de aumentar o tamanho do modelo. Alternativamente poderá ser utilizada uma hiperligação que permita ligar um componente a um ficheiro externo, ou seja, a informação não está dentro do modelo (Weygant, 2011). Ainda assim é necessário garantir que a informação para análises terá de estar sempre no modelo.

2.3.1. Objetos – ISO 12006-2

Um modelo BIM é constituído por objetos, sendo necessário, como referido por diversas vezes, que exista um formato normalizado para inserir e armazenar toda a informação. Um objeto BIM pode ser definido como um componente que funciona de forma independente num modelo,

contendo informação sobre a sua identidade, aparência, desempenho e utilização para que durante o projeto possa ser localizado, especificado e analisado (Weygant, 2011). No que diz respeito à normalização internacional, a bibliografia tem sempre por base a norma ISO 12006-2 de 2001, que têm como objetivo uniformizar a classificação de diferentes países. Encontra-se explícito na norma que o intuito desta é servir de base à indústria da construção para que seja possível gerir todos os dados. A definição de objeto apresentada é “qualquer parte do mundo perceptível ou concebível” (ISO 12006-2, 2001).

Na Figura 9 apresenta-se o fluxograma dos recursos que são utilizados na construção e os resultados que são obtidos ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Um processo de recursos pode ser descrito como uma sequência de atividades que resultam num determinado produto.

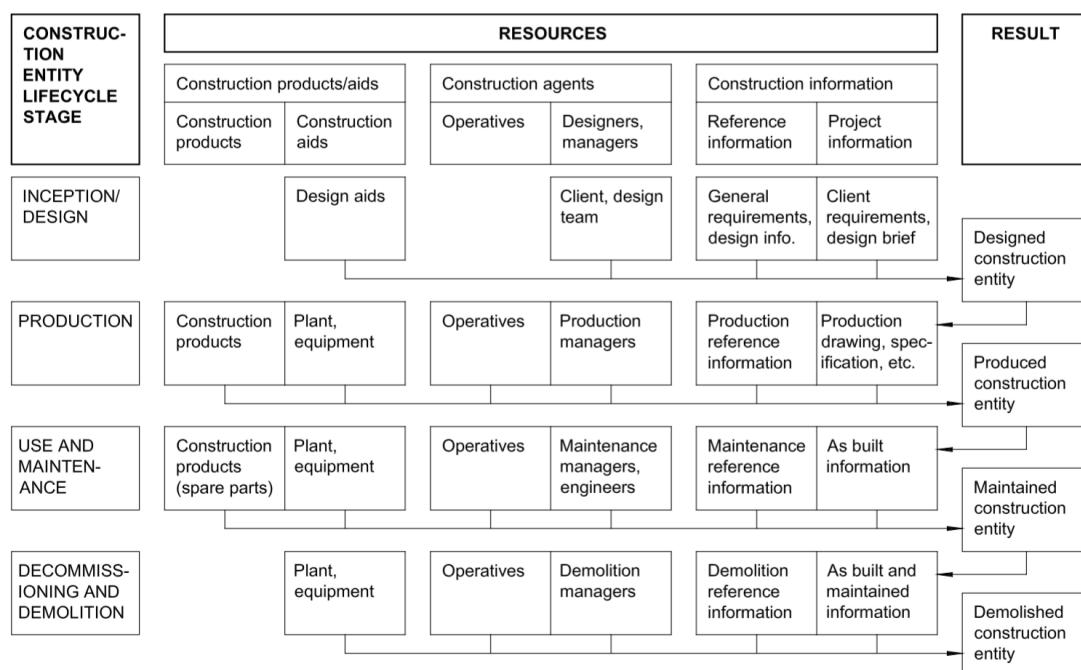


Figura 9 - Diagrama de processo de recursos e resultados ao longo do ciclo de vida (ISO 12006-2, 2001)

O interesse deste diagrama é servir de base para a estruturação das classes de informação que, por sua vez, irá apoiar a estruturação dos objetos, uma vez que demonstra as várias fases por que passa um objeto ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Pode verificar-se que ao ser aplicado um determinado recurso (*construction products*), existe um processo de construção (*operatives*) que resulta num objeto da construção (*construction entity*). Mais uma vez refere-se que esta deverá ser a base da criação de um sistema de informação. Assim, existe uma lista que define as classes principais que devem ser posteriormente pormenorizadas, ou por outras palavras, subclasses. A norma apresenta cinco classes principais que, segundo Ekholm (2005),

podem ser organizadas como está representado na Figura 10. A classe *Construction Object* é a mais genérica e está relacionada com as quatro restantes. As restantes três classes relacionadas com a construção seguem um modelo usual, em que a partir dos recursos existe um processo que produz um resultado. Por fim, as propriedades e características estão associadas a todos os objetos construídos.

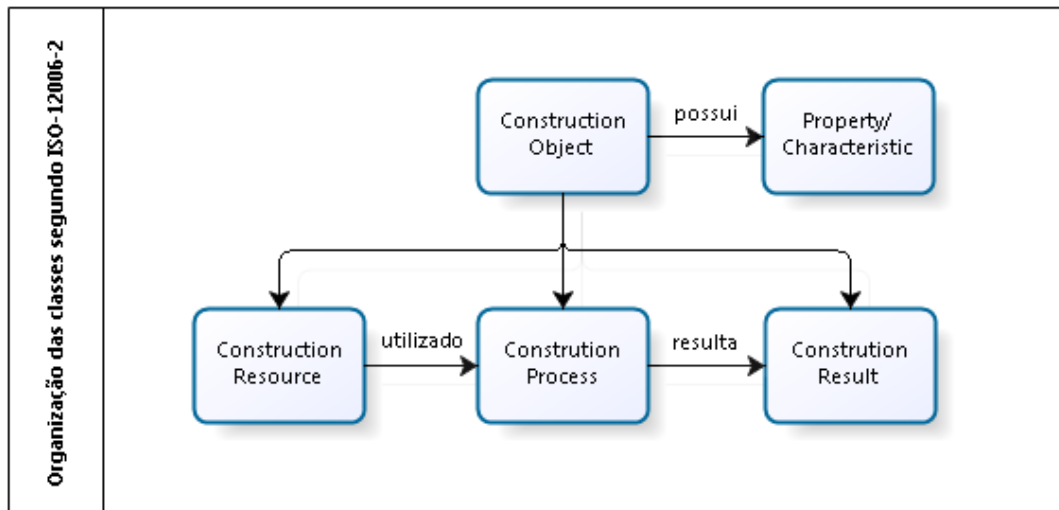


Figura 10 - Representação esquemática das classes. Adaptado de (Ekholm, 2005)

Relacionando os objetos a um modelo BIM, importa compreender como evoluem, ou seja, qual a informação que terá de constar em cada fase de projeto.

2.3.2. Nível de detalhe - LOD

De seguida, será descrita a especificação que define as fases de evolução de um projeto BIM e que explica como a informação existente num modelo BIM evolui à medida que as fases do empreendimento vão avançando. A especificação define os *Level of Development* (LOD), desenvolvida pelo *American Institute of Architects* (AIA), tem como objetivo “ser uma referência que permita às partes envolvidas na indústria de AEC especificar e articular com um grande nível de clareza o conteúdo e fiabilidade dos modelos nas diferentes fases do empreendimento” (BIMForum, 2013). Por outras palavras, cada elemento terá vários LOD sendo o mais baixo utilizado numa fase inicial e o mais alto no final do projeto.

A especificação deixa para o utilizador a definição de cada LOD nas diferentes fases do projeto, apenas obrigando a que estes estejam documentados devidamente, para que todas as partes envolvidas compreendam qual o nível a atingir. Assim, o importante é definir cada LOD, ou seja, quais as características associadas aos objetos em cada nível. O objetivo desta especificação é colmatar algumas lacunas iniciais do BIM, como por exemplo, o facto de, inicialmente, num

projeto BIM, apenas o seu autor saber em que LOD se encontrava, sendo assim fundamental existir uma normalização para cada nível com um conjunto de boas práticas.

Outro aspeto abordado é a diferença entre *Level of Development* (nível de desenvolvimento) e *Level of Detail* (nível de detalhe). O primeiro conceito a surgir foi o nível de detalhe, que posteriormente evoluiu para desenvolvimento, já que este tem em conta a qualidade da informação (Scannell, 2014). A palavra detalhe é a quantidade de informação que está associada, ou seja, um *input*, não interessando a qualidade da informação. O nível de desenvolvimento é o grau informação e geometria que o elemento irá atingir, ou seja, um *output*.

O trabalho de desenvolvimento de uma especificação ficou a cargo do BIMForum que realiza conferências regulares onde junta projetistas, construtores, instituições e empresas de programas do setor. Os documentos do AIA foram usados como base para a formulação dos vários LOD pelo BIMForum. Existem duas diferenças entre os documentos, a primeira está relacionada com a adição de mais um LOD, o LOD 350, que criado com o intuito de permitir a coordenação entre as várias especialidades, como por exemplo, conflitos entre elementos, a segunda com o facto de não existir uma nova descrição do LOD 500, já que este está relacionado com a verificação da realidade, ou seja, a sua definição é bastante objetiva. Um exemplo da representação gráfica pode ser observado na Figura 11. A definição de cada LOD apresenta-se da seguinte forma (BIMForum, 2013):

- LOD 100 – O elemento será representado por um símbolo ou uma representação genérica. As informações do elemento provêm de outros elementos, ou seja, não existe uma representação gráfica do elemento, mas a informação pode ser retirada de outro elemento previamente modelado.
- LOD 200 – O elemento é um sistema, objeto ou conjunto genérico e apresenta áreas, volumes, forma, orientação, localização e quantidades. Neste caso, não é necessário recorrer a outros elementos para que se retire a informação, ainda assim o detalhe é praticamente inexistente.
- LOD 300 – O elemento é um sistema específico, contém informação sobre a espessura, dimensões e localização bastante precisa.
- LOD 350 – O elemento já tem em conta interações com outros elementos do edifício e informação suficiente para a sua instalação.
- LOD 400 – O elemento possui informação detalhada, fabricante, conjunto e informação de instalação. Este nível é descrito como igual ao detalhe da informação do desenho do fabricante.
- LOD 500 – O elemento é uma representação igual ao construído.

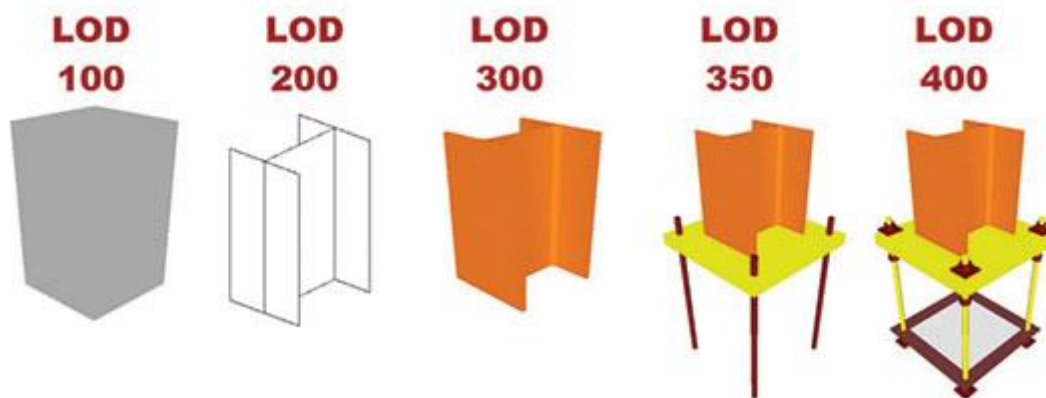


Figura 11 - Evolução gráfica de uma coluna. Adaptado de (BIM Task Group, 2014)

O documento proposto pelo BIMForum (BIMForum, 2013) não define qual a especialidade responsável por elaborar cada LOD, já que esta responsabilidade varia de projeto para projeto. Ainda assim, existe uma referência ao *Model Element Author* (MEA) que é a pessoa responsável por coordenar e gerir o desenvolvimento de um determinado LOD. Importa ainda referir que não é necessário que existam todos os níveis para cada objeto, devido a sua simplicidade ou pouca importância para uma determinada fase de projeto. Um exemplo são os elevadores que apenas possuem LOD 100, LOD 200 e LOD 300, já que toda a informação importante para a sua construção, manutenção e operação está presente nestes níveis.

2.4. Taxonomias – Sistemas de classificação

A palavra taxonomia é o resultado de duas palavras gregas, *tákis*, que significa classificação e *nómos*, que significa regra, lei ou uso. Podemos assim concluir que a definição de taxonomia é teoria ou nomenclatura das descrições e classificações científicas. No caso concreto do setor da construção, o seu objetivo é resolver problemas principalmente associados à fase de projeto (Monteiro, et al., 2014). Ainda mais especificamente, no caso do BIM, a taxonomia tem de estar normalizada para que o computador leia a informação corretamente e a possa relacionar com uma base de dados (Weygant, 2011).

Assim sendo, neste capítulo pretende-se avaliar os diversos sistemas de classificação que existem no mundo. Desta forma será possível compreender quais os pontos fortes e fracos de cada e, de que modo, se podem adaptar à realidade portuguesa.

2.4.1. OmniClass

A *OmniClass* foi desenvolvida pela *International Alliance for Interoperability* (IAI) e mais de 50 organizações norte americanas pertencentes à indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção. Na base da criação deste sistema de classificação está a ISO 12006-2 e outras duas classificações, a *UniFormat* e a *MasterFormat*, que foram melhoradas para serem integradas no sistema *Omniclass*.

O interesse do desenvolvimento desta classificação surgiu para dar resposta à necessidade de organizar bases de dados de materiais, de produtos e de toda a informação de projeto, de uma forma eletrónica (OCCS, 2006). A *OmniClass* divide-se em quinze tabelas e, segundo Weygant (2011), as mais relevantes para o BIM são:

- Tabela 21 – Elements (elementos): categorização de componentes num projeto de construção baseado na sua função predominante;
- Tabela 22 – Work Results (resultados das atividades): a classificação é feita de acordo com o resultado dos processos de construção;
- Tabela 23 – Products (produtos): categoriza produtos e materiais que são incorporados permanentemente no ativo;
- Tabela 49 – Properties (propriedades): categoriza as propriedades que estão associadas aos materiais.

Para auxiliar na compreensão do tema apresenta-se uma estrutura de categorização na Figura 12 para o interior de um edifício. Cada uma das tabelas estrutura-se em forma de árvore, como mostra o exemplo da figura seguinte. Na Figura 12 é possível verificar que o detalhe da informação é crescente à medida que os níveis aumentam.

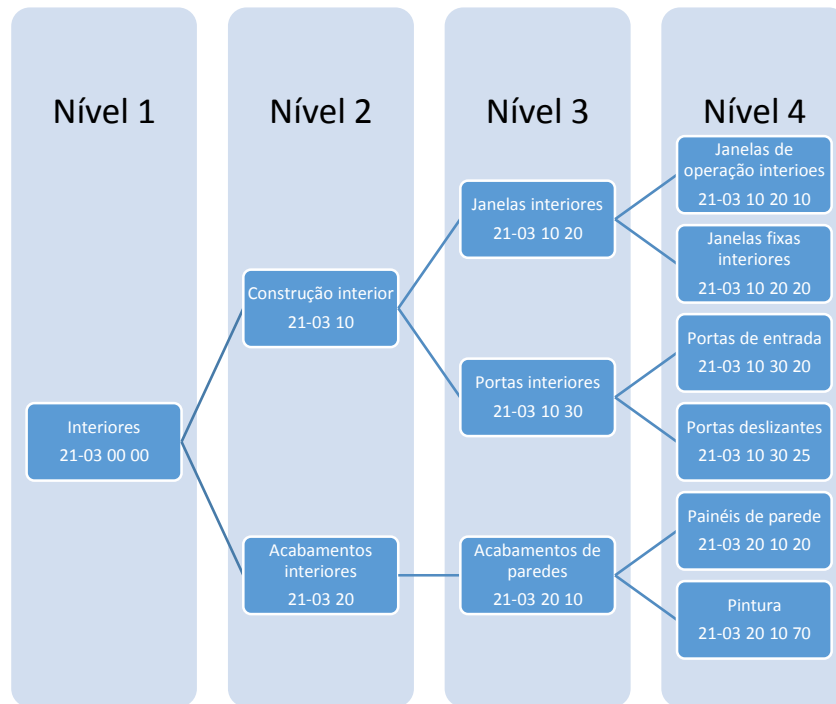


Figura 12 - Exemplo da divisão da OmniClass, Tabela 21 – Elements

Todos os elementos possuem um código associado que vai sendo pormenorizado ao longo dos níveis. No caso do esquema anterior, os Interiores (nível 1) possuem o código 21-03 00 00 e as janelas fixas interiores (nível 4) o código 21-03 10 20 20. Os elementos e as suas divisões em categorias, desde as fundações até aos acabamentos, estão organizados na tabela 21 da norma da *OmniClass*. O objetivo da tabela é atribuir um código claro e simples a cada elemento, para que seja mais fácil a comunicação entre as partes envolvidas. A sua principal utilização é na fase inicial do projeto, antes de existir uma preocupação com o tipo de material ou o método construtivo a utilizar.

É interessante realçar que a tabela 21 possui na última coluna uma referência à tabela 22 – *Work Results* da *OmniClass*, de forma a correlacionar as duas, Figura 13.

OmniClass Number	Level 1 Title	Level 2 Title	Level 3 Title	Level 4 Title	Table 22 Reference
21-03 10 20 10				Interior Operating Windows	22-08 50 00
21-03 10 20 20				Interior Fixed Windows	22-08 50 00
21-03 10 20 50				Interior Special Function Windows	22-08 56 00
21-03 10 20 90				Interior Window Supplementary Components	
21-03 10 30			Interior Doors		22-08 10 00
21-03 10 30 10				Interior Swinging Doors	22-08 10 00
21-03 10 30 20				Interior Entrance Doors	22-08 42 00
21-03 10 30 25				Interior Sliding Doors	22-08 11 73
21-03 10 30 30				Interior Folding Doors	22-08 35 13
21-03 10 30 40				Interior Coiling Doors	22-08 33 00
21-03 10 30 50				Interior Panel Doors	22-08 36 00
21-03 10 30 70				Interior Special Function Doors	22-08 30 00

Figura 13 - Tabela 21 da Omniclass relativa aos elementos (OCCS, 2006)

A tabela 22 é uma lista dos resultados dos trabalhos também com um código associado, o que implica uma classificação organizada dos trabalhos. Como base para esta tabela foi utilizada a especificação *MasterFormat*, que tem sido atualizada desde 2004. O foco é resultado dos trabalhos, ou seja, nos “resultados da construção alcançados na fase de produção ou por alteração subsequente, manutenção ou processo de demolição” (OCCS, 2006). Os trabalhos são normalmente executados tendo por base os resultados dos trabalhos, já que a entidade adjudicante despreza a forma como é atingido o objetivo. Por exemplo para a execução de uma alvenaria não interessa qual o processo construtivo utilizado, apenas interessa o resultado atingido, uma parede.

Enquanto a tabela 22 pode classificar o mesmo produto de diversas formas, dependendo da sua aplicação, a tabela 23 – *Products* foca-se apenas no produto em si, sendo possível classificar um produto pela sua aparência ou informação associada (OCCS, 2006). Alguns softwares BIM já utilizam esta tabela, uma vez que permite categorizar materiais e produtos específicos no projeto. Isto acontece porque as tabelas 21 e 22 têm como objetivo a operação e a construção, respetivamente, e a tabela 23 providencia ambas as informações (Weygant, 2011), simplificando a aplicação do sistema de classificação no programa.

Relativamente à tabela 49 – *Properties* é importante referir que esta classifica as características de entidades da construção, o que torna indispensável o seu surgimento de forma associada, já que não fazem qualquer sentido quando não possuem referência a uma entidade (OCCS, 2006). Esta tabela apresenta é de difícil elaboração e atualização pois diz respeito a informação que é específica da indústria de fabrico. Assim sendo terá de existir uma organização por parte dos fabricantes para que a informação possua por exemplo as mesmas unidades de medida.

A OmniClass conseguiu aglomerar, unificar e atualizar vários sistemas de classificação existentes, tornando-se mais fácil a utilização por parte de todos os envolvidos. Ainda assim é de extrema importância saber utilizar a tabela mais adequada, o que implica que exista um bom conhecimento do sistema de classificação de informação na sua globalidade.

