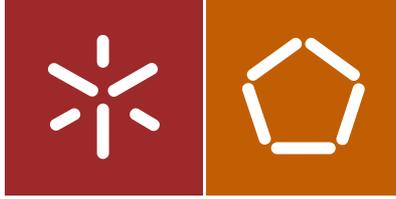




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rui Jorge Batista da Costa

Planeamento e controlo na gestão de
riscos de projetos de construção com
recurso a ferramentas BIM: aplicação a
um caso de estudo.



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rui Jorge Batista da Costa

Planeamento e controlo na gestão de
riscos de projetos de construção com
recurso a ferramentas BIM: aplicação a
um caso de estudo.

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

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

Declaração de Reprodução

Nome: Rui Jorge Batista da Costa

Endereço eletrónico: r_j_costa@hotmail.com

Número de cartão de cidadão: 14316584

Telemóvel: 914285828

Título da Dissertação: Planeamento e controlo na gestão de riscos de projetos de construção com recurso a ferramentas BIM: aplicação a um caso de estudo

Orientador(es): Professor Doutor João Pedro Pereira Maia Couto (Universidade do Minho)

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia Civil

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ____ / ____ / ____

Assinatura: _____

“The best preparation for tomorrow is doing your best today.”

H. Jackson Brown, Jr.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir esta etapa, sinto necessidade de expressar os meus sinceros agradecimentos a quem, direta ou indiretamente, contribuiu para a realização desta dissertação.

Pela orientação recebida, pela capacidade crítica e partilha de conhecimentos durante a elaboração desta dissertação, desejo manifestar o meu sincero agradecimento ao orientador deste trabalho, ao Professor Doutor João Pedro Couto. Agradeço a oportunidade de, sob a sua orientação, ter desenvolvido este trabalho que irei ter sempre na memória.

Ao Engenheiro António Marinho, meu supervisor na empresa, parceira neste trabalho, MPM Construção e Engenharia Lda. Por todo o tempo disponibilizado ao longo desta dissertação, pelas constantes sugestões e contínua colaboração. Pelo apoio, partilha dos seus conhecimentos, acreditando no sucesso desta dissertação, um agradecimento sentido.

A todos os elementos da empresa MPM Construção e Engenharia Lda., pela experiência partilhada e apoio prestado.

Aos meus amigos de infância e às novas amigas criadas ao longo destes cinco anos. Por todos os momentos partilhados, pela amizade, compreensão e disponibilidade. A todos eles, mas em especial a J. Martins, J. Rodrigues, J. Oliveira, Tiago, Cláudia e Paula desejo os mais sinceros votos de felicidades e de sucesso profissional. Que nunca percamos contacto.

À Catarina, por todo o apoio incondicional nos momentos mais difíceis deste percurso. Pelas palavras de conforto, motivação e paciência que sempre demonstrou.

Por fim, um agradecimento sincero aos meus pais e irmã por todo o apoio e confiança demonstrada ao longo de todo o meu percurso académico, que agora culmina com a concretização deste objetivo.

A todos, sem exceção, um muito, muito obrigado.

RESUMO

O abalo sentido no setor da construção civil, durante estes últimos anos, teve um impacto colossal nas empresas de construção, principalmente, nas de pequena dimensão. As consequências foram notórias, várias foram as empresas que declararam falência, neste período. As que ainda sobrevivem, são aquelas que se adaptaram à situação real da construção. Souberam, portanto, responder, acertadamente, às ameaças e oportunidades, bem como aproveitar as potencialidades das novas metodologias existentes no mundo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

A presente dissertação, estuda, através de um caso prático, a influência da metodologia BIM - *Building Information Modeling* aplicada ao planeamento e controlo, no processo de gestão de riscos de um projeto de construção. É proposta uma metodologia que descreve os procedimentos a adotar em cada etapa, com a finalidade de a aplicar no caso de estudo e obter conclusões. Assim, através de *software* específico, desenvolveu-se o modelo BIM do projeto e, a partir de ferramentas desta metodologia, obtiveram-se informações necessárias para o processo de gestão de riscos. Este processo iniciou-se com a criação de uma base de dados, relativa aos possíveis riscos envolvidos num projeto de construção, de maneira a que existisse uma seleção e priorização de riscos, relativos ao projeto em estudo. No final deste processo, quantificou-se os riscos mais relevantes, através de diferentes tipos de avaliação e, só assim, foi possível uma comparação. Os resultados obtidos evidenciam a importância da utilização da metodologia BIM, bem como a necessidade de integração com a gestão de riscos em todos os projetos futuros da empresa, pois criam-se, assim, novas oportunidades que podem e devem ser tidas em conta.

O facto desta dissertação ter sido desenvolvida em ambiente empresarial, na empresa MPM Construção e Engenharia Lda., conduziu a uma nova perspetiva da utilização das ferramentas BIM, já utilizadas pela empresa, resultando em benefícios para todos os intervenientes no projeto.

Palavras chave: *Building Information Modeling* (BIM); Planeamento; Controlo; Gestão de Riscos; Projetos de Construção.

ABSTRACT

The jolt felted in the construction sector, over the past few years, had a colossal impact on construction companies, mainly in the small dimension's companies. The consequences were notorious. Several companies had declared bankruptcy during this period. Those that survived this crisis had to adapt to the real situation of the construction industry. Therefore, they have responding correctly to threats and opportunities, as well as take advantage of the potentiality of new methodologies that are emerging in the world of architecture, engineering and construction (AEC).

This dissertation studies, through a case study, the influence of the BIM-Building Information Modeling methodology applied to the planning and control, in the risk management process of a construction project. Here is proposed a methodology, that describes the procedures to follow in each stage, with the purpose to apply it to the case study and obtain conclusions. Thus, through specific software, BIM model was developed and, from specific tools, were obtained necessary information for the risk management process. This process began with the establishment of a database concerning the possible risks involved in a construction project, so that could happen a selection and prioritization of risks involved in the project under study. At the end of this process, the most relevant risks were quantified, through different types of assessment and, only then, it was possible a comparison. With the results came conclusions, BIM is an important factor that enhances the project and, there is a need to include risk management in all future projects of the company, these create new opportunities that should be taken into account.

The fact that this dissertation was developed in a business environment, at MPM Construção e Engenharia Lda., led to a new perspective in the use of BIM tools, already used by the company, resulting in benefits for all stakeholders in the project.

Keywords: *Building Information Modeling* (BIM); Planning; Control; Risks Management; Construction Projects.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XXI
ABREVIATURAS	XXIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Estrutura da Dissertação	4
2. REVISÃO DO ESTADO DE ARTE	5
2.1. Building Information Modeling	5
2.1.1. Conceito BIM	5
2.1.2. Fundamentos do BIM	6
2.1.3. Dimensões do BIM.....	15
2.1.4. Softwares BIM.....	18
2.1.5. Extração de quantidades	21
2.2. Planeamento de projetos de construção.....	23
2.2.1. Métodos de planeamento	23
2.3. Gestão de riscos	26
2.3.1. Princípios e importância da gestão de riscos	28
2.3.2. Gestão de riscos em projetos de construção	28
2.3.3. O impacto do BIM na de gestão de riscos	32
2.3.4. Metodologias de gestão de risco.....	34
3. METODOLOGIA PROPOSTA	43

3.1.	Objetivos específicos e considerações iniciais.....	43
3.2.	Ordem de trabalhos	44
3.3.	Modelação.....	45
3.3.1.	Considerações iniciais.....	45
3.3.2.	Softwares utilizados	45
3.3.3.	Estratégia de Modelação	45
3.3.4.	Requisitos para os Modelos BIM.....	47
3.3.5.	Resumo dos processos	48
3.4.	Planeamento	48
3.4.1.	Considerações iniciais.....	48
3.4.2.	Softwares utilizados	48
3.4.3.	Estratégia de planeamento utilizada.....	49
3.4.4.	Resumo dos processos	50
3.5.	Controlo	50
3.5.1.	Considerações iniciais.....	50
3.5.2.	Softwares utilizados	51
3.5.3.	Estratégia de verificação dos modelos	51
3.5.4.	Estratégia de extração de quantidades e estimação de custos.....	52
3.5.5.	Resumo dos processos	53
3.6.	Gestão dos riscos utilizando ferramentas BIM	54
3.6.1.	Considerações iniciais.....	54
3.6.2.	O papel do BIM no controlo e gestão de riscos	54
3.6.3.	Estratégia de processos utilizados.....	54
3.6.4.	Resumo do processo.....	59
4.	CASO DE ESTUDO	61
4.1.	Empresa.....	61
4.2.	Descrição do caso de estudo	62
4.3.	Modelação.....	65
4.3.1.	Arquitetura	65
4.3.2.	Estrutura.....	71
4.3.3.	MEP	76
4.3.4.	Resultados obtidos da modelação	80

