

 M 2015

**U. PORTO**  
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

# DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS BIM DE APOIO AOS TRABALHOS CONSTRUTIVOS DE MEDIÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO

**BRUNO MIGUEL LOURENÇO FERREIRA**  
DISSERTAÇÃO DE Mestrado APRESENTADA  
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
ÁREA CIENTÍFICA

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e Irmão...

*“Na ciência, o crédito vai para o homem que convence o mundo de uma ideia, não para aquele que a teve primeiro”*

*William Osler*



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, o Professor João Poças Martins, um agradecimento pelo interesse manifestado e motivação na realização desta dissertação e pela disponibilidade que teve ao longo destes meses.

À empresa bimTEC por todo o apoio prestado e pelo total à vontade com que me receberam e disponibilizaram um espaço e recursos durante alguns dias para fomentar as bases deste trabalho. À Trimble pelas licenças disponibilizadas do Vico Office.

De forma muito especial aos meus pais, pelo apoio, paciência e amor incondicional ao longo destes anos de formação académica permitindo alcançar este patamar na minha vida.

Ao meu irmão, pela amizade e amor que partilhamos à nossa exclusiva maneira.

Aos meus amigos, aos verdadeiros amigos.

Aos meus colegas de faculdade com quem tive o prazer de partilhar muitos momentos de alegria e que contribuíram nos momentos mais complicados do curso para que esses fossem ultrapassados.

Aos meus familiares por todo o carinho. Aos restantes amigos que de uma forma ou outra me vão foram acompanhando ao longo destes anos.



## **RESUMO**

A complexidade dos trabalhos inerentes à indústria da construção tem vindo constantemente a aumentar. Para conseguir dar resposta a estas situações, é fundamental que o sector acompanhe os desenvolvimentos tecnológicos que despontam no mercado, com o intuito de proporcionar aos seus intervenientes novas metodologias e ferramentas de trabalho para a obtenção de resultados finais cada vez mais satisfatórios. Todos os processos inerentes a essa evolução têm um núcleo comum: BIM. Este é um conceito que oferece inúmeras vantagens e a sua utilização tem vindo continuamente a aumentar, muito devido ao facto do sucesso que lhe vai sendo reconhecido pelos seus usuários.

Este trabalho pretende aferir acerca da utilização da metodologia BIM no âmbito de trabalhos construtivos relacionados com medição e orçamentação.

Começou-se por efetuar uma retrospectiva acerca do conceito BIM explorando as suas vantagens e a forma como este pode colmatar algumas das lacunas existentes no setor da construção civil. Em seguida são analisados os processos e as informações a ter em conta no seio de uma análise de modelos BIM para fins de medição e orçamentação, sendo posteriormente realizado um caso de estudo com suporte nos softwares Revit 2014 e no Vico Office, com o objetivo de explorar todas as suas potencialidades no âmbito dos trabalhos citados.

A compreensão da forma como a informação é explorada ao longo dos processos de medição e orçamentação é o conceito primordial desta dissertação.

**PALAVRAS-CHAVE:** BIM, Modelo 5D, Orçamentação, Medição, Informação





## **ABSTRACT**

The inherent complexity of the construction industry work has been constantly increasing. To get to address these situations, it is essential that the sector follow the technological developments that stand out in the market in order to provide stakeholders with new methodologies and tools to obtain increasingly final results satisfactory. All processes inherent to these developments have a common core: BIM. This is a concept that offers numerous advantages and its use has been continuously increasing, much because of the success that it is being recognized by its users.

This work intends to assess on the use of BIM methodology within construction work related to measurement and budgeting.

It began by making a retrospective about the BIM concept exploring its advantages and how it can fill the gaps in the construction sector. Analysing the processes and the information to be considered within a BIM models analysis for measuring and budgeting purposes, and subsequently performing a case study with support in Revit 2014 software and Vico Office, in order to explore its full potential under the cited works.

The understanding of how the information is used throughout the processes of measuring and budgeting is the primordial concept of this dissertation.

**KEYWORDS:** BIM, 5D Model, Budgeting, Measuring, Information



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAS .....	1
1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS .....	1
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	2
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	3
2.1. ENQUADRAMENTO BIM .....	3
2.2. MODELO TRADICIONAL VS MODELO BIM .....	4
2.3. GESTÃO DA INFORMAÇÃO .....	6
2.4. DIMENSÃO DO MODELO .....	7
2.5. REDEFINIÇÃO DAS PRÁTICAS DE TRABALHO .....	9
2.6. INTEROPERABILIDADE .....	10
2.7. IFC – INDUSTRY FOUNDATION CLASSES .....	11
2.8. NÍVEIS DE IMPLEMENTAÇÃO .....	11
2.9. LOD – NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO .....	13
2.10. BENEFÍCIOS BIM .....	14
2.11. OBSTÁCULOS BIM .....	15
<b>3. BIM PARA EMPREITEIROS</b> .....	17
3.1. INTERNACIONALIZAÇÃO .....	17
3.1.1. UNIÃO EUROPEIA .....	18
3.1.2. REINO UNIDO .....	18
3.1.3. BRASIL .....	19
3.2. EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES (CCP) .....	19
3.3. PRINCIPAIS PROCESSOS .....	19
3.3.1. MEDIÇÕES .....	20
3.3.2. ORÇAMENTAÇÃO .....	20

3.3.3. PLANEAMENTO .....	21
3.3.4. ACOMPANHAMENTO .....	22
3.3.5. QUALIDADE.....	22
<b>4. METODOLOGIAS BIM DE ANÁLISE DE CUSTOS .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>24</b>
4.2.1. UNIFORMAT .....	24
4.2.2. MASTERFORMAT .....	24
4.2.3. OMNICLASS .....	24
<b>4.3. MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES .....</b>	<b>25</b>
<b>4.4. REQUISITOS DO MODELO .....</b>	<b>26</b>
<b>4.5. SISTEMAS DE GESTÃO BIM .....</b>	<b>26</b>
<b>5. CASO DE ESTUDO – SIMULAÇÃO DE UM MODELO 5D .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1. ESCOLHA DO MODELO .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>31</b>
<b>5.3. DESCRIÇÃO DE TAREFAS E QUANTIDADES .....</b>	<b>32</b>
<b>5.4. ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DE ALTERAÇÕES .....</b>	<b>34</b>
<b>5.5. GESTÃO DE CUSTOS .....</b>	<b>36</b>
<b>5.6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>6.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....</b>	<b>41</b>
6.1.1. ÂMBITO GERAL .....	41
6.1.2. MEDIÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO.....	41
6.1.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	42
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Fig. 1 – BIM no ciclo de vida de um edifício.....	4
Fig. 2 – BIM no ciclo de vida do edifício (site IGS – Innovative Growth Solutions) .....	5
Fig. 3 – Dimensões BIM (site Ariosteo).....	7
Fig. 4 – Método Tradicional vs IPD .....	10
Fig. 5 – Curva de MacLeamy (adaptado de (CURT, 2004)) .....	11
Fig. 6 – Níveis Implementação BIM (CBE, R.S., 2013) .....	13
Fig. 7 – Diferenças entre LOD (BIMForum, 2013) .....	14
Fig. 8 – Enquadramento Sistemas Classificativos nas Fases de Projeto .....	25
Fig. 9 – Divisão de Processos no software VICO .....	28
Fig. 10 – Modelo Utilizado no Caso de Estudo .....	32
Fig. 11 – Importação Ficheiro Excel no Vico.....	32
Fig. 12 – Representação dos Elementos do Modelo .....	33
Fig. 13 – Editor de Recolha de Informação.....	34
Fig. 14 – Definição da Folha de Custos .....	35
Fig. 15 – Relatório Comparativo.....	36
Fig. 16 – Orçamento Máximo .....	37
Fig. 17 – Representação de parte do diagrama em árvore .....	37
Fig. 18 – Gestão de Custos e Modelo 3D .....	38
Fig. 19 – Definição do Modelo Uniformat no Excel .....	49
Fig. 20 – Exportação do Modelo do Revit para o Vico.....	49
Fig. 21 – Ativação do Modelo no Vico.....	50
Fig. 22 – Ambiente Vico .....	50
Fig. 23 – Importação de Dados e Preenchimento Automático no <i>Cost Planner</i> .....	51
Fig. 24 – Relatório Comparativo do Plano de Custos .....	51
Fig. 25 – Relatório Comparativo entre o Planeado e o Desejado.....	52
Fig. 26 – Relatório Comparativo de Custos e Quantidades.....	52
Fig. 27 – Diagrama em Árvore de Análise de Custos .....	53



## **SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

CAD – Computer Aided Design

BIM – Building Information Modeling

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

IPD – Integrated Project Delivery

NIST – National Institute of Standards and Technology

bSa – buildingSMART Alliance

IAI – International Alliance for Interoperability

IFC – Industry Foundation Classes

PME – Pequenas e Médias Empresas

LOD – Level of Development

AIA – the American Institute of Architects

I&D – Investigação e Desenvolvimento

EU – União Europeia

UK – United Kingdom

COBie – Construction Operations Building Information Exchange

PBM – Plano Brasil Maior

CCP – Código dos Contratos Públicos

CPM – Critical Path Method

LOB – Line of Balance

CSI – Construction Specifications Institute

CSC – Construction Specifications Canada

MTQ – Mapa de Trabalhos e Quantidades

LNEC – Laboratório de Engenharia Civil





# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos tempos correntes, as novas tecnologias desempenham um papel vital praticamente na globalidade das indústrias visto que são elas a chave da evolução, não só numa perspectiva de conceber novos produtos, mas também do ponto de vista da otimização das tecnologias já existentes. A indústria da construção não foge à regra e, também esta tem vindo a evoluir constantemente e a beneficiar em larga escala destes avanços, sempre com o objetivo de proporcionar a esta um melhor desempenho global com vista à obtenção de resultados finais cada vez mais satisfatórios.

A adaptação do setor da construção a novas tecnologias já passou por uma revolução quando se deixaram os desenhos em papel e passaram a usar as ferramentas CAD. Neste prisma, é possível afirmar que uma nova reviravolta se aproxima no seio desta indústria com a implementação das metodologias BIM (*Building Information Modeling*). Esta mudança de paradigma representa uma completa rotura com os processos tradicionais, o que por si só permite considerar que os desafios que se avizinham são bastante maiores do que aqueles que foram necessários ultrapassar na introdução da era CAD.

Os modelos BIM oferecem potencialidades a todos os níveis dos processos construtivos, nomeadamente na modelação tridimensional, na automatização das medições, no planeamento de obra e na orçamentação e gestão de custos de uma obra.

### 1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

Cada vez mais, as indústrias são confrontadas com necessidades de incremento das suas eficiências de produtividade. De forma geral, a tendência é uma resposta positiva a estes desafios, contudo, há exceções, nomeadamente a indústria da construção civil. À medida que o tempo foi passando, a indústria foi perdendo produtividade ao contrário das restantes.

O descrédito, a falta de confiança e o descontentamento dos utilizadores foi crescendo. Torna-se fundamental procurar novos métodos e novas soluções para inverter tanto a produtividade como os fatores relacionados com a credibilização da indústria da construção em geral. O surgimento das ferramentas BIM parecem ser o ponto de viragem para que o setor volte a crescer e conquiste novamente o destaque que durante muitos anos teve no âmbito das indústrias no geral. Para tal é necessário que o setor acompanhe os constantes progressos desta nova metodologia que já é usada em muitas outras indústrias.

A constante evolução do BIM fornece aos intervenientes no processo construtivo inúmeras possibilidades, nomeadamente do ponto de vista da análise e partilha de dados. Esta é a base para que os modelos BIM mais ambiciosos sejam exequíveis e potenciados em todas as suas capacidades.

A presente dissertação, tendo em conta algumas das lacunas existentes no setor e as oportunidades oferecidas pelo BIM, pretende explorar os conceitos de medição e orçamentação numa perspetiva de desenvolvimento de metodologias de apoio à utilização de ferramentas BIM no âmbito de trabalhos de construção de medição e orçamentação.

### **1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

A estrutura da dissertação dividida em seis capítulos, sendo que neste primeiro apenas se pretende fazer uma breve introdução ao tema e descrever os objetivos do trabalho.

No segundo capítulo é apresentado o estado de arte onde é efetuada uma exposição acerca dos conceitos BIM, as suas diferenças em relação às metodologias tradicionais e as vantagens em relação à sua implementação.

O capítulo seguinte tem como foco a análise dos benefícios da metodologia anteriormente descrita no ponto de vista do empreiteiro e segundo os principais processos nos quais é interveniente principal.

O capítulo número quatro tem como objetivo a análise do modo como um modelo 5D pode ser criado, os seus pré-requisitos e a forma como a informação é partilhada entre as ferramentas que o permitem definir. É feita também uma apresentação das potencialidades do *software* utilizado no caso de estudo.

O quinto capítulo é a parte mais prática desta dissertação dado que é desenvolvida a simulação de um modelo 5D, aplicando todos os conceitos até então explorados. Os resultados são depois analisados com o objetivo de definir uma metodologia de trabalhos para a criação de modelos semelhantes.

No sexto e último capítulo é feita uma conclusão acerca do trabalho desenvolvido e são apresentados desenvolvimentos futuros no seguimento dos temas explorados nesta dissertação.

# 2

## ESTADO DA ARTE

### 2.1. ENQUADRAMENTO BIM

Nesta adaptação da indústria à era digital, surgem numa primeira fase as ferramentas CAD (*Computer Aided Design*) de duas dimensões, evoluindo-se mais tarde para os modelos tridimensionais que, no entanto, eram baseados em informação bidimensional. Mais recentemente, despontam no mercado, programas de modelação e simulação do processo construtivo e operacional de uma infraestrutura, denominados modelos BIM (*Building Information Modeling*), ou em português, Modelos de Informação da Construção.

Apesar do conceito BIM já existir há bastante tempo, apenas nestes últimos anos o sector da construção tem encarado de forma mais consciente que, decididamente, é este o caminho a seguir para tornar esta indústria mais simplificada e eficiente (Arayici, Y. [et al.], 2011).

*Building Information Modeling* (BIM) representa uma nova abordagem à gestão da informação da construção, não se limitando apenas à implantação de nova tecnologia mas sim à adoção de novos fluxos de trabalho, havendo uma mudança acentuada de paradigma face à metodologia tradicional.

Enquanto no processo mais corrente os elementos das infraestruturas são representados através de linhas, formas e textos, com os modelos BIM os elementos passam a ter significado acrescido pois têm propriedades associadas. Para além dos parâmetros geométricos (comprimento, largura e altura), é ainda possível especificar as restantes características como por exemplo, o material, a trama e as propriedades térmicas e acústicas.

É corrente confundir-se modelos BIM com representações 3D. BIM não é uma mera representação tridimensional, é um processo integrado, construído com base em informações coordenadas e confiáveis sobre um projeto, desde a sua conceção até à sua construção e operação. Idealmente o BIM deve ser considerado como todo o processo de troca, reutilização e controle da informação do projeto que vai sendo gerada durante o seu processo e não apenas um simples modelo de informação (Ham, N.-H. [et al.], 2008). De facto, apesar de um modelo tridimensional poder impressionar e despontar um interesse imediato, nomeadamente no dono de obra, é na letra “I” de informação da sigla BIM, que reside a mais-valia desta metodologia. Esta diferente abordagem à produção, gestão e partilha da informação do ciclo de vida da construção, faz deste processo a base de toda esta profunda reforma a decorrer no âmbito da indústria da construção.



Fig. 1 – BIM no ciclo de vida de um edifício – adaptado de (Engineering, G., 2014)

Os modelos BIM representam um significativo progresso no que diz respeito à qualidade de todo o processo construtivo, devido ao facto destes proporcionarem uma melhoria substancial da colaboração entre todos os intervenientes. Esta nova abordagem permite um aumento da definição do projeto, redução de incompatibilidades, erros e omissões e aperfeiçoamento dos processos de planeamento, prazos e orçamentação, sendo estes muito mais rigorosos e fiáveis do que aqueles até aqui usados.

## 2.2. MODELO TRADICIONAL VS MODELO BIM

Por toda a indústria AEC a nível mundial, urge a necessidade de incrementar a eficiência, a produtividade e a qualidade da mesma, bem como a redução dos custos de projeto e prazos de entrega. No entanto, e apesar dos modelos BIM surgirem como um dos mais promissores desenvolvimentos para colmatar estas necessidades, a indústria da construção continua algo relutante em relação à implementação desta tecnologia nos seus serviços (Takim, R. [et al.], 2013).

Um dos mais comuns problemas associado à metodologia tradicional é o considerável tempo e custo despendido para gerar informação crítica sobre um determinado projeto, incluindo estimativas de custos, análises energéticas, detalhes estruturais, entre outros. Estas análises são normalmente deixadas para o fim, quando já é demasiado tarde para fazer importantes alterações (Eastman, C. [et al.], 2011).

É unanimemente reconhecido na indústria da construção que, a maioria dos erros associados à mesma, independentemente da fase da obra em questão, provém da carência de comunicação entre os

participantes. Este é um problema que se alastra já há largos anos e que tem vindo a tornar esta indústria cada vez menos competitiva, devido ao facto desta carecer de uma estrutura que seja capaz de gerir e coordenar a abundante e complexa informação produzida pelos intervenientes (Ford, S. [et al.], 1995).

O BIM conecta de forma dinâmica o projeto, a análise e a documentação de processos. Este novo modelo de construção provoca alterações não só na forma como os participantes intervêm no processo construtivo mas também na fase do projeto em que começam a trabalhar. Deste modo, assume-se que é na fase de projeto detalhado que o esforço do engenheiro passa a ser mais elevado, dado que é onde a relação entre a otimização do desempenho do projeto e o custo de alterações ao mesmo é mais favorável. Esta abordagem permite passar mais tempo a avaliar cenários hipotéticos, com vista à definição da melhor solução possível, para que as alterações ao modelo sejam as mais pontuais e simples possíveis.

Neste prisma, salienta-se o IPD (*Integrated Project Delivery*), no português, Metodologia de Projeto Integrado, que é uma abordagem de entrega de projetos que integra pessoas, sistemas e estruturas e práticas empresariais num processo que agrega talentos e ideias de todos os participantes, com vista à obtenção de resultados de projeto otimizados através de uma maximização da eficiência durante todas as fases de projeto, fabricação e construção (Eckblad, S. [et al.], 2007)

IPD é baseado numa colaboração respeitosa e de confiança entre todas as partes, focada nos resultados do projeto ao invés dos objetivos individuais de cada participante. É imperial que seja formada uma equipa onde para além da necessária competência, exista também uma atmosfera congruente de comunicação e de colaboração.

Relativamente às funções dos principais participantes é de salientar que, apesar do modelo em análise assentar numa ideologia de integração em que a responsabilidade é partilhada por todos os intervenientes, isso não significa que não haja trabalhos que tenham de ser desenvolvidos e responsabilizáveis individualmente, até porque os membros não vão estar presentes no mesmo número em todas as fases das atividades. Estas individualizações de tarefas e responsabilidades são claramente definidas o mais cedo possível por parte da equipa de projeto. A Figura 4 compara o método tradicional de entrega de projetos com o IPD no que diz respeito ao tempo de conclusão da obra.