2.4.2. *Uniclass2*

No Reino Unido foi criado o *Construction Project Information Committee* (CPIC) que reúne grandes institutos do setor da construção. O seu objetivo é apresentar as melhores práticas, focando-se principalmente na informação da produção na construção, sendo o seu trabalho utilizado como base ou parte integrante de normas BS e PAS (CPIC, 2015). A contribuição do CPIC para criar uma classificação para a indústria da construção resultou na *Uniclass2*. As classificações criadas possuem informação desde a estrutura do edifício até à gestão da empresa, sendo também possível utilizar a especificação para as várias fases de projeto.

Uma vez que se pretende que o setor da construção adira a esta classificação e para que a sua divulgação seja mais fácil, a *Uniclass2* é gratuita e está disponível *online*. As tabelas que a constituem estão sujeitas a constantes atualizações devido à evolução do setor, a pedidos por parte dos utilizadores e omissões das tabelas.

Tal como acontece na *Omniclass* a organização da *Uniclass2* é hierárquica, começando a informação por ser definida de uma forma geral e indo aumentando a sua complexidade à medida que o nível da árvore vai também aumentando. Ou seja, cada vez que passamos para o nível seguinte o nível de detalhe aumenta, o que facilita a relação com os LOD's. Isto porque facilmente se pode fazer um paralelismo, já que poderá escolher-se um nível inicial da árvore do sistema de classificação e um LOD baixo quando a informação relativa ao objeto ainda não está totalmente definida. Quando se atingem fases posteriores basta avançar na árvore e aumentar o LOD para definir o objeto.

O sistema de classificação *Uniclass* encontra-se dividido em dez grandes grupos (Gelder, 2012):

- Co – Complexes (complexo) – define o tipo de complexo que será executada, desde hospitais a habitações;
- En – Entities (entidades) – entidades financeiras, militares, educacionais, habitacionais, etc;
- Ac – Activities (atividades) – qual o resultado da construção, comércio, educação, industrial, saúde, residencial, etc;
- Sp – Spaces (espaços) – espaços em fase de operação do edifício, sala de fotocópias, estúdios de projecto, oficinas de veículos, laboratórios, etc;
- EF - Entities by Form (entidades pela forma) – define os objetos pela forma, como por exemplo pontes, viadutos, edifícios, condutas, túneis, etc;
- Ee – Elements (elementos) – elementos de preparação, estruturais, paredes, pavimento, AVAC, etc, ou seja, todos os trabalhos de transporte, construção e processos envolvidos na construção;
- Ss – Systems (sistemas) – abrange todos os sistemas da obra, como por exemplo sistemas de demolição, escavação, estrutura, pavimentos, etc;
- Pr – Products (produtos) – produtos químicos, pedras, polímeros, parafusos, agregados, cimento, plantas, etc;

- Zz – CAD – referente a termos do CAD, texto, dimensões, preenchimento dos objetos, vistas, apresentação, etc;
- PP - Project Phases (fases de projeto) – descrição detalhada de todas as fases de projeto, por exemplo no caso dos candidatos está subdividido em identificação, convite, avaliação e reunião.

Todas as tabelas foram estruturadas de forma a poderem ser utilizadas como parte integrante na arquitetura, engenharia civil e processos de engenharia, apesar de ainda não abrangerem todos os aspetos (Gelder, 2012). Na Figura 14 apresenta-se um exemplo prático da utilização da *Uniclass2* e a sua estruturação:

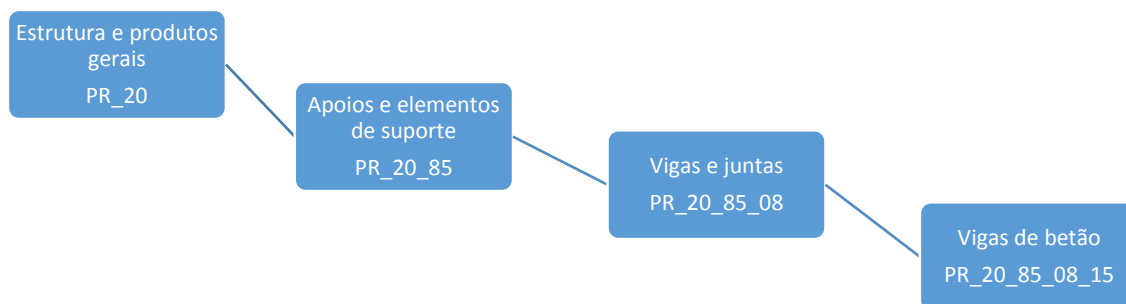


Figura 14 - Hierarquia da Uniclass2

Cada grupo com informação do mesmo nível possui duas letras que o classificam e enquadram. Os caracteres seguintes dizem respeito ao nível de detalhe em que nos encontramos. Um exemplo será Pr_20_85_08_15, que corresponde a vigas de betão. As primeiras duas letras identificam que se trata de um produto, o número 20 que se insere no grupo de estruturas e produtos gerais, o 85 de apoio e produtos de constrangimento e o 08 de vigas e juntas. Por fim, o número 15 é o grupo de vigas de betão que é o nível mais detalhado que se pode obter com esta taxonomia.

2.5. Interoperabilidade

As trocas de informação estão inevitavelmente associadas à possibilidade de enviar informação entre diferentes sistemas, termo denominado por interoperabilidade (NBIMS, 2007). Atualmente é recomendável que as equipas ou organizações definam desde o início do projeto qual a plataforma e a versão do software a utilizar, de forma a evitar problemas de compatibilidade (CIC, 2013). Como base para a interoperabilidade tem de existir uma estrutura de informação universal, para que todas as aplicações se possam utilizar tornando as trocas possíveis (NBIMS, 2007).

Tal pressupõe que a própria indústria trabalhe como uma só para que este objetivo seja alcançado.

Os conceitos BIM mais importantes que permitem uma interoperabilidade eficaz e eficiente podem organizar-se como se apresenta na Figura 15.

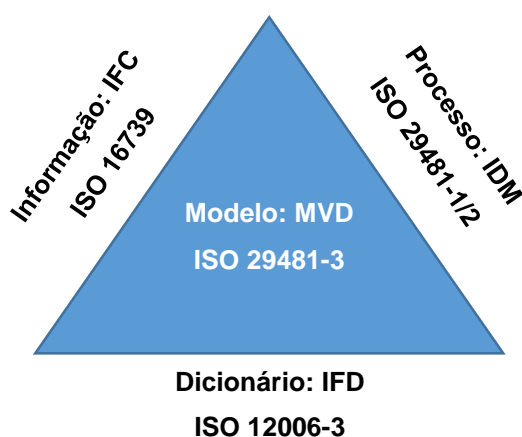


Figura 15 - Esquema dos principais conceitos BIM. Adaptado de (BuildingSMART, 2014)

Nos próximos subcapítulos será apresentada uma explicação mais detalhada de cada um dos termos apresentados na Figura 15, no entanto, de uma forma simples, estes podem ser resumidos da seguinte forma:

- IFC – Como partilhar a informação;
- IFD – O que se está a partilhar;
- IDM – Quando e qual informação que é partilhada;
- MVD – Como é que a informação é visualizada.

2.5.1. IFC – *Industry Foundation Classes*

A criação de normas, ou pelo menos guias, que definam os conceitos básicos que possibilitem a troca de informação são fundamentais, como por exemplo a ISO 12006, que apresenta os conceitos semânticos inerentes à indústria da construção. Esta norma deixa de fora, no entanto, os formatos de troca de informação BIM (Ekholm, 2005), assunto que é abordado pela ISO 10303. Esta ISO estrutura modelos de dados normalizados, donde se destaca a parte 225 referente a “*Building Elements Using Explicit Shape Representations*”.

Antes de ser publicada como uma ISO esta especificação era conhecida como STEP, *Standard for the Exchange of Product Model Data*. O objetivo desta norma é providenciar um mecanismo

neutro capaz de descrever produtos ao longo do seu ciclo de vida. O conceito de neutro é importante num contexto de complexidade e provém do facto de ser possível aplicar a vários setores, como por exemplo à mecânica, construção, aeronáutica, etc, em várias fases (STEP, 2015). Uma vez que se trata de uma norma que poderá ser aplicada em diversas áreas, têm de ser definidos vários conceitos básicos, como por exemplo o alfabeto que pode ser utilizado, Figura 16. A informação que consta na norma não é apenas básica, existem conceitos que acabam por ser demasiado complexos já que dizem respeito a termos informáticos muito específicos e que não se enquadram no âmbito da tese.

SPACE	= " " .
DIGIT	= "0" "1" "2" "3" "4" "5" "6" "7" "8" "9" .
LOWER	= "a" "b" "c" "d" "e" "f" "g" "h" "i" "j" "k" "l" "m" "n" "o" "p" "q" "r" "s" "t" "u" "v" "w" "x" "y" "z" .
UPPER	= "A" "B" "C" "D" "E" "F" "G" "H" "I" "J" "K" "L" "M" "N" "O" "P" "Q" "R" "S" "T" "U" "V" "W" "X" "Y" "Z" "_" .
SPECIAL	= "!" """" "*" "\$" "%&" "&" "." "#" "+" "," "-" "(" ")" "?" "/" ":" "<" ">" "=" ">" "@" "[" "]" "{" " " "}" "^" "`" "~" .
REVERSE_SOLIDUS	= "\" .
APOSTROPHE	= "'" .
LATIN_CODEPOINT	= SPACE DIGIT LOWER UPPER SPECIAL REVERSE_SOLIDUS APOSTROPHE
HIGH_CODEPOINT	= (U+0080 to U+10FFFF, see 5.2)

Figura 16 - Definição do alfabeto. Retirado de (STEP, 2015)

A norma ISO 10303 foi fundamental para a criação da especificação IFC, *Industry Foundation Classes*, uma vez que é utilizada formato STEP nos seus ficheiros. Foi desenvolvida em 1994 pela IAI, atualmente conhecida como *BuildingSMART* e, posteriormente, publicada como ISO 16739. O intuito foi criar um formato que fosse comum a todos os vendedores de software BIM e que permitisse a partilha da informação inteligente contida num modelo BIM (Grilo, et al., 2010). A linguagem de programação utilizada é a EXPRESS e o âmbito da ISO 16739 é (ISO, 2013):

- definição dos formatos de partilha durante as diferentes fases do ciclo de vida do edifício;
- definição dos formatos de partilha para as diversas especialidades envolvidas com as fases do ciclo de vida;
- outras definições de formatos de partilha associados ao BIM.

Ekholm, em 2005, realizou uma análise fundamental, separando claramente o IFC dos sistemas de classificação. Referiu então que o IFC apenas representa o suporte para a informação que é modelada em BIM, permitindo que um elemento possa assumir diversas funções, ou fazer parte de um sistema. Por outras palavras um elemento tem de ser definido genericamente e de forma

independente da sua composição, localização ou propósito, o que se torna difícil quando o IFC utiliza uma linguagem semelhante aos sistemas de classificação. Um exemplo será a classe do IFC “IfcBuildingElement”, que facilmente se associa a um sistema de classificação que possua um grupo para os elementos, o que acontece tanto na *Omniclass* como na *Uniclass2*. Ainda assim o IFC encontra-se em constante evolução, estando atualmente publicada a versão IFC4, em dezembro de 2014, e já em fase de desenvolvimento a versão IFC5.

2.5.2. IFD – *International Framework for Dictionaries*

A *International Framework for Dictionaries* (IFD) pretende, como o próprio nome indica, ser uma norma internacional que sirva de estrutura para as diversas ontologias existentes (Bjørkhaug, et al., 2007), que são, “conjuntos estruturados de termos e conceitos que representam um conhecimento sobre o mundo” (Priberam, 2015). Como exemplo de ontologias são de referir os sistemas de classificação anteriormente apresentados (*Omniclass* e *Uniclass2*).

A implementação e desenvolvimento da IFD iniciou-se na Noruega com a BARBi library e na Holanda com a LexiCon. Entretanto, ambas foram harmonizadas devido à compreensão entre as partes das vantagens estratégicas na unificação global das bibliotecas de informação, existindo atualmente apenas uma biblioteca unificada sobre a alçada da BuildingSMART.

A norma que serve de referência à IFD é a ISO 12006-3, que também utiliza o modelo EXPRESS baseado na ISO 10303. O intuito da IFD é, assim, definir e agrupar conceitos e estabelecer relações entre conceitos, o que permite associar a objetos propriedades (valores que podem ser expressos em unidades). Assim sendo, pretende-se especificar a informação do modelo independente do tipo de língua utilizada ou do sistema de classificação utilizado, permitindo assim o desenvolvimento de ontologias relacionadas com trabalhos de construção (ISO 12006-3, 2007). Por fim esta norma faz a ligação entre os sistemas de classificação e a modelação BIM.

A IFD separa os nomes e linguagem associada ao objeto dos conceitos. Apresenta-se o exemplo da palavra “dør” que, utilizando um dicionário normal, é traduzida de norueguês para português como porta. No entanto, na verdade “dør” representa também a moldura da porta o que poderia causar problemas de compatibilidade caso a IFD não separasse o conceito do nome. Assim, para obter um sinónimo de porta a palavra utilizada deveria ser “dørblad”. E ainda de referir que também é possível associar o mesmo conceito a palavras que são sinónimos (Bjørkhaug, et al., 2007), o que pode, naturalmente, levantar problemas adicionais.

Para que seja possível criar associações entre ontologias é importante existir um identificador único dos objetos BIM, tendo então sido desenvolvido o *Global Unique Identifier* (GUID) que cria um código único que permite identificar um objeto. No caso da porta com a respetiva moldura o código é:

3vHRQ8oT0Hsm00051Mm008

O GUID é parte integrante da norma ISO 12006-3, que se caracteriza por criar um código único utilizando um algoritmo publicado pelo *Object Management Group*. A unicidade é conseguida através da utilização do endereço IP do computador que criou o identificador.

2.5.3. IDM – Information Delivery Manual

A informação que já existe em IFC e está de acordo com a IFD tem depois de ser trocada entre todas as partes envolvidas no ciclo de vida do empreendimento. Para que isso seja feito de forma eficiente têm de existir um conjunto de regras que defina quanto e quando é que a informação tem de ser comunicada a outra entidade (Karlshøj, 2010). A norma ISO 29481 parte 1 e parte 2 definem o *Information Delivery Manual* (IDM) que pretende precisamente auxiliar estas trocas, explicitando termos, definições e regras. O âmbito da Parte 1 pode ser definido como (ISO 29841-1, 2010):

- definir a metodologia que relaciona a informação BIM aos processos de construção;
- explicitar como deve a informação ser especificada;
- definir uma descrição do mapeamento de processos ao longo do ciclo de vida da construção.

Resumidamente, o intuito desta Parte 1 é facilitar a interoperabilidade, promovendo a colaboração entre as partes interessadas de uma forma fidedigna. Já o âmbito da parte 2 pode ser definido como (ISO 29841-2, 2012):

- descrição da metodologia da estrutura de interação dos processos;
- definição das responsabilidades e interações a mapear para as trocas de informação;
- definição do formato em que as interações devem ser especificadas.

Um Exemplo de IDM já foi apresentado anteriormente na Figura 7, que representa uma tabela com os responsáveis pelas trocas de informação.

2.5.4. MVD – Model View Definiton

Ao longo do projeto, a informação necessária em cada fase varia com o tipo de projeto e a especialidade. O *Model View Definition* pretende precisamente definir a informação requerida (BuildingSMART, 2014). Os diversos fluxos de informação têm de ser eficientes entre as partes interessadas, o que implica uma definição dos espaços, pisos, zonas, componentes, etc. Por outras palavras toda a informação que possibilite a correta identificação das características do ativo. Atualmente encontra-se em desenvolvimento a ISO 29481-3, tendo sido inclusivamente já proposto o seu desenvolvimento. Esta ISO terá como objetivo definir precisamente os principais conceitos relacionados com o MVD.

3. COBie

Sendo um dos objetivos do BIM reduzir os custos totais do projeto, como referido, é necessário encontrar uma forma eficaz e eficiente de executar as trocas de informação entre os intervenientes.

A *Construction-Operations Building information exchange* (COBie) é uma norma internacional, criada nos EUA pela buildingSMART, que pretende “gerir as trocas de informação dos ativos” apesar de “não adicionar novos requisitos aos contratos, apenas altera a forma de entrega dos documentos de uma forma normalizada” (East, et al., 2013). Importa desde já referir que a COBie não define a informação necessária em cada fase, apenas define qual informação não geométrica a inserir. Por outras palavras, os requisitos estão definidos na especificação, mas não há referência à fase de projeto em que deve ser introduzida. Outra informação relevante é o facto de ser suportada por vários softwares, destacando-se a *Autodesk*, a *Bentley Systems*, a *Graphisoft* e a *Trimble*.

Como apresentado no capítulo anterior a COBie faz parte do nível 2 da implementação BIM no RU, sendo importante compreender como se estrutura e posteriormente aplicar. O âmbito da COBie pode ser bastante extenso, apresentando-se de seguida alguns pontos fundamentais (East, et al., 2013):

- os softwares utilizados são de boa qualidade, mas por vezes o próprio utilizador não sabe retirar valor do produto, é necessário definir a informação que tem de ser inserida nos modelos;
- após a informação ser inserida esta terá de chegar até ao gestor do ativo, ou seja, a informação inserida ao longo do empreendimento tem de estar acessível a todos até chegar ao gestor;
- ao criar a COBie existe quem insere nova informação (ou quem apenas adicionar mais informação a um objeto) e quem utiliza a informação. Um exemplo será o equipamento de AVAC que quando é instalado é indicada a marca do equipamento e o número de série, que posteriormente será utilizado pelo gestor do ativo caso seja necessário recorrer à manutenção ou reparação do equipamento;
- a informação que consta na COBie é apresentada no software de 3D que é utilizado, mas também pode ser analisado numa folha de Excel;

3.1. Estrutura COBie

A evolução da informação ao longo do projeto utilizando a especificação COBie apresenta-se na Figura 17. O exemplo da figura é referente ao ciclo de vida de um empreendimento, ou seja, desde a fase do programa até a fase de operação, que inclui os processos de manutenção.

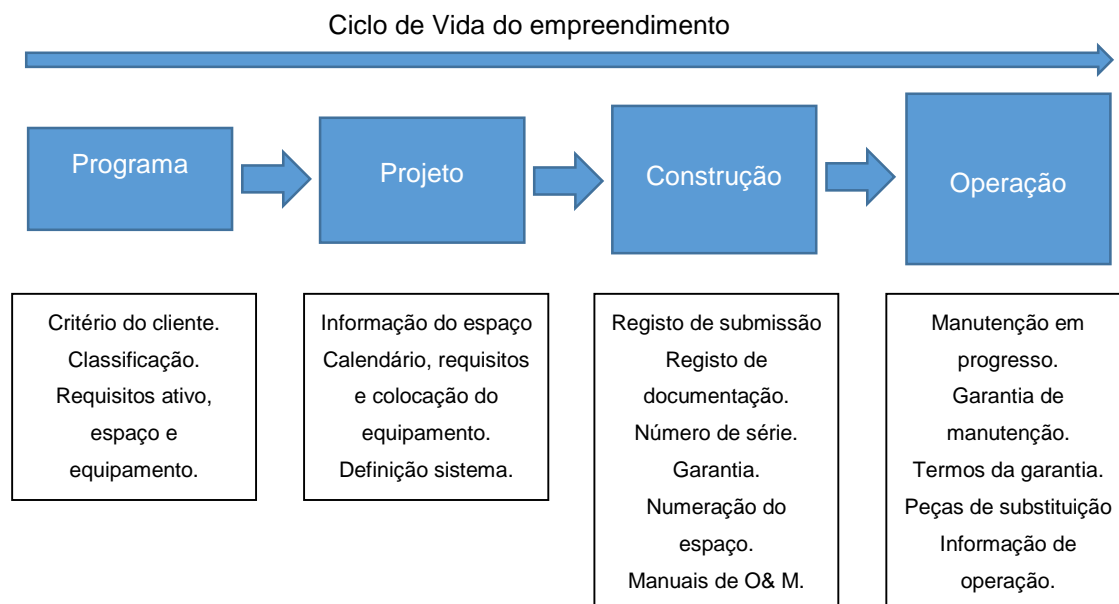


Figura 17 - Informação a inserir em cada fase segundo a COBie

Na figura anterior, o aumento do tamanho das caixas azuis em cada fase do empreendimento representa a informação que contém. Inicialmente, na fase do programa, a informação é reduzida, mas quando se atinge a fase de operação (última fase que consta na COBie) a quantidade de informação já é bastante significativa. Isto acontece porque a informação não se perde: ou é criada nova informação ou é adicionada informação complementar à existente. Espera-se que, ao longo do ciclo do empreendimento, a documentação do projeto seja submetida eletronicamente, desta forma a informação está numa constante evolução e não existem documentos que têm de ser substituídos. Tal acontecia quando, para cada fase do empreendimento, eram impressas as peças desenhadas e escritas. Esta situação de maior complexidade criada pelo aumento considerável de informação disponível conduz a que exista a necessidade de definir inicialmente alguns conceitos fundamentais relativos à organização do projeto. Por exemplo, na fase de programa da Figura 17, quando se refere classificação pretende-se que os espaços do ativo sejam divididos para que exista uma designação que todos possam seguir, atribuindo uma numeração ou uma classificação semelhante.