4.4.	Planeamento	86
4.4.1.	Hierarquia de tarefas.....	86
4.4.2.	Simulação 4D	87
4.5.	Controlo	89
4.5.1.	Deteção de Conflitos	89
4.5.2.	Extração de Quantidades	91
4.5.3.	Estimativa de custos	93
4.5.4.	Comparação BIM vs. Tradicional	93
4.6.	Gestão de riscos utilizando ferramentas BIM.....	96
4.6.1.	Identificação dos riscos	96
4.6.2.	Análise e Avaliação dos riscos	96
4.6.3.	Resposta aos riscos	102
5.	CONCLUSÕES.....	105
5.1.	Conclusões gerais	105
5.2.	Sugestões para trabalhos futuros	108
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	ANEXOS	117
	ANEXO I - Desenhos do projeto retirados a partir do Revit 2015	
	ANEXO II - Cronograma do projeto em estudo	
	ANEXO III - Mapa de quantidades e orçamental (MT vs MB)	
	ANEXO IV - Base de dados relativa aos riscos possíveis num projeto de construção	
	ANEXO V - Análise Qualitativa e seleção dos riscos	
	ANEXO VI - Análise Quantitativa (MT vs MB)	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- BIM nos diversos processos, adaptado de (<i>innovative growth solutions, 2013</i>).....	6
Figura 2.2- Modelação orientada por objetos (<i>adaptado de Newton, 2012</i>).....	7
Figura 2.3- LOD 100 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico).....	11
Figura 2.4- LOD 200 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico).....	11
Figura 2.5- LOD 300 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico).....	12
Figura 2.6- LOD 350 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico).....	12
Figura 2.7- LOD 400 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico).....	12
Figura 2.8- BuildingSmart: Triângulo padrão (BuildingSMART 2014).....	14
Figura 2.9 - Dimensões BIM.....	15
Figura 2.10- Resultados da sondagem elaborada pela AECbytes relativa à utilização dos diferentes softwares BIM (2007).....	19
Figura 2.11- Estudo de softwares BIM pela G2 Crowd.....	20
Figura 2.12- Exemplo de um WBS para algumas etapas de uma obra (<i>Bernardes, 2001</i>).....	24
Figura 2.13 - Exemplo de um diagrama de Gantt.....	25
Figura 2.14 - Exemplo genérico de um CPM.....	26
Figura 2.15- Exemplo de uma estrutura analítica dos riscos (adaptado de Project Management Institute, 2008).....	30
Figura 2.16 – Processo de gestão de riscos segundo PMBOK.....	35
Figura 2.17 – Metodologia de processo COSO.....	40
Figura 2.18 - Processo de gestão de riscos segundo a norma ISO 31000 (Guilherme, 2015)..	41
Figura 3.19 - Sequência da ordem de trabalhos da metodologia proposta.....	44
Figura 3.20 – Resumo do processo de Modelação (elaborado pelo autor).....	48
Figura 3.21 - Resumo do processo de planeamento (elaborado pelo autor).....	50
Figura 3.22 - Resumo do processo de controlo (elaborado pelo autor).....	53
Figura 3.23 - Resumo do processo de gestão de riscos adotado (elaborado pelo autor).....	59
Figura 4.24 - Logótipo da empresa MPM Construção e Engenharia Lda.....	61
Figura 4.25 – Local de implantação da obra do projeto em estudo.....	62
Figura 4.26 - Corte do projeto representativo da elevação da habitação em relação ao eixo da estrada (fornecido pela empresa).....	62
Figura 4.27- Planta de implantação da habitação em estudo (fornecida pela empresa).....	63

Figura 4.28- Janela de configuração de objetos (exemplo de um tipo de parede exterior)	65
Figura 4.29 - Identificação de uma das paredes que sofreram modificações (excerto do alçado principal)	66
Figura 4.30 - Modelo de arquitetura vista exterior e interior (fase de modelação de paredes e lajes)	67
Figura 4.31 - Criação de escadas no exterior (à esquerda) e no interior já modelada (à direita)	68
Figura 4.32 - Parte do modelo de arquitetura completo (interior)	68
Figura 4.33 - Ausência de objetos estruturais da habitação no modelo de arquitetura	69
Figura 4.34 - Resultado da ferramenta Create Parts numa parede exterior do modelo	70
Figura 4.35 - Modelação do terreno e acesso à habitação	70
Figura 4.36 - Identificação dos elementos estruturais (exemplo de uma sapata)	72
Figura 4.37 - Modelo de estruturas com os elementos de fundação modelados	73
Figura 4.38 - Modelo de estruturas da habitação em estudo completo	75
Figura 4.39 - Modelo de arquitetura (parte 1) e de estruturas juntos	75
Figura 4.40 - Demonstração da não sobreposição de elementos (modelo de arquitetura à esquerda e modelo de arquitetura inserido no modelo de estruturas)	76
Figura 4.41 - Identificação das redes por cores	77
Figura 4.42 - Planta da rede de abastecimento de água	78
Figura 4.43 – Planta da rede de drenagem de águas residuais	78
Figura 4.44 - Planta da rede de drenagem de águas pluviais	79
Figura 4.45 - Isometria das redes modeladas	79
Figura 4.46 - Junção dos três modelos em Revit 2015	80
Figura 4.47 - Exemplo de legenda das folhas criadas	81
Figura 4.48 - Exemplo de legenda de um desenho de arquitetura	81
Figura 4.49 - Captura de ecrã do software Navisworks 2015 na fase de atribuição de texturas aos elementos	84
Figura 4.50 - Resultados do processo de <i>rendering</i>	85
Figura 4.51- Excerto do documento de planeamento em Microsoft Project 2013	87
Figura 4.52 - Resultados obtidos dos testes realizados entre os modelos	89
Figura 4.53 - Falso erro reconhecido pelo software	90
Figura 4.54 - Interceção de uma parte da parede exterior (a vermelho) e a viga (a verde)	90
Figura 4.55 - Configuração das informações relativas ao recurso criado	92
Figura 4.56 - Resultados da avaliação quantitativa aos casos MT e MB	99

Figura 4.57 - Diagrama de Pareto dos resultados obtidos da avaliação quantitativa dos riscos relativos ao caso MT..... 99

Figura 4.58 – Avaliação do risco de existência de rocha para obtenção do VME 100

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1- Exemplo do Nível de Detalhe (LOD) de um pilar metálico com ligação às fundações (<i>adaptado da especificação do BIMForum 2015</i>)	11
Tabela 2.2- Softwares BIM segundo a sua tipologia (<i>Poças, 2015</i>)	19
Tabela 3.3 - Valores de tolerância adotados para a verificação das quantidades	52
Tabela 3.4 – Matriz de relação qualitativa Probabilidade Impacto	55
Tabela 3.5- Definição dos valores das probabilidades dos riscos (<i>Marinho, 2014</i>).....	56
Tabela 3.6 – Definição de impacto do risco sobre o projeto (<i>Marinho, 2014</i>).....	57
Tabela 3.7 - Matriz de relação probabilidade/impacto do risco	57
Tabela 3.8 - Possíveis respostas aos riscos.....	58
Tabela 4.9 - Medidas dos elementos Sapatas de Fundação.....	72
Tabela 4.10 - Dimensões das vigas modeladas	74
Tabela 4.11 - Áreas dos compartimentos da habitação extraídas do modelo.....	82
Tabela 4.12 - Áreas relativas à construção extraídas do modelo.....	82
Tabela 4.13 - Áreas e volumes de escavação/aterro relativos à construção do acesso.....	83
Tabela 4.14 - Áreas e volumes de escavação/aterro relativos a toda a construção	83
Tabela 4.15 – Hierarquia de trabalhos adotada para o planeamento	86
Tabela 4.16 - Estruturação dos recursos utilizados para a extração de quantidades	91
Tabela 4.17 - Resultados da extração de quantidades que ultrapassaram o valor da tolerância aceitável.....	94
Tabela 4.18 - Resultados por setores da estimação de custos do projeto em questão	95
Tabela 4.19 - Resultado da seleção da avaliação qualitativa aos riscos identificados	97
Tabela 4.20 - Avaliação quantitativa aos riscos selecionados.....	98
Tabela 4.21 - Resultados do VME calculado para os casos MT e MB	101
Tabela 4.22 – Valores relativos aos custos do projeto	101

ABREVIATURAS

CAD	<i>Computer Aided Design</i>
3D	Visão tridimensional
4D	Integração do planeamento do tempo no modelo tridimensional
5D	Integração do controlo dos custos no modelo tridimensional
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>
RBS	<i>Resource Breakdown Structure</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
OOP	<i>Object-Oriented Programming</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
COSO	<i>Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission</i>

ERM	<i>Enterprise Risk Management</i>
FERMA	<i>Federation of European Risk Management Associations</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
MT	Metodologia Tradicional (não considerada a utilização de BIM)
MB	Metodologia BIM (considerada a utilização de BIM)
MEP	<i>Mechanical Electrical and Plumbing</i>
AA	Rede de Abastecimento de Água
AR	Rede de Águas Residuais
AP	Rede de Águas Pluviais
P	Probabilidade de ocorrência do risco
I	Impacto do risco
VME	Valor Monetário Esperado

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Em todas as empresas que se disponham a atingir um determinado objetivo, existe a probabilidade de sofrerem influências positivas ou negativas. Determinadas influências vão marcar a obtenção do sucesso, ou do fracasso, na conclusão do projeto. Hoje em dia, torna-se imprescindível, na busca pelo sucesso, a identificação, análise e gestão de todas as incertezas, riscos e oportunidades, em todo o processo de desenvolvimento dos projetos da empresa.