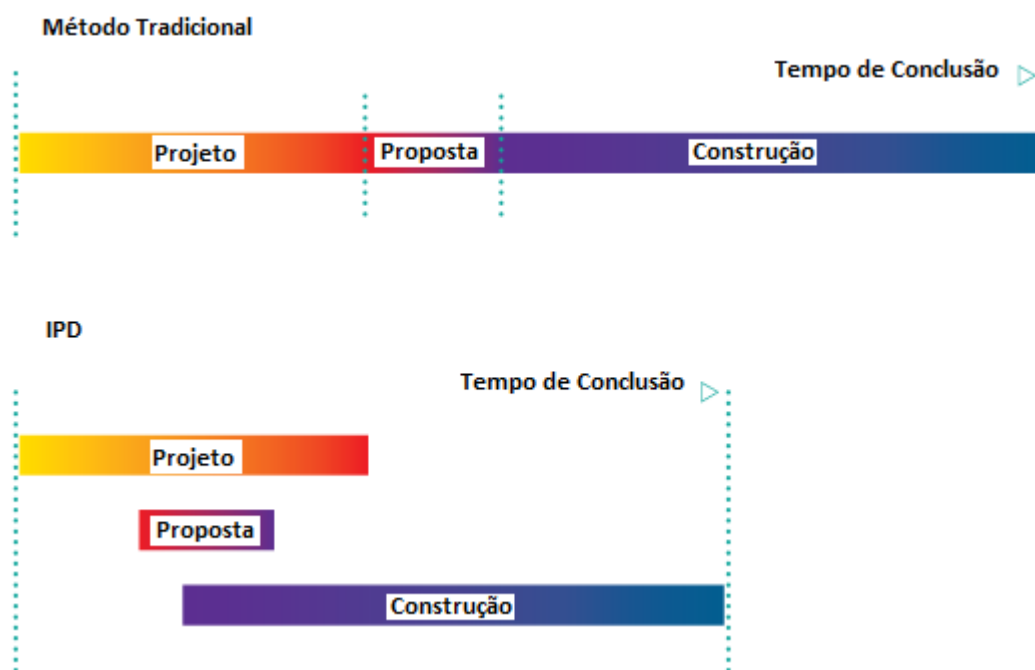


Fig. 2 – Método Tradicional vs IPD – adaptado de (Design, r., 2013)

A utilização conjunta do IPD e das metodologias BIM é fortemente aconselhável dado que o IPD produz o ambiente perfeito no qual se pode usufruir de todo o potencial das ferramentas BIM. Esta conjugação entre os métodos supracitados permite melhorar o fluxo da informação durante o ciclo de vida da obra, funcionando os modelos BIM como único repositório da informação sendo que o IPD assegura uma interação contínua entre todos os intervenientes no processo construtivo, mantendo o fluxo de informação ininterrupto (Gequaltec, 2011c)

### 2.3. GESTÃO DA INFORMAÇÃO

BIM é uma metodologia que assenta no processo de geração e gestão de informação coordenada, consistente e monitorizável por todos os intervenientes no processo construtivo durante o seu projeto, construção e período de vida útil. Para tal, é necessário a existência de um repositório dinâmico de informação, isto é, uma base de dados partilhada por todos os intervenientes com o objetivo de centralizar numa só fonte toda a informação existente da construção. “*One time only from one place only*” (Haug, D., 2014).

As referidas bases de dados comportam todos os projetos associados ao empreendimento, assim como toda e qualquer outra informação – planeamento, orçamentação, características geométricas, físicas e funcionais, entre outras (Eastman, C. [et al.], 2011).

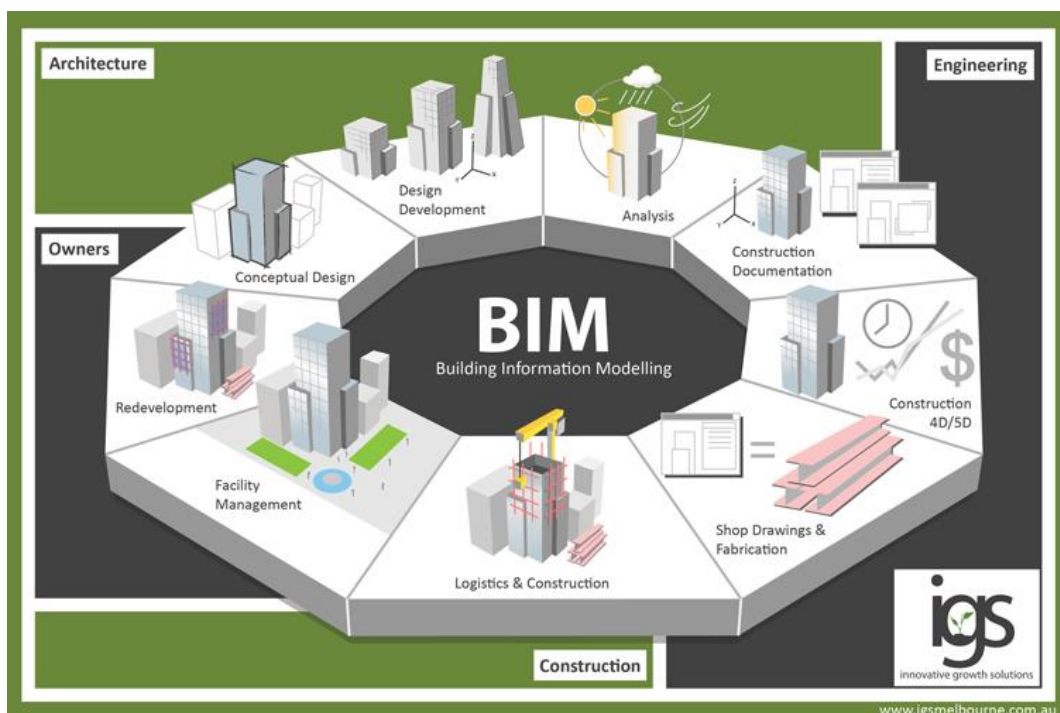


Fig. 3 – BIM no ciclo de vida do edifício – adaptado de (solutions, i.g., 2013)

O facto da informação se encontrar compilada desta forma, permite que se procedam a trocas e partilhas de dados fiáveis entre as parte envolvidas no processo, havendo assim uma rotura total com a metodologia tradicional.

Uma das maiores vantagens desta total interligação é o facto de as alterações serem processadas em tempo real, não havendo lugar a propagação de erros. Esta abordagem permite detetar e corrigir incorreções e omissões em qualquer fase da obra de uma maneira mais expedita e eficaz. Este aperfeiçoamento no fluxo de informação é efetivamente fulcral pois permite que esta se mantenha coordenada, atualizada e disponível a qualquer momento para qualquer interveniente. No entanto, é fundamental que esta informação possa ser filtrada e disponibilizada com a respetiva maturidade necessária no momento certo, isto é, conforme determinada fase do processo e partes participantes em questão, o nível de detalhe exigido vai variando. Assim, é possível concluir que os modelos BIM proporcionam uma informação concisa e objetiva sobre determinado assunto, em qualquer local e a qualquer momento.

## 2.4 DIMENSÃO DO MODELO

O aumento da complexidade dos projetos exige que também os modelos BIM sejam cada vez mais criteriosos e desenvolvidos, de modo a proporcionar aos utilizadores uma panóplia sucessivamente mais alargada de recursos, com vista à total incorporação do processo construtivo num modelo BIM. Assim, e dada a constante evolução em que os modelos se encontram, vão sendo acrescentadas novas dimensões, pelo que estes são considerados multidimensionais, designando-se modelos “nD”.

Como já foi anteriormente referido, surgem numa primeira fase apenas os modelos tridimensionais mas, devido ao desenvolvimento dos recursos tecnológicos dos BIM, novas dimensões puderam ser exploradas. Assim, e considerando o panorama mundial atual, os BIM mais ambiciosos surgem como

modelos 6D, sendo 3D as dimensões clássicas do espaço euclidiano, 4D o tempo e 5D os custos (Love, P.D. [et al.], 2011).

Relativamente à dimensão 6D, é de salientar que ainda não há um consenso quanto aquilo que esta deve representar. Uma primeira abordagem designava o 6D como sendo a gestão das instalações mas, mais recentemente, surge no seio da comunidade BIM uma discussão relativa a este aspeto que tem por base a opinião de alguns membros de que o 6D deve ser definido como a sustentabilidade e o 7D como a gestão das instalações. Visto que existem opiniões diferentes acerca do assunto em causa e dado que este ainda se encontra em fase prematura de desenvolvimento, a análise a seguir apresentada tem por base a ideia inicial que define o 6D como gestão das instalações.

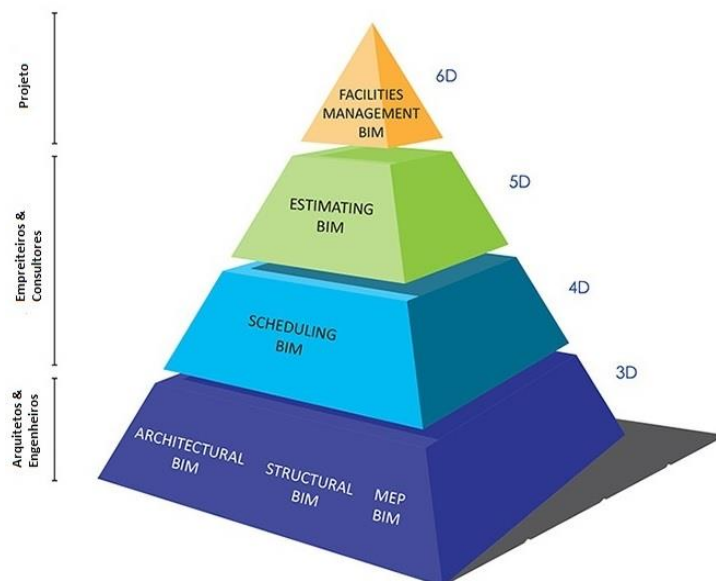


Fig. 4 – Dimensões BIM – adaptado de (Gupta, S.K., 2014)

Com intuito de uma melhor compreensão das dimensões BIM, procede-se em seguida a uma análise mais objetiva às dimensões extra que esta metodologia permite incorporar.

#### 4D – Planeamento

Esta dimensão permite aos intervenientes extrair e visualizar o progresso de todas as atividades a decorrerem durante a duração do processo construtivo.

Uma das vantagens que os modelos BIM possuem é o facto das quantidades destes extraídos, permitirem um planeamento de atividades mais preciso. Sabendo para cada componente a quantidade de trabalho necessária e a produtividade das equipas incumbidas de o realizar, é possível definir com maior rigor a duração da construção. O modelo pode também incluir componentes temporárias tais como, gruas, vedações, elevadores, entre outros. Analisando o plano de atividades, é possível definir o caminho crítico e a dependência de umas atividades com outras.

Com base na metodologia de informação disponibilizada em tempo real, à medida que o projeto vai avançando e que as alterações vão surgindo, os modelos BIM permitem ir fazendo os ajustes necessários no decorrer da obra e automaticamente conseguem identificar as mudanças que vão ter impactos não só no caminho crítico mas também no prazo geral de entrega da obra.



Para além disso, dado que o modelo BIM inclui geometria, é possível associar localizações às tarefas, o que é essencial para se poder utilizar técnicas de planeamento como é o caso das linhas de balanço que podem ser definidas como um método gráfico de calendarização do fluxo de trabalho onde se representam os diferentes tipos de atividades executados pelas várias equipas de trabalho nas diferentes localizações da obra.

### **5D – Custos**

Este é o tema fulcral desta dissertação pelo que, uma análise mais aprofundada sobre o assunto será feita nos seguintes capítulos. Nesta fase, apenas importa salientar os aspetos chave desta metodologia.

O uso de 5D tem como objetivo primordial fazer estimativas orçamentais mais precisas e confiáveis. Os modelos criados fornecem métodos para extrair e analisar custos e também para avaliar diferentes cenários e os impactos das suas alterações.

Simultaneamente, esta dimensão fornece o mecanismo que permite perceber onde ocorrem custos significativos e ainda a sua localização na linha temporal.

### **6D – Gestão de Instalações**

A tecnologia 6D é usada para a operação e manutenção das instalações ao longo do seu ciclo de vida. O modelo permite conter todos os dados dos componentes utilizados, tais como, o seu estado, especificações, garantias, manuais de operação e manutenção, entre outros.

Este repositório de informação será útil ao longo de todo o período de exploração do empreendimento já que por exemplo, elimina os problemas relativos à perda dos manuais de operação e manutenção dos elementos, e facilita a localização e extração de informação relevante sobre um determinado componente, com vista à sua reparação ou substituição.

## **2.5. REDEFINIÇÃO DAS PRÁTICAS DE TRABALHO**

É cada vez mais unânime o conceito de que quanto maior for o investimento financeiro na fase de projeto e quanto mais o pico de esforço se centrar na fase de conceção, menores serão os erros e omissões existentes no mesmo. Ainda que estes possam não ser totalmente dissipados, os custos das alterações são tanto maiores quanto mais avançada for a fase em que se efetuam. Este conceito é usualmente evidenciado através da curva de MacLeamy (Fig. 5) que se encontra em seguida representada.

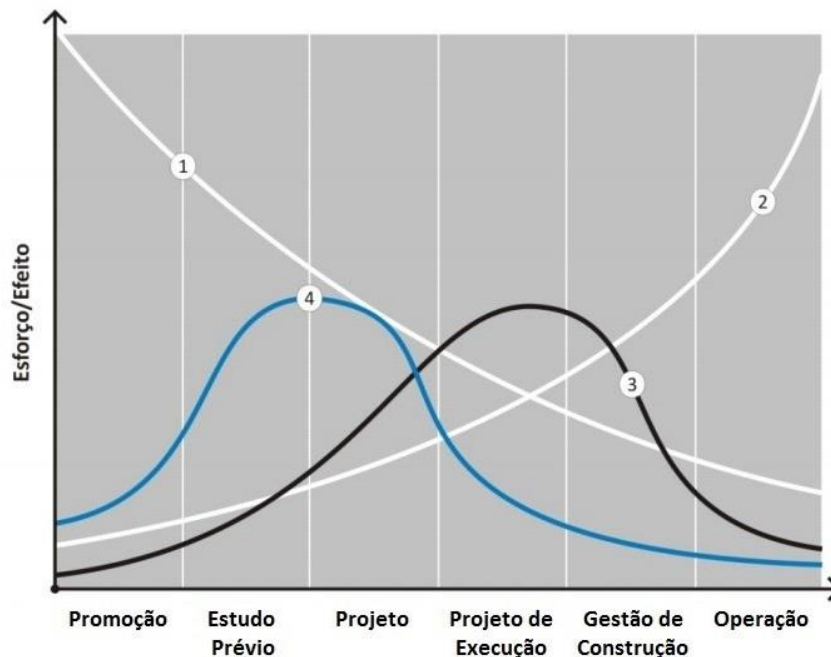


Fig. 5 – Curva de MacLeamy (adaptado de (CURT, 2004))

A curva de MacLeamy ilustra a relação entre o esforço/efeito durante as sucessivas fases do processo construtivo, sendo que cada linha tem um significado diferente e representa (CURT, 2004):

- **Linha 1:** A substancial perda de capacidade de uma determinada equipa para causar impacto em variáveis como o custo, o planeamento e as capacidades funcionais do projeto;
- **Linha 2:** O fluxo dos custos devido à realização de alterações no projeto;
- **Linha 3:** A distribuição de esforço num processo tradicional, quando a informação é desenvolvida substancialmente na fase de documentação de construção;
- **Linha 4:** Uma sugestão de uma nova distribuição do esforço de conceção num modelo de processo integrado onde a informação é reunida e documentada numa fase preliminar, através da colaboração de todos os intervenientes.

## 2.6. INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade define-se como a capacidade de troca de dados de forma recíproca entre sistemas heterogêneos, que permitem dinamizar os fluxos de trabalho e facilitar a sua automação (Eastman, C. [et al.], 2011).

A interação entre sistemas é crucial para que a abordagem BIM seja bem sucedida, já que a partilha de informação que estes modelos têm por base, está dependente do nível de interoperabilidade que os sistemas possuem entre si, dado que nem todos os intervenientes no processo construtivo utilizam os mesmos softwares. De facto, este tema é uma das principais preocupações para as empresas que estão a implementar o BIM, dado que não sabem em que medida a interoperabilidade os vai tornar mais competitivos. Assim, segundo (Grilo, A. and Jardim-Goncalves, R., 2010) a interoperabilidade trazida pelo BIM pode ser definida em cinco parâmetros, comunicação, coordenação, cooperação, colaboração e canais de distribuição. Estes acrescentam valor ao processo em análise ao nível da eficiência, da diferenciação e da inovação.

É de salientar que em 2004, é publicado um estudo da *National Institute of Standards and Technology* (NIST) dos E.U.A, onde se demonstra que a falta de interoperabilidade custa à indústria da construção civil 16 mil milhões de dólares anuais. Fica então demonstrado qual é um dos maiores entraves ao desenvolvimento na indústria AEC.

## 2.7. IFC – *INDUSTRY FOUNDATION CLASSES*

A *buildingSMART Alliance* (bSa), fundada em 2006 como expansão da *International Alliance for Interoperability* (IAI), surge na indústria da construção com o objetivo de colmatar uma lacuna existente no que diz respeito à padronização da informação nesta indústria. Como resultado do seu trabalho, este grupo ajudou a estabelecer o *Industry Foundation Classes* (IFC), que define eletronicamente todos os aspetos dos elementos de um edifício, ao longo do seu ciclo de vida, num formato que possa ser partilhado entre diversas aplicações (McGraw-Hill, C., 2014)

O *Industry Foundation Classes* é um modelo de dados não proprietário, que pretende suportar a interoperabilidade entre sistemas. Este representa os componentes tangíveis da construção, tais como portas, paredes, pilares, vigas, janelas, entre outros, bem como entidades mais abstratas tais como horários, espaços, custos de construção e organização (Ferreira, B. [et al.], 2012). A principal vantagem do uso do modelo supracitado prende-se com o facto de que este, ao contrário de outros formatos de ficheiros, permite salvaguardar toda a informação BIM durante a transferência de dados, isto é, não só preserva a descrição geométrica 3D, como também conhece a localização de cada objeto, as suas relações e todas as suas propriedades individuais.

O IFC designa assim um formato universal para representação dos produtos da construção e troca de dados entre sistemas que, não sendo ainda um formato de interoperabilidade *standard*, é já recorrente a utilização das especificações IFC nas aplicações BIM mais correntes (de Sousa, H. [et al.], 2011)

## 2.8. NÍVEIS DE IMPLEMENTAÇÃO

A Figura 6 representa os níveis de implementação BIM no Reino Unido. Estes evidenciam o grau de utilização desta metodologia no âmbito do processo construtivo, sendo que a definição dos seus níveis entre 0 e 3 tem como propósito a criação de técnicas e trabalhos colaborativos e a sua respetiva descrição e compreensão (Group, B.I.W., 2011). A produção destes níveis serve também para que as empresas, independentemente do nível de implementação em que se encontrem, tenham uma visão global do seu enquadramento na utilização das capacidades BIM. Realce-se que devido ao facto da mudança de nível 0 para nível 3 ser bastante acentuada, é recomendável que o processo de integração BIM seja feito de forma cautelosa sem transpor nenhuma fase.