Assim sendo, a informação final pode ser bastante complexa, tornando-se essencial que exista uma introdução e armazenamento da informação de uma forma normalizada. Com a COBie a transferência de informação entre entidades distintas, por exemplo entre os projetistas e o

utilizador final do ativo, pode ser realizada entregando o ficheiro COBie que foi criado e desenvolvido durante todo o projeto.

Na Figura 18 é possível verificar como está organizada a informação, sendo apresentada uma proposta de tradução em relação ao nome que consta na COBie que se encontra entre parêntesis. Há três grupos principais: projeto, construção e informação comum aos dois anteriores. A forma da figura apresentada não é aleatória, cada retângulo (representação de informação específica) possui relações com outros retângulos, quer isto dizer, quando a informação é inserida na COBie há relação entre folhas de cálculo. A primeira coluna do retângulo, referente ao “Projeto”, abrange a divisão espacial do edifício, tanto vertical, como horizontal. Desta forma a informação a introduzir em cada espaço estará definida, sendo uniformizada para todos os envolvidos no empreendimento. A segunda coluna é referente aos equipamentos instalados no edifício, o Tipo de equipamento, as suas Componentes e o Sistema em que se insere. Os tipos de equipamento podem ser encontrados na documentação técnica que é exportada automaticamente do software utilizado para a COBie.

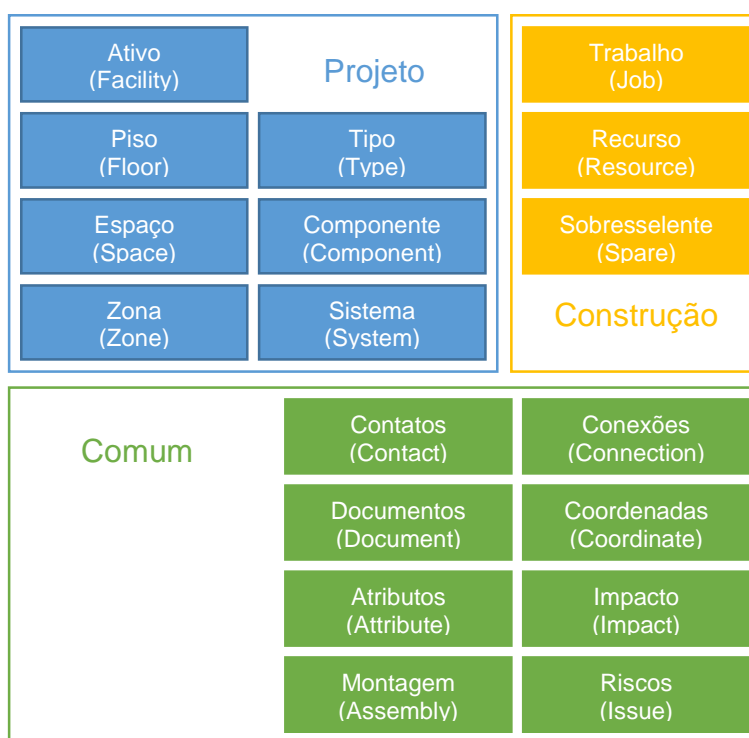


Figura 18 – Esquema da informação existente na COBie

Relativamente à informação relacionada com a “Construção”, estas são elaboradas pelo empreiteiro. Divide-se em três subgrupos, a primeira categoria, Sobresselentes, aplica-se às peças, partes, consumíveis e lubrificantes, ou seja, as principais substituições dos equipamentos ou produtos ficam aqui discriminadas. Quanto aos Recursos, estes têm como objetivo auxiliar na manutenção futura do edifício. A folha do Trabalho serve para as manutenções preventivas e

requisitos da inspeção, ou seja, para que as manutenções fiquem definidas logo no projeto. Estas duas últimas têm como principal diferença os casos em que para um determinado trabalho, vários recursos são necessários.

Resta abordar a “Informação Comum”, começando pelos Contatos, estes possuem os dados de todos os intervenientes na introdução da informação na COBie. Assim, facilmente se compreende que esta folha é essencial para a informação cruzada que existe na COBie, um exemplo serão as diversas entidades responsáveis pela prestação da garantia que também possuem aqui o seu contato, havendo o cruzamento com as folhas relativas ao Tipo. No caso dos equipamentos, usualmente a informação está num documento que define o método de montagem, a manutenção necessária e até a garantia. Sendo a introdução da informação relativa a cada equipamento uma tarefa morosa e complexa, pode-se anexar um ficheiro à COBie, contornando assim esta dificuldade. A referência a estes anexos encontra-se no tópico dos Documentos. Por fim, a folha dos Atributos é onde se insere a informação que não tem lugar nas outras folhas, sendo possível adicionar informação suplementar ao ficheiro.

Como referido, a COBie não é um ficheiro de Excel, apesar de poder ser analisado como tal o que simplifica a sua utilização, já que o formato é o SpreadsheetXML. Para facilitar a compreensão da COBie apresenta-se de seguida a Figura 19, que demonstra como está organizada a folha de cálculo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description	Elevation	Height
2	First Floor	danielle.r.	2011-09-1	Floor	Autodesk R	IfcBuilding	3eM8WbY	First Floor	0	0
3	Roof - Mai	danielle.r.	2011-09-1	Roof	Autodesk R	IfcBuilding	3eM8WbY	Roof - Mai	9,25	0
4	Second Flo	danielle.r.	2011-09-1	Floor	Autodesk R	IfcBuilding	3eM8WbY	Second Flo	4,57	0
5	Site	danielle.r.	2011-09-1	Site	Autodesk R	IfcBuilding	n/a	Site	0	0
6	TOF Footin	danielle.r.	2011-09-1	Site	Autodesk R	IfcBuilding	3eM8WbY	TOF Footin	-1	0
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										

Figura 19 - Ficheiro COBie numa folha de cálculo

No preenchimento da COBie importa ter em conta alguns aspetos gerais de convenções, uma vez que nem toda a informação pode ser alterada. Por exemplo, o nome e a ordem das colunas e abas que não podem ser alteradas, já que uma alteração criaria um ficheiro inválido. Quando se pretende referir um campo específico da COBie coloca-se o nome da aba, seguido do nome da coluna, separada por pontos. No exemplo da Figura 19, é visualizada a aba referente ao *Floor* e, caso se pretenda referir a coluna B, que possui a informação sobre quem criou a informação, teríamos COBie.Floor.CreatedBy.

De seguida será realizada uma análise mais detalhada da informação que consta na Figura 19. A informação sobre o tema principal da folha aparece na primeira coluna, *Name*, que corresponde ao tipo de informação introduzida. As duas colunas seguintes contêm informação sobre o autor e a data da criação, para que exista um registo ao longo do ciclo de vida. *Category*, coluna D, representa o sistema de classificação utilizado, sendo o mais usual a OmniClass, estando este detalhado na última aba do ficheiro que se designa por *PickLists*.

As colunas representadas pela cor roxa são referências aos programas que criaram os dados. O exemplo demonstra que foi utilizado o programa Revit da Autodesk (primeira coluna a roxo), o nome do tipo de objeto que possuía a informação, *ifcBuilding* (segunda coluna), e o ID do objeto no Revit (terceira coluna). Desta forma é possível ter os dados organizados para que possam ser novamente introduzidos no Revit. As restantes colunas, a verde, são as que possuem maior diversidade de aba para aba, sendo preenchidas apenas se for requerido pelo Dono de Obra.

As diversas cores de cada coluna pretendem demonstrar a necessidade de introduzir a informação dependendo da fase de projeto em que nos encontramos e são apenas uma convenção que facilita a comunicação entre os envolvidos. O exemplo da Figura 19 é da entrega da COBie ao utilizador, portanto terá de conter todos os dados necessários para a operação do ativo. A cor amarela são as informações requeridas, o que implica que a primeira coluna, *Name*, esteja sempre a amarelo. A cor salmão representa a informação que está interligada com outra aba, sendo o exemplo mais fácil de compreender o da *Category*, que, como referido, se relaciona com a aba *PickLists*. A cor roxa são as referências a programas externos. Por último as colunas a verde são a informação específica da aba.

Resumindo, a COBie é uma especificação que define os requisitos para a entrega dos projetos para uma utilização posterior, havendo um aumento da informação contida ao longo do projeto. Pode parecer que o preenchimento do ficheiro COBie é algo bastante moroso e trabalhoso, mas o mais difícil é a primeira utilização, isto porque parte da informação passa de projeto para projeto. Um exemplo é a folha reservada para os contactos, que pode ser importada de um projeto anterior.

3.2. Informação obrigatória

Neste capítulo pretende-se definir a informação que geralmente deve constar no projeto em cada fase, podendo existir alterações em função de requisitos específicos. Em primeiro lugar para cada ativo do projeto deve existir um ficheiro COBie, se existirem diversos ativos associados ao mesmo projeto terá de ser criado um ficheiro adicional os identifique e localize (East, et al., 2013).

Segundo o comentário do guia da *National BIM Standard (NBIMS)*, a informação deverá sempre corresponder à fase de projeto em que se encontra e submetida à aprovação do cliente. Em casos em que não seja apresentada, o pagamento da obra deverá ser deduzido em função do custo de preenchimento do ficheiro manualmente. Como referido, desde a fase de conceção até à fase de operação e manutenção o conteúdo do ficheiro aumenta, podendo a informação ser entregue em dois formatos, IFC ou COBie. Quanto aos ficheiros referenciados na COBie podem ser submetidos em *Portable Document Format (PDF)*, *Tag Image File Format (TIFF)*, ou *Joint Photograph Experts Group (JPEG)* (East, et al., 2013).

De seguida serão analisadas quais as melhores práticas para a correta definição das diversas fases de entrega da documentação COBie ao longo do ciclo de vida do ativo, recorrendo ao estudo das *data drops* e da COBie Responsibility Matrix.

3.2.1. Data drops

Os *data drops* foram desenvolvidos pelo *BIM Task Group* e o seu objetivo é estabelecer pontos de entrega de documentação e controlo da informação. Estas fases devem ser estabelecidas na fase inicial do projeto como acordado com o dono de obra ou cliente. A informação correspondente a cada *data drop* terá de ser descrita e documentada no próprio ficheiro COBie, o que obviamente implica uma estruturação em fases iniciais do projeto. O grupo de trabalho também propõe que a informação relativa aos contactos deve ser inserida manualmente apesar de, como será analisado mais a frente, a informação relativa aos contactos poder ser inserida diretamente no modelo.

Para demonstrar qual a informação obrigatória a COBie utiliza um sistema de cores, explicado na Tabela 1, que possibilita a rápida compreensão da folha de cálculo. Este esquema de cores já tinha sido explicado anteriormente de uma forma bastante simples.

Tabela 1 - Esquema de cores utilizado na COBie

Cor	Designação	Descrição
Amarelo	Required	Informação requerida numa determinada fase
Laranja	Reference to other sheet or picklist	Informação proveniente de outra folha de cálculo
Púrpura	External reference	Informação proveniente do software utilizado
Verde	If specified as required	Informação a preencher se requerida pelo Dono de Obra
	Not required for the given phase	Informação não requerida para determinada fase

A informação apresentada de seguida apenas pretende ser uma demonstração conceptual, estando sempre sujeita a alterações e ajustes de acordo com os requisitos específicos de cada projeto. Os *data drops* podem dividir-se em cinco principais grupos e desenvolvem-se da seguinte forma (BIM Task Group, 2014):

Data drop 1 – Requisitos e constrangimentos

Neste *data drop* pretende-se que a informação seja a necessária para a delimitação do propósito do ativo. Neste sentido, as intenções do cliente têm de ser asseguradas em termos de função, custo e carbono. A especificação do carbono é especialmente importante porque, como já anteriormente referido, o governo do RU, que foi quem desenvolveu esta abordagem dos *data drops* tem a redução das emissões de carbono como um objetivo. Quanto ao modelo, este deve conter volumes indicativos da ocupação do espaço, localizações gerais e requisitos do cliente para as divisões. Com esta informação podem realizar-se estudos de viabilidade.

Data drop 2 – Delimitar a solução

O intuito nesta fase é escolher o empreiteiro, o que possibilita a utilização para a fase de concurso. Assim, realizam-se validações para assegurar que os requisitos do cliente são cumpridos em termos de projeto e especificações. Existe uma divisão em 2a que corresponde ao *drop* entregue pelos técnicos do cliente ao empreiteiro e 2b ao modelo que é posteriormente devolvido pelo empreiteiro. Por fim, o modelo também deverá conter informação sobre a funcionalidade do espaço, condições ambientais do espaço, acabamentos e uma lista de mobiliário e equipamento para cada divisão.

Data drop 3 – Informação da construção

Neste caso, a informação serve para acordar o preço máximo, tendo as validações o mesmo propósito do *drop* anterior. Destaca-se no modelo as soluções técnicas utilizadas e, consequentemente a possível utilização para a fase de construção.

Data drop 4 – Informação de operação e manutenção

Para este *drop* a informação que é armazenada está fortemente dependente dos fabricantes, uma vez que se trata de informação operacional e detalhada da funcionalidade dos objetos. Importa o cuidado a ter com a correta instalação dos equipamentos, para que não seja posta em causa a garantia. Pretende-se que o modelo seja uma representação do “como construído”, estando inevitavelmente dependente dos empreiteiros envolvidos. Assim, a informação pode ser exportada do modelo para ser utilizada na manutenção do ativo.

Data drop 5 – Informação de validação pós-ocupação e desenvolvimento operação e manutenção

Ainda não existe consenso sobre o conceito de pós-ocupação e como deve ser feita a revisão neste caso. Ainda assim, os princípios gerais defendem que esta é uma oportunidade de atualizar o *drop* anterior de forma representativa da real utilização do ativo e dos seus equipamentos. Importa apenas referir que esta atualização é constante ao longo do ciclo de vida do empreendimento, existindo assim várias repetições desta última *data drop*.

3.2.2. Matriz de Responsabilidade da COBie

A NBIMS também desenvolveu uma matriz, cujo objetivo passa por auxiliar os utilizadores a adaptarem a COBie ao seu projeto. A *COBie Responsibility Matrix* (Matriz de Responsabilidade) pode dividir-se em três objetivos fundamentais:

- Especificar os pontos de entrega de cada célula da folha de cálculo;
- Especificar os requisitos para a entrega dos dados COBie em cada fase de projeto;
- Especificar casos em que, devido a limitações do software, pode existir truncação de dados.

A criação de toda a informação do ficheiro COBie pode tornar-se algo confusa, devido ao envolvimento de diversas especialidades, tornando-se fundamental que exista uma definição clara das responsabilidades de cada interveniente. Assim sendo, recorrendo a um novo código de cores, torna-se possível identificar as responsabilidades de cada elemento do projeto. A Figura 20 é um exemplo de como se pode recorrer à utilização das cores para designar o

preenchimento da tabela aos intervenientes no projeto. Falta apenas referir que se deve criar siglas para cada entidade, neste caso a designação do Dono de Obra é a letra “O”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
17	legend	Company	POC Name	POC Email	POC Phone	Color Code			
18		owner	O			paint color to use			
19		designer	A			paint color to use			
20		consultant	C1, C2, C3			paint color to use			
21		prime contractor	GC1			paint color to use			
22		Owner O&M Champion	FM/O&M			paint color to use			
23		Data Integrator				paint color to use			
24		sub contractor A	Sc1, Sc2, Sc3			paint color to use			
25		sub contractor B	Sca, Scb			paint color to use			
26		commissioning	Cx			paint color to use			
27		not used or n/a	-	-	-	paint color to use			
28									
30	Worksheet ->	Contact	Facility	Floor	Space	Zone	Type	Component	System
31	Column								
32	1	Email	Name	Name	Name	Name	Name	Name	Name
33	2	CreatedBy	CreatedBy	CreatedBy	CreatedBy	CreatedBy	CreatedBy	CreatedBy	CreatedBy
34	3	CreatedOn	CreatedOn	CreatedOn	CreatedOn	CreatedOn	CreatedOn	CreatedOn	CreatedOn
35	4	Category	Category	Category	Category	Category	Category	TypeName	Category
36	5	Company	ProjectName	ExtSystem	FloorName	SpaceNames	Description	Space	Component
37	6	Phone	SiteName	ExtObject	Description	ExtSystem	AssetType	Description	ExtSystem
38	7	ExtSystem	LinearUnits	ExtIdentifier	ExtSystem	ExtObject	Manufacturer	ExtSystem	ExtObject
39	8	ExtObject	AreaUnits	Description	ExtObject	ExtIdentifier	ModelNumber	ExtObject	ExtIdentifier
40	9	ExtIdentifier	VolumeUnits	Elevation	ExtIdentifier	Description	WarrantyGuarantorParts	ExtIdentifier	Description
41	10	Department	CurrencyUnit	Height	RoomTag		WarrantyDurationParts	SerialNumber	
42	11	OrganizationCode	AreaMeasurement		UsableHeight		WarrantyGuarantorLabor	InstallationDate	
43	12	GivenName	ExternalSystem		GrossArea		WarrantyDurationLabor	WarrantyStartDate	

Figura 20 - Exemplo da COBie Team Responsibility

A segunda aba da matriz, *Deliverable Requirements* (requisitos de entrega), é a que possui maior interesse para o desenvolvimento desta tese, uma vez que discrimina os campos das folhas de cálculo que têm de estar preenchidos em cada fase do projeto. Esta é apenas uma recomendação, já que, de acordo com a especificidade do projeto, as informações requeridas podem ser alteradas (NBIMS, 2007). Quanto à terceira aba, *Spreadsheet Schema*, o seu objetivo passa por criar notas de mapeamento que servem para a programação e integração de IFC para COBie.

Antes recorrer a um exemplo da segunda aba da matriz é fundamental explicar a legenda associada. Esta tem como objetivo utilizar o mesmo código de cores da COBie e siglas como complemento da informação de forma a definir a necessidade de inserir a informação numa determinada fase do projeto. Apresenta-se uma breve explicação de cada código na Tabela 2.

Tabela 2 - Legenda da Matriz de Responsabilidade COBie

Código	Designação	Descrição
RP	Required Primary Key	Requerida, informação obrigatória e fundamental
RI	Required Information	Requerida
RS	Required Reference to Primary Key	Requerida e com referência ao código RP
RF	Required Reference to Referenced Foreign Key	Requerida referência a um código externo
RL	Required, from picklist worksheet	Requerida, proveniente da folha da picklist
RA	Required, if provided by automated system	Requerida, proveniente do software
RS	Required, if specified	Requerida se especificado
Legend for Exchange Files		Legenda para trocas de ficheiros
C	Create Data, add a new row to this table	Criação de informação, nova linha para a tabela
U	Update Data, change the value in this cell	Atualizar informação, alterar informação na célula
-	Not Applicable, Data is not applicable for this exchange	Não aplicável a esta troca de informação
RS	Required as Specified, for all new rows	Requerida como especificado, todas as linhas
R	Read only, Required for reference lookup	Leitura apenas, requerido para informação cruzada
O	Optional, Data may be provided	Opcional, informação pode ser fornecida
	Not defined at this time	Não definido neste momento

Será realizada uma pequena análise sobre os códigos apresentados na figura acima apresentada. O código RP é o mais importante de todos, uma vez que representa sempre a primeira coluna do ficheiro COBie, que está associado ao *Name* atribuído à linha em causa. De uma forma muito simples, pode dizer-se que é a designação da linha que possibilita a identificação da mesma. Quanto ao código RI, é informação que simplesmente terá de ser introduzida e que não se considera fundamental, apesar da sua importância. Os três seguintes com a cor de salmão são, como já explicado, preenchidos utilizando referências externas à folha. Os restantes códigos são os habituais, fazendo-se apenas referência à metade inferior da tabela que tem como objetivo estabelecer como se deve proceder quando existe trocas de ficheiros. Uma vez que o ficheiro da Matriz de Responsabilidade é extenso, o exemplo apresentado de seguida apenas corresponde a uma folha de cálculo do ficheiro COBie *Floor*, Figura 21. No Anexo 3 apresenta-se a matriz completa.