Um método de gestão de risco eficaz pode ajudar a compreender, não só os tipos de risco que se enfrentam, mas também a gerir esses riscos, em diferentes fases de um projeto. Devido à sua crescente importância, nos dias de hoje, a gestão de risco tem sido reconhecida como uma necessidade, na maioria das indústrias. Neste contexto, um conjunto de técnicas foi desenvolvido, para controlar as influências trazidas por potenciais riscos (Zou, Zhang, & Wang, 2006).

Comparativamente a outras indústrias, a indústria de construção está sujeita a mais riscos, devido às características únicas das atividades de construção, tais como o longo prazo, processos complicados, ambiente abominável, intensidade financeira e estruturas de organização dinâmica. Deste modo, podemos dizer que, levar as técnicas de gestão de risco eficazes para gerir os riscos associados às atividades de construção, nunca foi tão importante para o sucesso na entrega de um projeto, como agora (Zou et al., 2006).

Organizações e empresas de todos os tipos e tamanhos têm de fazer face a uma série de riscos que podem afetar o desenvolvimento das suas atividades e dos seus objetivos. Assim, a gestão dos riscos é um processo pelo qual diversas ferramentas e técnicas devem passar, no sentido de monitorizar e controlar os acontecimentos com potenciais impactos (positivos ou negativos) sobre os resultados de um projeto. Este processo é um elemento central na gestão estratégica de qualquer organização moderna com foco na identificação e tratamento de riscos. Desta maneira, aumenta a probabilidade de êxito, reduzindo, conseqüentemente, tanto a hipótese de fracasso,

como a incerteza da obtenção de todos os objetivos globais da organização (Teixeira, Kulejewski, Krzemiński, & Zawistowski, 2011).

No entanto, até agora, a maioria das pesquisas tem-se concentrado em alguns aspetos da gestão de risco de construção, em vez de usar uma abordagem sistemática e holística, para identificar os riscos e analisar a probabilidade de ocorrência e impacto dos mesmos, no projeto.

Tendo em consideração um mercado cada vez mais competitivo e um consumidor bastante exigente, torna-se imprescindível, na gestão dos projetos de construção, a necessidade de uma visão mais holística e uma perceção do projeto, a partir das três perspetivas fundamentais, a do projetista, a do empreiteiro e a do proprietário (Marinho, 2014). O BIM entra neste contexto, de maneira a possibilitar aos intervenientes do projeto, um acréscimo de confiança e certeza nos resultados finais. Quando o BIM é utilizado, deve haver um impacto positivo na gestão de riscos, isto porque, mitiga ameaças e tira proveito das oportunidades (Tomek & Matejka, 2014).

O setor da construção é uma atividade económica com um elevado nível de acidentes de trabalho, atrasos nos projetos, falhas nos custos e metas de qualidade e, eliminar completamente os riscos de um projeto é uma tarefa muito complexa, na maioria dos casos é até impossível. Portanto, os riscos devem ser geridos e todos os recursos que auxiliem a resposta a estes riscos devem ser tidos em conta (Teixeira et al., 2011).

Assim sendo, a discussão destes temas, na construção, torna-se pertinente. Por isso, estes devem ser estudados, de forma a que se chegue a uma conclusão efetiva, relativamente ao papel do BIM, na gestão de riscos de um projeto.

1.2. Objetivos

Atualmente a gestão de riscos, em projetos de construção, é um processo muito pouco utilizado e, muitas vezes, subvalorizado pelas empresas de construção. Por outro lado, a metodologia BIM está, cada vez mais, a ser utilizada e já tem vindo a demonstrar os seus benefícios, na aplicação a projetos de construção de grandes dimensões. Ainda assim, a sua aplicação a projetos de construção de pequenas dimensões está, ainda, pouco estudada. Assim, a presente dissertação surge da necessidade de preencher as lacunas existentes, na maioria das empresas de construção em Portugal, tal como a ausência de uma gestão de riscos cuidada e, da falta de implementação de novas metodologias.

O principal objetivo é, então, estudar, nas fases de planeamento e controlo, a influência da metodologia BIM, por oposição aos métodos tradicionais, no processo de gestão de riscos de um projeto de construção, relativo a um caso prático de uma habitação unifamiliar. Ou seja, a partir dos resultados provenientes dos processos de modelação, simulação 4D, deteção de conflitos, extração de quantidades e estimação de custos, serão analisados e comparados os dois métodos (tradicional, designado por MT e BIM, designado por MB), de forma a poder-se concluir, relativamente à influência que as ferramentas BIM têm no processo de gestão de riscos, onde são utilizados os valores obtidos pelos dois métodos. Além disso, existe também o propósito de se realizar um processo de gestão de riscos, devidamente cuidado.

Com isto, coloca-se, então, a questão central da dissertação: *“Qual a importância das ferramentas BIM, integradas no processo de gestão de riscos de um projeto de uma moradia unifamiliar e quais os benefícios para a empresa?”*

Outro propósito desta dissertação é o, de alguma forma, contribuir com informação útil para a empresa onde foi desenvolvida, criando assim novas oportunidades que possam ser exploradas. Também, não menos importante, é o objetivo de gerar conhecimento que seja aplicável em futuros projetos, visto que a relação entre o BIM e a gestão de riscos é um assunto muito pouco desenvolvido, no setor da construção.

1.3. Estrutura da Dissertação

De forma a sintetizar os conteúdos abordados na presente dissertação, optou-se pela divisão da mesma em cinco capítulos, cada um com os seus subcapítulos.

No **primeiro capítulo**, é realizada uma primeira abordagem ao tema em estudo, são definidas as motivações, os objetivos do trabalho a desenvolver e também a estrutura da dissertação.

O **segundo capítulo** abrange o conhecimento atual relativo ao tema, fruto da pesquisa bibliográfica realizada pelo autor desta dissertação. Este capítulo pretende, então, expor a revisão bibliográfica do tema da dissertação.

No **terceiro capítulo**, é proposta uma metodologia que preconiza a aplicação de ferramentas BIM para a realização do planeamento, controlo e gestão de riscos associados ao mundo da construção. Este capítulo é a base teórica da parte prática desenvolvida, no capítulo seguinte.

O **quarto capítulo** apresenta o desenvolvimento do caso de estudo onde se aplicou os processos da metodologia proposta, descrita no capítulo anterior. Neste capítulo, são também apresentados os resultados obtidos para uma posterior análise.

De modo a estabelecer conclusões do desenvolvimento da dissertação, o último capítulo, **quinto capítulo**, aborda os aspetos mais importantes deste projeto e também apresenta sugestões a desenvolver, em futuros trabalhos.

2. REVISÃO DO ESTADO DE ARTE

No capítulo que se segue, será exibido o resultado da pesquisa bibliográfica efetuada, de maneira a obter-se uma visão geral sobre os assuntos relativos, especialmente, à metodologia BIM e ao processo de gestão de riscos em empresas e construção.