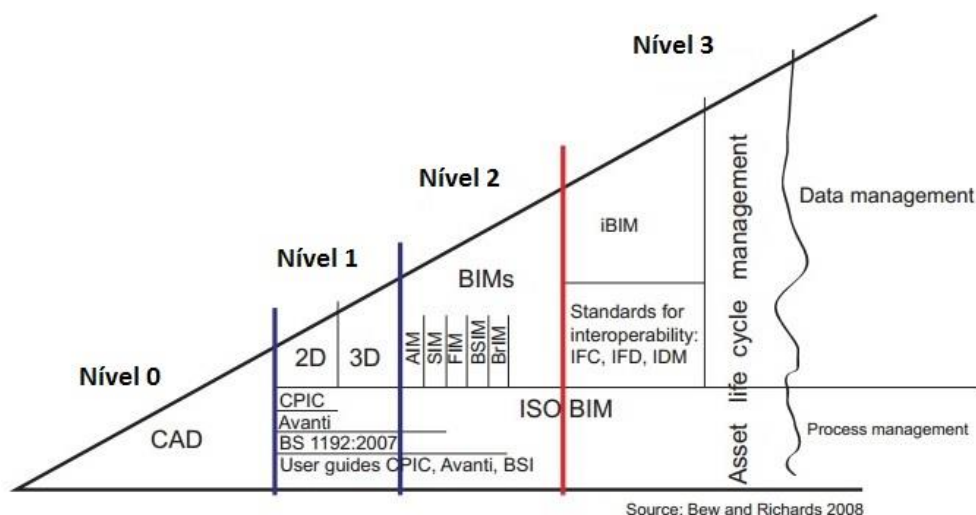


Fig. 6 – Níveis Implementação BIM (CBE, R.S., 2013)

Com base na figura 6, os níveis definidos apresentam as seguintes características (Sinclair, D., 2012):

**Nível 0** – Utilização de 2D CAD para a produção de peças desenhadas

**Nível 1** – Utilização por parte de apenas um interveniente e de forma limitada, usualmente para apresentar o projeto ao cliente ou para verificações de coordenação por parte do empreiteiro logo durante a fase de projeto. Apesar da falta de integração, este nível representa um importante passo na minimização de resíduos e ineficiência.

**Nível 2** – Existe a produção de modelos 3D com informação por parte dos intervenientes das especialidades mais importantes, contudo esses modelos não coexistem num só. É necessária a mudança de paradigma para um trabalho colaborativo com equipas integradas e com novos métodos de abordagem.

**Nível 3** – Processo totalmente aberto com a integração de dados fornecido por um ambiente digital colaborativo, em conformidade com os *standards* exigidos, regido por um único modelo. Na evolução do nível 2 para o 3, o desafio no uso de um modelo único não é o uso colaborativo de informação mas sim a capacidade de aproveitar a informação relevante conforme a necessidade o exija

Fazendo a ponte com o panorama nacional, podemos considerar que os níveis de implementação de BIM variam entre os dois níveis mais baixos (0 e 1), podendo haver casos pontuais de empresas que se encontrem no nível 2. A maioria das empresas portuguesas da indústria AEC, nomeadamente as PME, recorre unicamente a ferramentas CAD 2d, sendo que apenas as grandes empresas do setor vão investindo na metodologia BIM.

## 2.9. LOD – NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO

*Level of Development* (LOD), ou em português Nível de Desenvolvimento, é um critério desenvolvido pela AIA (*the American Institute of Architects*) que define o grau de maturidade e integralidade de um BIM nas diferentes etapas de um projeto. Este é usualmente definido por uma série progressiva de números que correspondem a crescentes níveis de desenvolvimento de um elemento num modelo BIM.

Os valores LOD foram estipulados no AIA *Document E202* sendo especificados cinco diferentes níveis de desenvolvimento, a saber (BIMForum, 2013):

- **LOD 100** – O elemento pode ser representado no modelo com um símbolo ou outra representação genérica. As informações referentes ao elemento podem derivar de outros elementos presentes no modelo
- **LOD 200** – Este é um modelo ligeiramente mais desenvolvido e é representado graficamente como um sistema genérico, objeto ou conjunto. As suas especificações em termos de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação não são minuciosas;
- **LOD 300** – O elemento é representado como um sistema específico, objeto ou conjunto em termos de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação;
- **LOD 350** – O elemento é representado como um sistema específico, objeto ou conjunto em termos de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação, tal como no nível anterior, acrescentando-se a interface com os outros sistemas do modelo;
- **LOD 400** – O elemento é representado graficamente como no LOD 350 mas com detalhes ao nível da fabricação, montagem, instalação e informação;
- **LOD 500** – Todos os elementos e sistemas do modelo são representados de acordo com a construção, até ao mais ínfimo detalhe. Pode ser considerada como a representação “as built” da construção.

Os níveis de desenvolvimento acima apresentados podem também ser relacionados com as diferentes etapas da conceção e utilização de um edifício. Assim sendo, os primeiros três níveis são aplicados à fase de projeto, o seguinte à construção e o último à operação e manutenção do edifício (Silva, J., 2013).

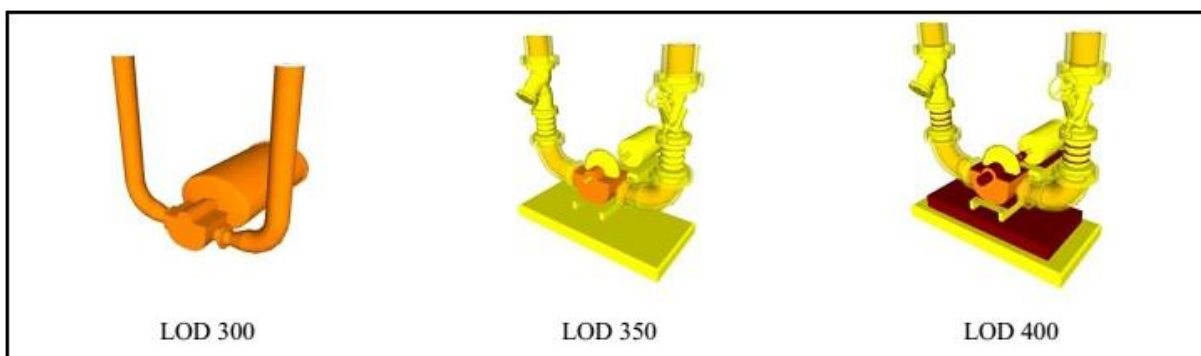


Fig. 7 – Diferenças entre LOD (BIMForum, 2013)

### ***Nível de Desenvolvimento vs Nível de Detalhe***

É usual confundir-se nível de desenvolvimento e nível de detalhe apesar da existência de relevantes diferenças entre os dois. Sendo estes importantes conceitos na metodologia BIM, torna-se relevante interpreta-los.

Nível de Detalhe prende-se com o detalhe da representação visual incluída, ou a ser incluída, no elemento do modelo, enquanto o nível de Desenvolvimento, como foi perceptível na análise anteriormente efetuada, relaciona-se com o grau de informações que os elementos apresentam e que podem ser utilizados pelos membros integrantes do processo construtivo. Em suma, o nível de detalhe pode ser entendido como um “*input*” ao elemento, sendo o nível de desenvolvimento passível de ser considerado um “*output*” confiável.

## **2.10. BENEFÍCIOS BIM**

Existe uma panóplia de benefícios para todos os intervenientes no processo construtivo e em todas as etapas a este inerente. Em seguida, apresentam-se as principais vantagens do uso da metodologia BIM nas diferentes etapas do sistema construtivo segundo (Eastman, C. [et al.], 2011):

### **Planeamento:**

- Maior clareza na avaliação da viabilidade da construção;
- Previsão do desempenho e qualidade do empreendimento;
- Antecipada compreensão dos requisitos do projeto;
- Visualização global do projeto em 3D facilitando a tomada de decisão.

### **Projeto:**

- Detecção de erros e omissões;
- Atualização automática das alterações em todo o modelo;
- Capacidade de fornecer desenhos 2D precisos e consistentes a qualquer altura;
- Colaboração antecipada entre as diversas especialidades envolvidas;
- Fornece uma precisa extração de quantidades e estimação de custos;
- Aperfeiçoamento do desempenho energético do edifício.

### **Execução:**

- Possibilita a fabricação de componentes de forma precisa, permitindo instalações mais rápidas e com equipas menos numerosas;
- Reação rápida e eficiente a alterações tardias no projeto;
- Aumento da rapidez de construção, redução dos custos e minimização de conflitos legais;
- Conjugado com o planeamento de tarefas permite visualizar a teórica fase do processo em que se deve encontrar a obra.

### **Manutenção:**

- Melhoria na recolha e transmissão da informação acerca dos materiais usados;

- Informação acerca dos elementos do edifício organizada e acessível facilita a gestão e manutenção do mesmo;
- Ações de manutenção mais rápidas e precisas;
- Permite uma compreensão adequada do desempenho de cada sistema

Em seguida são também apresentados os benefícios BIM segundo (Barlish, K. and Sullivan, K., 2012):

- Redução em 70% dos custos de alterações do projeto;
- Diminuição em 53% dos custos de alterações do planeamento de trabalhos;
- Custos de *design* nas áreas de Engenharia e Arquitetura reduzidos em 29% e na criação do modelo 3D em 47%;
- Poupança em 6% dos custos de construção para o empreiteiro.

Neste prisma, é oportuno realçar que segundo um estudo levado a cabo pela *McGraw Hill Construction* (McGraw-Hill, C., 2014) com o objetivo de medir o nível de competência BIM das empresas através da sua experiência, perícia e percentagem de projetos realizados neste âmbito, ficou demonstrado de forma inequívoca que os benefícios do uso desta metodologia são proporcionais ao nível de compromisso BIM das empresas, isto é, quanto melhores competências BIM estas apresentarem maiores são os benefícios que conseguem obter com a sua utilização.

## 2.11. OBSTÁCULOS BIM

As alterações de processos e rotinas de trabalho trazem sempre de riscos e dificuldades na sua implementação. A adoção por parte da indústria AEC das ferramentas BIM não é exceção e, sendo os profissionais nacionais deste ramo especialmente resistentes à mudança devido à maioria pertencer a PME (Pequenas e Médias Empresas) que habitualmente são empresas de família com os métodos construtivos próprios que atravessam gerações mas que padecem muitas vezes de rigor científico, as dificuldades tornam-se ainda mais elevadas.

O maior entrave à implementação do BIM nas empresas são os custos associados a todo o processo. Numa primeira fase surge o investimento que é preciso fazer nas licenças dos *softwares*, pois, o que acontece é que muitas das empresas utilizam estes softwares apenas para fazer representações 3D, desprezando as restantes potencialidades do modelo, normalmente por falta de conhecimento das mesmas (Gequaltec, 2011b)

Os custos não se ficam por aqui dado que é necessário formar os profissionais da indústria para que possam aplicar novos métodos à prática construtiva através de uma exploração proveitosa de todas as capacidades das ferramentas BIM (Group, B.I.W., 2011).

No que diz respeito às desvantagens do recurso às ferramentas BIM, são de realçar o facto de existirem lacunas ao nível da padronização do sistema de modelação, o baixo número de utilizadores desta metodologia e a falta de experimentação de alguns formadores.

Apesar das dificuldades e desvantagens apresentadas, o número de empresas que estão a adotar esta metodologia tem vindo a aumentar, sendo que esta implementação, na grande maioria dos casos, resulta na redução considerável de custos na globalidade do processo construtivo. Desta forma, e tendo por base diversos estudos já realizados nas empresas, pode concluir-se que a implementação da

tecnologia BIM nas empresas representa um investimento seguro e financeiramente viável (McGraw-Hill, C., 2014).



# 3

## BIM PARA EMPREITEIROS

Um dos principais objetivos desta dissertação é explorar a utilização de modelos BIM por parte dos empreiteiros, analisando algumas lacunas nos seus métodos em que seja possível intervir, de maneira a proporcionar aos mesmos janelas de oportunidade para o desenvolvimento dos seus trabalhos futuros, de forma mais económica e satisfatória para todos os participantes no empreendimento.

Este capítulo centra-se numa primeira fase na análise das diferentes metodologias de implementação BIM adotadas por alguns países, seguido de algumas exigências regulamentares e a análise dos principais processos construtivos.

### 3.1. INTERNACIONALIZAÇÃO

É unanimemente reconhecido que a adoção do BIM por parte da indústria AEC a nível mundial já percorreu um longo e desafiante caminho desde que o termo foi introduzido em 2002. Contudo, apesar dos esforços de fabricantes de *softwares* e de organizações para promover o BIM, ainda existe alguma resistência à mudança nesta direção, sendo que esta pode ser justificada pela falta de tempo e recursos financeiros das empresas e o longo processo de aprendizagem a que estas teriam de se submeter (Bazjanac, V., 2004).

Para além da necessidade de inculcar nas empresas as inúmeras vantagens da adoção da metodologia BIM e seguindo um pouco a ideologia de partilha de informação que este processo tem como base, é desejável que os países do universo BIM estejam a par dos desenvolvimentos tecnológicos que vão acontecendo nos demais para que para além de poderem participar ativamente nesse processo evolutivo, possam também estar melhor preparados para alterações que se venham a verificar.

Nos tempos correntes, uma vasta globalidade de países tem vindo a apostar na Investigação e Desenvolvimento (I&D) do BIM como base para a estratégia de crescimento sustentado da indústria AEC. Assim, e de forma a tornar esta metodologia o mais abrangente possível, diversos governos tornaram o BIM obrigatório nas suas obras públicas, quer seja através de alterações da lei ou mesmo recorrendo à criação de orientações e diretivas, havendo ainda outros casos em que as mudanças tiveram por base a aplicação de limites máximos ao custo do empreendimento, ou com o objetivo de reduzir as emissões de carbono como aconteceu no Reino Unido.

No que se refere a normas internacionais, a maturidade que o desenvolvimento destas já atingiu é bastante relevante e diversas normas já se encontram disponíveis ou em fase avançada de desenvolvimento. Neste âmbito, destacam-se os Estados Unidos da América., o Reino Unido, os países nórdicos e Singapura.

### 3.1.1. UNIÃO EUROPEIA

Tardou a surgir no seio da UE algum tipo de incentivo ou recomendação que, de certa forma, despontasse nos países membros o interesse dos modelos BIM. Contudo, no início do presente ano, o Parlamento Europeu vota para modernizar as regras europeias relativas aos contratos públicos, recomendando o uso de ferramentas BIM para as empreitadas de obras públicas e seus concursos.

Esta votação representa um enorme passo em frente pois, pela primeira vez, a EU aconselha os seus estados membros a usarem tecnologia para modernizar e melhorar os seus processos relativos aos contratos públicos. A “Diretiva da EU para os Contratos Públicos”, assim intitulada, recomenda todos os estados membros a encorajar, especificar ou mandar o uso de BIM nos seus projetos públicos de construção até ao ano de 2016.

### 3.1.2. REINO UNIDO

O Reino Unido surge como um exemplo de implementação do BIM. Em 2011, é aprovado um mandato onde se especifica que o governo irá exigir, num prazo máximo de 5 anos, BIM 3D totalmente colaborativo em obras com um custo superior a 5M£. Para tal, e sabendo de todas as dificuldades existentes em relação à falta de compatibilidade entre sistemas, normas e protocolos e os diferentes requisitos dos clientes, entre outros problemas, o governo assume a sua quota-parte de responsabilidade ao nível do desenvolvimento de normas que permitam a todos os membros da indústria AEC trabalhar de forma colaborativa num ambiente BIM.

A norma exigida pelo governo é suportada pela AEC (UK) que, foi iniciada em 2000 para melhorar os processos de produção, gestão e partilha de informações de projeto, tendo como meta inicial a criação de convenções CAD. Alguns anos depois este comité foi reorganizado e passou a incluir membros especialistas em *software* BIM. Assim, surge em 2012 o AEC (UK) *BIM Protocol* versão 2, que tem como objetivo maximizar a eficiência da produção através da adoção coordenada e consistente da abordagem BIM, definir normas, melhorar práticas para garantir a entrega de dados em qualidade e utilizar desenhos uniformes durante todo o projeto assegurando assim que os dados partilhados entre as diferentes especialidades sejam o mais fiáveis possíveis.

É de salientar que, a partir de 2016, o governo britânico vai exigir a utilização de BIM no segundo nível de implementação. Pode assim considerar-se que esta é a data em que o BIM vai ser legalmente implementado neste país. Esta estratégia tem por base um relatório do governo que concluiu que o Estado paga um valor superior ao valor real do bem que recebe e, assim sendo, o plano passa por tornar o dono de obra público num cliente melhor e mais informado, ao mesmo tempo que substitui uma cultura de concorrência por uma cultura de colaboração (McAuley, B. [et al.], 2012).

### **COBie**

O COBie, *Construction Operations Building Information Exchange* é um formato de partilha de informação predominantemente “não gráfica” de uma construção ao longo do ciclo de vida da mesma, tendo como propósito o aperfeiçoamento do método como a mesma é recolhida durante a fase de projeto e construção, e seguidamente fornecida de forma estruturada e racionalizada para operação, manutenção e gestão das instalações. Este processo é feito diretamente através do software com tecnologia BIM que exporta dados COBie, permitindo que a informação esteja sempre acessível e atualizada, para além de reduzir a quantidade de documentos impressos e os seus respetivos encargos.

### 3.1.3. BRASIL

O Brasil é porventura um dos mercados mais apelativos para a implementação de metodologias BIM dado que, sendo um país em desenvolvimento e que tem continuamente investido neste processo, apresenta ainda muitas lacunas ao nível da indústria AEC especialmente no que diz respeito à incorporação de novas tecnologias informáticas nos seus negócios. As barreiras culturais e a relutância em investir tempo e recursos neste domínio são os maiores obstáculos à implantação do uso de modelos BIM nas empresas do sector construtivo, sendo que apenas nos últimos três anos foi possível verificar um incremento do uso de softwares com tecnologia BIM nas mesmas.

Em 2011, o Governo Brasileiro lançou o programa Plano Brasil Maior (PBM), que é composto por um conjunto de diretrizes que estabelecem uma estratégia para estimular o desenvolvimento e a inovação tecnológica na economia deste país. No âmbito da indústria da construção civil, esta norma define a adoção da tecnologia BIM como meio de crescimento deste setor para os próximos anos.

Esta iniciativa governamental tem como principais objetivos, promover a interoperabilidade técnica e a construção industrializada, bem como intensificar o uso de tecnologia da informação aplicada à construção e a implantação do sistema de classificação da informação da construção – normas BIM.

Com vista a alcançar os objetivos supracitados, o Governo Brasileiro define variadas medidas, onde se destacam a utilização do poder de contratação do Estado para criar exigências de produtos intercambiáveis, estabelecer e disponibilizar pública e gratuitamente a biblioteca de componentes da construção civil, implantar a tecnologia BIM no sistema de obras do Exército e difundir e complementar a normatização brasileira para o BIM (Fitzner, A.d.N., 2014)

### 3.2. EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES (CCP)

A entrada em vigor do novo Código dos Contratos Públicos (CCP) em 2008 trouxe algumas alterações acerca da responsabilidade de empreiteiros e projetistas pela existência de eventuais erros e omissões e as suas respetivas consequências. De forma sucinta, o CCP veio alargar o âmbito do regime de erros e omissões do projeto a todo o Caderno de Encargos. O empreiteiro, que podia reclamar quanto a erros e omissões do projeto após a consignação da obra, tem agora até ao termo do quinto sexto do prazo fixado para apresentação das propostas, apresentar uma lista na qual indique os erros e omissões detetados no Caderno de Encargos incidindo sobre todo este e não apenas sobre o projeto. Esta alteração é bastante penosa para o empreiteiro já que lhe acarreta responsabilidades acerca de assuntos onde muitas vezes a informação é escassa e pouco fidedigna, podendo até trazer encargos financeiros sobre falhas às quais é alheio.