COBie Worksheets			Life-Cycle information exchange																													
Sheet	Column Name	Column	All	Criteria	Start	Rqmts	Design					Construction							O & M			Recycle										
			Complete Worksheet	Facility Criteria	Discipline Specifications	Project Definition	Space Program	Product Program	Design-Early	Design Schematic	Design Coordinated	Design Issue	Product Type Template	Product Template	Bid Issue	Product Type Selection	System Layout	Product Installation	Product Inspection	Construction Issue	Product Type Parts	Product Type Warranty	Product Type Maintenance	System Operation	Space Condition	Product Parts Replacement	Space Occupancy	Space Activity Renovation	Remodel	Expand	Demolish	
Floor	Name	A	RP	O	-	O	C	-	CU	R	R	R	-	-	R	-	R	-	R	-	R	-	-	R	R	-	R	U	U	U	-	
	CreatedBy	B	RF	O	-	O	C	-	CU	R	R	R	-	-	R	-	R	-	R	-	R	-	-	R	R	-	R	U	U	U	-	
	CreatedOn	C	RI	O	-	O	C	-	CU	R	R	R	-	-	R	-	R	-	R	-	R	-	-	R	R	-	R	U	U	U	-	
	Category	D	RL	O	-	O	C	-	CU	R	R	R	-	-	R	-	R	-	R	-	R	-	-	R	R	-	R	U	U	U	-	
	ExtSystem	E	RA	RA	-	RA	RA	-	RA	RA	RA	RA	-	-	RA	-	RA	-	RA	-	RA	-	-	RA	RA	-	RA	RA	RA	RA	RA	-
	ExtObject	F	RA	RA	-	RA	RA	-	RA	RA	RA	RA	-	-	RA	-	RA	-	RA	-	RA	-	-	RA	RA	-	RA	RA	RA	RA	RA	-
	ExtIdentifier	G	RA	RA	-	RA	RA	-	RA	RA	RA	RA	-	-	RA	-	RA	-	RA	-	RA	-	-	RA	RA	-	RA	RA	RA	RA	RA	-
	Description	H	RS	RS	-	RS	RS	-	CU	RS	RS	RS	-	-	RS	-	RS	-	RS	-	RS	-	-	RS	RS	-	RS	RS	RS	RS	RS	-
	Elevation	I	RS	RS	-	RS	RS	-	CU	RS	RS	RS	-	-	RS	-	RS	-	RS	-	RS	-	-	RS	RS	-	RS	RS	RS	RS	RS	-
	Height	J	RS	RS	-	RS	RS	-	CU	RS	RS	RS	-	-	RS	-	RS	-	RS	-	RS	-	-	RS	RS	-	RS	RS	RS	RS	RS	-
e	Name	A	RP	C	-	-	C	R	C	CU	CU	R	-	-	R	-	R	R	R	R	-	-	-	R	R	-	R	CU	CU	CU	R	
	CreatedBy	B	RF	C	-	-	C	R	C	CU	CU	R	-	-	R	-	R	R	R	R	-	-	-	R	R	-	R	CU	CU	CU	R	
	CreatedOn	C	RI	C	-	-	C	R	C	CU	CU	R	-	-	R	-	R	R	R	R	-	-	-	R	R	-	R	CU	CU	CU	R	
	Category	D	RL	C	-	-	C	R	C	CU	CU	R	-	-	R	-	R	R	R	R	-	-	-	R	R	-	R	CU	CU	CU	R	
	FloorName	E	RI	C	-	-	C	R	C	CU	CU	R	-	-	R	-	R	R	R	R	-	-	-	R	R	-	R	CU	CU	CU	R	
	Description	F	RI	C	-	-	C	R	C	CU	CU	R	-	-	R	-	R	R	R	R	-	-	-	R	R	-	R	CU	CU	CU	R	

Figura 21 - Exemplo da folha Deliverable Requirements

Como se pode verificar a tabela encontra-se bastante detalhada, já que as diversas fases de projeto também o são, correspondendo cada coluna a uma diferente fase. As linhas da matriz representam as colunas do ficheiro COBie, (comparar com a Figura 19). Obviamente a informação vai evoluindo ao longo do ciclo de vida do empreendimento, analisando a linha Name, pode ser criada na fase de *Facility Criteria*, fase correspondente à definição dos critérios especificados pelo Dono de Obra, ou na fase de *Project Definition* (célula H45 e J45 com o código “C” na Figura 21). Em fases posteriores será apenas de leitura (código “R”) e novamente atualizada (código U) em casos de remodelação ou expansão do espaço.

3.3. Casos de aplicação da COBie

A implementação da metodologia BIM pode tornar-se difícil em países onde não existe qualquer norma nacional, como é o caso de Portugal. Por outro lado o grande número de normas e diretivas a seguir pode também tornar a implementação complexa, o que implica um desenvolvimento por parte dos próprios utilizadores (BuildingSMART, 2013). Tal não significa que as organizações devam criar as suas próprias regras e normas, a que estariam inevitavelmente associados custos e recursos humanos consideráveis. O desenvolvimento da COBie e mais propriamente a sua aplicação irá passar sempre por um trabalho conjunto e nunca isolado de clientes, donos de obra, empreiteiros, consultores, fornecedores e vendedores (BuildingSMART, 2013).

3.3.1. Aeroporto de Gatwick

A *BuildingSMART*, através dos seus *IFC/COBie Trials*, tem utilizado casos reais para obter conclusões sobre a utilização e o relacionamento entre todas as partes interessadas. Um exemplo é o caso do aeroporto de *Gatwick*, em Londres, onde modelo foi dividido em oito, um de arquitetura, um de estruturas e seis de mecânica, eletricidade e redes de água (Figura 22). O caso de estudo apenas se aplica ao edifício apresentado que foi modelado no formato BIM escolhido por cada empreiteiro. Estes, recebiam o modelo num ficheiro BIM nativo e num ficheiro IFC, tendo posteriormente de assegurar a interoperabilidade do seu projeto finalizado utilizando uma ferramenta de verificação da qualidade, sendo um exemplo o *Solibri*.

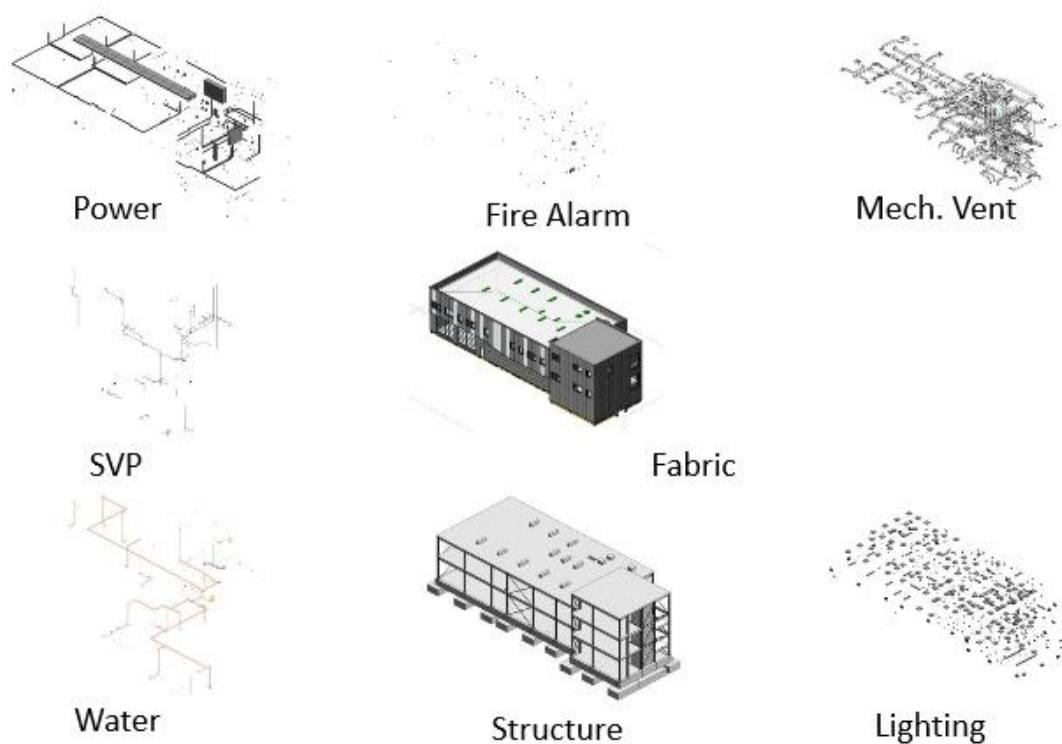


Figura 22 - Especialidades modeladas do edifício do aeroporto de Gatwick

O aeroporto de Gatwick é o segundo maior do Reino Unido, possuindo dois terminais e servindo cerca de 3 milhões de passageiros anualmente. O investimento na construção de novos edifícios, projetos associados têm um orçamento de 1,2 mil milhões de libras, tendo sempre em conta que se pretende uma entrada em operação o mais rapidamente possível. O objetivo a atingir é o nível 2 da PAS 1192-2, como estabelecido pelo governo no RU como obrigatório até 2016.

Desta forma, foi criado um ficheiro COBie com as informações referentes aos pisos, espaços, tipo, sistemas e componentes do ativo, numa fase semelhante ao *Data Drop 2*, para aprovação do cliente. Relativamente à submissão e avaliação da informação por parte dos empreiteiros, foi utilizada uma plataforma de colaboração. Assim, para finalizar esta fase foi realizada uma sessão de perguntas e respostas de forma a uniformizar os procedimentos. Como resultado de todo o procedimento destacam-se as seguintes dificuldades (Lockley, 2014):

- dificuldade de compreensão da informação a introduzir nas folhas de cálculo;
- tempo excessivo na correção de informação;
- dificuldade em introduzir a informação no ficheiro BIM em IFC para que seja corretamente criada a COBie;
- valores incorretamente selecionados da picklist;
- sistema de classificação utilizado incorretamente;
- informação obrigatória por preencher;
- volumes e espaços definidos de forma inconsistente;
- nomenclatura utilizada para os ficheiros utilizada ignorada ou incompreendida;

Os problemas apresentados podem dividir-se em três grandes grupos, pouca familiaridade com a COBie e os seus conceitos, dificuldades de interoperabilidade e dificuldades na aplicação dos sistemas de classificação. A relação com a COBie e as tuas terminologias ainda apresentam dificuldades para as partes interessadas, sendo precisamente este o objetivo deste caso de estudo, encontrar a melhor forma de as contornar ou, pelo menos, as minimizar. A interoperabilidade está relacionada com a possibilidade de exportar e importar os ficheiros para um determinado software e na forma como os diversos intervenientes comunicam entre si. Não sendo este um conceito que surge com a metodologia BIM, a colaboração entre todos necessita de regras, como por exemplo o nome atribuído a um ficheiro. Quanto aos sistemas de classificação, estes ainda se encontram em desenvolvimento e por vezes incompletos, como foi reportado por algumas especialidades. O sistema de classificação que estava a ser utilizado era a Uniclass2, que como já havia sido apresentada, tem sofrido alterações à sua estrutura e atualizações ao longo dos últimos anos, ou seja, ainda não se encontra estabilizada.

Como nota final a este caso de estudo, apesar das dificuldades que por vezes foram encontradas, grande parte dos envolvidos consegue compreender as vantagens da COBie (Lockley, 2014). Os benefícios passam por melhoramento dos processos internos da especialidade, da entrega da documentação e valor acrescentado para o próprio cliente. A título de curiosidade, 87% dos participantes consideraram necessário existir um especialista COBie no seu pessoal.

3.3.2. Edifício Mark Center

O *Mark Center* localiza-se em Alexandria, estado da Virgínia, e pertence ao departamento de defesa dos Estados Unidos da América (Figura 23). O edifício é constituído por escritórios, um centro de operações, salas de conferência, componentes de tecnologias de informação, centros de formação, auditórios, ginásio, cafetaria e garagem. O projeto seria todo desenvolvido em BIM e teria de ser criado um ficheiro COBie, tornando-se um desafio devido à sua dimensão. Assim, foram designados dois engenheiros a tempo inteiro, cuja única função era gerir a COBie durante as diversas fases do projeto (East, 2012).

A aplicação da COBie, que faz parte da *National BIM Standard-United States*, foi aplicada ao edifício por especificação do Dono de Obra que definiu que apenas deveriam ser entregues ficheiros em formato digital. Pretendia-se obter uma lista de equipamentos, produtos, garantias, peças sobresselentes e calendários de manutenção preventiva de forma a ser utilizada na fase de operação e manutenção do ativo.



Figura 23 - Edifício Mark Center

Em primeiro lugar foi definida a informação que seria necessária para a gestão do ativo e foi estabelecido que seriam criadas quatro fases de submissão da informação. Apresenta-se de seguida qual a informação que constava de cada fase (East, 2012):

- primeira fase – através da informação que constava no modelo de arquitetura criaram-se os espaços, acabamentos, portas, etc;

- segunda fase – informação correspondente aos projetos de eletricidade e mecânica, que continham uma grande quantidade de informação, sendo que esta era especialmente relevante para a fase de operação e manutenção;
- terceira fase – associação da informação em documentos *pdf* ao ficheiro COBie por meio de referências identificadas. Adicionalmente, cada componente do edifício possuía um código de barras que era uma hiperligação para a informação da respetiva componente e documentação;
- quarta fase – não houve nova informação introduzida nesta fase, o objetivo era apenas garantir que possíveis alterações desde submissões anteriores eram atualizadas.

Trinta e sete dias antes do fim do prazo o edifício do *Mark Center* estava concluído e abaixo do custo previsto, tendo sido uma prova que a aplicação da COBie não atrasou a data de conclusão. Ainda assim, tal compreende-se que não tenha acontecido, uma vez que havia dois engenheiros totalmente dedicados à sua criação e desenvolvimento. Os conhecimentos obtidos neste caso de estudo serviram de base para a criação de um documento guia para a definição da informação a ser recolhida pela COBie, *Emerging Challenges and Opportunities in Building Information Modeling for the US Army Installation Management Command*.

4. Caso de Estudo

O caso de estudo da presente tese focar-se-á numa das salas de espera do Hospital da Luz de Lisboa que, no final de 2014, passou a ser maioritariamente detida pela Fidelidade e mudou o nome de Espírito Santo Saúde para Luz Saúde.

Apenas será utilizada a sala de espera do piso 0, tendo sido modelada a arquitetura, AVAC e iluminação (Figura 24). Para a criação do modelo utilizou-se os modelos em 2D que foram importados para o *Revit* tendo como objetivo exportar posteriormente no formato IFC.

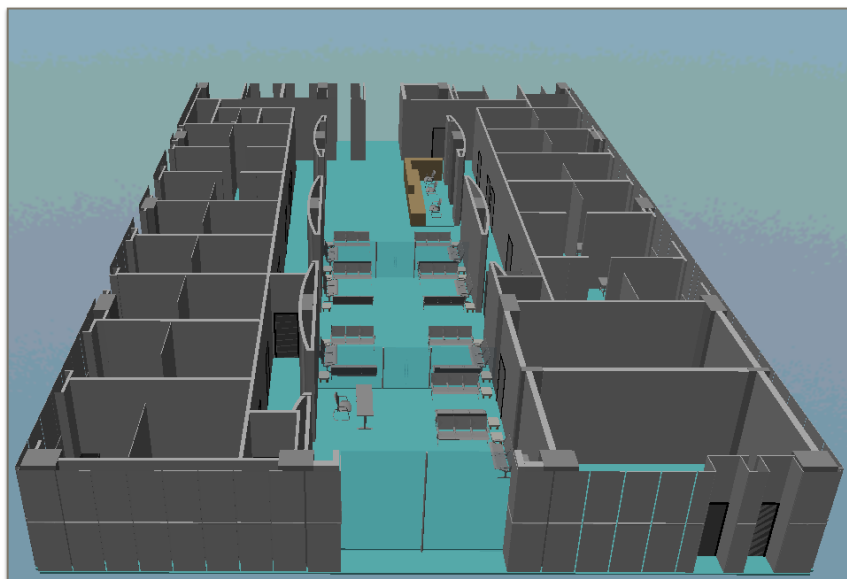


Figura 24 – Modelo 3D do piso 0 do hospital da Luz

Importa referir que o modelo não foi desenvolvido tendo em conta a criação de um ficheiro COBie, ou seja, os objetos utilizados não possuem muita informação associada. Assim sendo, será feita uma tentativa de implementação da COBie posterior à finalização do modelo, ficando para o último capítulo a análise das implicações e consequências da adaptação do ficheiro IFC.

4.1. Aplicação ao Revit

A utilização da COBie no Revit é possível após instalar um *Add-in*, *COBie Toolkit for Autodesk Revit*, que simplifica a exportação da informação para a COBie. O processo pode dividir-se em três fases: configuração, modificação e exportação, como apresentado na Figura 25. Na configuração pretende-se estabelecer os contatos das partes envolvidas e configurar alguns parâmetros de base para o mapeamento do modelo. De seguida modifica-se para que seja possível a gestão das relações entre as zonas do Revit e as zonas da COBie. Pretende-se também que nesta fase se especifique as famílias, tipos e elementos que serão exportados. Por

fim, na exportação será configurado quais as folhas de cálculo a incluir, qual o formato do documento e a localização do ficheiro exportado.

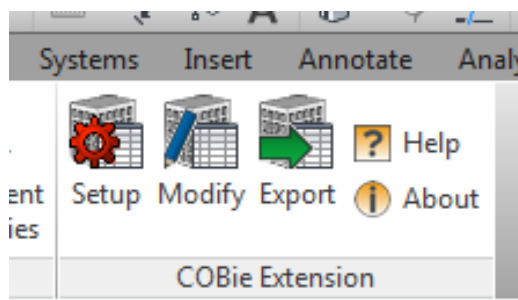


Figura 25 - Processo de criação e exportação no Revit

Será então apresentada uma descrição algo detalhada dos passos a seguir, até para que se justifique algumas decisões tomadas ao longo da criação e posterior exportação do ficheiro COBie. O botão de ajuda, *Help*, permite aceder a uma página da internet que possui informação sobre as melhores práticas para a criação do ficheiro, tendo sido desenvolvida pela *Autodesk* em parceria com a *CADD Microsystems*. Por sua vez, o botão *About* apresenta informação adicional sobre os autores da aplicação. Ambos são visíveis no lado direito da Figura 25.

4.1.1. Setup – Configurações gerais

O primeiro passo na elaboração do *Setup* é criar a lista de contatos dos envolvidos no projeto. Esta lista pode ser importada de um projeto anterior, caso exista essa base de dados, sendo possível reduzir consideravelmente o tempo necessário neste passo. Existe uma separação clara entre a informação obrigatória e a opcional. As obrigatórias para cada contato são: quem criou a informação, *e-mail*, nome da organização, número telefónico e código do sistema de classificação da especialidade. Aqui, já terá de ser utilizado o sistema de classificação em uso no projeto para categorizar a especialidade do contato. Neste caso, a classificação utilizada foi a *OmniClass* com o código 34-20 11 21 para Engenheiro Civil.

Ainda no *Setup* terão de ser configurados diversos parâmetros, Figura 26, sendo o primeiro relativo à localização, existindo duas possibilidades, Estados Unidos da América e Reino Unido. Esta limitação do país não é muito significativa, já que a principal função é atribuir uma classificação, que podem ser alteradas mais à frente, no caso dos EUA é a *OmniClass* e do RU a *Uniclass*. A identificação dos elementos pode ser a que consta no próprio Revit ou a GUID da ISO 12006-3 referida no capítulo 2.