2.1. Building Information Modeling

2.1.1. Conceito BIM

BIM consiste na interação de um conjunto de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia de trabalho capaz de gerir a informação do projeto e da construção de um edifício num formato digital, ao longo do ciclo de vida do edifício (Succar, 2009). BIM reside na construção virtual de um edifício, em um modelo digital 3D, conhecido como um *Building Information Model*, onde simulações simultâneas associadas à conceção e construção podem ser geradas automaticamente por arquitetos, engenheiros e empreiteiros, dando-lhes mais apoio no desenvolvimento de projetos de forma mais eficiente. BIM é capaz de fornecer uma visão holística e mais interativa do projeto, tornando explícitas as interdependências que prevalecem entre as várias especialidades de um projeto de um edifício (arquitetura, estrutura e mecânica, elétrica e hidráulica (MEP) layouts), por acoplamento tecnológico dos projetos das partes interessadas envolvidas (Love, Edwards, Han, & Goh, 2011). Ao longo da construção virtual do modelo digital, as várias partes interessadas estão constantemente redefinindo e otimizando os seus projetos, portanto, a atualizar o modelo digital numa lógica colaborativa (Carmona & Irwin, 2007).

O *Building Information Modeling* está a emergir de forma inovadora para projetar e gerir projetos. A previsibilidade do desempenho da construção e operação é largamente melhorada através da adoção do BIM. Como o uso do BIM acelera, a colaboração dentro de equipas de projeto deve aumentar, o que levará a uma melhor rentabilidade, custos reduzidos, melhor gestão do tempo, e melhores relações entre os intervenientes (Salman Azhar, 2011).

A figura 2.1 representa o BIM e todos os seus processos colaborativos.

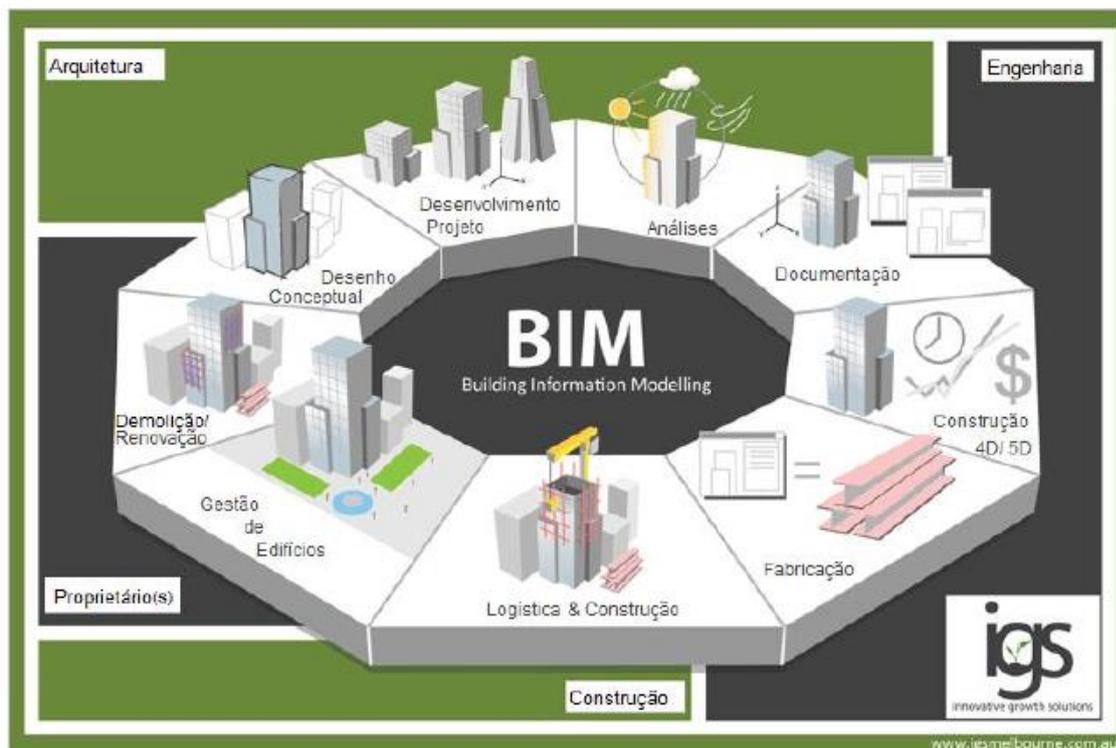


Figura 2.1- BIM nas diversas fases, adaptado de (innovative growth solutions, 2013)

2.1.2. Fundamentos do BIM

Esta metodologia inovadora permite uma comunicação completa e precisa das informações de engenharia entre intervenientes, sem a necessidade de desenhos detalhados (Sacks, Bhargav, Koskela, Owen, & Dave, 2009). O BIM é, fundamentalmente, diferente da metodologia tradicional (CAD), por ser capaz de modelar a forma, função e comportamento dos componentes dos edifícios (Sacks, Eastman, & Lee, 2004). Segundo a pesquisa de Bruno Caires, (2013), nos parágrafos seguintes, serão analisados os principais fundamentos relacionados com a funcionalidade do BIM.

- **Modelação orientada por objetos**

Este tipo de modelação é baseado nos conceitos de programação *object-oriented* (OOP). Em termos simples, OOP é um tipo de programação, onde tudo é acoplado como autossustentável "objetos/elementos" (L.W.C., 2014), em que, no caso de BIM, consiste em representar o projeto de construção com elementos (objetos - sapatas, vigas, pilares, lajes, paredes, entre outros) (ver figura 2.2). É perceptível a semelhança entre a sequência real da construção e a construção virtual

que é realizada segundo esta forma de modelação, dando às partes interessadas uma melhor visão da construção real. Esta forma de modelar destaca-se do CAD tradicional, pois cada elemento é geralmente uma representação digital das características físicas e funcionais de um componente do edifício real a ser usado em projeto. Além disso, cada elemento tem a capacidade de conter informação geométrica (volume; forma, altura, orientação, entre outros) e não geométrica (dados do sistema, os dados de desempenho; características mecânicas; custos; entre outros).

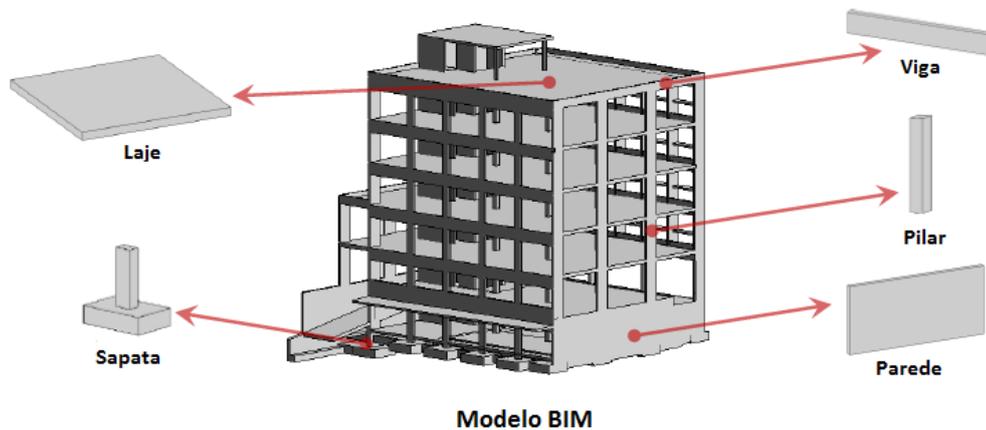


Figura 2.2- Modelação orientada por objetos (*adaptado de Newton, 2012*)

- **Modelação 3D parametrizada**

Modelação 3D parametrizada consiste numa abordagem de modelação que é totalmente guiada por parâmetros, baseada em algoritmos que são pré-definidos pelo utilizador (Azenha, Lino, & Caires, 2013). É uma tecnologia em que todos os objetos são criados segundo regras e parâmetros que definem a sua geometria e comportamento, bem como algumas características e propriedades não geométricas (Henriques, 2012). Por isso, toda a geometria pode ser controlada por um pequeno número de parâmetros-chave (Azenha et al., 2013).

Uma característica fundamental considerada em modelos paramétricos é a capacidade de definir as interações entre os elementos incorporados num modelo. As relações paramétricas são definidas por uma série de regras que caracterizam as relações de ligação entre os componentes de construção, que definem as possíveis restrições e implicações entre os respetivos objetos (FEUP, 2011). Estas relações paramétricas são uma característica chave dos modelos BIM responsáveis por muitas das suas características principais.

No entanto, a definição entre objetos também é um dos maiores desafios para os produtores de software BIM, uma vez que existem inúmeras formas para dois elementos se relacionarem entre si (Ferraz & Morais, 2012).

- **Nível de Desenvolvimento (LOD)**

Os resultados obtidos de um modelo BIM estão dependentes daquilo que lhe é introduzido. O nível de desenvolvimento ou Level of Development (LOD) fornece uma base que torna possível saber até que ponto é plausível confiar nas informações presentes num determinado elemento, quando se está a trabalhar com BIM. O nível de desenvolvimento está relacionado com a quantidade de informação presente num elemento de um modelo e a geometria desse elemento.