É de salientar ainda que, o facto de ser imposto ao empreiteiro a deteção de todos os erros e omissões do Caderno de Encargos no escasso prazo que têm para a apresentação de propostas, pode inviabilizar algumas candidaturas à execução da obra na medida em que os empreiteiros, por carência de meios técnicos ou financeiros, não conseguindo avaliar e detetar todos os erros e omissões do Caderno de Encargos também não se irão sujeitar ao assumir de um risco de responsabilização sobre lacunas que lhe são imputadas.

### 3.3. PRINCIPAIS PROCESSOS

O empreiteiro, na qualidade de responsável da construção do projeto e do ponto de vista da integração da metodologia BIM, deve ser parte integrante do desenvolvimento e do aperfeiçoamento de ferramentas de apoio a este método. Sendo o objetivo atingir o nível mais elevado de maturidade BIM,

o desenvolvimento do processo para a total integração do empreiteiro nesta metodologia, é um passo fundamental para que essa meta seja atingida.

Assim, e tendo em conta os objetivos desta dissertação é feita em seguida uma análise BIM no contexto dos principais processos em que o empreiteiro é interveniente direto, nomeadamente, medições, orçamentação, planeamento, acompanhamento e qualidade. Esta análise tem por base a capacidade de integração destes processos na metodologia BIM e de que forma é que esta substitui ou complementa os métodos tradicionais de trabalho utilizados.

### 3.3.1. MEDIÇÕES

Os atos de medição definem-se na gíria de construção civil como a determinação e contabilização de quantidades de tarefas ou artigos de orçamento, regidos por regras próprias e podem ser efetuadas em obra ou sob o projeto (Faria, J.A., 2014).

No âmbito dos processos de medição em Portugal, e tendo em conta que o setor construtivo envolve vários intervenientes, as quantidades apuradas por cada um destes são muitas vezes diferentes, gerando conflitos entre as partes envolvidas. Estes desacordos ocorrem devido ao fato de que, ao contrário do que acontece noutros países, não existe uma norma de medição oficial mas sim um conjunto de regras que tem por base um documento denominado “Regras de Medição em Construção” (Martins, F. and Cachadinha, N., 2012). Para colmatar estas dificuldades, entre outras, surge o ProNIC (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção) que se refere a um projeto que tem como objetivo a criação de uma base de dados informática acerca dos trabalhos de construção que pretende ser um referencial de informação para todo o setor da construção nacional.

As medições podem ser consideradas como um dos principais processos para que o desfecho final da obra seja satisfatória, dado que são a base para uma orçamentação fiável e um planeamento de tarefas adequado. Tradicionalmente, a extração de quantidades é um processo manual que envolve a medição dos diferentes elementos do projeto e, dado que é baseado numa interpretação humana de projetos também eles concebidos manualmente, está sujeita a um elevado número de potenciais erros.

A extração automática de quantidades a partir de modelos BIM é presumivelmente a melhor forma de colmatar as falhas existentes nos processos de medição (Sattineni, A. and Bradford, R., 2011). Este processo é conseguido devido ao facto do modelo ser definido como um conjunto de diferentes elementos, modelados segundo objetos paramétricos possibilitando às ferramentas BIM executar diversas rotinas para a extração automática de informação (Monteiro, A. and Poças Martins, J., 2013).

### 3.3.2. ORÇAMENTAÇÃO

A elaboração de uma estimativa orçamental pode ser dividida em duas parcelas, uma referente à quantidade de trabalho implícito à obra e uma outra relativa à produtividade dos trabalhadores e equipamentos que vão estar a cargo da construção (Nassar, K., 2010).

Uma estimativa orçamental segundo modelos BIM permite ao responsável desta a sua elaboração de forma mais fiável e num menor espaço de tempo e conduz também a estimativas mais precisas e certas. Estas designações são semelhantes no entanto devem ser diferenciadas. A primeira refere-se ao grau de refinamento utilizado para a elaboração da estimativa, sendo que a segunda está relacionada com a aproximação da estimativa ao custo real (Nassar, K., 2010).

Uma orçamentação baseada em modelos BIM oferece significativas mais-valias comparativamente com os processos tradicionais de desenho, minimizando o trabalho humano mais propenso a erros e permitindo aos orçamentistas despendem mais e melhor eficazmente o seu tempo e sabedoria na realização de uma estimativa de custos mais adequada. Para além disto, qualquer alteração que seja feita no modelo do projeto, facilmente consegue ser rapidamente atualizada pelo orçamentista.

A tecnologia BIM que hoje em dia está à disposição não permite uma análise orçamental diretamente no *software* onde o modelo é criado, pelo que, é necessário transferir a informação do modelo BIM para uma ferramenta externa, sendo que o orçamentista tem de escolher o método mais conveniente para responder à necessidade do seu processo específico. Essas trocas de informação podem ser feitas de duas maneiras (Monteiro, A. and Poças Martins, J., 2013):

- a) Ambos os sistemas utilizam o mesmo formato de definição de dados e a transferência é feita sem perturbação e sem perda de dados;
- b) Os sistemas usam diferentes formatos de definição de dados e a transferência é realizada através da conversão de dados para um formato comum, geralmente o IFC.

### 3.3.3. PLANEAMENTO

Realizar o planeamento de uma obra consiste em definir um conjunto de atividades e indexá-las a um calendário, decompondo a obra em tarefas elementares e definir para cada uma delas datas de início e fim e folgas de realização (Faria, J.A., 2014). A capacidade de entregar uma obra de forma mais rápida tem vindo a tornar-se um elemento cada vez mais importante para ganhar licitações, contudo, é crucial que o planeamento da mesma seja feito de forma realista para minimizar a possibilidade de disputas entre o dono de obra e o empreiteiro, reivindicações, elevadas indemnizações e enormes perdas económicas (Eshtehardian, E. [et al.], 2008).

Tradicionalmente eram usados diagramas de barras para fazer o planeamento do projeto, contudo estes não permitem determinar sequências de trabalhos e muito menos permitem calcular um caminho crítico. Assim, hoje em dia, os responsáveis pelo planeamento de uma obra usam *softwares* que têm por base redes CPM (*Critical Path Method*) como o *Microsoft Project* ou o *Primavera SureTrack* para criar, atualizar e disponibilizar o planeamento usando uma vasta variedade de relatórios e formas de visualização (Eastman, C. [et al.], 2011). Apesar disto, estes métodos não permitem relacionar as atividades definidas no planeamento com a componente espacial do projeto. Assim como a medição e a orçamentação, dois processos já anteriormente definidos, o planeamento é também uma tarefa manual, intensiva, propensa a erro humano e usualmente cria dificuldades de interpretação aos intervenientes na obra. A capacidade de explorar a informação disponível no BIM para gerar calendários de trabalho torna-se fulcral para reduzir o tempo que o planeamento demora a ser elaborado, comparativamente com os métodos manuais tradicionais (Kim, H. [et al.], 2013).

Neste campo é importante salientar a Linha de Balanço (LOB – *Line of Balance*). As LOB são um método de representação gráfica das atividades de um procedimento baseado nas suas diferentes localizações. A Linha de Balanço representa uma determinada atividade consoante a localização e o tempo permitindo a visualização do fluxo produtivo de modo mais intuitivo e real, tornando este método profundamente proveitoso para a otimização dos planeamentos e controlos de obra (Gequaltec, 2011a).

O uso do BIM para determinar o planeamento da obra é diretamente suportado pela capacidade de extrair as quantidades dos objetos a partir do modelo, contudo, o 4D BIM tem potencialidade para ir bastante mais longe. De facto, a capacidade de combinar as quantidades por localização, definir zonas

e datas de construção, gerir a linha de fluxo do trabalho, controlar a produção no terreno, calcular os índices de produtividade das equipas e uma comunicação mais dinâmica e atempada, fazem desta metodologia de planeamento de obra um processo muito mais preciso, fiável e vantajoso não só para os empreiteiros como também para os restantes membros envolvidos.

Na prática, o desenvolvimento do processo de planeamento tem por base a ideia de que otimizar o controlo do cronograma de trabalhos no local e ao longo da realização da obra é bastante mais valioso do que propriamente a criação desse planeamento.

#### 3.3.4. CONTROLE

No seguimento da análise efetuada no subcapítulo anterior, é razoável considerar que o desenvolvimento do processo de planeamento tem por base a ideia de que otimizar o controlo do cronograma de trabalhos no local e ao longo da realização da obra é bastante mais valioso do que propriamente a criação desse planeamento. Posto isto, surgem então novas oportunidades nos processos de acompanhamento de obra ligados à computação móvel. Esta pode melhorar o trabalho de campo e aumentar a produtividade da gestão da construção (Pascoe, J. [et al.], 1998).

Estudos recentes demonstraram que as tecnologias de computação móvel têm grande potencial na melhoria das atividades construtivas, nomeadamente, monitorização dos progressos, controlo de defeitos, rastreio de material e avaliação da segurança (Kim, C. [et al.], 2013). Embora todas as potencialidades existentes neste domínio, as aplicações precisas e em tempo real para efetuar o controlo de obra permanecem ainda algo indefinidas, dada a complexidade de processos, o número de participantes e a variedade de circunstâncias, equipamentos e materiais envolvidos numa construção (Lee, J.H. [et al.], 2013).

Com o uso de ferramentas móveis a funcionar em toda a sua plenitude, empreiteiros e subempreiteiros são capazes de trabalhar em constante sintonia através de fluxos de trabalho simples e funcionais que qualquer interveniente pode usar.

#### 3.3.5. QUALIDADE

A qualidade geral de uma obra é tanto mais satisfatória quanto melhor for possível conjugar os variados processos que permitem a execução da mesma, como por exemplo, os requisitos que lhe foram impostos pelo dono de obra, o tempo que a obra demora a ser executada, o cumprimento do orçamento estipulado, a qualidade da mão-de-obra, entre outros.

Posto isto, e tendo por base todas as vantagens já mencionadas nesta dissertação acerca da utilização da metodologia BIM, os desenvolvimentos que esta proporciona ao empreiteiro, ao dono de obra, ao projetista e aos restantes intervenientes no processo construtivo, e visto que a qualidade de uma obra é o resultado final do trabalho de cada um deles, é possível afirmar que uma abordagem BIM, sendo individualmente vantajosa nesses processos também o seja no cômputo geral da mesma.

# 4

## METODOLOGIAS BIM DE ANÁLISE DE CUSTOS

### 4.1. INTRODUÇÃO

À medida que os modelos BIM evoluem e a quantificação dos elementos é automatizada, surge uma panóplia de oportunidades para que também os processos relativos aos custos se desenvolvam e se tornem cada vez mais apurados e fiáveis. Uma melhor compreensão dos custos ao longo de todo o processo construtivo vai aumentar a segurança no planeamento de negócios bem como a redução dos custos gerais da obra (Surveyors, R.I.o.C., 2012).

O 5D BIM representa todo o conjunto de processos a partir dos quais é possível criar, desenvolver e controlar uma estimativa de custos de obra de forma precisa ao longo de todas as suas etapas. Estes segmentos envolvem quantificar os itens associados a um projeto de construção, determinar o material e os custos respetivos, formulando assim um orçamento.

Apesar das ferramentas BIM não gerarem automaticamente quaisquer estimativas de custos, é possível a sua definição através da interoperabilidade com outros *softwares* criados com o propósito de colmatar esta lacuna. Em seguida, apresentam-se as vantagens desta integração dinâmica entre sistemas no âmbito do tema em análise:

- Criar uma base de dados de custos e preços, composição das equipas de trabalho e as suas taxas de produtividade;
- Controlar as alterações a serem efetuadas, compreendendo os seus custos associados;
- Comparar os custos entre as diferentes possibilidades de soluções;
- Permite compreender quais os trabalhos de obra que estão a adicionar custos extras;
- Habilitar um orçamento máximo e ir ajustando o plano de trabalhos de forma a cumprir o valor estipulado;
- Alterações de projeto automatizadas na estimativa de custos;
- Permite filtrar tarefas individualmente.

Com o fácil acesso a informações detalhadas sobre custos, o 5D BIM eleva a eficiência dos intervenientes no processo construtivo. Com o uso profícuo de 5D em BIM, proprietários,

empreiteiros, engenheiros e todos os outros membros associados ao projeto podem trabalhar juntos para alcançar a entrega atempada e eficiente em termos de custos e qualidade. Embora a aplicação deste processo ainda esteja numa fase embrionária, diversos especialistas acreditam que tudo está pronto para a alteração de paradigma, melhorando a funcionalidade e fornecendo ferramentas para estimar os custos de forma mais precisa ao longo do ciclo da obra (Salih, J.N., 2013).

## 4.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de organizar elementos, processos construtivos e informações relevantes que um modelo BIM contém, foram desenvolvidos diversos sistemas classificativos onde se podem destacar três: *Uniformat*, *Masterformat* e *Uniclass*. Segundo (Silva, J.C.B. and AMORIM, S., 2011) estes métodos têm como propósito dar resposta às complexidades inerentes ao setor construtivo, organizando de forma hierárquica o modelo em estudo, dividindo-o por classes ou especialidades, agrupando os elementos de forma coerente e facilmente perceptível para o utilizador e facilitando também a interoperabilidade entre ferramentas BIM de produção e de gestão de projetos.

### 4.2.1. UNIFORMAT

*Uniformat* é um método de organização de informações de construção, tendo sido desenvolvido em conjunto pela CSI (*Construction Specifications Institute*) e pela CSC (*Construction Specifications Canada*), baseado em elementos funcionais ou partes de uma instalação, caracterizando apenas as suas funções, independentemente dos materiais e métodos utilizados na sua realização (Charette, R.P. and Marshall, H.E., 1999).

A sua estrutura define o edifício em categorias e subcategorias. A primeira é composta por fundações, superestrutura, “esqueleto” e construção interior. Da segunda fazem parte a construção dos pisos e tectos, das paredes exteriores e das janelas, entre outras. Este formato é mais útil para preliminares estimativas de custos.

### 4.2.2. MASTERFORMAT

*Masterformat* é também uma lista de especificações *standard* para organizar informações de construção, mas difere-se do *Uniformat* pelo facto de ser usada principalmente para organizar manuais de projeto, informação detalhada de custos, requisitos de construção, produtos e atividades numa fase posterior do processo construtivo, acompanhando as necessidades de detalhe que vão sendo exigidas.

### 4.2.3. OMNICLASS

*Omniclass* destina-se a ser o mais abrangente formato de classificação existente na indústria AEC. Este é útil em diversas aplicações, desde a organização de uma biblioteca que permite identificar explicitamente os objetos e as suas definições e informações detalhadas sobre o projeto, com o objetivo de criar uma estruturada base de dados eletrónica associando nomes, ações e recursos que as componham. Pode ser considerada uma combinação dos dois sistemas previamente apresentados.



A informação pretendida por um determinado interveniente varia consoante a fase do projeto em que este se encontra a trabalhar e o respetivo nível de detalhe necessário. Numa fase preliminar, uma mais generalizada organização da informação é suficiente mas, à medida que o projeto vai avançando é importante que a informação seja cada vez mais minuciosa. A Figura 8 retrata a forma como os sistemas classificativos anteriormente definidos podem ser enquadrados no âmbito das diferentes fases de projeto.

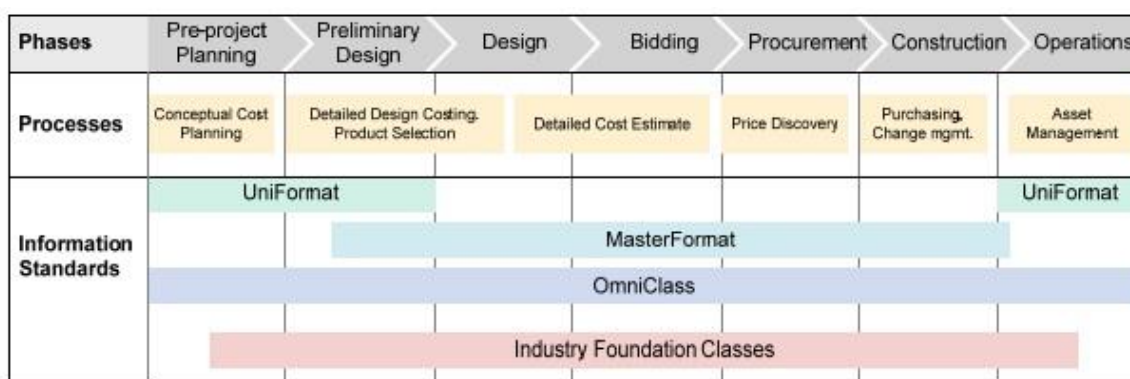


Fig. 8 – Enquadramento Sistemas Classificativos nas Fases de Projeto – adaptado de (Sabol, L., 2008)

#### 4.3. MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES

Este subcapítulo tem como objetivo definir o que é, como é possível produzir e de que forma pode ser automatizado o Mapa de Trabalhos e Quantidades (MTQ) de uma obra.

O MTQ pode ser definido como o documento onde se encontram reunidas todas as informações relativas aos trabalhos que compõem a obra e as suas respetivas quantidades. Segundo (Faria, J.A., 2014), estes mapas devem ser organizados da seguinte forma:

- Dividir a obra (ou projeto) em capítulos;
- Para cada capítulo individualizar tarefas;
- Conferir as tarefas; verificar se estão todas consideradas (orçamento antigo semelhante pode ajudar);
- Medir quantidades sobre peças desenhadas definindo previamente a unidade de medição (seguir regras de medição LNEC).

Os primeiros três pontos são relativamente fáceis de concretizar pois, por mais complexidade que a obra contenha, a divisão desta em capítulos e a sua individualização em tarefas pode ser baseada em mapas já desenvolvidos para outras construções, sendo apenas necessário a sua atualização e definição para a respetiva obra em causa. No que diz respeito ao quarto ponto, a sua realização é, atualmente, um processo muito exigente e demorado, sujeito a variados erros que podem condicionar a satisfatória realização da obra. Como foi referido no ponto 3.3.1, as medições são um dos processos fundamentais na realização de uma obra pois estas são a base do Mapa de Trabalhos e Quantidades que por sua vez é fulcral na execução dos orçamentos e do planeamento de tarefas.

No método tradicional, de acordo com (Shen, Z. and Issa, R.R., 2010), o tempo despendido nas medições pode ser dividido em três categorias:

- a) Identificação dos itens e a sua relação com os desenhos e especificações;
- b) Medição dos itens;
- c) Cálculo e agregação de quantidades, comprimentos, áreas e volumes dos itens identificados.

Dado que entre 50-80% do tempo necessário para elaborar um orçamento é gasto em quantificações (Autodesk, 2007), a capacidade de automatizar tanto a extração de quantidades dos diferentes elementos como consequentemente a produção do Mapa de Trabalhos e Quantidades representa uma janela de oportunidade para atualizar os tradicionais processos de medições, de modo a aprimorar esta imprescindível fase do procedimento construtivo.

Um dos segmentos mais úteis que uma abordagem BIM proporciona, é o facto de que a grande maioria das suas ferramentas tem a capacidade de extrair de forma automática contagens de componentes, áreas e volumes de espaços e quantidades de material (Eastman, C. [et al.], 2011) porém, estas não permitem a manutenção da informação sendo necessário recorrer a outro tipo de *software* externo que será tratado nos capítulos seguintes. A quantificação automática de elementos é uma funcionalidade que precede importantes tarefas como a orçamentação e o planeamento de obra (Monteiro, A. and Poças Martins, J., 2013).