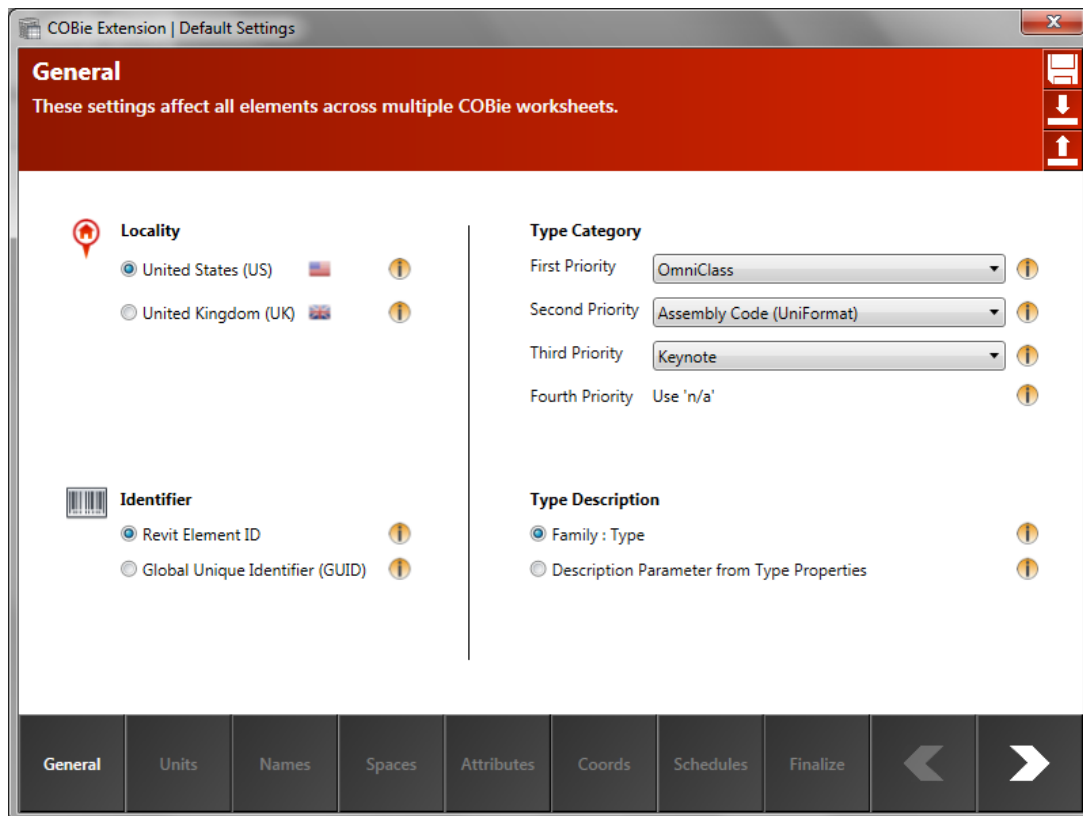


Figura 26 - Configurações do Setup em Revit

Em *Type Category* pretende-se definir como será preenchida a informação da COBie correspondente à categoria que, como referido, existe em praticamente todas as abas da COBie. Existe uma ordem de prioridades de como deverá ser recolhida a informação. Neste caso, em primeiro lugar, a informação é obtida da *OmniClass*, depois do *Assembly Code*, seguido pelo *Keynote* e por último é utilizada a designação “n/a” na ausência de qualquer uma das anteriores classificações. As restantes definições a inserir são visíveis na zona inferior da Figura 26 e encontram-se resumidas na Tabela 3 (CADD, 2014).

Tabela 3 - Definições do COBie Toolkit da Autodesk

Barra de navegação	Descrição
Unidades	Definição das unidades de medida a utilizar na exportação e da moeda. Documentação da norma a utilizada para a medição das áreas.
Nomes	Definição de como será designada a coluna associada ao nome de cada linha no ficheiro COBie de forma a serem únicas. Informação para espaços, zonas, sistemas, componentes e tipos.
Espaços	Escolha de como serão localizados os elementos do Revit, se por divisão ou espaço. Esta informação será depois exportada e colocada na coluna da COBie relativa aos componentes.
Atributos	Definição de tipos e parâmetros de famílias adicionais a serem exportados para a folha dos atributos. A lista apresentada tem por base as famílias Revit usuais e as que foram adicionadas ao modelo.
Coordenadas	Informação necessária para definir coordenadas que definem um elemento. Possibilidade de definir o ponto que serve de referência num elemento.
Calendários	Seleção dos calendários Revit a importar para o ficheiro COBie para cada piso, tipo, componente, espaço ou sistema.
Finalizar	Opção de rever, adicionar, editar ou remover contatos. Gravação das configurações introduzidas no modelo. Exportação das configurações.

Após selecionar o botão finalizar, todas as configurações ficam gravadas no modelo e inicia-se a criação e aplicação dos parâmetros aos elementos, também são importados calendários definidos na aba dos Calendários.

4.1.2. *Modify*

Em *Modify* pretende-se gerir os espaços, selecionar elementos a exportar e outros parâmetros que têm de estar mapeados nos campos da COBie. Para atribuir as COBie Zones, a aplicação utiliza os *Revit Rooms*, os *Revit Spaces* ou uma combinação dos dois. Regra geral, os *Rooms* são utilizados pelos arquitetos e os *Spaces* por engenheiros (CADD, 2014). O ficheiro COBie para ser criado necessita de informação sobre a localização do objeto e para que se evitem duplicações, a informação sobre qual das duas localizações a utilizar, encontra-se definida na aba a preto da Figura 26, correspondente aos espaços.

Para a criação das divisões e espaços no modelo do Hospital da Luz foram tidas em conta os seguintes pontos:

- um local delimitado por paredes, portas e janelas corresponde a uma *Room*;
- exceção ao ponto anterior na área comum, em que houve uma divisão em zonas de corredores, salas de espera e atendimento.

Para a correta aplicação de uma *Revit Room*, os elementos referidos no primeiro ponto têm de formar uma área fechada. Tal não aconteceu no ficheiro do caso de estudo, logo foi necessário recorrer à utilização da ferramenta do Revit que permite a delimitação da *Room* de forma manual.

A exceção do segundo ponto foi aplicada porque se tratava de um espaço de grandes dimensões e as divisões realizadas pretendem localizar um objeto, sendo mais difícil quando não existe esta fragmentação. Outro aspeto importante a referir é a utilização da tabela 13 *Spaces by Function* da *Omniclass*, que segue os mesmos princípios das tabelas que foram apresentadas no capítulo da revisão da literatura. Igualmente às restantes tabelas, o intuito desta é categorizar os espaços de um ativo, atribuindo o código respetivo. A aplicação ao caso de estudo é bastante simples, uma vez que existe uma pormenorização bastante detalha de espaços de saúde na tabela 13, sendo esta constituída em cerca de 45% em espaços dedicados espaços de saúde. Tal acontece porque a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), dos EUA, esteve envolvida na criação da *Masterformat*, o que implicou uma forte incidência da categorização nestes espaços.

Foram utilizados apenas os níveis 2 e 3 da *Omniclass*, isto porque o primeiro é demasiado generalista, sendo a classificação pouco específica e o quarto demasiado pormenorizado, ou até inexistente por vezes. A introdução do número e nome da *Omniclass* é manual, o que pode tornar o processo moroso em grandes projetos. Quanto à informação da pessoa responsável pela introdução da informação, é bastante fácil porque já foi criada na primeira fase da aplicação *COBie*, a fase do *Setup*. A data de criação das zonas é automaticamente inserida. Toda esta informação está visível na Figura 27. Ao selecionar as zonas que dizem respeito a “Espaços de exame geral”, é apresentado do lado direito a azul todas as zonas que estão inseridas nessa categoria.

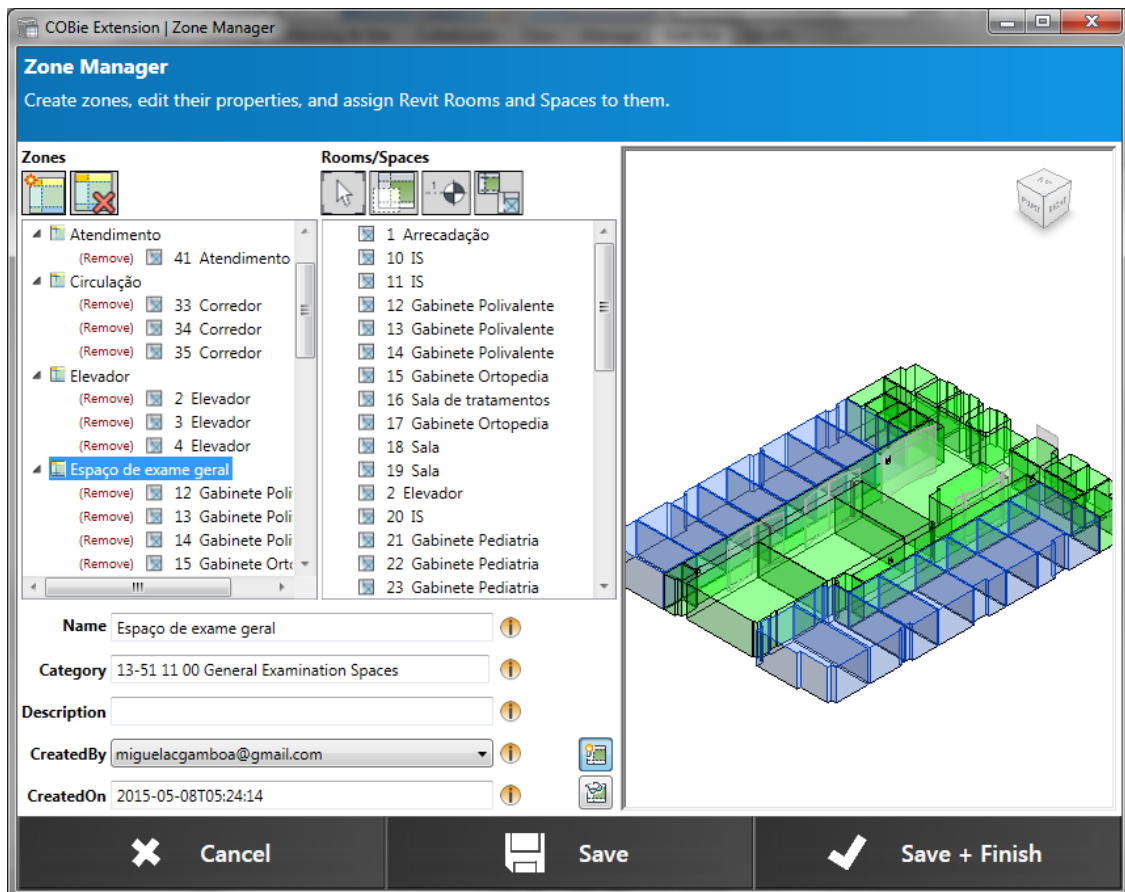


Figura 27 - Definição das zonas COBie na aplicação para o Revit

De seguida, procede-se à seleção dos elementos a exportar na janela *Select Elements*. Aqui é possível visualizar todas as famílias que se encontram no modelo e, ao selecionar uma família, esta será exportada. A seleção não implica que seja exportada toda uma família, já que ainda existe uma divisão em tipos e depois em elementos, sendo possível selecionar qual o tipo ou elemento que se pretende. No caso em que os elementos formam um grupo, existe a opção de apenas exportar o grupo e a opção de separar os elementos que o constituem, para que depois sejam introduzidos no ficheiro. Neste caso foi escolhida a opção de não separar os grupos.

Para finalizar a configuração do menu *Modify* falta apenas a configuração denominada por *Other Fields*. Neste último passo, é possível atualizar a informação relacionada com cada parâmetro da COBie de uma forma global. Existem três opções disponíveis:

- Update only Blank Parameters – quando não existe informação relativa a um determinado parâmetro é atualizada com a informação mais recente do modelo;
- Update All Parameters – neste caso todos os parâmetros são atualizados, independentemente de já se encontrarem preenchidos;
- Do Not Update Parameters – a informação não será atualizada.

4.1.3. *Export*

Por fim, a opção *Export* é que irá gerar o ficheiro COBie como um documento que pode ser posteriormente visualizado em Excel. Este passo é bastante simples, uma vez que todas as configurações necessárias já foram realizadas anteriormente, servindo apenas para a definição de quais as folhas de cálculo que serão preenchidas. Existem duas opções que apenas servem para escolher se será criada um novo ficheiro ou se um já existente será atualizado. Também existe a possibilidade de escolher o local de destino do ficheiro criado ou atualizado.

4.2. Resultados obtidos

Neste subcapítulo será realizada uma análise do ficheiro COBie criado. O objetivo desta análise passa por verificar se a informação nas várias folhas de cálculo se encontra corretamente preenchida. Assim sendo, será feita uma comparação com a informação pretendida no *data drop 4* e com a última fase de operação e manutenção, *Space Condition*, da matriz *Deliverable Requirements* (Anexo 3).

A escolha destas duas comparações não foi aleatória, já que neste caso de estudo o edifício já se encontra contruído e em fase de operação. Quanto ao *data drop 4*, este foi escolhido porque representa o “como construído” e pretende-se que o modelo possua toda a informação necessária para a operação e manutenção. Já a fase da matriz utilizada é a primeira após a fase de construção, ou seja, a primeira da fase de operação e manutenção. Erradamente poder-se-ia verificar apenas a coluna desta fase, mas muita da informação da COBie nesta fase teve de ser criada anteriormente. Por outras palavras, este ficheiro COBie não foi criado e atualizado ao longo do desenvolvimento do projeto, o que implica que a informação referente, por exemplo, à fase de definição dos critérios por parte de Dono de Obra também terá de existir.

Desde já pode-se observar que, no ficheiro COBie, a informação que provém diretamente do *Revit* (a roxo) encontra-se sempre preenchida. Esta informação é relativa ao software utilizado, o nome do objeto no software e o código de identificação gerado pelo software. Assim sendo, não será dada grande relevância a estas colunas dada a sua simplicidade, criação automática e análise desnecessária uma vez que se tratam de códigos próprios do programa.

Devido á sua importância, em primeiro lugar e em separado será analisada a folha de cálculo correspondente aos *Contact*. Durante a utilização do *COBie Toolkit for Revit 2015* e ainda na fase de *Setup*, a informação relativa aos intervenientes na criação do ficheiro COBie tinha sido bastante minuciosa. Portanto, e como seria de esperar, a informação nesta aba encontra-se totalmente preenchida e sem falhas, Figura 28. Das primeiras seis colunas, cinco foram introduzidas manualmente na aplicação e apenas a coluna associada à data de criação foi criada automaticamente a quando da exportação. A informação que não era obrigatória, a verde, encontra-se parcialmente preenchida propositadamente, uma vez que se pretendia verificar se

na ausência de informação a aplicação colocava a simbologia “n/a” (simbologia correspondente à inexistência de informação) (Anexo 2.a).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Email	CreatedBy	CreatedOn	Category	Company	Phone	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Department	OrganizationCode	GivenName	FamilyName	Street	PostalBox
1	miguelacgar.miguelacgar	miguelacgar	2015-04-29T11:34-20 11 21	Instituto Superior	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	Autodesk Rel	lfcPersonAn	53586183-e6a2	n/a	n/a	Miguel	Gamboia	n/a	n/a
2	aguiar_costa.miguelacgar	miguelacgar	2015-04-29T11:34-20 11 21	Instituto Superior	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	Autodesk Rel	lfcPersonAn	a1612979-fde5-	n/a	n/a	António Ag	Costa	n/a	n/a
3	andre.reis.ar.miguelacgar	miguelacgar	2015-05-11T05:34-20 11 21	Instituto Superior	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	Autodesk Rel	lfcPersonAn	6c35a35b-36aa-	n/a	n/a	André	Antunes	n/a	n/a
4															
5															
6															

Figura 28 - Aba relativa aos Contacts da COBie

Para verificar o correto preenchimento das restantes abas será realizada uma comparação entre o ficheiro COBie obtido e a matriz *Deliverable Requirements*. De forma a criar uma visualização simples e clara, foi adicionada uma coluna adicional à matriz, adjacente à fase escolhida no início deste subcapítulo, *Space Condition* (Anexo 3). Esta coluna foi então colorida, o significado de cada cor apresenta-se na Tabela 4 seguinte.

Tabela 4 - Código de cores utilizado na verificação do ficheiro COBie obtido

Cor	Designação	Descrição	Quantidade
	Informação correta	As células estão preenchidas de acordo com o que seria de esperar	91
	Informação em falta	Não existe um correto preenchimento das células, existindo o código "n/a" no seu lugar	57
	Parcialmente correta	A coluna correspondente encontra-se parcialmente preenchida	4
	Informação inexistente	A célula encontra-se vazia, não existe o código "n/a"	125
			277

A utilização de um código de cores pretende ser uma forma coerente de avaliação do ficheiro obtido da exportação, tendo como preocupação utilizar cores distintas das utilizadas pelo ficheiro COBie, Tabela 1.

Como se pode verificar, grande parte da informação está em falta ou está preenchida incorretamente. De seguida, será avaliada a melhor forma de inserir a informação, tentando sempre introduzir no *Revit* para que seja exportada automaticamente. O estudo será iniciado por corrigir as folhas de cálculo que não possuem qualquer tipo de informação, código preto. As folhas que não se encontram preenchidas são: Assembly, Connection, Spare, Resource, Job, Impact, Document, Attribute e Issue (uma vez que não estão preenchidas não foram apresentadas no (Anexo 2). Pode considerar-se que existe muita informação em falta mas, há que ter em conta que a elaboração do modelo não teve em conta uma posterior exportação de

um ficheiro COBie e que não houve nenhum cuidado especial na exportação que minimizasse as possíveis falhas.

Outro aspeto que limita consideravelmente a quantidade de informação exportada é o facto de os objetos não conterem todos os campos preenchidos. O método de correção dos erros encontrados será utilizar um objeto comum a vários tipos de ativos e introduzir o máximo de informação possível. Posteriormente verificar-se-á se o ficheiro COBie possui um menor número de abas e células por preencher para o objeto em causa.

Assim sendo o objeto escolhido para introduzir a informação será um lavatório que se encontra na *Room 6* (*Space "6"* no ficheiro COBie). Ao selecionar o objeto é possível editá-lo e introduzir informação que está associada ao formato IFC. Também se poderia editar os campos COBie que foram criados nos objetos a quando da configuração no *Revit*. Esta não será a abordagem, uma vez que se pretende que os campos da COBie sejam criados a partir dos campos IFC correspondentes, e porque o formato IFC é o que possibilita a interoperabilidade entre programas.

4.2.1. Informação relativa ao caso de estudo

A primeira folha do ficheiro COBie, a folha de contatos, já se encontra preenchida, como referido. A seguinte é relativa às informações do ativo, contendo descrições gerais do projeto. Esta informação é relativamente fácil de introduzir, uma vez que basta preencher alguns campos relativos ao projeto no programa Revit que, posteriormente são automaticamente preenchidos na folha de cálculo *Facility*. Ficaram por preencher um campo obrigatório (campos a amarelo), *SiteName*, e um campo de referência (campo salmão), *Category*, como se pode verificar na Figura 29 (Anexo 2.b).

	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ProjectName	SiteName	LinearUnits	ArealUnits	VolumeUnits	CurrencyUnit	ArealMeasurement	ExternalSystem
1												
2	Hospital da miguelacq		2015-07-09	n/a	Caso de es	n/a	Millimeters	Square Me	Cubic Met	Dollar	Revit Defau	Autodesk f
3												
4												
5												

Figura 29 - Folha de cálculo do ativo (*Facility*) obtida

Para que se possa preencher os dois campos, foram adicionados parâmetros à informação do projeto. Este procedimento é bastante fácil, bastando selecionar o parâmetro pretendido e a família a que se irá adicionar em *Project Parameters*. Para o campo da *Category* pretende-se que contenha o código da *OmniClass*, que se encontra na lista existente no programa. No caso do *SiteName*, e devido à inexistência de um parâmetro com essa designação, torna-se necessário a criação de um novo. O procedimento seguinte passa por atualizar os campos, ou seja, realizar novamente o Setup no *COBie Toolkit for Revit 2015*. Seria de esperar que os campos COBie fossem preenchidos automaticamente, mas tal não acontece. Apesar da informação introduzida nas propriedades do projeto os campos correspondentes da COBie permanecem vazios, Figura 30.

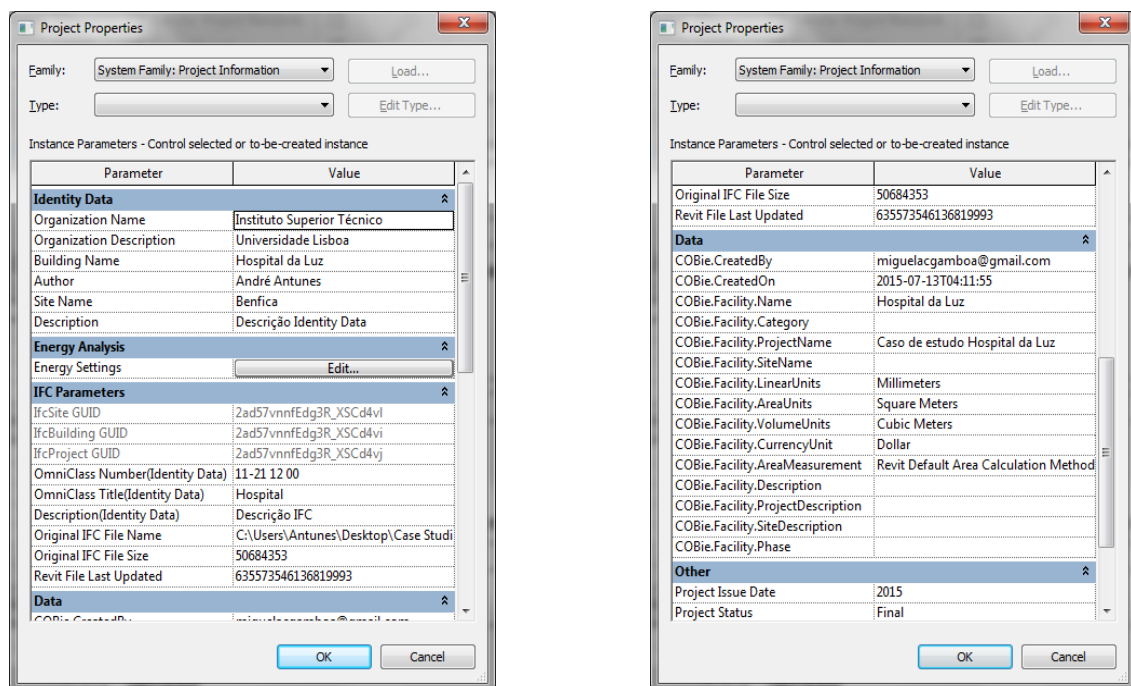


Figura 30 - Propriedades de projeto adicionadas

Como exemplo, o campo relativo ao *Site Name* foi preenchido como “Benfica”, mas o campo COBie correspondente, *COBie.Facility.SiteName*, continua vazio. Esta limitação impede que a criação do ficheiro COBie seja totalmente automático, sendo sempre necessário um trabalho manual.