A definição de LOD permite aos modeladores ter definições claras sobre as quais se devem basear na hora de criar um modelo e também possibilita aos restantes intervenientes no projeto perceber até que ponto podem confiar no modelo que receberam (Oliveira, 2016).

O conceito de LOD foi introduzido, em 2008, pelo documento E202 da entidade *American Institute of Architects* (AIA) e, segundo este, descreve o nível de plenitude segundo o qual determinado elemento do modelo é desenvolvido. O relativo documento dividiu em 5 os níveis de desenvolvimento (100, 200, 300, 400 e 500), no entanto, o BIMForum (2013) criou uma especificação baseada no documento da *AIA G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form*, tendo a última atualização em 2015 (*Level of Development Specification 2015*) e em andamento está a versão “*Draft for Public comment*”, lançada em agosto de 2016. Nesta especificação, os autores acharam que se justificava fazer alterações relativas aos níveis de desenvolvimento descrito pelo documento da AIA, o desaparecimento do nível de desenvolvimento 500 e a criação de um novo nível 350. Os autores da especificação referem, então, que não havia necessidade de ilustrar o nível 500, pois este apenas está relacionado com verificações do terreno e que havia, por outro lado, necessidade de criar um nível que fosse mais desenvolvido que o 300 e nem tanto quanto o 400. Assim sendo, segundo esta especificação, os níveis de desenvolvimento utilizados são de 100 a 400, não descartando o nível 500, apenas não o utilizam.

A descrição dos níveis, segundo a especificação do *BIMForum*, é feita de seguida, juntamente com um exemplo de um pilar metálico com ligação à fundação:

- **LOD 100**

O elemento do modelo pode ser representado, graficamente, com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para LOD 200. A informação relacionada com o elemento do modelo (ou seja, o custo por metro quadrado, o peso, etc.) pode ser derivada de outros elementos do referido modelo.

Interpretação do BIMForum: LOD 100 não são elementos de representação geométrica. Como exemplo, é a informação anexada a outros elementos do modelo ou símbolos que indicam a existência de um componente, mas não a sua forma, tamanho ou localização precisa. Qualquer informação derivada de elementos com LOD 100 deve ser considerada aproximada.

- **LOD 200**

O elemento do modelo é representado, graficamente, como um sistema genérico, objeto ou grupos com quantidades aproximadas, o tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser ligadas ao elemento do modelo.

Interpretação do BIMForum: neste LOD os elementos são espaços genéricos reservados. Eles podem ser reconhecíveis como os componentes que representam, ou podem ser volumes para reserva de espaço. Qualquer informação derivada de elementos com LOD 200 deve ser considerada aproximada.

- **LOD 300**

O elemento do modelo é representado, graficamente, como um sistema, objeto ou montagem específica, em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser ligadas ao elemento do modelo.

Interpretação do BIMForum: a quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento como concebido pode ser medida, diretamente, a partir do modelo, sem necessitar de informações não modeladas, tais como notas.

- **LOD 350**

O elemento do modelo é representado, graficamente, como um sistema específico, objeto ou grupo, em termos de quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e interfaces com

outros sistemas de construção. As informações não gráficas podem também ser anexadas ao elemento do modelo.

Interpretação do BIMForum: são modeladas partes necessárias para a coordenação do elemento, com elementos próximos ou conexos. Estas partes incluem os itens como apoios e ligações. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento como concebido pode ser medido, diretamente, do modelo, sem necessitar de informações não modeladas, tais como notas.

- **LOD 400**

O elemento do modelo é representado, graficamente, como um sistema, objeto ou grupo específico, em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhe, fabricação, montagem e informações de instalação. As informações não gráficas também podem estar ligadas ao elemento do modelo.

Interpretação do BIMForum: um elemento 400 LOD é modelado em detalhe e precisão suficiente para a fabricação do respetivo componente. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento como concebido pode ser medido, diretamente, do modelo, sem necessitar de informações não modeladas, tais como notas.

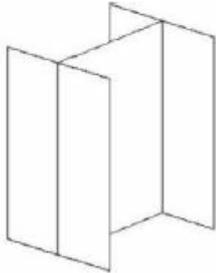
- **LOD 500** (nível não definido na especificação do BIMForum)

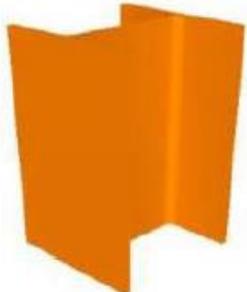
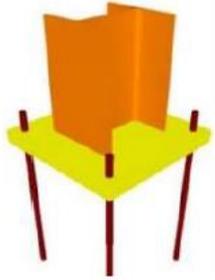
O elemento do modelo é uma representação da realidade, em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. As informações não gráficas também podem ser ligadas a elementos do respetivo modelo.

Interpretação do BIMForum: o LOD 500 refere-se a algo modelado “*as built*”, isto é, como construído, e não é uma indicação de progressão para um nível mais elevado do elemento do modelo na geometria ou informações não gráficas, esta especificação não define ou ilustra este nível.

A tabela 2.1 serve de exemplo da evolução do nível de desenvolvimento de um pilar metálico com ligação à fundação.

Tabela 2.1- Exemplo do Nível de Detalhe (LOD) de um pilar metálico com ligação às fundações (*adaptado da especificação do BIMForum 2015*)

LOD	DESCRIÇÃO	FIGURA
100	<p>Os pressupostos para enquadramento estrutural são incluídos noutros elementos modelados, tais como um elemento de pavimento arquitetónico que contém uma camada que sinaliza a profundidade do esqueleto estrutural; ou, elementos estruturais esquemáticos que não são distinguíveis pelo tipo ou material.</p> <p>A relação profundidade/espessura ou tamanho do componente e os locais são ainda flexíveis. Ver figura 2.3.</p>	 <p>Figura 2.3- LOD 100 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico)</p>
200	<p>Elementos a incluir no modelo (ver figura 2.4):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Piso com dimensões aproximadas • Enquadramento aproximado dos membros dos apoios • Grelhas estruturais definidas 	 <p>Figura 2.4- LOD 200 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico)</p>

<p>300</p>	<p>Elementos a incluir no modelo (ver figura 2.5):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tamanhos específicos de principais elementos estruturais verticais modelados por grelhas estruturais definidas com a orientação correta <p>As informações necessárias não-gráficas associadas aos elementos do modelo incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiais de aço estrutural definido. • Os detalhes de conexão • Acabamentos, ou seja, pintado, galvanizado, etc. 	 <p>Figura 2.5- LOD 300 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico)</p>
<p>350</p>	<p>Elementos a incluir no modelo (ver figura 2.6):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevações reais e localização de ligações de membros • Grandes elementos de conexões típicas aplicadas a todas as conexões de aço estruturais, tais como placas de base, hastes de ancoragem, etc. • Os diversos membros de aço com orientação correta • Qualquer estrutura de reforço de aço, tais como rede de endurecimento, penetrações de manga, etc. 	 <p>Figura 2.6- LOD 350 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico)</p>
<p>400</p>	<p>Elementos a incluir no modelo (ver figura 2.7):</p> <ul style="list-style-type: none"> • As soldaduras • Tampas • Anilhas, parafusos, etc. • Todos os elementos de montagem 	 <p>Figura 2.7- LOD 400 Estrutura de piso estrutural (pilar estrutural metálico)</p>

- **Interoperabilidade**

O conceito BIM assenta, essencialmente, no trabalho colaborativo, numa metodologia de partilha da informação entre todos os intervenientes, durante as fases do ciclo de vida da edificação, nomeadamente, entre a arquitetura, as especialidades, os construtores e os donos de obra, materializando-se na existência de um modelo digital tridimensional (Lino, Azenha, & Lourenço, 2012).

A informação e sua gestão nos modelos BIM são aspetos fundamentais da metodologia BIM. A capacidade de comunicar, a reutilização e partilha dos dados, de forma eficiente, sem perda ou má interpretação entre as partes interessadas que utilizam diferentes aplicações de software, são uma exigência essencial que deve ser compensada (AEC (UK) Committee, 2012), a fim de integrar o procedimento de colaboração com as tecnologias que são inerentes ao conceito BIM.

Esta diversidade de possibilidades torna a troca de informações entre modelos BIM e *software* um enorme desafio. Um dos grandes desafios que a indústria da construção enfrenta na adoção do BIM é, pois, o uso dos modelos BIM, não apenas como uma ferramenta no processo de projeto, mas sim como a interface para a troca de informações entre todos os intervenientes em projetos de construção. Tradicionalmente, a informação era trocada sob a forma de desenhos e de documentos; no entanto, ao utilizarem ferramentas BIM todos os envolvidos são, agora, incentivados a usar os modelos BIM como o meio para trocar informação (Steel, Drogemuller, & Toth, 2012).