Neste ponto importa reter que a elaboração automática de um MTQ com recurso a modelos BIM é exequível, tem por base a quantificação automática dos elementos e providência vantagens em inúmeros aspetos já mencionados.

#### 4.4. REQUISITOS DO MODELO

Para que uma análise 5D seja viável, é imperativo que o modelo tridimensional cumpra determinados requisitos de desenvolvimento. Estas podem variar devido a imposições do dono de obra, visto que este pode requerer uma modelação com grande detalhe, ou então consoante a fase do projeto em que a obra se encontre. O nível de desenvolvimento (LOD) do modelo é, conforme foi definido em 2.9, o grau de maturidade das informações disponíveis no mesmo, variando de forma progressiva entre LOD 100 e LOD 500. Apesar das diferenças terem menos relevância a nível arquitetónico, estas variações de níveis de desenvolvimento ganham preponderância na realização da análise 5D.

Consoante a fase em que o projeto se encontre, as exigências em relação às estimativas de custos vão variando. Numa fase preliminar, o rigor necessário nas mesmas é substancialmente mais baixo quando comparado com o imposto numa fase posterior. Assim, e sendo as estimativas dependentes do nível de desenvolvimento, estas conseguem ser tanto mais precisas quanto maior for o LOD do modelo 3D.

Contudo, uma estimativa de custos não depende só de quantidades mas também dos recursos necessários e existentes para a sua realização. Neste prisma, é também fulcral ter informações fiáveis acerca deste parâmetro, caso contrário, a precisão da estimativa pode ser posta em causa ainda que o modelo tridimensional seja bastante completo.

#### 4.5. SISTEMAS BIM DE GESTÃO DE CUSTOS

Encontram-se à disposição da indústria AEC algumas ferramentas que contemplam, entre outras capacidades, a possibilidade de desenvolvimento da metodologia 5D, entre eles o *Autodesk Navisworks*, o *Innovaya Visual Estimating* e o *Vico Software*. Estas ferramentas foram criadas como

forma de responder às limitações que o mercado apresentava no âmbito da automatização e gestão dos custos inerentes a um processo construtivo. É em seguida realizada uma análise incisiva acerca do *Vico Software* dado que foi esta a ferramenta utilizada no desenvolvimento do caso de estudo apresentado no capítulo subsequente.

### **VICO SOFTWARE**

O *Vico Software* é uma ferramenta BIM que desperta bastante interesse à generalidade dos empreiteiros dado que fornece soluções ao nível da produção e coordenação tanto para o planeamento de obra como também para a orçamentação e gestão de custos.

Todo o sistema *Vico* funciona baseando-se numa própria e apurada extração das propriedades geométricas dos elementos e a sua quantidade, combinada com as informações paralelas que cada objeto possui oriundas das ferramentas de modelação, oferecendo assim aos seus usuários acesso a todas as propriedades dos elementos por mais complexas e numerosas que estas sejam. O *Vico* é uma ferramenta que conserva completamente a sua generalidade, conseguindo importar modelos dos vários *softwares* de modelação existentes, mantendo assim intacta a interoperabilidade entre sistemas que é uma das ideologias que definem o BIM. Esta importação pode ser conseguida através de *plug-ins* instalados diretamente nos programas de modelação ou através de ficheiros de informação de formato IFC ou congéneres.

### **CARACTERÍSTICAS 5D BIM DO VICO SOFTWARE**

São inúmeras as potencialidades do *Vico Software* no âmbito da metodologia 5D do ponto de vista do empreiteiro. As soluções que esta ferramenta apresenta quer ao nível da estimativa de custos, quer ao nível da gestão de orçamentos, possibilitam uma total interface no seio dos trabalhos de planeamento e gestão de obra. A sua estrutura base divide-se essencialmente da forma apresentada na figura 9. O primeiro nível refere-se aos itens extraídos a partir do modelo. Em seguida estes itens são subdivididos em trabalhos necessários à sua realização, como por exemplo cofragens e betonagens. A estes trabalhos correspondem os recursos para a sua elaboração, caso de materiais, equipamentos e equipas que são também quantificados pelo *Vico Office*. Num outro patamar que não é objeto de estudo nesta dissertação estes métodos têm ligação com o planeamento do projeto.

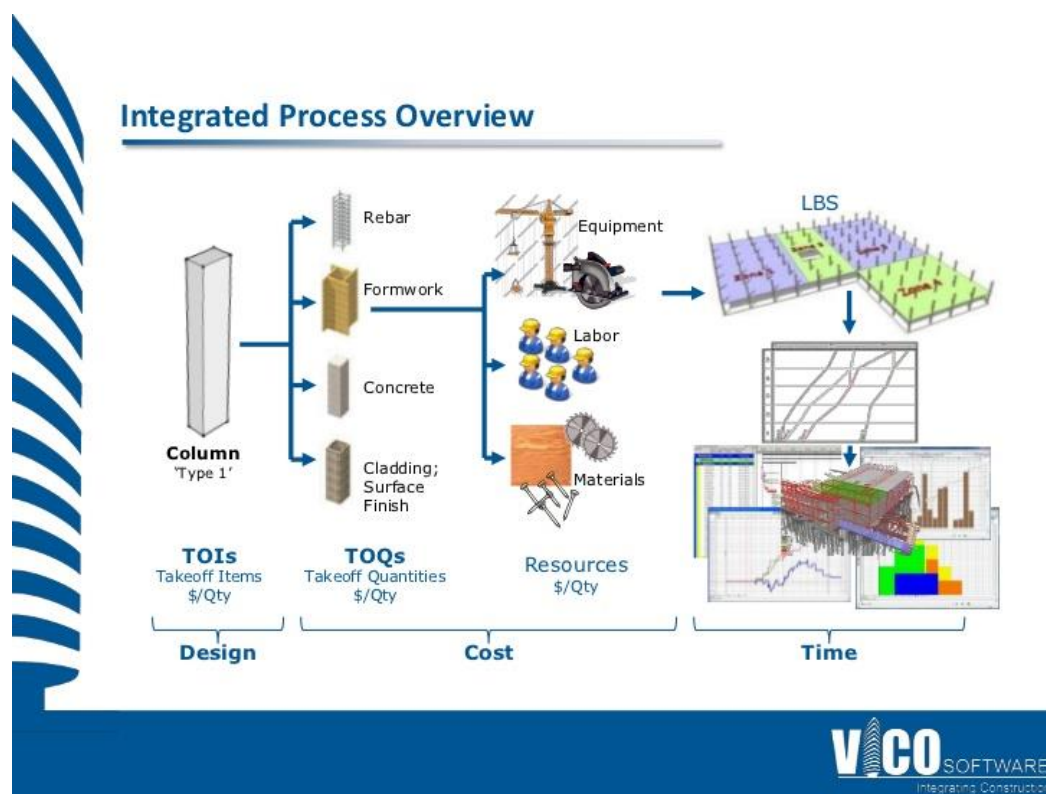


Fig. 9 – Divisão de Processos no software VICO (Vico, S., 2015)

**Vico Takeoff Manager** – A partir do momento que o modelo é importado para o Vico, este faz uma análise geométrica do conteúdo do modelo gerando automaticamente um conjunto de itens com as correspondentes quantidades requeridas não só para a análise 5D mas que também são passíveis de ser utilizados no planeamento da construção. A estes itens são associados, para além das suas quantidades, um conjunto de informações acerca do custo de cada item e o custo da equipa, dos meios e dos materiais para a sua montagem ou construção.

**Vico Cost Planner** – É efetivamente a definição das estimativas de custos, com base nas informações transferidas a partir do *Takeoff Manager*. Usando uma abordagem evolutiva, este segmento permite a sua constante atualização à medida que as fases do projeto vão sendo ultrapassadas, começando com uma estimativa mais primária que vai sendo gradualmente aprimorada consoante as informações disponibilizadas pelo modelo 3D vão sendo mais específicas e as quantidades mais precisas.

A dinâmica do *Cost Planner* é semelhante à do *Excel*, podendo mesmo serem importados dados a partir deste. Introduzindo uma inovadora forma de análise visto que possibilita a redefinição de cada linha com componentes adicionais oferecendo assim uma flexibilidade sem precedentes permitindo o desenvolvimento de um plano de custos a partir mesmo de um nível base praticamente abstrato. O *Vico Office* proporciona o armazenamento de dados acerca de estimativas de custos que vão sendo criadas, permitindo a sua reutilização em diferentes projetos.

**Vico Cost Explorer** – Permite que todos os participantes do projeto possam compreender de maneira mais fácil e intuitiva as repercussões que as alterações de projeto e as decisões a serem tomadas

podem ter no orçamento da obra, sendo também capaz de produzir relatórios comparativos das hipóteses ponderadas.

A interface gráfica usada no *Cost Explorer* fornece uma vista “em árvore” com nós a representarem categorias definidas. Estes nós são codificados por cores conforme o estado em que se encontram em relação às metas estabelecidas, isto é, o sistema de códigos de cores indica aos intervenientes do projeto quando uma componente de custo está acima do orçamentado (vermelho), ao alcance do orçamentado (amarelo), em plena sintonia com o orçamentado (verde), e estranhamente abaixo do orçamentado (azul). Este sistema de comunicação permite aos usuários compreender quais os aspetos que suscitam as variações de orçamentos de projeto, tornando mais perceptível o ponto de entropia do sistema.



# 5

## CASO DE ESTUDO – SIMULAÇÃO DE UM MODELO 5D

### 5.1. ESCOLHA DO MODELO

No início da realização da presente dissertação, o caso de estudo a apresentar era baseado num modelo 3D de uma obra rodoviária que se encontra em fase de construção, com o intuito de proceder a uma comparação entre a gestão de custos no método tradicional e segundo uma metodologia BIM, potenciando assim uma análise 5D mais pragmática. Contudo, devido a compromissos profissionais do Eng.º responsável pela obra, tal estudo revelou-se inconcebível. Seguidamente surgiu a hipótese de utilizar um modelo 3D (ou parte deste) de uma barragem também ainda em fase de construção para servir de base à realização da simulação 5D mas, desta vez, o facto de esta modelação ter sido feita com o *software Bentley Systems*, impossibilitou a partilha de informação deste modelo com o Vico Office, mesmo após esta ter sido experimentada recorrendo a ficheiros de formato IFC. Com as opções de utilização de modelos reais esgotadas, dado que estes usualmente são da exclusividade dos seus compradores, e após aconselhamento com alguns membros da empresa BIMtec, decidiu-se utilizar um dos modelos exemplo que a ferramenta *Revit* disponibiliza aos utilizadores, neste caso o “rst\_advanced\_sample\_project” pois é aquele que fornece melhores informações no âmbito da análise 5D. Esta explanação acerca da escolha do modelo 3D tem apenas a ver com a tentativa que foi feita para que o caso de estudo tivesse como base uma obra real e não propriamente com a qualidade do modelo em si, visto que aquele que foi utilizado responde plenamente às necessidades de informação para a realização da simulação pretendida.

### 5.2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Procedeu-se à realização e exploração de uma análise 5D em termos de gestão e previsão de custos na ótica do empreiteiro de obra, recorrendo-se ao *software Revit Autodesk 2014* para a obtenção do modelo 3D BIM e ao Vico Office R 5.0 para abordar a análise económica. No caso de estudo desenvolvido, foi efetuada uma simulação de um modelo 5D BIM que tem como objetivo a definição de uma metodologia de processos generalizado para a realização deste tipo de modelos. Para tal, é necessário compreender como é que estes podem ser gerados, quais as suas potencialidades e quais os dados necessários para a sua concretização. Na Figura 10 apresenta-se um render do modelo utilizado.

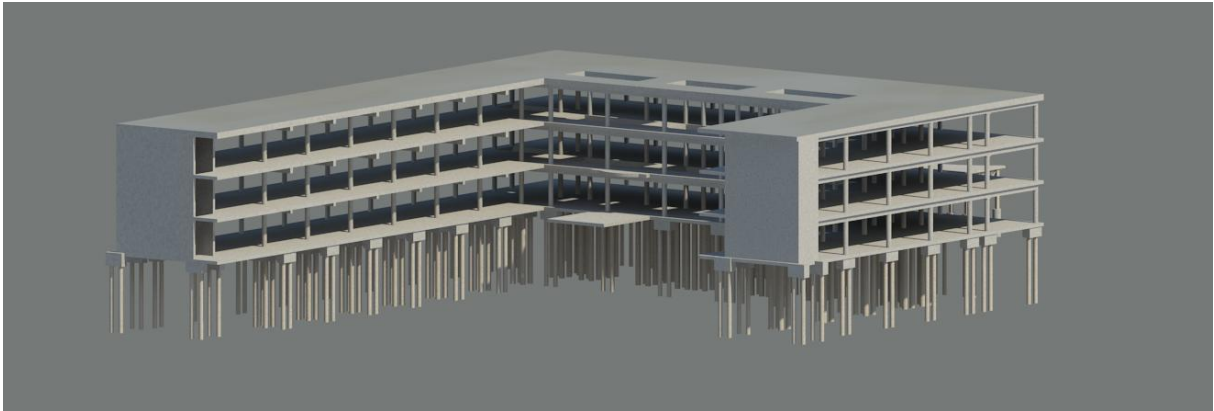


Fig. 10 – Render do Modelo

### 5.3. DEFINIÇÃO DE TAREFAS E QUANTIDADES

Numa primeira fase, é aconselhável a criação de uma folha *Excel* para classificar os elementos de uma obra. No presente trabalho, utilizou-se a classificação *Uniformat II* (Charette, R.P. and Marshall, H.E., 1999) para conceber o ficheiro *Excel* que foi mais tarde exportado para o *Vico*. Este passo é meramente opcional dada a melhor dinâmica que o *Excel* apresenta pois o *Vico* também permite a elaboração desta folha de cálculo. A Figura 11 ilustra parte deste processo. De salientar desde já que se optou pela criação apenas de parte desta classificação de modo a tornar esta simulação mais objetiva no que diz respeito à análise e exploração de custos.

Fig. 11 – Importação Ficheiro Excel no Vico

Para que esta simulação 5D seja possível, é necessário também a exportação do modelo 3D para o *software Vico*. Este passo é conseguido através do *plug-in* instalado no *Revit*. É de ressaltar que quando se ativa o modelo BIM no *Vico* é imprescindível a escolha do tipo de informação que pretendemos importar. Apenas foram selecionados dois itens, “*Family*” e “*Family Type*”, que



forneem o conjunto de elementos do modelo. Estes dados são suficientes para a simulação pretendida já que o modelo é apenas estrutural e o Vico possui rotinas próprias de medição das quantidades dos elementos existentes. A Figura 12 representa a funcionalidade do *software* após o passo definido anteriormente, destacando-se o facto de que ao seleccionar os elemento da tabela estes são destacados no modelo tridimensional, permitindo assim ao usuário uma plena visualização do objeto que está em análise. Explorando de forma particular o elemento temos acesso a todos os seus dados, conseguindo uma visão no modelo 3D análoga à supracitada.

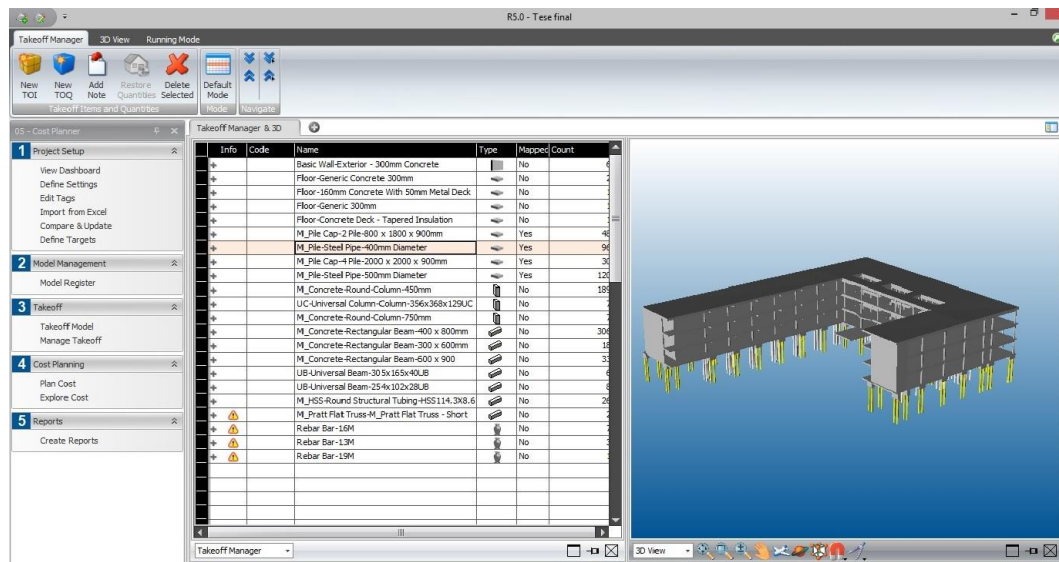


Fig. 12 – Representação dos Elementos do Modelo

Definida esta fase, é agora necessário interligar o modelo BIM com a folha de cálculo previamente preparada. Para tal, a interação é bastante simples, sendo que o usuário consegue definir a contagem de qualquer parte do elemento para uma determinada tarefa estipulada pelo próprio na folha de cálculo. Tomemos como exemplo a quantidade de material necessária para a realização da cofragem de uma laje. Esta é definida a partir da área inferior dessa laje somada à área lateral da mesma. Conforme pode ser visto na Figura 13, é precisamente isto que o Vico permite fazer, tornando este processo extremamente evidente. Repetindo este exercício de forma análoga para as restantes tarefas definidas completamos a folha de cálculo em termos de processos e as suas respetivas quantidades.

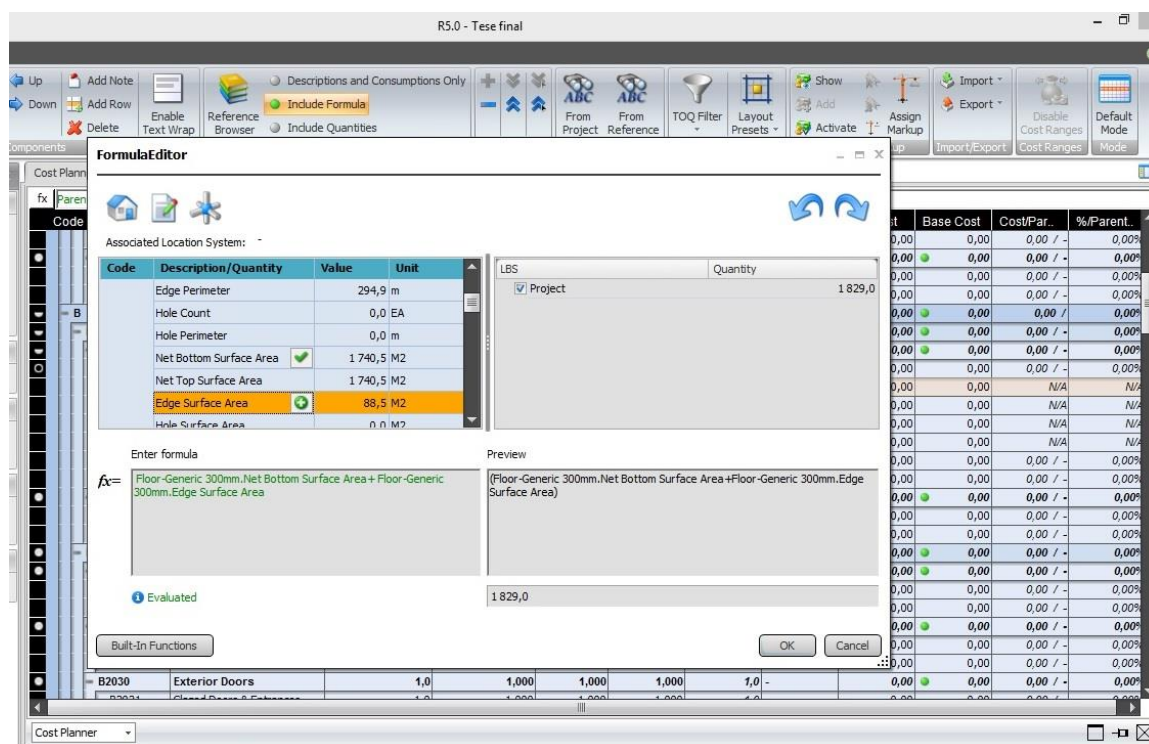


Fig. 13 – Editor de Recolha de Informação

#### 5.4. ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DE ALTERAÇÕES

Este subcapítulo tem como objetivo ilustrar as potencialidades que o *software* Vico tem do ponto de vista da análise comparativa entre custos de alterações efetuadas ao modelo.