As folhas de cálculo relativas ao *Floor*, *Space* e *Zone* estão preenchidas corretamente, tendo a informação sido criada automaticamente pela aplicação. Exceção para o campo relativo à descrição do espaço que não foi possível preencher. Ainda assim, nestas três folhas a criação das zonas na fase de *Setup* foi relativamente fácil e simples.

4.2.2. Associação de informação a um objeto

Pretende-se agora introduzir informação relativa a um objeto, sendo possivelmente esta folha de cálculo mais importante do ficheiro COBie, uma vez que se pretende que possa ser consultada na fase de operação e manutenção. Assim sendo, foi selecionado inicialmente um objeto que exista usualmente em edifícios, um lavatório situado na *Room 6*.

Logo nesta fase surgiu um problema na introdução da informação, não era possível editar a informação relativa à família do objeto. Como referido, o caso de estudo não foi elaborado tendo em conta a exportação em COBie no final, logo alguns objetos foram simplesmente descarregados e introduzidos no modelo sem qualquer cuidado especial. Possivelmente esta limitação deve-se ao facto de o objeto ter sido criado numa versão do *Revit* antiga.

Assim sendo, foi escolhido outro objeto para editar a informação, uma cadeira situada na *Room 12*, Figura 31. Mais uma vez, a escolha baseou-se num objeto que é comum a ativos. Apesar deste objeto também ter sido importado para o modelo, é possível editar a sua família.

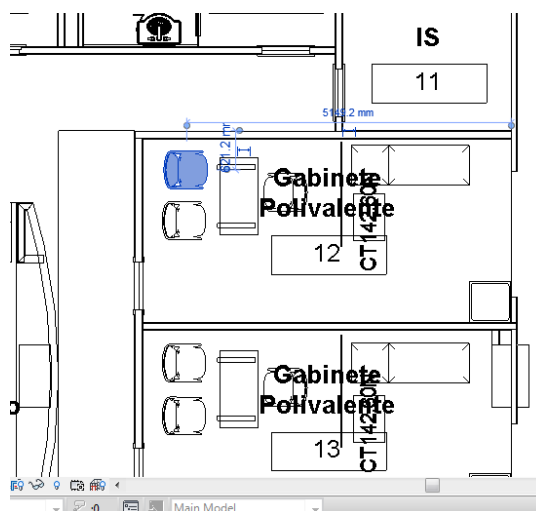


Figura 31 - A azul a cadeira selecionada para editar a informação

Antes de mais, importa referir que a cadeira pertence à família de *Furniture* e por sua vez divide-se no tipo *Cadeira Herman: Side*. A informação que será editada diz respeito apenas ao tipo da família em questão. Por outras palavras, uma vez que o nome da cadeira original foi alterado, esta cadeira pertence a um tipo diferente, fazendo com que, ao editar a informação, apenas esta cadeira seja alterada. Procedeu-se então à introdução de novos campos que permitissem aumentar e especificar a cadeira de teste.

Criou-se um parâmetro denominado por WarrantyDurationParts, que correspondia a um campo obrigatório (código de cor amarelo da COBie) e três que representam a área (código verde), sendo todos estes campos da folha de cálculo COBie relativos ao *Type* Figura 32 (Anexo 2.f). O parâmetro área foi introduzido várias vezes de forma a tentar compreender qual seria a correspondência na COBie.

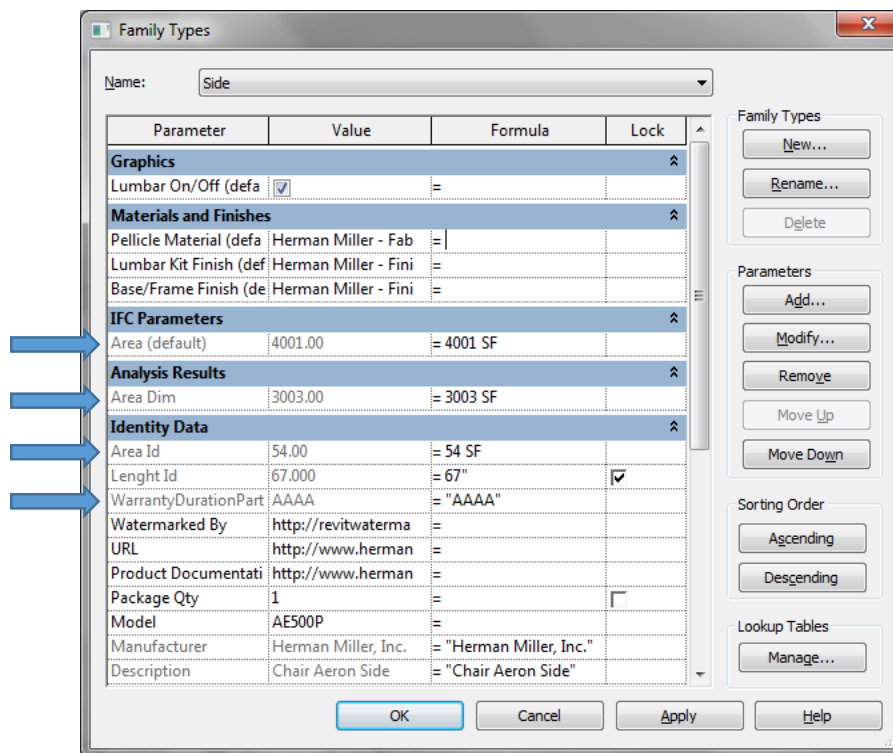


Figura 32 - Parâmetros introduzidos

Destes quatro parâmetros nenhum deles apareceu na COBie, ou seja, os campos na folha do Excel *Type* continuam vazios. Assim o único procedimento que se pode propor será a introdução manual dos campos definidos como obrigatórios (amarelo e verdes especificados).

Apesar desta impossibilidade, a criação destes novos parâmetros não foi em vão, já que estes quatro podem aparecer na aba relativa aos atributos da COBie. Ainda no Setup (primeiro passo da configuração da COBie), apresentado na Figura 26, em *Attributes* é possível seleccionar os parâmetros de tipo ou instância que devem ser exportados para a respetiva folha Attribute da COBie. Assim, pode sempre exportar-se a informação que se pretender, apesar de estar condicionada à introdução manual por parte do utilizador no programa Revit. Apresentam-se os resultados obtidos na COBie na Figura 33

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	SheetName	RowName	Value	Unit	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description	AllowedValues
21	Actual Dep	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2028	MILLIMETE	Autodesk	Autodesk	246005	n/a	n/a
22	Actual Wid	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2029	MILLIMETE	Autodesk	Autodesk	246007	n/a	n/a
23	Area Dim	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	278.9878	SQUARE	Autodesk	Autodesk	382464	n/a	n/a
24	Area Id	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	5.0168	SQUARE	Autodesk	Autodesk	379893	n/a	n/a
25	Arm thickn	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2016	MILLIMETE	Autodesk	Autodesk	245815	n/a	n/a
26	Assembly	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	E2020200	n/a	Autodesk	Autodesk	-1002500	n/a	n/a
27	Assembly	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2006	n/a	Autodesk	Autodesk	245100	n/a	n/a
28	Assembly	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	Furniture 8	n/a	Autodesk	Autodesk	-1002501	n/a	n/a
29	Assembly	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2007	n/a	Autodesk	Autodesk	245102	n/a	n/a
30	Authoring	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	Autodesk	n/a	Autodesk	Autodesk	376516	n/a	n/a
31	Authoring	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2030	n/a	Autodesk	Autodesk	246026	n/a	n/a
32	Base Mate	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2032	n/a	Autodesk	Autodesk	246546	n/a	n/a
33	Catalog Cc	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2018	n/a	Autodesk	Autodesk	245831	n/a	n/a
34	Catalog Id	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2017	n/a	Autodesk	Autodesk	245829	n/a	n/a
35	Category(C	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2009	n/a	Autodesk	Autodesk	245116	n/a	n/a
36	Copyright	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	Copyright	n/a	Autodesk	Autodesk	281581	n/a	n/a
37	Copyright	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2019	n/a	Autodesk	Autodesk	245833	n/a	n/a
38	Cost	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2002	n/a	Autodesk	Autodesk	-1001205	n/a	n/a
39	Cost(Identi	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2037	n/a	Autodesk	Autodesk	246666	n/a	n/a
40	Counter Th	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2040	MILLIMETE	Autodesk	Autodesk	247051	n/a	n/a
41	Cover(Mate	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2038	n/a	Autodesk	Autodesk	246668	n/a	n/a
42	Depth(Dim	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	2015	MILLIMETE	Autodesk	Autodesk	245619	n/a	n/a
43	Description	miguelacg	2015-07-20	Approved	Type	Cadeira Herma	Chair Appl	n/a	Autodesk	Autodesk	4010103	n/a	n/a

Figura 33 - Aba dos atributos referentes à cadeira de teste

Tendo sido introduzida informação relativa ao objeto na folha de atributos, interessa fazer um novo balanço dos campos que se encontram por preencher no ficheiro COBie.

4.2.3. Balanço final

As folhas de cálculo obtidas após a exportação encontram-se no Anexo 2. De seguida apresenta-se uma atualização da Tabela 4 apresentada anteriormente, a Tabela 5. Esta nova tabela possui duas colunas que representam a evolução na quantidade e qualidade da informação da COBie.

Tabela 5 - Balanço final da informação que consta na COBie

Cor	Designação	Descrição	1ª versão	2ª versão
	Informação correta	As células estão preenchidas de acordo com o que seria de esperar	91	104
	Informação em falta	Não existe um correto preenchimento das células, logo a informação é apresentada como "n/a"	57	56
	Parcialmente correta	A coluna correspondente encontra-se parcialmente preenchida	4	5
	Informação inexistente	A célula encontra-se vazia, não existe o código "n/a"	125	112
			277	277

A principal diferença na Tabela 5 está relacionada com a folha de cálculo relativa à informação do projeto e atributos dos objetos. Pelo explicado nos subcapítulos anteriores este resultado seria expectável já que foram estes os campos que foi possível editar. Assim sendo o número de células com a informação corretamente preenchida aumentou e conseqüentemente as células sem informação diminuíram. No capítulo seguinte apresenta-se um conjunto de justificações para as células sem preenchimento ou em falta.

5. Discussão no contexto nacional

Neste capítulo será realizada uma discussão dos resultados obtidos ao longo desta dissertação. Importa desde já referir que em Portugal o desenvolvimento de uma norma BIM nacional encontra-se a cargo da Comissão Técnica 197 (CT 197). O seu âmbito pode ser descrito como a intenção de “normalizar os sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos” (Costa, 2015). Fazem parte desta comissão diversas empresas e associações do setor da construção e entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional.

Na última reunião da CT 197 em 15 Outubro de 2015, entre diversos temas, foi abordada a especificação COBie. Após uma apresentação e discussão da estrutura e aplicabilidade da COBie em Portugal, foi aprovada a sua integração na norma BIM em desenvolvimento. Assim, está dado o primeiro passo para a utilização da COBie em Portugal, estando sempre dependente de outros desenvolvimentos abordados no subcapítulo seguinte.

5.1. Resultados do estudo da COBie

O primeiro ponto para a implementação do BIM, e do COBie em particular, deverá passar, inevitavelmente, pela definição do sistema de classificação de objetos. Para que a informação possa ser trocada entre os intervenientes, cada objeto deverá possuir apenas uma denominação. Isto é relevante porque poderão existir várias designações para o mesmo objeto, tornando confusas as trocas de informação.

Existe aqui um ponto a ser discutido, principalmente no âmbito da CT-197 (Comissão Técnica de Normalização BIM) qual o sistema de classificação a utilizar em Portugal. A possibilidade de criar um novo sistema de classificação para Portugal adaptado aos métodos construtivos utilizados seria o ideal, mas tal estaria associado a custos e tempo elevados. Alternativamente poderia ser utilizada um dos sistemas de classificação abordados nesta tese, a OmniClass ou a Uniclass2. Obviamente as dificuldades de implementação estão relacionadas com a diferença existente nos métodos construtivos com os seus países de criação. Entre as duas a OmniClass tem alguns problemas associados à sua estrutura, por exemplo alguns objetos possuem um baixo grau de especificação e outros um âmbito vago. A Uniclass2 ainda se encontra em desenvolvimento, tendo existido uma atualização significava que alterou consideravelmente a estrutura e designação de objetos. Tendo os pontos anteriores em consideração, a grande utilização por parte da indústria de construção internacional e devido à estabilidade do sistema, nesta tese foi utilizada a OmniClass.

Os objetos possuem outro problema, a sua introdução num modelo BIM para ser executada corretamente é bastante morosa e complexa. Isto porque os objetos que são importados para o modelo não possuem todas as informações físicas e mecânicas do material ou componente. As bases de dados disponíveis *online* apenas permitem obter objetos que são posteriormente alterados para se assemelharem ao que será instalado. Idealmente os próprios fabricantes deveriam disponibilizar os objetos em formato IFC, desta forma todas as características seriam as que o fabricante testa e anuncia. Obviamente esta solução iria aumentar os custos para o fabricante, sendo um aspeto a ter em conta.

O principal objetivo da informação relativa aos objetos é extrair a COBie o mais completa possível. Desta forma, a informação será automaticamente inserida no ficheiro *XMLSpreadsheet*, sendo apenas necessário selecionar a informação que interessa. Como foi apresentado no caso de aplicação da COBie no *Mark Center*, durante todo o projeto foram alocadas duas pessoas cuja função era o correto preenchimento do ficheiro. Este edifício tinha dimensões consideráveis e possuía bastante equipamento de saúde o que dificultou o trabalho de exportação da COBie, mas ainda assim o tempo necessário foi elevado. Tal aplicação em projeto iria sempre aumentar os custos de pessoal, apesar de haver um claro benefício a longo prazo uma vez que existe uma centralização de toda a informação do modelo 3D. Este seria um caso em que os impactos seriam consideravelmente minimizados se o próprio fabricante disponibilizasse um ficheiro IFC com o seu produto.

A utilização do formato *XMLSpreadsheet* pode parecer um retrocesso para a metodologia BIM uma vez que a informação está a ser extraída do modelo 3D para um ficheiro Excel. A utilização deste formato apresenta diversas vantagens que serão de seguida enumeradas:

- No Reino Unido o intuito da utilização da COBie é servir de ponto intermédio para que seja um suporte útil à implementação BIM, uma vez que possibilita a ligação entre o modelo 3D e o IFC;
- O armazenamento da informação num formato que diversos softwares podem abrir, sendo o mais usual o Excel, permite que esteja acessível a todos os envolvidos, deixando de haver a necessidade de possuir um programa que permita a visualização do modelo.
- É espectável que um ficheiro no formato *XMLSpreadsheet* possa ser aberto nos próximos anos, não havendo uma descontinuidade de programas que permitem a sua visualização.

A informação a apresentar em cada fase de projeto encontra-se referida nos *Data Drops*, mas estas são algo vagas, apresentando apenas ideias gerais e não existindo qualquer especificação para diferentes tipos de empreitadas. Na aplicação a Portugal também deveriam ser tidas em conta as fases de projeto que constam na Portaria 701-H, que se encontra resumida no Anexo 1. As fases de projeto definidas na portaria possuem descrições algo detalhadas do que se pretende, sendo necessário adicionar informação complementar que possibilite a sua aplicação

ao BIM. Esta relação torna-se ainda mais evidente em relação aos LOD que evoluem ao longo do projeto, havendo apenas uma definição volumétrica em fases iniciais, sendo semelhante à primeira fase da portaria, o programa preliminar. Outra relação bastante fácil de realizar diz respeito às telas finais que podem ser relacionadas com o LOD 500 que representa o como construído, de forma a poder ser acedido posteriormente.

5.2. Resultados do caso de estudo

O objetivo do caso de estudo era aplicar os conhecimentos desenvolvidos ao longo da tese e avaliar os resultados obtidos. O Hospital da Luz possuía um modelo já elaborado, ao qual foi extraída a informação para a COBie, tendo sido encontrados alguns problemas neste procedimento. Importa voltar a referir que o modelo não tinha sido elaborado tendo em conta a exportação da COBie, ou seja, os objetos não se encontravam todos no formato IFC e por vezes era impossível editá-los.

Em primeiro lugar não existe um manual detalhado que possua uma descrição dos passos a seguir para exportar o ficheiro COBie no Revit. O manual *online* da *CADD Microsystems* é insuficiente, apresentando apenas uma explicação superficial. Desta forma cabe ao utilizador experimentar as diversas opções que são apresentadas e verificar quais as implicações no ficheiro exportado.

De seguida apresenta-se uma simplificação da Tabela 5, resumindo os resultados obtidos. Como referido, no ficheiro COBie as células requeridas estão preenchidas a amarelo, sendo estas as mais importantes, apresenta-se de seguida, na Tabela 6, quais se encontram preenchidas corretamente.

Tabela 6 - Preenchimento da informação em células requeridas

	Correto	Em falta	Parcial	Inexistente
Informação requerida	34	9	3	25

As células corretamente preenchidas são aproximadamente metade, havendo uma pequena parte em falta e apenas três parcialmente preenchidas. Quanto às células inexistentes, estas apenas poderiam ser corrigidas se toda a folha de cálculo fosse preenchida, no caso de estudo não foi possível compreender como é que poderiam ser completas. Importa referir, mais uma vez, que os campos podem ser sempre preenchidos manualmente, ou seja, diretamente no ficheiro COBie, tendo sempre associados tempo e custos elevados. Ainda assim, numa fase

inicial de aplicação a Portugal este número de células bem preenchidas pode ser aceitável, já que fará sentido uma implementação faseada.

A implementação em Portugal terá sempre de passar por várias fases de aplicação, sendo aconselhável que em projeto, o número de folhas de cálculo preenchidas necessárias aumente ao longo dos anos até se chegar à COBie completa. Desta forma a indústria poderá adaptar-se ao conceito e apresentar um ficheiro COBie de boa qualidade.

6. Conclusões

Pretende-se apresentar neste capítulo uma reflexão sobre os temas abordados nesta tese e quais as conclusões resultantes. Assim, será inicialmente avaliado o cumprimento dos objetivos propostos no primeiro capítulo. Por fim serão apresentadas propostas para desenvolvimentos futuros.

6.1. Avaliação dos objetivos propostos

Em relação ao objetivo de avaliação das normas internacionais, estas pretendem estruturar a metodologia BIM, desde a simples definição de um objeto, ISO 12006-2 até à denominação de um objeto com os sistemas de classificação. Estas já são utilizadas como base para o desenvolvimento de normas BIM internacionais, sendo precisamente a ISO 12006-2 um exemplo já que serve de base para a estruturação dos sistemas de classificação.

Relativamente à gestão da informação e interoperabilidade, problemática também considerada como um dos objetivos da dissertação, temos as ISO correspondentes ao IFC, IFD, IDM e MVD, estando esta última ainda em desenvolvimento. A sua correta aplicação e utilização permitem a transferência de informação entre todos os envolvidos no ciclo de vida de um ativo, já que representam uma estrutura universal que serve de base para novos métodos de troca e armazenamento de informação, como a COBie.

Em Portugal a inexistência de uma norma BIM nacional que estruture a metodologia a seguir torna difícil que exista sequer uma análise nacional da COBie, sendo este o grande objetivo desta tese, servir como base para avaliação de uma possível utilização. A importância da COBie está relacionada na forma como a informação pode ser armazenada, estruturada e extraída de um modelo BIM, tanto na fase de projeto, como de operação e manutenção.