A interoperabilidade, num contexto BIM, pode ser definida como a capacidade de transmissão de dados entre aplicações, bem como a capacidade de múltiplas aplicações trabalharem em conjunto (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

As aplicações usadas em BIM podem ser agrupadas como ferramentas BIM ou plataformas BIM. Uma ferramenta BIM pode ser definida como a aplicação específica para a tarefa que produz um resultado específico (Eastman et al., 2011). Para exemplo, as ferramentas podem gerar estimativa de custos, deteção de conflitos, análise estrutural, análise de energia e representações, entre outros usos. Uma plataforma BIM é uma aplicação que gera dados para usos múltiplos (Eastman et al., 2011), que permite a criação e edição das informações relevantes para o modelo BIM, contendo a definição de classes e os relacionamentos paramétricos (Azenha

et al., 2013). A maioria das plataformas BIM também incorpora, internamente, funcionalidades da ferramenta, como desenho de produção e deteção de conflitos (Eastman et al., 2011).

No BIM, a interoperabilidade pode ser concluída em múltiplos níveis (Azenha et al., 2013):

- A interoperabilidade entre uma plataforma BIM e uma ferramenta BIM;
- A interoperabilidade entre uma ferramenta BIM e uma ferramenta BIM;
- A interoperabilidade entre uma plataforma BIM e uma plataforma BIM.

Nestes três níveis, a interoperabilidade entre as várias aplicações pode ser obtida através de uma ligação direta ou indireta. A ligação direta é definida como uma ligação singular entre duas aplicações de softwares, por exemplo, através de uma interface de programação de aplicações (API). O API é uma interface implementada por uma aplicação de software que permite a interação com outras aplicações (ferramentas/plataformas) (Eastman et al., 2011). Por outro lado, a ligação indireta consiste no uso de padrões de troca de informação, como o *Industry Foundation Classes* (IFC) - para o planeamento da construção, projeto, construção e gestão, ou *CIMsteel Integration Standard Version 2* (CIS / 2) - para a engenharia de aço estrutural e fabricação (Eastman et al., 2011), entre outras normas de intercâmbio.

Para resolver este problema de interoperabilidade, a BuildingSmart, uma instituição não lucrativa, criou em 1997 o formato livre IFC. Segundo a BuildingSmart, a resolução da interoperabilidade resume-se a 3 fatores, IFC (*Industry Foundation Classes*), IFD (*International Framework for Dictionaries*) e IDM (*Information Delivery Manual*) como indica a figura 2.8.

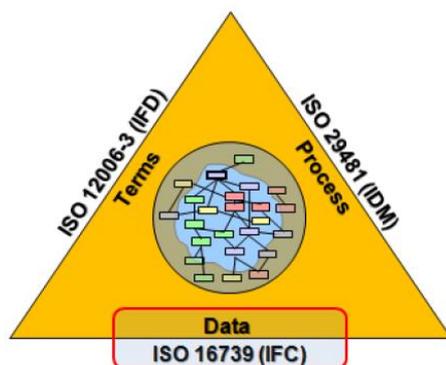


Figura 2.8- BuildingSmart: Triângulo padrão (BuildingSMART 2014)

2.1.3. Dimensões do BIM

No decorrer do desenvolvimento na área da construção, verificou-se que os donos de obra, a nível internacional, pretendiam saber, o mais cedo possível, qual viria a ser o aspeto do produto final, como se iria envolver no ambiente circundante e como seria o seu desempenho, ao longo do tempo. Consequentemente, e devido a estas exigências feitas pelos donos de obra, os modelos tridimensionais contêm informação para realizar o planeamento, a orçamentação, o estudo de sustentabilidade ambiental e para a área de *facilities management* (Holzer & Malkin, 2011).

Na área das dimensões do BIM, é frequente encontrar referências às várias dimensões “nD”, desde 2D até 7D, ou mesmo superior. As dimensões mais frequentemente estudadas e desenvolvidas são o 2D, 3D, 4D e 5D, onde existe consenso, quanto à sua definição (Henriques, 2012).

Na figura 2.9 encontram-se resumidas as dimensões do BIM, sendo, em seguida, definidas algumas das dimensões do BIM, com foco mais nas dimensões 4D e 5D, por serem mais relevantes para o presente documento.

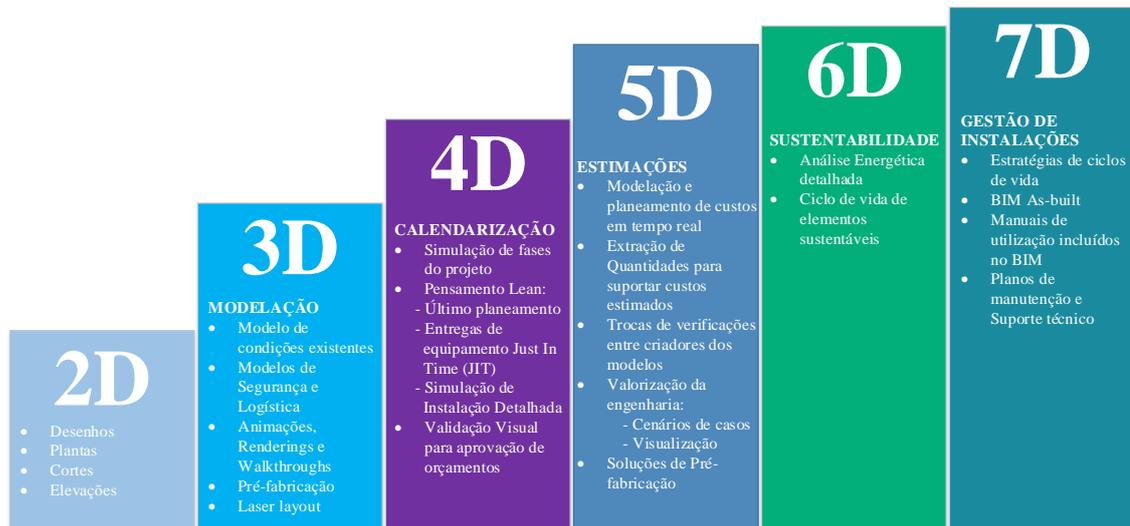


Figura 2.9 - Dimensões BIM

- **2D – Desenhos**

A dimensão 2D vem, desde os anos 80, época em que se iniciou o processo de massificação dos desenhos CAD 2D. Este processo estendeu-se ainda até aos dias de hoje, em que, praticamente, engloba toda a atividade de projeto. Contudo, naquela época, foi um avanço tecnológico enorme, acompanhando o surgimento do computador, como uma ferramenta de trabalho corrente e com um potencial enorme de diminuição de tempos de execução e aumento da produtividade (Weisberg, 2008).

Mesmo não sendo considerado BIM, por não possuir informação associada e serem apenas linhas de desenho, este avanço na tecnologia é importante, pois foi o passo inicial que aproximou as pessoas da automatização de processos e do trabalho computadorizado. Aqui, entendeu-se, aos poucos, a grande vantagem do uso de novas tecnologias em trabalhos de projeto, os quais, até então, eram processos muito morosos (Baptista, 2015).

- **3D – Modelo Tridimensional**

Correntemente, quando se utiliza a expressão de “modelo BIM”, é frequentemente associada a representações 3D, ainda que, por vezes, não com o grau de desenvolvimento pretendido. De notar que esta representação possui agora uma quantidade de informação, sobre vários tópicos, inerentes a cada objeto que a constitui, em que a parametrização é um fator obrigatório para que um modelo seja considerado BIM.

- **4D – Tempo**

Neste âmbito, aparece, associado às três dimensões do espaço 3D, o fator tempo integrado no planeamento da obra, em que, vulgarmente, se denomina por 4D, e que tem como função o estudo da complementaridade entre as tarefas e escalonamento pretendido com os objetos que constituem o modelo 3D. Os primeiros exemplos surgem nos finais dos anos 80, com as grandes organizações envolvidas na construção de infraestruturas energéticas, pois nestas obras o impacto provocado por planeamento deficiente repercutia-se, significativamente, nos custos correntes. Eram modelos bastante rudimentares, nos quais fotografias eram associadas manualmente ao modelo, com o decorrer do tempo. Só em meados e finais dos anos 90, começa a ser possível realizar a associação dos modelos 4D, à geometria 3D, introduzindo assim um ligeiro progresso (Eastman et al., 2011).