Foram efetuadas algumas alterações na folha de cálculo para que, mais uma vez, sejam melhor perceptíveis os diferentes recursos do modelo 5D. Assim, definiram-se as tarefas da forma apresentada na Figura 14 para ilustrar as diferentes formas como estas podem ser trabalhadas. Neste prisma, para as estacas moldadas “*in situ*” o preço unitário utilizado refere-se ao preço por metro de cada uma delas sendo então a quantidade de estacas multiplicada pela altura das mesmas. Em relação às cabeças de estacas o preço refere-se ao m<sup>3</sup>, colocando-se na quantidade da fonte, “*Source Qty*”, o seu volume total. Quanto às lajes foram divididas por pisos e subdivididas em cofragem (m<sup>2</sup>), betonagem (m<sup>3</sup>) e mão-de-obra (m<sup>2</sup>) com os respetivos preços unitários congruentes. Relativamente aos pilares e às vigas definiram-se em termos de volume total e preço unitário obviamente por metro cúbico. Os preços e os rendimentos utilizados são meramente indicativos apesar de ter sido utilizado um site (CYPE, I., 2009) para dar um pouco de fidedignidade à sua definição.

Code	Description	Source Qty	Consumption	Consum.	Waste	Qty	UOM	Unit Cost	Base Cost	Cost/Par..
000	Tese final	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0		612 961,50	▲ 612 961,50	N/A
A	Substructure	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	172 874,11	▲ 172 874,11	172 874,11 /
A10	Foundations	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	172 874,11	▲ 172 874,11	172 874,11 /
A1010	Standard Foundations	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	172 874,11	▲ 172 874,11	172 874,11 /
A1011	Estacas Moldadas "in situ"	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	122 842,08	▲ 122 842,08	122 842,08 /
A1011_1	Estacas 400mm	576,0	1,000	1,000	1,000	576,0	m	80,18	46 183,68	46 183,68 / -
A1011_2	Estacas 500mm	720,0	1,000	1,000	1,000	720,0	m	106,47	76 658,40	76 658,40 / -
A1012	Cabeças de Estacas	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	50 032,03	▲ 50 032,03	50 032,03 / -
A1012_1	Cabeças Estacas 400mm	82,9	1,000	1,000	1,000	82,9	m3	221,57	18 377,90	18 377,90 / -
A1012_2	Cabeças Estacas 500mm	142,9	1,000	1,000	1,000	142,9	m3	221,57	31 654,13	31 654,13 / -
A1020	Special Foundations	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	0,00	0,00	0,00 / -
A1030	Slab on Grade	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	0,00	0,00	0,00 / -
A20	Basement Construction	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	0,00	0,00	0,00 / -
B	Shell	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	440 087,39	▲ 440 087,39	440 087,39 /
B10	Superstructure	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	440 087,39	▲ 440 087,39	440 087,39 /
B1010	Lajes	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	279 483,30	▲ 279 483,30	279 483,30 /
B1011	Laje R/C	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	72 365,29	▲ 72 365,29	72 365,29 / -
B1011_1	Cofragem	1 829,0	1,100	0,909	1,000	2 011,9	m2	14,78	29 735,94	29 735,94 / -
B1011_2	Betonagem	522,2	0,252	3,968	1,000	131,6	m3	103,85	13 665,09	13 665,09 / -
B1011_3	Mão-de-obra	1 740,5	0,476	2,101	1,000	828,5	m2	34,96	28 964,26	28 964,26 / -
B1012	Laje 1º e 2º	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	129 240,74	▲ 129 240,74	129 240,74 /
B1012_1	Cofragem	3 272,9	1,100	0,909	1,000	3 600,2	m2	14,78	53 211,61	53 211,61 / -
B1012_2	Betonagem	931,3	0,252	3,968	1,000	234,7	m3	103,85	24 371,58	24 371,58 / -
B1012_3	Mão-de-obra	3 104,2	0,476	2,101	1,000	1 477,6	m2	34,96	51 657,55	51 657,55 / -
B1013	Laje Cobertura	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	77 877,27	▲ 77 877,27	77 877,27 / -
B1013_1	Cofragem	1 796,6	1,100	0,909	1,000	1 976,3	m2	14,78	29 209,40	29 209,40 / -
B1013_2	Betonagem	828,3	0,252	3,968	1,000	208,7	m3	103,85	21 676,06	21 676,06 / -
B1013_3	Mão-de-obra	1 622,0	0,476	2,101	1,000	772,1	m2	34,96	26 991,81	26 991,81 / -
B1020	Vigas	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	128 963,68	▲ 128 963,68	128 963,68 /
B1030_1	Vigas	358,6	1,000	1,000	1,000	358,6	m3	359,65	128 963,68	128 963,68 / -
B1030	Pilares	1,0	1,000	1,000	1,000	1,0	-	31 640,40	▲ 31 640,40	31 640,40 / -
B1030_2	Pilares	103,3	1,000	1,000	1,000	103,3	m3	306,19	31 640,40	31 640,40 / -

Fig. 14 – Definição da Folha de Custos

Uma vez completamente criada a folha de custos, esta permite uma panóplia de recursos que podem agora ser utilizados. Salienta-se desde já que, para além da folha de cálculo poder ser reutilizada em trabalhos futuros, é possível também importar qualquer tarefa definida, quer nesta quer noutra qualquer folha de cálculo, de forma completamente automática para o modelo que estiver a ser produzido.

À medida que o processo construtivo se desenvolve, é constantemente necessário efetuarem-se alterações ao mesmo, sendo que estas são muitas vezes realizadas sem ter em conta os seus impactos no orçamento geral da obra. Com a realização de modelos 5D, esta lacuna é ultrapassada visto que é possível gerar de forma expedita diferentes hipóteses, permitindo aos intervenientes compreender e comparar de forma clara os impactos das alterações causados em cada uma. O Vico Office alia esta capacidade ao facto de permitir a produção de relatórios onde é facilmente perceptível compreender as diferenças de impactos entre as hipóteses em análise, conforme mostra a Figura 15. Nesta simulação, foi adicionado o item “Estacas 600mm” na versão 2. As colunas da direita mostram quais foram as variações existentes entre as duas versões, quer em termos de quantidades quer em termos de preços parciais e finais. Caso fossem produzidas alterações de projeto no que diz respeito apenas a quantidades no modelo 3D, este relatório era facilmente produzido já que o modelo 5D era imediatamente atualizado com as novas quantidades sendo depois gerado um relatório semelhante a este. No processo tradicional teriam de ser feitas novas medições e atualizados manualmente todos os campos em que estas fossem utilizadas, tornando o processo mais demorado e propenso a erro.

## Cost Plan Variance Report



Code	Description	Cost Plan Version 1			Cost Plan Version 2			Variance		
		Quantity	Unit	Price	Quantity	Unit	Price	Quantity	Unit	Price
000	Tese final	1,00		612 961,50	1,00		777 961,50	0,00		165 000,00
#0000	Adjustments	1,00		0,00	1,00		0,00	0,00		0,00
#1000	Alternatives	1,00		0,00	1,00		0,00	0,00		0,00
A	Substructure	1,00	-	172 874,11	1,00	-	337 874,11	0,00	-	165 000,00
A10	Foundations	1,00	-	172 874,11	1,00	-	337 874,11	0,00	-	165 000,00
A1010	Standard Foundations	1,00	-	172 874,11	1,00	-	337 874,11	0,00	-	165 000,00
A1011	Estacas Moldadas "in situ"	1,00	-	122 842,08	1,00	-	287 842,08	0,00	-	165 000,00
A1011_1	Estacas 400mm	576,00	m	46 183,68	576,00	m	46 183,68	0,00	m	0,00
A1011_2	Estacas 500mm	720,00	m	76 658,40	720,00	m	76 658,40	0,00	m	0,00
A1011_3	Estacas 600mm	0,00	-	0,00	1 100,00	-	165 000,00	1 100,00		165 000,00
A1012	Cabeças de Estacas	1,00	-	50 032,03	1,00	-	50 032,03	0,00	-	0,00
A1012_1	Cabeças Estacas 400mm	82,94	m3	18 377,90	82,94	m3	18 377,90	0,00	m3	0,00
A1012_2	Cabeças Estacas 500mm	142,86	m3	31 654,13	142,86	m3	31 654,13	0,00	m3	0,00
A1020	Special Foundations	1,00	-	0,00	1,00	-	0,00	0,00	-	0,00

Fig. 15 – Relatório Comparativo

### 5.5. GESTÃO DE CUSTOS

Uma das mais-valias da produção de um modelo 5D com base na ferramenta utilizada neste caso de estudo prende-se com o facto de oferecer ao seu usuário a capacidade de gerir os orçamentos, tanto das tarefas a executar como da globalidade da obra, com base num orçamento máximo estipulado. Definiu-se então um orçamento global máximo apresentado na Figura 16, sendo posteriormente adaptado de forma percentual às diferentes tarefas já anteriormente definidas. Ressalve-se que esta adaptação pode também ser feita diretamente na coluna referente aos custos.

R5.0 - Tese final

Target Cost Editor New ViewSet(1)

Code	Description	Rate	Cost
000	Tese final	100,00%	620 000,00
A	Substructure	25,00%	155 000,00
A-10	Foundations	100,00%	155 000,00
A-1010	Standard Foundations	100,00%	155 000,00
A-1011	Estacas Moldadas "in situ"	80,00%	124 000,00
A-1011_1	Estacas 400mm	40,00%	49 600,00
A-1011_2	Estacas 500mm	60,00%	74 400,00
A-1012	Cabeças de Estacas	20,00%	31 000,00
A-1012_1	Cabeças Estacas 400mm	35,00%	10 850,00
A-1012_2	Cabeças Estacas 500mm	65,00%	20 150,00
A-1020	Special Foundations	0,00%	0,00
A-1030	Slab on Grade	0,00%	0,00
A20	Basement Construction	0,00%	0,00
B	Shell	75,00%	465 000,00
B-10	Superstructure	100,00%	465 000,00
B-1010	Lajes	70,00%	325 500,00
B-1011	Laje R/C	30,00%	97 650,00
B-1011_1	Cofragem	40,00%	39 060,00
B-1011_2	Betonagem	25,00%	24 412,50
B-1011_3	Mão-de-obra	35,00%	34 177,50
B-1012	Laje 1º e 2º	45,00%	146 475,00
B-1012_1	Cofragem	40,00%	58 590,00
B-1012_2	Betonagem	25,00%	36 618,75
B-1012_3	Mão-de-obra	35,00%	51 266,25
B-1013	Laje Cobertura	25,00%	81 375,00
B-1013_1	Cofragem	40,00%	32 550,00
B-1013_2	Betonagem	25,00%	20 343,75
B-1013_3	Mão-de-obra	35,00%	28 481,25
B-1020	Vigas	25,00%	116 250,00
B-1030_1	Vigas	100,00%	116 250,00
B-1030	Pilares	5,00%	23 250,00
B-1030_2	Pilares	100,00%	23 250,00
B-1030_3	Exterior Encostas	0,00%	0,00

Fig. 16 – Definição de um Orçamento Máximo

Conforme foi mencionado no capítulo precedente, uma vez definidos os orçamentos totais e parciais, é possível analisar de forma dinâmica o estado em que cada tarefa se encontra em relação aos limites financeiros estabelecidos através de um diagrama de árvore que utiliza um sistema de códigos de cores para realçar a condição de cada item (Fig. 17).

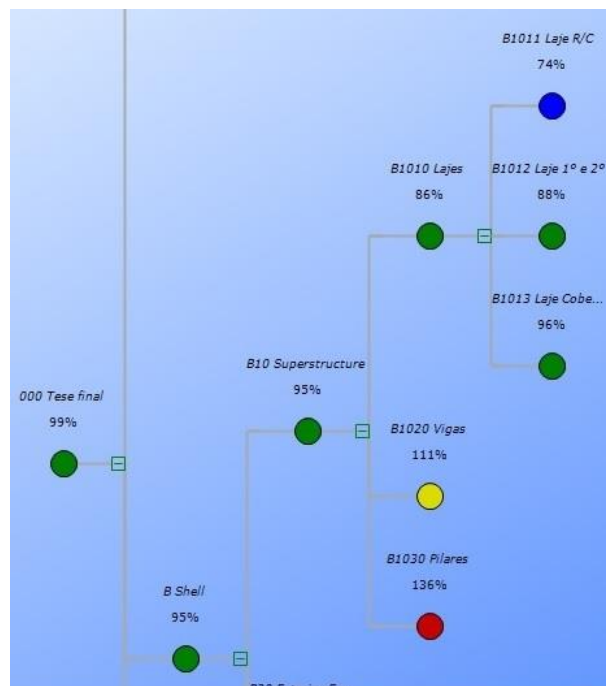


Fig. 17 – Representação de parte do diagrama em árvore

Como se pode ver, o esquema reparte-se em quatro cores, vermelho, amarelo, verde e azul, baseadas nas discrepâncias percentuais existentes entre os custos orçamentados e os custos alvo estipulados. O significado de cada uma das cores é de fácil perceção, contudo pode ser revisto no capítulo 4.5.

No anexo apresentado na última página encontra-se representado o diagrama na sua totalidade.

O Vico permite também fazer uma análise em tudo semelhante à anterior mas contemplando duas versões diferentes do mesmo projeto, situação análoga à efetuada no capítulo 5.4. Procedeu-se então à exploração desta capacidade do *software*, tendo-se obtido o resultado apresentado na Figura 18. Uma outra funcionalidade foi adaptada a este processo, a qual permite visualizar no modelo tridimensional o objeto que está a ser analisado. Qualquer que seja o nó selecionado, este é salientado na vista do modelo 3D.

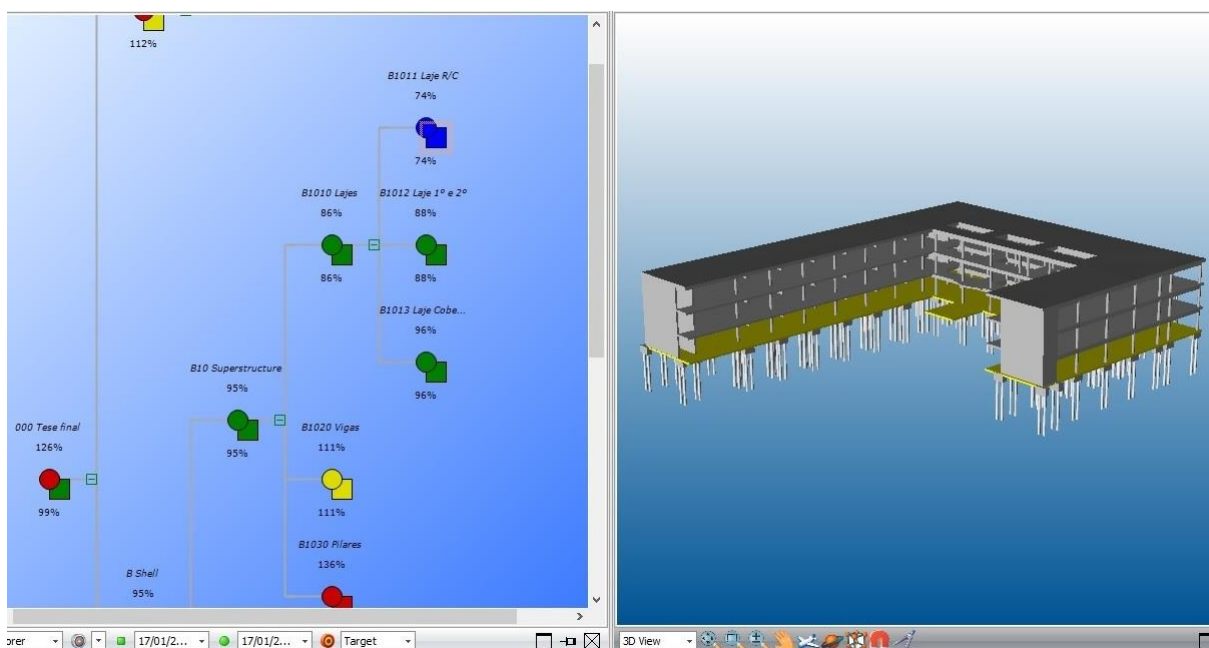


Fig. 18 – Gestão de Custos e Modelo 3D

Focando a atenção para a parte esquerda da Figura 18, podemos ver por todo o diagrama, quadrados e círculos com cores definidas. O significado das cores é obviamente o mesmo que anteriormente sendo que os quadrados representam uma versão do projeto e os círculos representam uma versão alterada do mesmo. Esta capacidade de definição e análise de duas hipóteses distintas bem como a sua relação com um custo alvo é talvez a mais importante funcionalidade desta ferramenta do ponto de vista da estimativa de custos.

Através de uma interface gráfica bastante esclarecedora, este método de exploração de custos fornece uma poderosa forma de comunicar a todos os intervenientes o custo das alterações, onde é que estas existem no projeto e como se comparam tanto com o custo máximo como com as diferentes hipóteses ponderadas.

## 5.6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Tendo em conta o trabalho desenvolvido não só neste caso de estudo mas também fazendo ponte com os restantes temas explorados nos capítulos iniciais desta dissertação, é importante proceder a uma interpretação objetiva acerca dos seus significados.

A primeira análise prende-se com o modelo 3D, a sua maturidade e a sua interoperabilidade com o Vico. Assim sendo, verificou-se que o modelo utilizado, apesar de ser satisfatório para o desenvolvimento do trabalho pretendido, não permitiu uma exportação de todos os dados acerca dos elementos que o definiam, nomeadamente as armaduras. É presumível que esta perturbação se deva a lacunas do próprio modelo, não se encontrando os elementos em causa com as informações geométricas requeridas. Tendo em conta que este foi o único problema detetado, e assumindo que este não se deveu a problemas de interoperabilidade entre as ferramentas, pode-se considerar que existe eficiente sintonia entre o Revit e o Vico.

Em relação ao nível de desenvolvimento do modelo utilizado, este pode ser considerado um LOD 350, dado que os elementos que o constituem, à exceção justificável das armaduras, cumprem os requisitos exigidos categoria mas não chegam para pertencer à seguinte. A interface com o Vico completa as imposições necessárias.