Após uma análise da estrutura e dos métodos de controlo qualitativos e quantitativos para COBie, foi aplicado um caso de estudo. A análise da estrutura baseou-se em diversos artigos e publicações internacionais e a análise da qualidade da informação extraída baseou-se fundamentalmente na Matriz de Responsabilidade COBie.

Pode concluir-se que os objetivos propostos foram atingidos, havendo ainda espaço para o desenvolvimento de estudos futuros que permitam uma introdução faseada do BIM e, em particular, da COBie.

6.2. Trabalho futuro

Esta dissertação apresenta um estudo inicial da COBie e da sua possível aplicação, podendo haver pontos a desenvolver que permitam simplificar a sua adoção e aplicação. São exemplo um diagrama que permita a avaliação do nível de utilização e nível a atingir de uma organização. A utilização do programa Dynamo pode também auxiliar no correto preenchimento da COBie.

6.2.1. Desenvolvimento de plano faseado para implementação da COBie

Em relação à implementação faseada da COBie em Portugal, poderá ser utilizado um modelo semelhante ao diagrama de maturidade BIM (diferente do apresentado no capítulo 2) desenvolvido pelo *The Computer Integrated Construction Research Program* que se apresenta na Figura 34.

Planning Element	Description	Level of Maturity					Current Level	Target Level	Total Possible	
		0 Non-Existent	1 Initial	2 Managed	3 Defined	4 Quantitatively Managed	5 Optimizing	11	17	25
Strategy	the Mission, Vision, Goals, and Objectives, along with management support, BIM Champions, and BIM Planning Committee.									
Organizational Mission and Goals	A mission is the fundamental purpose for existence of an organization. Goals are specific aims which the organization wishes to accomplish.	No organizational mission or goals	Basic organizational mission established	Established basic organizational goals	Organization mission which addressed purpose, services, values (at a minimum)	Goals are specific, measurable, attainable, relevant, and timely	Mission and goals are regularly revisited, maintained and updated (as necessary)	1	3	5
BIM Vision and Objectives	A vision is a picture of what an organization is striving to become. Objectives are specific tasks or steps that when accomplished move the organization toward their goals.	No BIM vision or objectives defined	Basic BIM vision is establish	Established Basic BIM Objectives	BIM Vision address mission, strategy, and culture	BIM objectives are specific, measurable, attainable, relevant, and timely	Vision and objectives are regularly revisited, maintained and updated (as necessary)	2	3	5
Management Support	To what level does management support the BIM Planning Process	No management support	Limited support for feasibility study	Full Support for BIM Implementation with some resource commitment	Full support for BIM Implementation with appropriate resource commitment	Limited support for continuing efforts with a limited budget	Full support of continuing efforts	3	4	5
BIM Champion	A BIM Champion is a person who is technically skilled and motivated to guide an organization to improve their processes by pushing adoption, managing resistance to change and ensuring implementation of BIM	No BIM Champion	BIM Champion identified but limited time committed to BIM initiative	BIM Champion with adequate time commitment	Multiple BIM Champions with each working Group	Executive Level BIM Support Champion with limited time commitment	Executive-level BIM Champion working closely with working group champion	3	4	5
BIM Planning Committee	The BIM Planning Committee is responsible for developing the BIM strategy of the organization	No BIM Planning Committee established	Small Ad-hoc Committee with only those interested in BIM	BIM Committee is formalized but not inclusive of all operating units	Multi-disciplinary BIM Planning Committee established with members from all operative units	Planning Committee includes members for all level of the organization including executives	BIM Planning decisions are integrated with organizational Strategic Planning	2	3	5
BIM Uses	The specific methods of implementing BIM	0 Non-Existent	1 Initial	2 Managed	3 Defined	4 Quantitatively Managed	5 Optimizing	2	5	10
Project Uses	The specific methods of implementing BIM on projects	No BIM Uses for Projects identified	Minimal owner requirements for BIM	Minimal BIM Uses required	Extensive use of BIM with limited sharing	Extensive use of BIM with sharing between parties within project	Open sharing of BIM data across all parties	1	3	5

Figura 34 - Diagrama de maturidade BIM (CIC, 2011)

De uma forma simples este diagrama pode ser explicado como uma descrição pormenorizada onde é possível verificar o nível atual de uma organização na implementação do BIM. Na primeira coluna define-se o âmbito a ser analisado, seguido por uma explicação mais detalhada do conceito na coluna seguinte. Posteriormente existem seis colunas que definem o nível de implementação para determinado âmbito, ou seja, no caso da primeira coluna *Organizational Mission and Goals* (objetivos e missão da organização) o nível atual é 1. A magenta encontra-se o nível que se pretende atingir na organização, neste caso o nível 3. Esta apresentação permite que facilmente se possa avaliar visualmente o estado atual e qual o objetivo da organização.

Um diagrama semelhante a este poderia ser utilizado para a implementação da COBie, onde cada linha corresponderia a uma folha de cálculo COBie e os níveis estariam associados ao detalhe dessa informação ou até mesmo ao número de células que devem estar preenchidas.

Este diagrama a criar pode tornar-se ainda mais complexo caso esteja associado os *Data Drops* que se aplicados a Portugal. Ainda assim, pretende-se que o diagrama aplicado à COBie sirva de auxílio à implementação, ou seja, de fácil interpretação.

6.2.2. Aplicação do Dynamo para automatização de processos

O segundo ponto a desenvolver é o estudo da possibilidade de preencher os campos da COBie em falta utilizando o programa *Dynamo*. O software foi desenvolvido pela *Autodesk* e permite programar, de uma forma muito intuitiva, a automatização de tarefas. Por outras palavras, através da definição de um fluxograma podem adicionar-se funcionalidades a um modelo *Revit*.

Mais concretamente, em relação à COBie, é possível preencher células em falta, ou alterar a forma como são preenchidas automaticamente (Figura 35). Outra utilização poderá ser a criação de alertas para o utilizador que identifiquem campos da COBie em falta, facilitando assim o preenchimento completo. Como resultado do caso de estudo, concluiu-se que havia informação em falta, já que não era possível associar um campo IFC a uma célula do ficheiro COBie, sendo este um ponto a estudar, o preenchimento automático da COBie diretamente do modelo 3D.

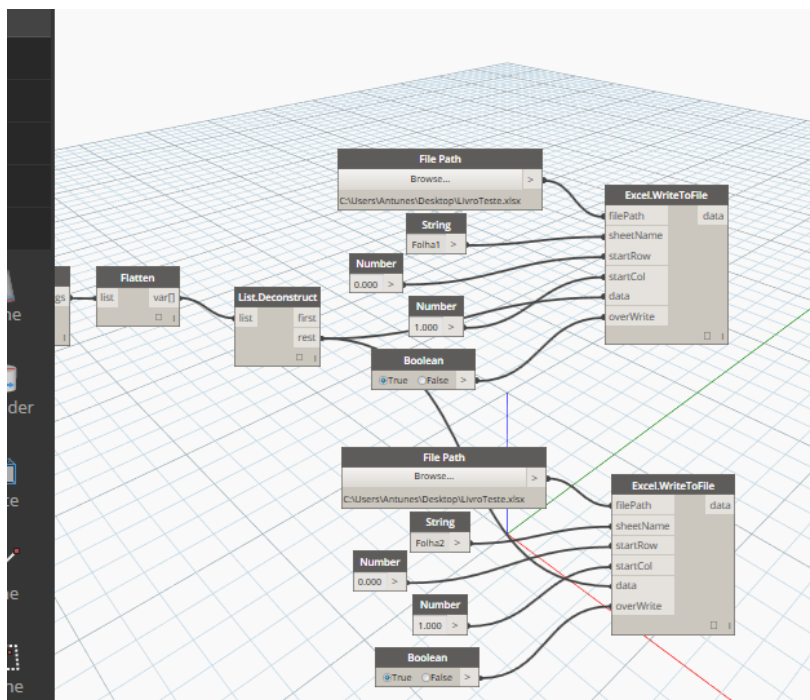


Figura 35 - Exemplo de um fluxograma em Dynamo

Importa referir que a utilização deste programa requer por parte do utilizador alguns conhecimentos, tanto de *Revit* como de *Dynamo*, assim como noções básicas de programação. Uma utilização inicial poderá ser morosa, principalmente ao estabelecer novas automatizações como preenchimento de informação e alertas, mas, uma correta utilização do *Dynamo*, pode conduzir a ganhos significativos em termos de tempo e recursos a longo prazo.

7. Bibliografia

AEC. 2012. AEC (UK) BIM Protocol. *Architectural, Engineering and Construction*. [Online] 2012. <https://aecuk.files.wordpress.com/2012/09/aecukbimprotocol-v2-0.pdf>.

Alfred, Oluwole. 2011. A preliminary review on the legal implications of BIM and model ownership. *ITcon*. [Online] 2011. <http://www.itcon.org/2011/40>.

BIM Task Group. 2014. *BIM Task Group Website*. [Online] 2014. <http://www.bimtaskgroup.org/>.

BIMForum. 2013. *Model Development Specification*. 2013.

Bjørkhaug, Lars e Bell, Håvard. 2007. ifd:IFD In A Nutshell. *IFD Library for BuildingSMART*. [Online] 2007. dev.ifd-library.org.

Bolpagni, Marzia. 2013. *The implementation of BIM within the public procurement*. s.l. : VTT Technical Research Centre of Finland, 2013.

Bryde, David, Broquetas, Martí e Volm, Jürgen Marc. 2013. *The project benefits of Building Information Modelling (BIM)*. International Journal of Project Management. s.l. : Elsevier, 2013.

BuildingSMART. 2014. MVD Overview summary. *BuildingSMART*. [Online] 2014. <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/mvd-overview/mvd-overview-summary>.

—. 2013. Open BIM Focus - A Giant Leap Forward for openBIM. *openBIM NETWORK*. [Online] 2013. <http://www.buildingsmart.org.uk/open-bim-focus-issue-10>.

CADD. 2014. COBie Extension. *CADD Microsystems, Inc.* [Online] 2014. <http://www.caddmicrosystems.com/cobieextension/help/index.html>.

CCP. 2008. *Código dos Contratos Públicos*. 2008. p. Art. 43.

Chapman, Ian. 2013. An introduction to Uniclass2. *National Building Specification*. [Online] 2013. <http://www.thenbs.com>.

CIC. 2013. *Planning guide for facility owners*. s.l. : The Computer Intregated Constrution Research Program, 2013.

—. 2011. Project Execution Planning Guide. *The Computer Intergrated Constrution Research Program*. [Online] 2011. <http://bim.psu.edu/>.

Costa, António Aguiar. 2015. PTPC na CT 197: A indústria do lado da Normalização BIM. *Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção*. [Online] 2015. <http://www.ptpc.pt/index.php/pt/400-ptpc-na-ct-197-a-industria-do-lado-da-normalizacao-bim>.

- CPCI. 2014.** Investimento público cai 33% e representa menos de 4% da despesa do estado. *Confederação Portuguesa da Construção e do Imobiliário*. [Online] 2014. <http://www.cpci.pt/archives/1305>.
- CPIC. 2015.** Uniclass2. *Construction Project Information Committee*. [Online] 2015. <http://www.cpic.org.uk/uniclass2/>.
- East, Bill e Mangual, Mariangelica Carrasquillo. 2013.** The COBie Guide: a commentary to the NBIMS-US COBie standard. *National Institute of Building Sciences*. [Online] 2013. <http://www.wbdg.org/resources/cobie.php>.
- East, William. 2007.** Construction Operations Building Information Exchange (COBIE) - Requirements Definition and Pilot Implementation Standard. [Online] 2007. www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA491932.
- **2014.** Corps of Engineers Pilots COBie. *National Institute of Building Sciences*. [Online] 2014. http://www.nibs.org/page/0612_COE_COBie/.
- **2012.** Corps of Engineers Pilots COBie. *National Institute of Building Sciences*. [Online] 2012. http://www.nibs.org/page/0612_COE_COBie/.
- Ekholm, Anders. 2005.** ISO 12006-2 and IFC - Prerequisites for coordination of standards for classification and interoperability. [Online] 2005. <http://www.itcon.org/2005/19>.
- Fox, Richard. 2014.** "The Guild Master" - Integrated (Truly Integrated) Design and Construction Services. *American Institute of Architects*. [Online] 2014. http://wmf-inc.com/site/wp-content/uploads/2014/07/the_guild_master.pdf.
- Gelder, John. 2012.** Ten tables in Uniclass2. *National Building Specification*. [Online] 2012. <http://www.thenbs.com/pdfs/journals/NBSJournal20.pdf>.
- Grilo, António e Jardim-Gonçalves, Ricardo. 2010.** Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. [Online] 2010.
- INE. 2014.** Índice de produção na construção e obras públicas - bruto (Base - 2010). *Instituto Nacional de Estatística*. [Online] 2014. www.ine.pt.
- ISO 12006-2. 2001.** *Building construction - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification of information*. 2001.
- ISO 12006-3. 2007.** *Building construction - Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information*. 2007.
- ISO 29841-1. 2010.** *Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format*. 2010.
- ISO 29841-2. 2012.** *Building information modelling - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework*. 2012.

- ISO. 2013.** Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. *ISO 16739:2013*. [Online] 2013. www.iso.org.
- Karlshøj, Jan. 2010.** Information Delivery Manuals . *BuildingSMART*. [Online] 2010. <http://iug.buildingsmart.org/idms/>.
- Kreider, Ralph e Messner, John. 2013.** The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. *The Pennsylvania State University*. [Online] 2013. <http://bim.psu.edu>.
- Kulkarni, Aditi Satish. 2012.** *Cost Comparison of collaborative and IPD-like project delivery methods versus competitive non-collaborative project delivery methods*. s.l. : Office of Graduate Studies of Texas A&M University, 2012.
- Lee, Ghang, Sacks, Rafael e Eastman, Charles M. 2005.** *Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system*. Automation in Construction. s.l. : Elsevier, 2005. pp. 758-776.
- Light, David. 2011.** BIM Implementation - HOK buildingSMART. *HOK London*. [Online] 2011. www.hok.com.
- Lockley, Steve. 2014.** Level 2 BIM On Trial. *BuildingSMART*. [Online] 2014. <http://www.bre.co.uk>.
- MacLeamy, Patrick. 2011.** Integrated Project Delivery: McLeamy Curve. *MSA Professional Services*. [Online] 2011. <http://www.msa-ipd.com/MacleamyCurve.pdf>.
- Monteiro, André, Mêda, Pedro e Martins, João Poças. 2014.** *Framework for the coordinated application of two different integrated project delivery platforms*. s.l. : Elsevier, 2014.
- NBIMS. 2007.** National BIM Standard - United States Version 2. *National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance*. [Online] 2007. <http://www.nationalbimstandard.org/>.
- OCCS. 2006.** OmniClass. *A Strategy for Classifying the Built Environment - Introduction and User's Guide*. [Online] 2006. <http://www.omniclass.org/>.
- OMG. 2014.** Business Process Model and Notation. *Object Management Group, Inc.* [Online] 2014. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>.
- PAS 1192-2. 2013.** Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. *British Standards Institution*. [Online] 2013. <http://shop.bsigroup.com/>.
- Paulson, Boyd. 1976.** Designing to Reduce Construction Costs. *Journal of the Construction Division*. [Online] Dezembro de 1976. <http://www.danieldavis.com/papers/boyd.pdf>.
- Portaria 701-H. 2008.** s.l. : Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2008.
- Priberam. 2015.** *Priberam Dicionário*. [Online] 2015. <http://www.priberam.pt/>.

- RIBA. 2012.** BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work. *Royal Institute of British Architects*. [Online] 2012. <http://www.architecture.com/Files/RIBAProfessionalServices/Practice/General/BIMOverlaytotheRIBAOOutlinePlanofWork2007.pdf>.
- Sacks, Rafael, Eastman, Charles M. e Lee, Ghang. 2003.** *Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete*. Automation in Construction. s.l. : Elsevier, 2003. pp. 291-312.
- Santo, Fernando Ferreira. 2006.** Recomendações para a redução dos desvios de custos e de prazos nas empreitadas de obras públicas. [Online] 2006. http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/pareceres_propostas/recomendacoes_obraspublicas.pdf.
- Scannell, John. 2014.** The lowdown on LODs: Bringing clarity to BIM. *Building Design + Construction*. [Online] 2014. <http://www.bdcnetwork.com/blog/lowdown-lods-bringing-clarity-bim>.
- STEP. 2015.** Standard for the Exchange of Product Model Data. *STEP Tools, Inc.* [Online] 2015. <http://www.steptools.com/library/standard/>.
- Succar, Bilal. 2009.** Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. [Online] 2009. www.elsevier.com/locate/autcon.
- Succar, Bilal, Sher, Willy e Williams, Anthony. 2012.** Measuring BIM performance: Five metrics. [Online] 2012. <http://dx.doi.org/10.1080/17452007.2012.659506>.
- Tang, Pingbo, et al. 2010.** *Automatic reconstruction of as-built building information models from laser scanned point clouds: A review of related techniques*. s.l. : Elsevier, 2010. pp. 829-843.
- Weygant, Robert S. 2011.** *BIM Content Development*. Estados Unidos da América : John Wiley & Sons, Inc., 2011.

Anexo 1

O faseamento do programa e do projeto de execução em Portugal estão definidos na Portaria 701-H/2008, existindo uma descrição pormenorizada dos procedimentos e normas a ter em conta. Desta forma na Tabela seguinte apresenta-se a informação que poderá ser importante ter em conta ao criar ou executar um projeto BIM.

Uma análise global da figura apresentada de seguida permite compreender que à medida que se avança nas fases definidas na portaria a quantidade de informação vai aumentando. Inicialmente existe uma noção geral do que se pretende obter, mais propriamente no Programa preliminar e no Programa base. Posteriormente o Estudo prévio e o Anteprojeto correspondem a informação mais concreta, mas não suficiente para permitir a execução do disposto no caderno de encargos.

O Projeto de execução logicamente corresponde à informação necessária para a correta construção do que foi definido nas fases anteriores. Desta forma esta fase possui as memórias descritivas e justificativas que, por exemplo, possuem o mapa de acabamentos. O mapa de acabamentos define “claramente os materiais e a natureza dos acabamentos considerados para todos os elementos da construção” (Portaria 701-H, 2008) o que é um exemplo da informação necessária para a construção.

Por fim as telas finais pretendem organizar toda a informação criada ao longo do projeto. Esta necessidade de registo poderá ser bastante útil para posteriores alterações ao projeto inicial e para a gestão do espaço. A gestão do espaço, usualmente denominada por *Facility Management*, é o objetivo final de um projeto BIM, já que a informação sobre todos os objetos é armazenada, o que facilita a fase de manutenção.

Tabela 7 - Resumo das fases de projeto que constam da Portaria 701-H

Características						
Portaria 701H/2008	Gerais	Áreas e volumes	Dimensionamento	Exigências	Equipamentos e mobiliário	Reconhecimento geotécnico
Programa preliminar	Utentes e atividades do edifício. Funções a que o edifício se deve adequar.	Ordem de grandeza das áreas e volumes	-	Condições específicas térmicas, renovação de ar, acústicas, iluminação e incidência solar	Necessidades de equipamentos e mobiliário	Reconhecimento geotécnico do terreno
Programa base	Organograma das funções e atividades. Interdependência das funções.	Critérios gerais de compartimentação	Critérios gerais de dimensionamento	Descrição, avaliação, definição e justificação das soluções a adotar para satisfazer as exigências	Discriminação e justificação das necessidades de instalações e equipamentos	Definição e justificação do programa de reconhecimento geotécnico.
Estudo prévio	Elementos de: implantação do edifício, acessos ao terreno, disposição das redes e necessidades gerais de infra-estruturas	Representação gráfica da forma, da organização de espaços e volumes, que explicitem as inter-relações dos componentes	Descrição e justificação das soluções de pré-dimensionamento das soluções estruturais e das contenções periféricas	Descrição genérica das medidas de condicionamento acústico e energético	Descrição e justificação das soluções dos equipamentos e instalações	Relatório com resultados do reconhecimento geotécnico
Anteprojecto ou Projecto base	Planta topográfica de implantação, perfis do terreno	Plantas, alçados e cortes que indiquem as áreas, os volumes e as dimensões principais da construção	Dimensionamento da solução estrutural e contenção periférica proposta	Dimensionamento da solução dos condicionamentos respeitando a regulamentação	Dimensionamento das instalações e dos equipamentos. Localização e caracterização do mobiliário fixo	Reconhecimento geológico e estudo geotécnico pelo DO
Projeto de execução	Planta, perfis e cortes da localização do edifício e do conjunto em que se insere	Cortes gerais, cortes de pormenorização e alçados do edifício que permitam a sua correta execução do edifício. MAPA DE ACABAMENTOS	Memória descritiva e justificativa do tipo de fundações, estrutura e contenção periférica, com plantas e cortes adequados	Memória descritiva e justificativa incluindo a análise de desempenhos.	Memória descritiva, justificativa e características técnicas das instalações e equipamentos. Distribuição e tipologia do mobiliário fixo	Resultados da análise do reconhecimento geotécnico e do estudo geológico
Telas finais	Conjunto de desenhos finais do projeto, integrando as retificações e alterações introduzidas no decurso da obra e que traduzem o que foi efetivamente construído					

Anexo 2

Neste anexo serão apresentadas as folhas de cálculo do ficheiro COBie obtidas no caso de estudo do Hospital da Luz. De forma a permitir uma melhor referência da tese para uma folha de cálculo específica, este anexo encontra-se subdividido.