O planeamento visual 4D e a técnica de programação que combina modelos 3D estáticos com o planeamento da construção têm provado ser benéficos, em detrimento das ferramentas tradicionais, como gráficos de barras ou a análise em rede (Ma, Shen, & Zhang, 2005).

Nos dias de hoje, com o aparecimento do BIM, a evolução passa a estar sob forma automática em que os objetos são associados às tarefas, ou a grupos criados que podem ser mais abrangentes, mas sobretudo nas vantagens emergentes de um processo que se tornou bastante simples de realizar. Assim, cada modelo 4D pode ser editado num curto espaço de tempo, com o objetivo de encontrar a melhor e mais eficiente solução para qualquer problema apresentado. As principais vantagens, segundo Eastman et al. (2011), da utilização da dimensão 4D são:

- Planeamento pode ser visualmente exposto a todos os intervenientes, através de simulações, sendo mais eficaz que o simples planeamento corrente, pois liga aspetos temporais com os aspetos tridimensionais do problema;
- Sendo mais fáceis de expor, apresentam um maior alcance aquando de apresentações públicas que possam ocorrer com associações, ou organizações de outro tipo, que por algum motivo devam ser colocadas a par dos trabalhos;
- A equipa de planeamento pode controlar e coordenar os trabalhos de uma forma mais geral, relativamente a aspetos globais da obra, tal como pode fazê-lo relativamente a uma localização específica, sobre uma determinada equipa de trabalho ou tarefa.
- **5D** – Custos

A par do ponto anterior, neste caso, também se verifica uma evolução nas capacidades dos novos modelos interpretarem e analisarem informação introduzida. Se no ponto anterior, o fator tempo era o incremento associado, o 5D assume-se como o controlo de custos da obra, sendo uma das áreas de controlo que tem sempre mais importância em qualquer fase do processo construtivo, revestindo-se de especial relevo, quando as condições de financiamento e a disponibilidade de fundos para a construção sofreu uma forte quebra. É permitida, assim, a ligação automática entre características contidas no modelo, como quantidades, materiais e tarefas aos custos a elas associados. A associação do modelo BIM com análises de custo integradas permite uma melhoria significativa no tempo gasto com tarefas de medições, as quais são mais próximas da realidade e com muito menos ambiguidades. Os erros, nesta fase preparatória, eram bastante penalizadores sobre as estimativas de custo apresentadas, sendo

agora permitido um controlo em tempo real das despesas que estão a ser efetuadas, à medida que o planeamento vai sendo executado (Smith, 2014).

A necessidade da existência de protocolos e legislação relativa à temática dos custos da engenharia, de forma a estabelecer regras de custo e de controlo, é fundamental para o sucesso do processo, e está bem frizado num acordo firmado em 2008, no continente Americano entre as organizações, *The Association for the Advancement of Cost Engineering International*, *The American Society of Professional Estimators*, *The United States Army Corps of Engineering*, *The General Services Administration* e o *National Institute of Building Sciences*, acordando esforços conjuntos para a resolução de problemas de custos. O principal objetivo é o ajuste e coordenação contínua, num meio que está em constante mudança, bem como fazer também do processamento 5D algo concreto que acompanhe a evolução gráfica (Smith, 2014).

2.1.4. Softwares BIM

Atualmente, já existe uma panóplia de softwares, tanto ferramentas como plataformas BIM, destinados ao desenvolvimento de modelos. Os fornecedores de *softwares* para o setor da construção pretendem aumentar a eficácia e produtividade das ferramentas que apoiam o desenvolvimento de projetos de construção, procurando, assim, desenvolver, cada vez mais, os produtos inerentes ao conceito BIM.

Dos vários *softwares* BIM existentes no mercado, pode-se destacar, pela sua popularidade e implementação no estrangeiro, o Revit, o Archicad, o Bentley, o Allplan e o Teckla. Para além dos *softwares* mencionados que visam o desenvolvimento geral de projetos de construção utilizando modelos BIM, existem outros que entram na mesma linha de interoperabilidade, mas que apenas se dedicam a acompanhar uma determinada fase do ciclo de vida do edifício, especializando-se na execução de medições, planeamento e controlo de custos (VicoSoftware), análise energética (Ecotec, Green Building Studio), visualização/verificação (Solibri), entre outros (Antunes, Pimentel, 2013).

Um estudo de 2007, realizado pela *AECbytes* – revista responsável pela revisão de *software* com aplicabilidade na indústria da construção – revela a percentagem de utilização dos diferentes *softwares* BIM comerciais (Rodrigues Picotês, 2010). Os resultados estão resumidos na figura 2.10.

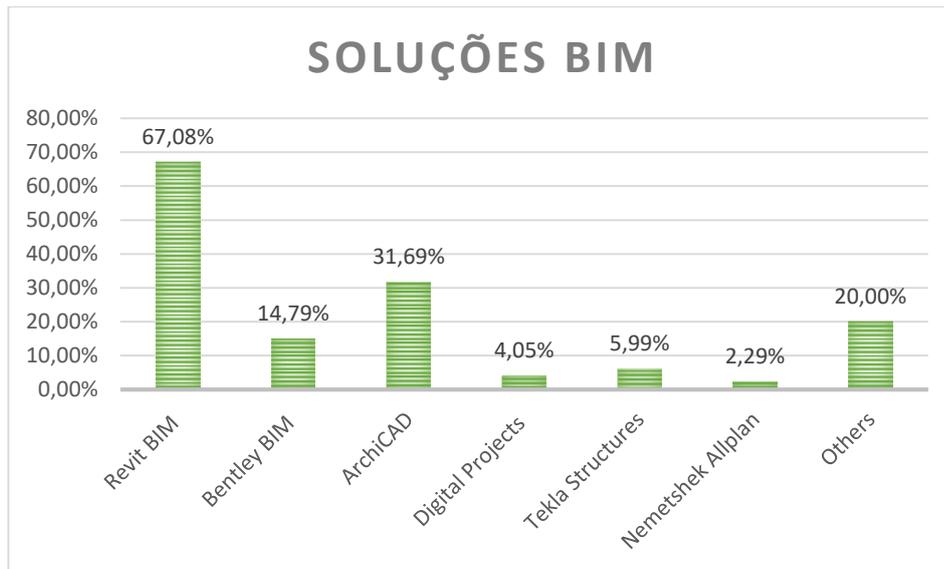


Figura 2.10- Resultados da sondagem elaborada pela AECbytes relativa à utilização dos diferentes softwares BIM (2007)

Realça-se ainda que, associados aos principais *softwares*, existe um número significativo de empresas que desenvolvem componentes (*add-ons*), que estendem as potencialidades dos mesmos, ou facilitam a troca de informação com outros *softwares*, do âmbito da engenharia civil, como por exemplo, com o Microsoft Project, frequentemente utilizado no planeamento (Pissarra, 2010).

Atualmente, existem *softwares* BIM para os mais diversos setores/ áreas da construção. Na tabela 2.2 estão apresentadas algumas plataformas de *softwares* BIM, de acordo com a sua tipologia.

Tabela 2.2- Softwares BIM segundo a sua tipologia (Poças, 2015)

Arquitetura		Estruturas	
Archicad		Tekla Structures	
Revit Architecture		Revit Structure	
Bentley Architecture		Bentley Structural	
DDS-CAD Architecture		CAD/TQS	
Allplan Architecture		Allplan Engineering	
Vectorworks Architect		CypeCAD	

Gehry Digital Project	 Gehry Technologies	Tricalc	
Planeamento		Gestão de projetos	
Autocad Civil 3D	 AUTODESK	DDS-CAD Building	
Bentley Powercivil	 Bentley <small>Sustaining Infrastructure</small>	Navisworks	
Gestão e orçamentação de projetos		Synchro	
Ms Project	 Microsoft Office	Solibri Model Checker	
Vico Office	 VICO SOFTWARE	Vico Office	
Allplan BCM	 NEMETSCHKEK Allplan		

Recentemente, a *G2 Crowd* – plataforma líder mundial de avaliação de software de negócios que utiliza como sistema de avaliação uma grelha (*The GridSM*) - realizou a sua avaliação de primavera 2016, relativamente aos *softwares* BIM utilizados pelos seus utilizadores e o resultado está visível na figura 2.11.