Relativamente ao Vico, a intuitiva compatibilidade com o Excel permite a criação e importação de folhas de dados previamente elaborados mas, mais importante, é o acesso a quaisquer dados previamente inseridos tanto no projeto em causa como noutros já existentes, permitindo a sua reutilização sendo esta complementada com a capacidade que este *software* disponibiliza de preenchimento automático das células nas folhas de tarefas e quantidades do modelo.

A definição das tarefas de diferentes maneiras teve como objetivo mostrar as respetivas alternativas de cálculo para as mesmas. Esta necessidade surge no âmbito do desenvolvimento dos modelos 3D e consequentemente dos 5D conforme a fase de projeto em que o processo construtivo se encontra. Neste prisma, e sabendo que numa etapa preliminar as exigências orçamentais são menores, a definição das tarefas e as respetivas quantidades pode ser feita de forma mais abrangente e genérica sendo crucial uma maior especificidade das mesmas à medida que o projeto se desenvolve para um aumento da precisão orçamental. Estas variações podem ser devidas ao modelo ter ainda um nível de maturidade muito baixo e consequentemente as quantidades apuradas são incertas, ou então pode dever-se ao facto de não serem consideradas subdivisões das próprias tarefas, isto é, o preço de um pilar pode ser definido aproximadamente pelo seu volume tendo como base preços unitários por metro cúbico ou então ser dividido minuciosamente consoante as tarefas necessárias à sua elaboração e os respetivos custos. À medida que o projeto avança, é aconselhável dispor de informação cada vez mais pormenorizada para que a futura gestão de custos seja mais valiosa.

A elaboração de relatórios comparativos entre diferentes versões possibilita uma visualização dos impactos das alterações levadas a cabo. A produção deste tipo de ficheiros em ambiente BIM é muito útil dada a facilidade com que são passíveis de serem automaticamente reproduzidos, quaisquer que sejam as alterações efetuadas no modelo 5D.

No âmbito da gestão do orçamento para a obra, esta tem por base a definição de um orçamento máximo pretendido. Este custo alvo pode ser um valor imposto pelo Dono de Obra ou então por vezes pode ser definido segundo o empreiteiro consoante as margens que quer obter. A definição deste limite permite depois a exploração de diferentes alvos de custos para cada tarefa individual e a sua repercussão nas restantes.

A última etapa do processo desenvolvido neste capítulo (Fig. 18) é de extrema utilidade, bem como o relatório comparativo que se pode obter a partir dela. Para além de analisar as diferentes versões no âmbito geral, é possível também compreender qual é a tarefa que devido às alterações efetuadas foi mais afetada. Tendo em conta o anexo apresentado na última página, consideremos versão 1 os quadrados e versão 2 os círculos.

No caso apresentado, verifica-se que a versão 2 apresenta um valor relativo de 126% em relação ao orçamento máximo definido, sendo que a versão 1 estando com 99% encontra-se praticamente conforme o desejado. Desde já depreende-se que a versão 1 resulta num custo geral de projeto bastante inferior e dentro do orçamento máximo, enquanto a versão 2 está bastante longe do estabelecido. Seguindo para o nível seguinte, verifica-se que a parte inferior “B Shell” não sofreu alterações, o que era expectável já que as alterações foram produzidas pelo facto de se ter aumentado tanto o custo unitário como a quantidade da parcela “Estacas 400mm” na versão 2, cuja tarefa “Estacas Moldadas in situ” é aquela representada no topo da figura. Avançando até este último nível, é possível compreender exatamente a causa desta variação entre as duas versões. Enquanto a tarefa ainda se encontra dentro do orçamentado na versão 1, o mesmo não acontece na versão 2 onde existe um desvio de 233% em relação ao custo alvo. Está então encontrado o ponto de entropia do conjunto. Obviamente que este valor foi propositadamente exagerado para que houvesse uma diferença notória entre as duas versões.

É de salientar que, apesar das tarefas associadas ao nível “B Shell” se encontrarem num valor satisfatório não significa que não seja útil fazer uma análise profunda das suas tarefas subjacentes. Assim, conforme podemos verificar na parte inferior do anexo apresentado na última página é notório um desvio negativo na tarefa “Pilares”, sendo que a tarefa “Laje R/C” se encontra com valores estranhamente baixos. Esta análise para além de permitir alertar para possíveis erros associados a estas tarefas devido aos valores bastante afastados do estipulado, permite perceber que apesar dos valores na tarefa “B Shell” serem no global satisfatórios, estes só o são porque existem duas tarefas que não estando orçamentadas convenientemente em relação ao estabelecido, acabam de certa forma por se compensarem uma à outra.

Em suma, a realização deste caso de estudo permitiu definir e compreender as dinâmicas associadas aos processos necessários para a elaboração de uma modelação 5D. Desde a sua raiz nos modelos tridimensionais até à capacidade de avaliação e comparação das hipóteses ponderadas compreendendo os seus impactos ao nível dos custos e a forma como se refletem em cada tarefa individualmente. Esta conjugação de competências possibilita uma tomada de decisão com toda a transparência e mais proveitosa para todos os intervenientes.



# 6

## CONCLUSÃO

### 6.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

#### 6.1.1. ÂMBITO GERAL

Ao longo da realização desta dissertação foi possível compreender não só as diversas lacunas existentes no seio da indústria da construção civil ao nível da gestão e partilha de informação aliada à baixa produtividade, mas também uma conseqüente panóplia de novos recursos à disposição dos seus intervenientes para que as mesmas sejam colmatadas. O uso de metodologias BIM é reconhecido como o caminho que deve ser seguido para contornar a falta eficiência e de competitividade que assola o setor. As ferramentas BIM alteram todo o processo construtivo tradicional abrangendo donos de obra, projetistas e empreiteiros, entre outros, numa nova abordagem de total integração e partilha de informação atempada entre os intervenientes, algo completamente utópico na metodologia corrente. Os novos recursos tecnológicos surgem a todos os níveis, desde a forma de comunicar e partilhar informação até à execução e manutenção das construções. Por conseguinte, também os processos de medição e orçamentação são abrangidos por estes avanços. O ambiente BIM proporciona uma interligação entre o modelo e os trabalhos acima mencionados onde as diversas ferramentas à disposição, nomeadamente o Vico, aumentam de forma indiscutível a eficiência dos mesmos.

#### 6.1.2. MEDIÇÃO E ORÇAMENTAÇÃO

A capacidade de extrair automaticamente quantidades a partir de modelos 3D, relacionada com os respetivos custos associados aos materiais, recursos e mão-de-obra definem a folha de custos que serve de base à criação de um modelo 5D.

No seguimento deste prisma, a definição automática de quantidades para efeitos de orçamentação aliada à capacidade de compreensão dos impactos financeiros das alterações efetuadas nas possíveis soluções em análise vem dar resposta a uma das principais causas de derrapagem orçamental dos trabalhos de construção, concretamente, a incapacidade de numa fase primordial do projeto, prever de forma adequada os custos associados às modificações impostas no modelo. Fica então claro que quanto melhor forem compreendidas as possíveis alterações no projeto e mais concretamente forem analisadas as diferentes hipóteses e os seus respetivos impactos no custo global da obra, mais adequadas e lúcidas serão as tomadas de decisão que são necessárias fazer.

Um outro objeto de estudo relacionava-se com a necessidade de compreender quais as informações mínimas exigidas a um modelo para que o desenvolvimento de uma análise 5D fosse possível. No final deste trabalho, é possível afirmar que os pré-requisitos para uma modelação 5D têm apenas a ver

com a criação de um modelo tridimensional BIM, independentemente do seu nível de desenvolvimento, isto é, existindo um modelo 3D BIM do projeto da obra ou de parte dela, é possível efetuar uma análise de custos total ou parcial. O nível de desenvolvimento desse modelo reflete o grau de confiança que se pode ter nessa análise de custos.

### 6.1.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Sugere-se a aplicação dos trabalhos de medição e orçamentação a uma obra em concreto, e se possível, a conjugação destes com o planeamento das tarefas de obra.

A recolha de dados em obra para acompanhamento das atividades construtivas através de dispositivos móveis é também um processo que se encontra já desenvolvido a nível tecnológico mas que ainda carece de implementação nos trabalhos de campo.

Uma incorporação dos dois trabalhos propostos, de recolha de dados em obra para atualização imediata da informação nos *softwares* de análise também seria um tema a aprofundar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arayici, Y.; Coates, P.; Koskela, L.; Kagioglou, M.; Usher, C.; O'Reilly, K. - Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*. Vol. 20. n.º 2 (2011). p. 189-195. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580510001457>>. (22/10/2014) 0926-5805
- Autodesk - BIM and Cost Estimating. 2007. Disponível em WWW: <[http://images.autodesk.com/latin\\_am\\_main/files/bim\\_cost\\_estimating\\_jan07\\_1\\_.pdf](http://images.autodesk.com/latin_am_main/files/bim_cost_estimating_jan07_1_.pdf)>. (08/12/2014)
- Barlish, Kristen; Sullivan, Kenneth - How to measure the benefits of BIM — A case study approach. *Automation in Construction*. Vol. 24. n.º 0 (2012). p. 149-159. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512000234>>. (01/12/2014) 0926-5805
- Bazjanac, Vladimir - Virtual building environments (VBE) - Applying information modeling to buildings. 2004. Disponível em WWW: <<http://www.escholarship.org/uc/item/0wp0n585>>. (06/11/2014)
- BIMForum - Level of Development Specification. (2013). Disponível em WWW: <<http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/05/DRAFT-LOD-Spec.pdf>>. (21/10/2014)
- CBE, Richard Saxon - Growth Through BIM. 2013. Disponível em WWW: <<http://cic.org.uk/download.php?f=growth-through-bim-final-1.pdf>>. (05/12/2014)
- Charette, Robert P; Marshall, Harold E - UNIFORMAT II elemental classification for building specifications, cost estimating, and cost analysis. US Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology, 1999.
- CURT - Collaboration, integrated information and the project lifecycle in building design, construction and operation. Construction Users Roundtable, 2004.
- CYPE, Ingenieros - 2009. Disponível em WWW: <<http://orcamentos.eu/project/gerador-de-precos/>>. (03/01/2015)
- de Sousa, Hipólito;; Poças Martins, João Pedro; Monteiro, André - Projeto SIGABIM. 2011. Disponível em WWW: <[http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Industry\\_Foundation\\_Classes#cite\\_note-SIGABIM-0](http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Industry_Foundation_Classes#cite_note-SIGABIM-0)>. (12/12/2014)
- Design, [realized] - 2013. Disponível em WWW: <<http://www.designrealized.com/blog>>. (05/10/2014)
- Eastman, Chuck; Teicholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston, Kathleen - Frontmatter. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. (2011). p. i-xiv. 0470261307
- Eckblad, Stuart; Ashcraft, H; Audsley, P; Blieman, D; Bedrick, J; Brewis, C; Hartung, RJ; Onuma, K; Rubel, Z; Stephens, ND - Integrated Project Delivery-A Working Definition. *AIA California Council, Sacramento, CA*. (2007).
- Engineering, GreenBIM - 2014. Disponível em WWW: <<http://www.greenbim-eng.com/green-building/bim/>>. (02/12/2014)
- Eshtehardian, Ehsan; Afshar, Abbas; Abbasnia, Reza - Uncertain scheduling based on Accepted risk level and optimism of a project manager. *Construction in Developing Countries*. (2008). p. 201.
- Faria, José Amorim - Gestão de Obras e Segurança. FEUP, Porto, 2014. Disponível em WWW: <[http://paginas.fe.up.pt/~construc/go/docs\\_GO/sebenta/por%20capitulos%202013/09-planeamento%20de%20obras-rev10fev14.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~construc/go/docs_GO/sebenta/por%20capitulos%202013/09-planeamento%20de%20obras-rev10fev14.pdf)>. (02/11/2014)
- Ferreira, Bruno; ; Lima, João; ; Rio, João; ; Poças Martins, João Pedro - Integração da Tecnologia BIM no Projeto de Estruturas de Betão. 2012. Disponível em WWW: <[http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/020\\_Artigo.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/020_Artigo.pdf)>. (03/11/2014)
- Fitzner, Alexandre do Nascimento - Iniciativas do Governo Federal para Implantação do BIM no Brasil. Brasília: 2014. Disponível em WWW: <<http://www.abrava.com.br/arquivos/3/c974cbabc93931176029f514fc9e1c7c.pdf>>. (11/11/2014)
- Ford, S.; Aouad, G.; Kirkham, J.; Brandon, P.; Brown, F.; Child, T.; Cooper, G.; Oxman, R.; Young, B. - An information engineering approach to modelling building design. *Automation in Construction*. Vol. 4. n.º 1 (1995). p. 5-15. Disponível em WWW:

- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658059400029M>. (06/11/2014) 0926-5805
- Gequaltec - BIM - Wiki da Construção. 2011a. Disponível em WWW: [http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Linha\\_de\\_Balan%C3%A7o](http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Linha_de_Balan%C3%A7o). (13/11/2014)
- Gequaltec - BIM - Wiki da Construção. 2011b. Disponível em WWW: [http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=P%C3%A1gina\\_principal](http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=P%C3%A1gina_principal). (13/11/2014)
- Gequaltec - BIM - Wiki da Construção. 2011c. Disponível em WWW: <http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=IPD>. (15/11/2014)
- Grilo, António; Jardim-Goncalves, Ricardo - Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*. Vol. 19. n.º 5 (2010). p. 522-530. 0926-5805
- Group, BIM Industry Working - Strategy Paper for the Government Construction Client Group. 2011. Disponível em WWW: <http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-Strategy-Report.pdf>. (08/11/2014)
- Gupta, Suresh K - Integration of BIM in High-Rise Building Construction. *The Masterbuilder* (2014). Disponível em WWW: <http://www.masterbuilder.co.in/data/edata/Articles/October2014/86.pdf>. (18/11/2014)
- Ham, Nam-Hyuk; Min, Kyung-Min; Kim, Ju-Hyung; Lee, Yoon-Sun; Kim, Jae-Jun - A study on application of bim (building information modeling) to pre-design in construction project. IEEE, 2008. 0769534074
- Haug, Diderik - BIM International Conference - Challenges to Overcome. Lisboa: 2014. Disponível em WWW: <http://www.bimforum.com.pt/index.php/en/>. (07/11/2014)
- Kim, Changyoon; Park, Taeil; Lim, Hyunsu; Kim, Hyoungkwan - On-site construction management using mobile computing technology. *Automation in Construction*. Vol. 35. n.º 0 (2013). p. 415-423. Disponível em WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580513000940>. (20/12/2014) 0926-5805
- Kim, Hyunjoo; Anderson, Kyle; Lee, SangHyun; Hildreth, John - Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modeling) technology. *Automation in Construction*. Vol. 35. n.º 0 (2013). p. 285-295. Disponível em WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580513000873>. (14/12/2014) 0926-5805
- Lee, Ju Hyun; Song, Jeong Hwa; Oh, Kun Soo; Gu, Ning - Information lifecycle management with RFID for material control on construction sites. *Advanced Engineering Informatics*. Vol. 27. n.º 1 (2013). p. 108-119. Disponível em WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147403461200105X>. (13/12/2014) 1474-0346
- Love, Peter E D.; Edwards, David J; Han, Sangwon; Goh, Yang M - Design error reduction: toward the effective utilization of building information modeling. *Research in Engineering Design*. Vol. 22. n.º 3 (2011). p. 173-187. Disponível em WWW: <http://dx.doi.org/10.1007/s00163-011-0105-x>. (28/11/2014) 0934-9839
- Martins, Francisco; Cachadinha, Nuno - Novas utilizações das potencialidades BIM—apoio à medição de trabalhos realizados e produção de modelos as-built fiáveis e ricos em informação para a fase de manutenção. (2012).
- McAuley, Barry; Hore, Alan V; West, Roger - Implementing Building Information Modeling in Public Works Projects in Ireland. Reykjavik: 2012. Disponível em WWW: <http://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=beschrecon>. (10/11/2014)
- McGraw-Hill, Construction - The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling. *Smart Market Report*. (2014).
- Monteiro, André; Poças Martins, João - A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. *Automation in Construction*. Vol. 35. n.º 0 (2013). p. 238-253. Disponível em WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580513000721>. (03/11/2014) 0926-5805
- Nassar, Khaled - The Effect of Building Information Modeling on the Accuracy of Estimates. Wentworth Institute of Technology - Boston, Massachusetts: 2010. Disponível em WWW: <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPRT155002010.pdf>. (05/11/2014)

- Pascoe, Jason; Ryan, Nick S; Morse, David R - Human computer giraffe interaction: HCI in the field. (1998).
- Sabol, Louise - Challenges in cost estimating with Building Information Modeling. (2008).
- Salih, Jonas N. - 5D BIM for Construction Companies. 2013. Disponível em WWW: <<http://www.bimhow.com/5d-bim-for-construction-companies/>>. (09/12/2014)
- Sattineni, Anoop; Bradford, RH - Estimating with BIM: A survey of us construction companies. *Proceedings of the 28th ISARC, Seoul, Korea.* (2011). p. 564-569. Disponível em WWW: <<http://www.iaarc.org/publications/fulltext/S16-6.pdf>>. (10/12/2014)
- Shen, Zhigang; Issa, Raja RA - Quantitative evaluation of the BIM-assisted construction detailed cost estimates. (2010).
- Silva, Jorge - Princípios para o Desenvolvimento de Projetos com Recurso a Ferramentas BIM Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP, 2013.
- Silva, Julio Cesar Bastos; AMORIM, SRL - A Contribuição dos Sistemas de Classificação Para a Tecnologia BIM: uma abordagem teórica. *ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO.* Vol. 5. (2011).
- Sinclair, D - BIM overlay to the RIBA outline plan of work. *London, UK: RIBA.* (2012). Disponível em WWW: <<http://www.ribabookshops.com/uploads/b1e09aa7-c021-e684-a548-b3091db16d03.pdf>>. (29/11/2014)
- solutions, innovative growth - (2013). Disponível em WWW: <<http://www.bimwhatisit.com/images/BIM.jpg>>. (20/11/2014)
- Surveyors, Royal Institution of Chartered - RICS QS and Construction Standards. 2012.
- Takim, Roshana; Harris, Mohd; Nawawi, Abdul Hadi - Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Quality of Life Within Architectural, Engineering and Construction (AEC) Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences.* Vol. 101. n.º 0 (2013). p. 23-32. Disponível em WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813020703>>. (15/11/2014) 1877-0428
- Vico, Software - Vico Software Introduces Vico Office R3. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.vicosoftware.com/0/vico-office-R3-BIM-software-for-construction/tabid/229424/Default.aspx>>. (28/09/2014)



# **ANEXOS**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Code, 1	Code, 2	Code, 3	Code, 4	Code, 5	Code, 6	Description	Unit	Units	Consumption	Waste	Unit Cost	Source Qty
2	A						<b>Substructure</b>						
3		A10					<b>Foundations</b>						
4			A1010				<b>Standard Foundations</b>						
5				A1011			Wall Foundations						
6				A1012			Column Foundations & Pilar Caps						
7				A1013			Perimeter Drainage & Insulation						
8			A1020				<b>Special Foundations</b>						
9				A1021			Piles Foundations						
10				A1022			Grade Beams						
11			A1030				<b>Slab on Grade</b>						
12				A1031			Standard Slab on Grade						
13		A20					<b>Basement Construction</b>						
14			A2010				<b>Basement Excavation</b>						
15				A2011			Excavation for Basements						
16				A2012			Compaction						
17			A2020				<b>Basement Walls</b>						
18				A2021			Basement Wall Construction						
19				A2022			Moisture Protection						
20	B						<b>Shell</b>						
21		B10					<b>Superstructure</b>						
22			B1010				<b>Floor Construction</b>						
23				B1011			Suspended Basement Floor Construction						
24				B1012			Upper Floors Construction						
25			B1020				<b>Roof Construction</b>						
26				B1021			Flat Roof Construction						
27				B1022			Pitched Roof Construction						
28		B20					<b>Exterior Enclosure</b>						
29			B2010				Exterior Walls						