Anexo 2.a

Folha de cálculo relativa aos contactos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Email	CreatedBy	CreatedOn	Category	Company	Phone	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Department	OrganizationCode	GivenName	FamilyName	Street	PostalBox	Town	StateRegion	PostalCode	Country
2	miguelacg	miguelacg	2015-04-29 11:23:40	112	Instituto S	XXXXXXXXXX	Autodesk	f1fcParsonA53586183	n/a	n/a	n/a	Miguel	Gambo	n/a	n/a	n/a	Lisboa	n/a	Portugal
3	aguiar cost	miguelacg	2015-04-29 11:23:40	112	Instituto S	XXXXXXXXXX	Autodesk	f1fcParsonA1612979	n/a	n/a	n/a	António A	Costa	n/a	n/a	n/a	Lisboa	n/a	Portugal
4	andre.reis	miguelacg	2015-05-11 11:23:40	112	Instituto S	XXXXXXXXXX	Autodesk	f1fcParsonA6c35a35b	n/a	n/a	n/a	André	Antunes	n/a	n/a	n/a	Lisboa	n/a	Portugal
5																			
6																			

Anexo 2.b

Folha de cálculo relativa ao ativo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ProjectName	SiteName	LinealUnits	AreaUnits	VolumeUnits	CurrencyUnit	AreaAssessment	ExternalSystem	ExternalProjectObject	ExternalProjectIdentifier	ExternalSiteObject	ExternalSiteIdentifier	ExternalFacilityObject	ExternalFacilityIdentifier	Description	ProjectDescription
2	Hospital da Luz	miguelacg	2015-07-20 11:23:40	n/a	Caso de et	n/a	Millimeters	Square Me	Cubic Met	Dollar	Revit Defau	Autodesk	f1fcProject	2ad57vnnf	f1fcSite	2ad57vnnf	f1fcBuilding	2ad57vnnf	n/a	n/a
3																				
4																				

Anexo 2.c

Folha de cálculo relativa aos pisos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description	Elevation	Height								
2	Level 2	miguelacg	2015-07-20 11:23:40	Floor	Autodesk	f1Autodesk	f335	n/a	4000	n/a								
3	Level 1	miguelacg	2015-07-20 11:23:40	Floor	Autodesk	f1Autodesk	f253921	n/a	0	n/a								
4	Level 3	miguelacg	2015-07-20 11:23:40	Floor	Autodesk	f1Autodesk	f255569	n/a	4000	n/a								
5	Level 5	miguelacg	2015-07-20 11:23:40	Floor	Autodesk	f1Autodesk	f333466	n/a	-7000	n/a								
6																		
7																		
8																		

Anexo 2.d

Folha de cálculo relativa aos espaços. Esta folha não se encontra completa, as linhas em falta seriam semelhantes às apresentadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	FloorName	Description	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	RoomTag	UsableHeight	GrossArea	NetArea			
2	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{334953}	n/a	n/a	n/a	n/a	6,32	6,32			
3	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{336835}	n/a	n/a	n/a	n/a	4,9644	4,9644			
4	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{337217}	n/a	n/a	n/a	n/a	4,9573	4,9573			
5	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{338036}	n/a	n/a	n/a	n/a	4,9935	4,9935			
6	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{338737}	n/a	n/a	n/a	n/a	6,0383	6,0383			
7	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{339828}	n/a	n/a	n/a	n/a	2,286	2,286			
8	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{339831}	n/a	n/a	n/a	n/a	2,304	2,304			
9	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{340244}	n/a	n/a	n/a	n/a	5,1181	5,1181			
10	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{341594}	n/a	n/a	n/a	n/a	1,9575	1,9575			
11	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{341597}	n/a	n/a	n/a	n/a	1,828	1,828			
12	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{341600}	n/a	n/a	n/a	n/a	5,5204	5,5204			
13	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{344869}	n/a	n/a	n/a	n/a	17,0236	17,0236			
14	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{344872}	n/a	n/a	n/a	n/a	16,6892	16,6892			
15	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{344875}	n/a	n/a	n/a	n/a	17,0236	17,0236			
16	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{344878}	n/a	n/a	n/a	n/a	16,6463	16,6463			
17	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{344881}	n/a	n/a	n/a	n/a	20,3698	20,3698			
18	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{344884}	n/a	n/a	n/a	n/a	16,3621	16,3621			
19	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{348702}	n/a	n/a	n/a	n/a	26,5951	26,5951			
20	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{348705}	n/a	n/a	n/a	n/a	27,3462	27,3462			
21	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{358168}	n/a	n/a	n/a	n/a	2,417	2,417			
22	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{358174}	n/a	n/a	n/a	n/a	18,2608	18,2608			
23	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{358177}	n/a	n/a	n/a	n/a	15,8452	15,8452			
24	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{358180}	n/a	n/a	n/a	n/a	16,2797	16,2797			
25	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{358183}	n/a	n/a	n/a	n/a	16,0997	16,0997			
26	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{358186}	n/a	n/a	n/a	n/a	16,219	16,219			
27	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{358189}	n/a	n/a	n/a	n/a	16,3088	16,3088			
28	miquelacq	2015-07-20	n/a	Level 5	n/a	Autodesk {Autodesk}	{358192}	n/a	n/a	n/a	n/a	16,4226	16,4226			

Anexo 2.e

Folha de cálculo relativa às zonas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	SpaceName	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description						
2	Circulação	miquelacq	2015-05-08 13:25:11	133.34.3		Autodesk {RDES Rev 6645c398}			Passagem utentes e pessoal						
3	Instalação	miquelacq	2015-05-08 13:23:17	05.6.7.8.9.1		Autodesk {RDES Rev 6ae7d117}			IS para utentes						
4	Elevador	miquelacq	2015-05-08 13:23:11	112.4		Autodesk {RDES Rev d0c3c843}			Acessos a outros pisos						
5	Espaço de	miquelacq	2015-05-08 13:51:11	027.12.13.1		Autodesk {RDES Rev 97f08a86}			Salas de consultas e exames						
6	Zonas de e	miquelacq	2015-05-11 13:55:29	237.38.39.4		Autodesk {RDES Rev c89e02a8}			Sala de espera						
7	Atendimen	miquelacq	2015-05-11 13:55:29	114		Autodesk {RDES Rev 90744472}			Recepção utentes						
8	Armazena	miquelacq	2015-05-11 13:63:11	01.3		Autodesk {RDES Rev 295f6d5a}			Depósito de mercadoria						

Anexo 2.f

Folha de cálculo relativa aos tipos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	Description	AssetType	Manufacturer	ModelNumber	WarrantyGuarantorParts	WarrantyDurationParts	WarrantyGuarantorLabor	WarrantyDurationLabor	WarrantyGuarantorUnit	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	ReplacementCost	ExpectedLife	DurationUnit	WarrantyDescription
2	HermanMil	miquelacq	2015-07-20 23:40:35	0	HermanMil	n/a	Herman Mil	CT728	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{288354}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	HermanMil	miquelacq	2015-07-20 23:40:35	11	HermanMil	n/a	Herman Mil	C4313.244	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{294277}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
4	HermanMil	miquelacq	2015-07-20	n/a	HermanMil	n/a	Herman Mil	CT142.60N	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{321211}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
5	Doors_15	miquelacq	2015-07-20	n/a	Doors_076	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{245286}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
6	Doors_35	miquelacq	2015-07-20	n/a	Doors_123	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{245568}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
7	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{250216}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
8	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252167}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
9	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252185}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
10	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252188}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
11	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252209}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
12	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252224}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
13	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252227}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
14	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252248}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
15	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252263}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
16	Duct Fittin	miquelacq	2015-07-20	n/a	Duct Fittin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{252266}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
17	Ducts	miquelacq	2015-07-20	n/a	Ducts_Defin	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{122021}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
18	Cadeira He	miquelacq	2015-07-20 23:40:70	11	Cadeira He	n/a	Herman Mil	AE500P	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{376535}	2002	n/a	n/a	n/a	n/a
19	M_Table-D	miquelacq	2015-07-20 23:40:20	11	M_Table-D	n/a	IST Carpin	2001	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{396612}	500	n/a	n/a	n/a	n/a
20	SST	miquelacq	2015-07-20 23:75:00	00	SST_Sens	n/a	Arcuity	SS700	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{270828}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
21	Camera_c	miquelacq	2015-07-20 23:85:30	11	Camera_c	n/a	Vicon	Surveyor H	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Autodesk {Autodesk}	{268255}	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Anexo 2.g

Folha de cálculo relativa às componentes. Esta folha não se encontra completa, apresentam-se as linhas relevantes para a tese, mais especificamente as linhas com os nomes “Cadeira de Teste” e “1001”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	TypeName	Space	Description	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	SerialNumber	InstallationDate	WarningStartDate	TagNumber	BarCode	AssetIdentifier	Area	Length	
29	M Single-Flush-miguelacc		2015-07-20	Doors_15	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	245502	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
30	Side opening E	miguelacc	2015-07-20	Doors_36	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	245581	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
31	M Single-Flush-miguelacc		2015-07-20	Doors_15	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	281099	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
32	M Single-Flush-miguelacc		2015-07-20	Doors_15	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	281117	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
33	M Single-Flush-miguelacc		2015-07-20	Doors_15	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	281134	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
34	M Single-Flush-miguelacc		2015-07-20	Doors_15	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	281139	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
35	M Single-Flush-miguelacc		2015-07-20	Doors_15	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	281146	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
36	M Single-Flush-miguelacc		2015-07-20	Doors_15	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	281160	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
37	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	250218	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
38	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252169	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
39	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252187	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
40	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252190	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
41	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252211	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
42	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252226	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
43	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252229	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
44	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252250	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
45	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252265	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
46	M Round Elbow-miguelacc		2015-07-20	Duct Fittin	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	252268	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
47	miguelacc		2015-07-20	Ducts	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	273636	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
48	Cadeira Teste	miguelacc	2015-07-20	Cadeira H2	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	376550	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
49	1001	miguelacc	2015-07-20	M Table-18	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	396633	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
50	1	miguelacc	2015-07-20	SSST	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	270843	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
51	2	miguelacc	2015-07-20	SSST	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	273413	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
52	3	miguelacc	2015-07-20	SSST	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	279720	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
53	1	miguelacc	2015-07-20	Camera c/n/a	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	268282	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
54	2	miguelacc	2015-07-20	Camera c/n/a	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	268566	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
55																		

Anexo 2.h

Folha de cálculo relativa aos sistemas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ComponentName	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description									
2	<unnamed	miguelacc	2015-07-20	n/a	1	Autodesk	Autodesk	268294	n/a									
3	Mechanica	miguelacc	2015-07-20	n/a	1	Autodesk	Autodesk	273638	n/a									

Anexo 2.i

Folha de cálculo relativa aos atributos. Esta folha não se encontra completa, apresenta-se apenas a informação relativa à cadeira de teste utilizada na tese. Os atributos a serem apresentados nesta folha podem ser editados na aplicação do Revit, o que reduziria consideravelmente o número de linhas que para todos os objetos selecionados é de 234.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	SheetName	RowName	Value	Unit	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	Description	AllowValues						
137	Area	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	371.7051	SQUARE	Autodesk	Autodesk	376534	n/a	n/a						
138	Area(Dim)	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1008	SQUARE	Autodesk	Autodesk	245165	n/a	n/a						
139	Base FmIs	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1027	n/a	Autodesk	Autodesk	246021	n/a	n/a						
140	Base of wr	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1033	MILLIMET	Autodesk	Autodesk	247057	n/a	n/a						
141	Base Price	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1001	n/a	Autodesk	Autodesk	281586	n/a	n/a						
142	Base Price	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1024	n/a	Autodesk	Autodesk	245938	n/a	n/a						
143	Base/Fran	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	Herman M	n/a	Autodesk	Autodesk	281610	n/a	n/a						
144	Base/Fran	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1029	n/a	Autodesk	Autodesk	246039	n/a	n/a						
145	Catalog	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	Seating	n/a	Autodesk	Autodesk	281579	n/a	n/a						
146	Catalog	Cc	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	HST	n/a	Autodesk	Autodesk	281590	n/a	n/a					
147	Category(C	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1011	n/a	Autodesk	Autodesk	245175	n/a	n/a						
148	Comments	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1002	n/a	Autodesk	Autodesk	1010106	n/a	n/a						
149	Depth(Dim	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1032	MILLIMET	Autodesk	Autodesk	246222	n/a	n/a						
150	Fabric(Mat	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1025	n/a	Autodesk	Autodesk	245940	n/a	n/a						
151	Family anc	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1013	n/a	Autodesk	Autodesk	245179	n/a	n/a						
152	Family(Ot)	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1012	n/a	Autodesk	Autodesk	245177	n/a	n/a						
153	Host	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	Level - Lev	n/a	Autodesk	Autodesk	1001363	n/a	n/a						
154	Host(Cons)	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1021	n/a	Autodesk	Autodesk	245916	n/a	n/a						
155	IfcExportA	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1004	n/a	Autodesk	Autodesk	245129	n/a	n/a						
156	IfcProperty	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1005	n/a	Autodesk	Autodesk	245131	n/a	n/a						
157	IfcTag	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1007	n/a	Autodesk	Autodesk	245135	n/a	n/a						
158	Image	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	1152385	n/a	n/a						
159	Length(Din	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1009	MILLIMET	Autodesk	Autodesk	245934	n/a	n/a						
160	Level	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	Level 5	n/a	Autodesk	Autodesk	1001352	n/a	n/a						
161	Level(Cons	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1018	n/a	Autodesk	Autodesk	245394	n/a	n/a						
162	Lumbar Kit	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	Herman M	n/a	Autodesk	Autodesk	376528	n/a	n/a						
163	Lumbar Kit	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	1030	n/a	Autodesk	Autodesk	246041	n/a	n/a						
164	Lumbar Or	miquelacq	2015-07-20	Approved	Component	Cadeira Te	n/a	n/a	Autodesk	Autodesk	376529	n/a	n/a						

Anexo 2.j

Folha de cálculo relativa às coordenadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	SheetName	RowName	Coordinate/Axis	Coordinate/Axis	Coordinate/Axis	ExtSystem	ExtObject	ExtIdentifier	ChecklineRotation	ElevationRotation	YawRotation			
2	Level 2 Lo	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Floor	Level 2	-664.4061	-9422.264	4000.0001	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
3	Level 2 Up	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Floor	Level 2	-664.4061	-9422.264	4000.0001	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
4	Level 1 Lo	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Floor	Level 1	-1292097.4	-14964.177	6954.9996	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
5	Level 1 Up	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Floor	Level 1	-1291275.4	-14232.373	6629.1988	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
6	Level 3 Lo	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Floor	Level 3	0	0	0	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
7	Level 3 Up	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Floor	Level 3	0	0	0	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
8	Level 5 Lo	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Floor	Level 5	-11159.351	-15214.224	7000.1039	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
9	Level 5 Up	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Floor	Level 5	-11159.351	-15214.224	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
10	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	1	-11151.511	-12616.662	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
11	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	1	-8551.511	-15216.664	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
12	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	2	-8228.578	-12832.924	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
13	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	2	-6208.578	-15332.924	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
14	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	3	-5991.377	-12827.925	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
15	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	3	-3978.578	-15332.924	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
16	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	4	-3334.082	-12630.865	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
17	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	4	-1339.080	-15335.865	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
18	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	5	-1426.976	-12627.745	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
19	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	5	-4141.376	-14987.744	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
20	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	6	-4564.761	-13929.728	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
21	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	6	-6364.7604	-15199.729	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
22	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	7	-4559.7592	-12624.730	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
23	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	7	-6359.7587	-13904.729	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
24	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	8	-6393.1526	-12624.822	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
25	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	8	-8548.1526	-14999.823	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
26	LowerLe	miquelacq	2015-07-20	Box-lower	Space	9	-8679.774	-13420.898	7000.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			
27	UpperRi	miquelacq	2015-07-20	Box-upper	Space	9	-9984.7786	-14920.898	3952.0002	Autodesk	Autodesk	Autodesk	0	0	0			





Anexo 2.i

Folha de cálculo relativa à PickList. Esta folha é a que possui mais linhas e colunas, apresentando-se apenas uma pequena parte. A folha é criada automaticamente e possui a estrutura da OmniClass utilizada, as unidades e outras palavras-chave a utilizar no preenchimento de células.

	A	B	C	D	E	
	Assembly/Assembly Type	Category-Connection	Category-Coordinate	Category-Document	Category-Element	
1						
2	Excluded	Control	Point	Certificates	21-01 00 00 Substructure	11-11 00 00 Assembly Facility
3	Fixed	Flow	Line-end-one	Client Requirements	21-01 10 Foundations	11-11 11 00 Convention and Exhibition Facility
4	Included	Return	Line-end-two	Closeout Submittals	21-01 10 10 Standard Foundations	11-11 11 11 Convention Center
5	Layer	Supply	Box-lowerleft	Contract Drawings	21-01 10 10 10 Wall Foundations	11-11 11 17 Conference Facility
6	Mix	Structural	Box-upperright	Contract Drawings	21-01 10 10 30 Column Foundations	11-11 14 00 Meeting Facility
7	Optional			Contract Modifications	21-01 10 10 90 Standard Foundation Supplementary Components	11-11 14 11 Club or Organization Building
8				Contract Specifications	21-01 10 20 Special Foundations	11-11 14 14 Ceremonial Hall
9				Design Data	21-01 10 20 10 Driven Piles	11-11 21 00 Entertainment Assembly Facility
10				Design Review Comment	21-01 10 20 15 Bored Piles	11-11 21 11 Cinema
11				Manufacturer Field Reports	21-01 10 20 20 Caissons	11-11 21 17 Performing Arts Facility
12				Manufacturer Instructions	21-01 10 20 30 Special Foundation Walls	11-11 21 17 11 Auditorium and Theater Facility
13				Operation and Maintenance	21-01 10 20 40 Foundation Anchors	11-11 21 17 14 Outdoor Theater
14				Preconstruction Submittals	21-01 10 20 50 Underpinning	11-11 21 21 Casino
15				Product Data	21-01 10 20 60 Raft Foundations	11-11 21 22 Theme Park
16				Punch List Items	21-01 10 20 70 Pile Caps	11-11 21 23 Fair or Circus Ground
17				Request for Information	21-01 10 20 80 Grade Beams	11-11 21 24 Race Track
18				Requests for Information	21-01 20 Subgrade Enclosures	11-11 21 24 11 Horse Racing Track
19				Samples	21-01 20 10 Walls for Subgrade Enclosures	11-11 21 24 14 Dog Racing Track
20				Shop Drawings	21-01 20 10 10 Subgrade Enclosure Wall Construction	11-11 21 24 17 Automobile Racing Track
21				Specifications	21-01 20 10 20 Subgrade Enclosure Wall Interior Skin	11-11 21 27 Arena
22				Test Reports	21-01 20 10 90 Subgrade Enclosure Wall Supplementary Components	11-12 00 00 Education Facility
23					21-01 40 Slabs-On-Grade	11-12 11 00 Daycare or Preschool Facility
24					21-01 40 10 Standard Slabs-on-Grade	11-12 11 11 Daycare Facility
25					21-01 40 20 Structural Slabs-on-Grade	11-12 11 14 Preschool Facility

Anexo 3

Neste anexo apresenta-se Matriz de Responsabilidade da COBie. Foram adicionadas duas colunas que representam o correto preenchimento das células. A legenda destas duas colunas adicionadas apresenta-se de seguida.

Cor	Designação	Descrição
	Informação correta	As células estão preenchidas de acordo com o que seria de esperar
	Informação em falta	Não existe um correto preenchimento das células, logo a informação é apresentada como "n/a"
	Parcialmente correta	A coluna correspondente encontra-se parcialmente preenchida
	Informação inexistente	A célula encontra-se vazia, não existe o código "n/a"

Apresenta-se de seguida a Matriz de Responsabilidade obtida.

Anexo 4