Fig. 19 – Definição do Modelo Uniformat no Excel

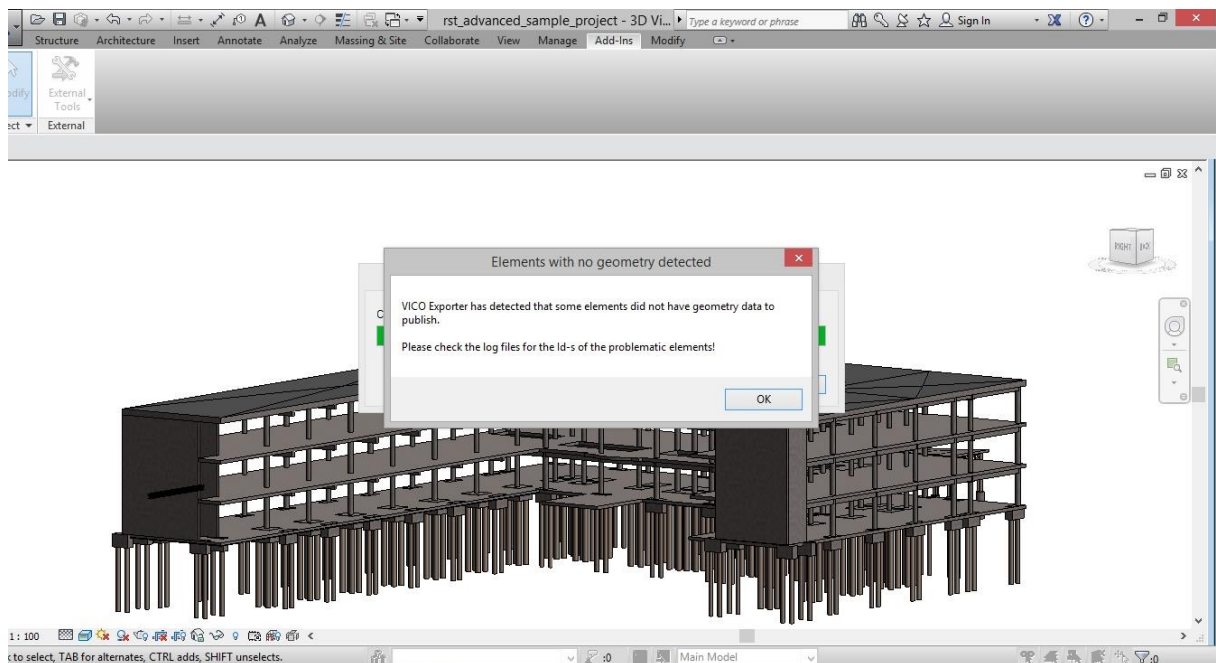


Fig. 20 – Exportação do Modelo do Revit para o Vico



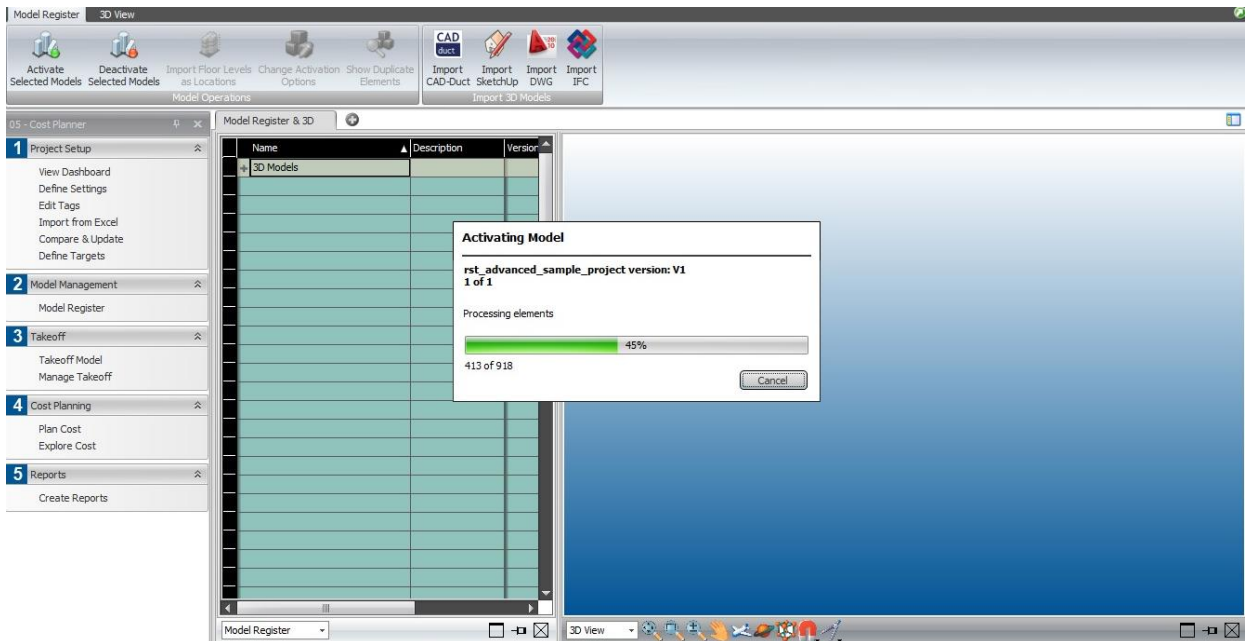


Fig. 21 – Ativação do Modelo no Vico

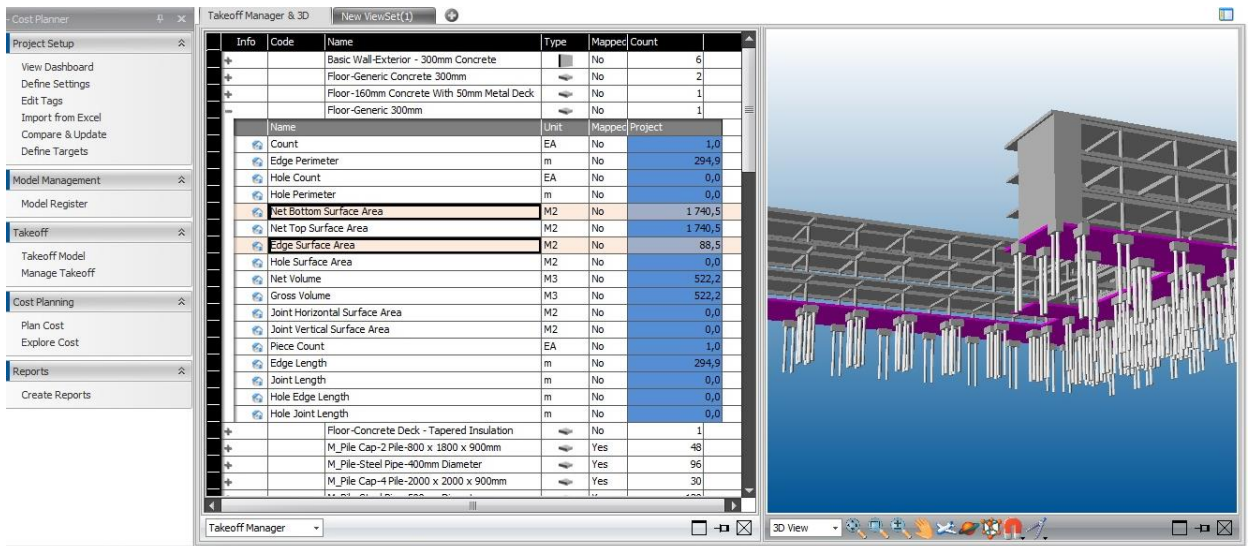


Fig. 22 – Ambiente Vico

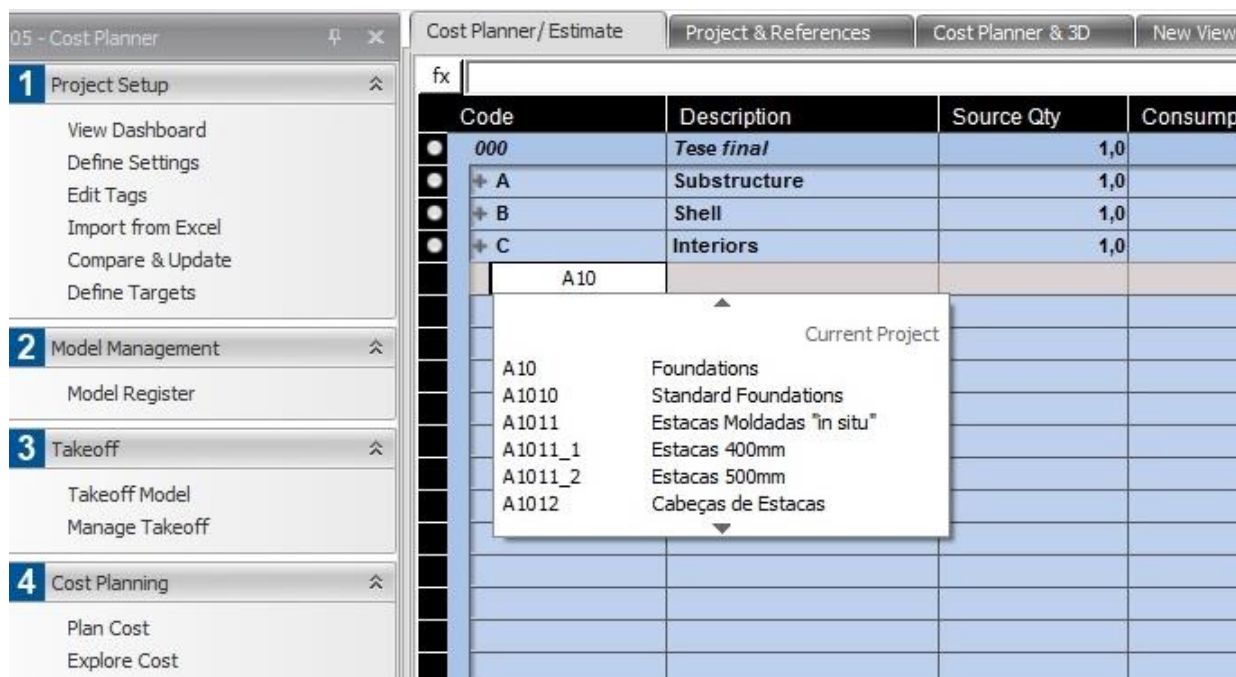


Fig. 23 – Importação de Dados e Preenchimento Automático no Cost Planner

## Cost Plan Variance Report

Integrating Construction

		Cost Plan Version 1			Cost Plan Version 2			Variance		
Code	Description	Quantity	Unit	Price	Quantity	Unit	Price	Quantity	Unit	Price
000	Tese final	1,00		612 961,50	1,00		777 961,50	0,00		165 000,00
#0000	Adjustments	1,00		0,00	1,00		0,00	0,00		0,00
#1000	Alternatives	1,00		0,00	1,00		0,00	0,00		0,00
A	Substructure	1,00	-	172 874,11	1,00	-	337 874,11	0,00	-	165 000,00
A10	Foundations	1,00	-	172 874,11	1,00	-	337 874,11	0,00	-	165 000,00
A1010	Standard Foundations	1,00	-	172 874,11	1,00	-	337 874,11	0,00	-	165 000,00
A1011	Estacas Moldadas "in situ"	1,00	-	122 842,08	1,00	-	287 842,08	0,00	-	165 000,00
A1011_1	Estacas 400mm	576,00	m	46 183,68	576,00	m	46 183,68	0,00	m	0,00
A1011_2	Estacas 500mm	720,00	m	76 658,40	720,00	m	76 658,40	0,00	m	0,00
A1011_3	Estacas 600mm	0,00	-	0,00	1 100,00	-	165 000,00	1 100,00		165 000,00
A1012	Cabeças de Estacas	1,00	-	50 032,03	1,00	-	50 032,03	0,00	-	0,00
A1012_1	Cabeças Estacas 400mm	82,94	m3	18 377,90	82,94	m3	18 377,90	0,00	m3	0,00
A1012_2	Cabeças Estacas 500mm	142,86	m3	31 654,13	142,86	m3	31 654,13	0,00	m3	0,00
A1020	Special Foundations	1,00	-	0,00	1,00	-	0,00	0,00	-	0,00

Fig. 24 – Relatório Comparativo do Plano de Custos

## Target Cost Comparison Report



Code	Description	Quantity	Unit	Unit Cost	Price	Target Price	Variance
#0000	Adjustments	1		0,00	0,00	0,00	0,00
#1000	Alternatives	1		0,00	0,00	0,00	0,00
A	Substructure	1 -		172 874,11	172 874,11	155 000,00	17 874,11
A10	Foundations	1 -		172 874,11	172 874,11	155 000,00	17 874,11
A1010	Standard Foundations	1 -		172 874,11	172 874,11	155 000,00	17 874,11
A1011	Estacas Moldadas "in situ"	1 -		122 842,08	122 842,08	124 000,00	-1 157,92
A1011_1	Estacas 400mm	576 m		80,18	46 183,68	49 600,00	-3 416,32
A1011_2	Estacas 500mm	720 m		106,47	76 658,40	74 400,00	2 258,40
A1012	Cabeças de Estacas	1 -		50 032,03	50 032,03	31 000,00	19 032,03
A1012_1	Cabeças Estacas 400mm	83 m3		221,57	18 377,90	10 850,00	7 527,90
A1012_2	Cabeças Estacas 500mm	143 m3		221,57	31 654,13	20 150,00	11 504,13
A1020	Special Foundations	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A1021	Piles Foundations	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A1022	Grade Beams	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A1030	Slab on Grade	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A1031	Standard Slab on Grade	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A20	Basement Construction	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A2010	Basement Excavation	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A2011	Excavation for Basements	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A2012	Compaction	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A2020	Basement Walls	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A2021	Basement Wall Construction	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
A2022	Moisture Protection	1 -		0,00	0,00	0,00	0,00
D	Shell	1		110 000,00	110 000,00	155 000,00	-45 000,00

Fig. 25 – Relatório Comparativo entre o Planeado e o Desejado

## Cost and Quantity Variance



Code	Description	Qty V1	Price V1	Qty V2	Price V2	Qty Diff	Price Diff
#0000	Adjustments	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
#1000	Alternatives	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
A	Substructure	1,00	172 874,11	1,00	338 752,03	0,00	165 877,92
A10	Foundations	1,00	172 874,11	1,00	338 752,03	0,00	165 877,92
A1010	Standard Foundations	1,00	172 874,11	1,00	338 752,03	0,00	165 877,92
A1011	Estacas Moldadas "in situ"	1,00	122 842,08	1,00	288 720,00	0,00	165 877,92
A1011_1	Estacas 400mm	576,00	46 183,68	864,00	241 920,00	288,00	195 736,32
A1011_2	Estacas 500mm	720,00	76 658,40	720,00	46 800,00	0,00	-29 858,40
A1012	Cabeças de Estacas	1,00	50 032,03	1,00	50 032,03	0,00	0,00
A1012_1	Cabeças Estacas 400mm	82,94	18 377,90	82,94	18 377,90	0,00	0,00
A1012_2	Cabeças Estacas 500mm	142,86	31 654,13	142,86	31 654,13	0,00	0,00
A1020	Special Foundations	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
A1021	Piles Foundations	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
A1022	Grade Beams	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
A1030	Slab on Grade	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
A1031	Standard Slab on Grade	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
A20	Basement Construction	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
A2010	Basement Excavation	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00

Fig. 26 – Relatório Comparativo de Custos e Quantidades

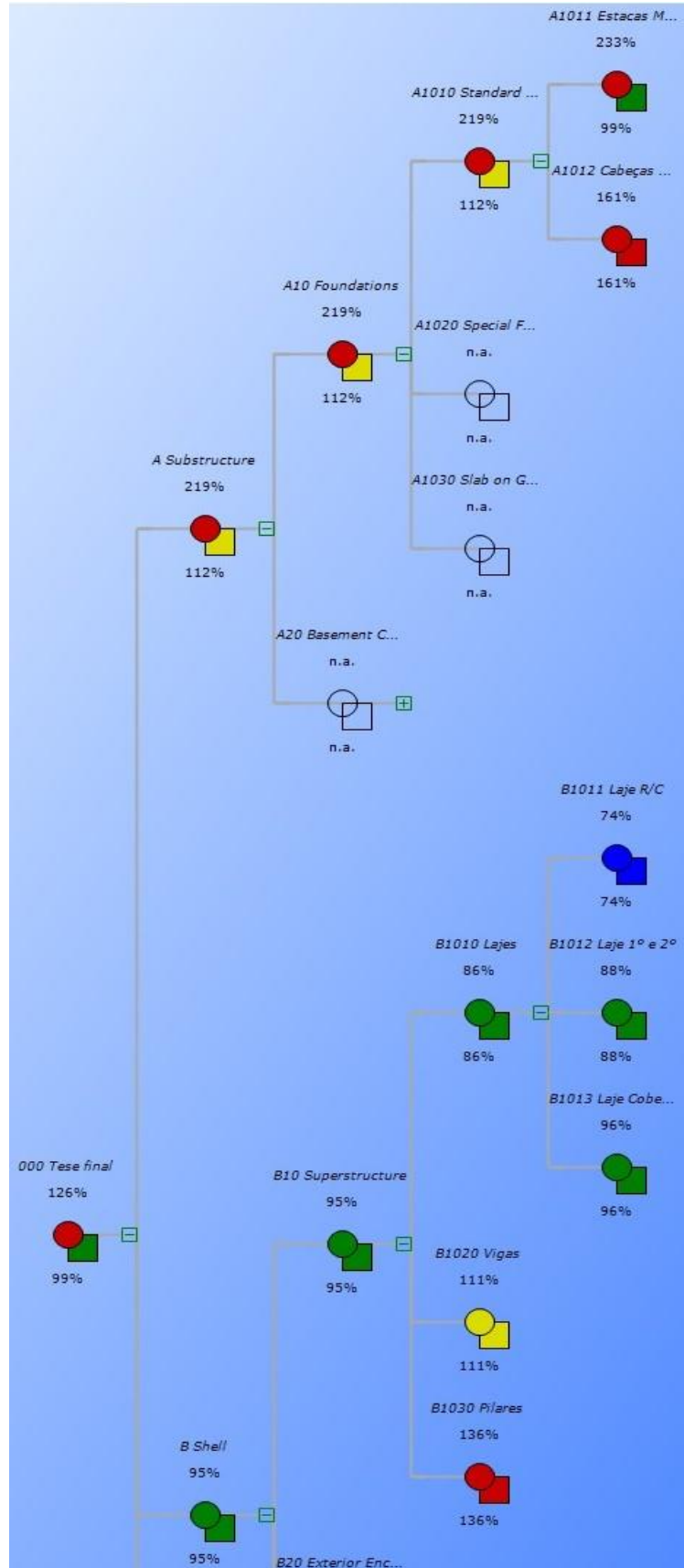


Fig. 27 – Diagrama em Árvore de Análise de Custos