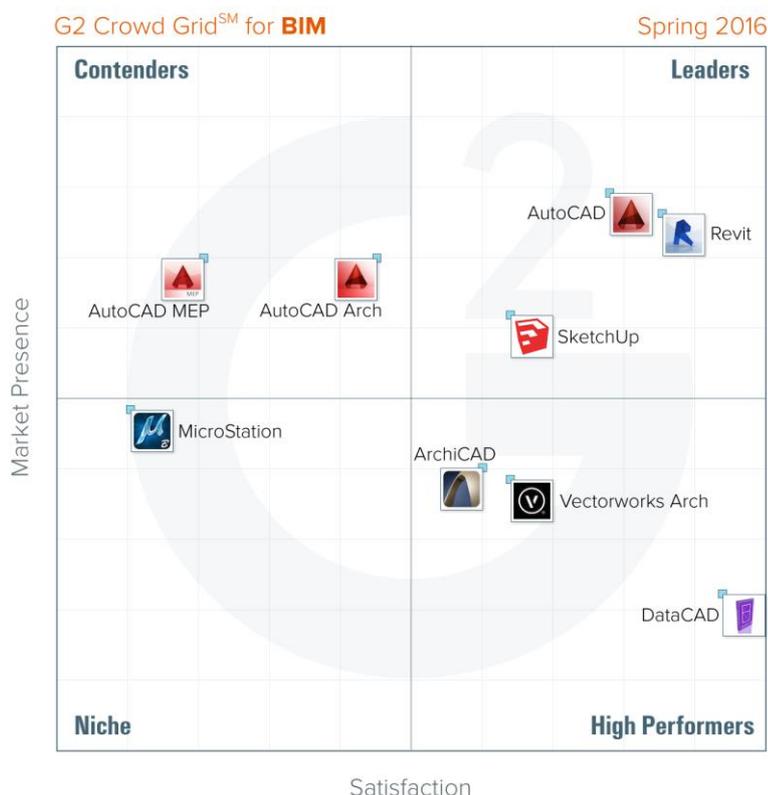


Figura 2.11- Estudo de softwares BIM pela G2 Crowd

Ao que a *G2 Crowd* explica os resultados da seguinte forma:

- Os líderes (*Leaders*) oferecem ao BIM produtos que são altamente classificados pelos utilizadores da *G2 Crowd*, têm uma escala substancial, uma quota de mercado e recursos de suporte e serviço globais. Produtos líderes incluem: Revit, AutoCAD e SketchUp;
- Alta Performance (*High Performance*) fornece produtos que são altamente avaliados pelos seus utilizadores, mas ainda não alcançaram a quota de mercado e a escala dos fornecedores na categoria Líder. Produtos de alta performance incluem: DataCAD, Vectorworks Architect e ArchiCAD;
- Os Competidores (*Contenders*) têm recursos e presença significativa no mercado, mas os seus produtos têm recebido índices de satisfação do usuário abaixo da média, ou ainda não receberam um número suficiente de avaliações para validar os seus produtos. Produtos competidores incluem: AutoCAD Architecture e AutoCAD MEP;
- Os produtos de nicho não têm a presença dos líderes de mercado. Podem ter sido avaliados positivamente na satisfação do cliente, mas ainda não receberam comentários suficientes para validar o seu sucesso. Produtos de nicho incluem: MicroStation.

Note-se que todo o conceito BIM incluindo os *softwares* estão em constante desenvolvimento, tendo por finalidade a eficácia e eficiência que podem oferecer ao utilizador.

2.1.5. Extração de quantidades

A utilização do BIM para obtenção automática de quantidades proporciona não só oportunidades, mas também desafios para a profissão de gestor de obra (Smith, 2014).

O uso apropriado do BIM para elaboração de estimativas conduz a resultados mais exatos (*precise*) e certos (*accurate*). Estas designações, apesar de semelhantes, são distintas. Enquanto a primeira, se refere ao grau de refinamento utilizado para a elaboração da estimativa, a segunda, está relacionada com a aproximação desta estimativa ao custo real (Nassar, 2007). Um dos maiores obstáculos a esta quinta (5ª) dimensão do BIM consiste na qualidade associada aos modelos virtuais, uma vez que estes são compostos por uma enorme quantidade de informação interconectada, de forma complexa e introduzida manualmente. Neste sentido, há que minimizar a introdução incorreta ou inapropriada de informação (Smith, 2014). O BIM, como ferramenta neste processo, representa um papel crucial na redução de erros aleatórios, ou seja, erros que derivam das capacidades interpretativas do medidor. No entanto, há também que considerar os erros sistemáticos, i.e. provenientes de informações fornecidas e incorretas para

introdução no modelo virtual (Nassar, 2007). Portanto, os erros das estimativas que, nos processos tradicionais, podem derivar da interpretação pessoal dos medidores, tornam-se responsabilidade do modelador.

A quantificação automática de quantidades através de modelos BIM, processo este designado em inglês por *Quantity takeoff*, é atualmente uma das aplicações com maior popularidade e utilidade do BIM. Uma grande parte das ferramentas BIM disponíveis no mercado mundial já possibilita a contabilização automática de quantidades, através das propriedades geométricas dos diferentes elementos contidos no modelo. Com estas propriedades, são executados cálculos internos para determinação das áreas superficiais e dos volumes associados. Contudo, estas ferramentas não possibilitam a manipulação da informação para estimar os custos associados, sendo, para tal, necessário recorrer a softwares externos, os quais operam com bases de dados de custos unitários. A troca de informação entre estes softwares pode ser conseguida se, o formato em que estes operarem for o mesmo ou, em alternativa, utilizando o IFC como formato padrão (Monteiro & Poças Martins, 2013). Note-se que, recorrendo à última opção apresentada, poderão ocorrer erros provenientes de eventuais perdas de informação, uma vez a conversão de modelos entre ferramentas BIM e o IFC ainda não é perfeita (Zhiliang, Zhenhua, Wu, & Zhe, 2011).

Atualmente, existem várias ferramentas que apresentam capacidades de extração automática de quantidades. Exemplos de tais ferramentas são o Autodesk Revit, o Graphisoft ArchiCAD, o Vico Office Take-off Manager, o Solibri Model Checker e CostX. A estes acrescentam-se mais dois programas que a Autodesk desenvolveu com esta função, nomeadamente, o Autodesk Naviswork e um outro, concebido apenas para este fim, intitulado Autodesk Quantity Take-off.

Se o material empregue numa determinada obra for betão armado, então, as parcelas referentes aos elementos contabilizados nos mapas de trabalhos e quantidades dividem-se em volumes, cofragens e armaduras. A obtenção de volumes de materiais é alcançada, diretamente, através dos programas apresentados. No entanto, tal não sucede para as cofragens, não existindo sequer nenhuma ferramenta que permita modelá-las manualmente (Morais de Sá, 2014).

Esta característica do BIM proporciona um aumento da precisão das estimativas, nas fases iniciais do projeto, quando comparado com os processos tradicionais, apresentando redução do

tempo e custo para concretizar essas estimativas e uma maior facilidade de simulação/ teste de diferentes alternativas (Nassar, 2007).

Segundo o que foi referido e tendo em conta toda a tecnologia hoje em dia à disposição de todos, quanto mais tempo as empresas demorarem a entrar no BIM e no mundo das quantidades automatizadas, maior será o progresso e vantagens competitivas das outras empresas com essas capacidades (Smith, 2014).

2.2. Planeamento de projetos de construção

Um bom planeamento de projetos envolve evitar problemas, enfrentar novos caminhos, gerir grupos de pessoas e tentar alcançar objetivos muito claros, com rapidez e eficiência (Redmond, Hore, Alshawi, & West, 2012). O projeto só pode iniciar-se, quando se sabe exatamente o que se vai produzir. É a partir daí que se traça o caminho, numa primeira fase, de forma concisa e apenas baseada em eventos com datas de conceção definidas (Ferreira, 2011).

2.2.1. Métodos de planeamento

As ferramentas informáticas de planeamento de obra que tradicionalmente são usadas no planeamento de construção, como MS Project®, Primavera® Sure Track ou P3 e Candy CCS, não comunicam de forma efetiva os aspetos temporais e espaciais. Estas ferramentas quando são sujeitas a alterações de planeamento rápidas, não facilitam o trabalho dos gestores de obra, consumindo tempo, dinheiro e levando a derrapagens orçamentais (Salgado, 2015).

No que se refere aos métodos de planeamento, os mais utilizados são o *WBS (Work Breakdown Structure)*, diagrama de Gantt e o *CPM (Critical Path Method)*.

2.2.1.1. Work Breakdown Structure (WBS)

Também conhecido como EAP (Estrutura Analítica do Projeto) este é um método que representa uma decomposição hierárquica de tarefas, a serem executadas pela equipa, para atingir os objetivos do projeto. Deste modo, cada nível descendente da EAP representa uma definição gradualmente mais detalhada da definição do trabalho do projeto (Project Management Institute, 2008).

A Estrutura Analítica do Projeto (EAP) é a base para o planeamento e controlo do mesmo. É o ponto de conexão para as estimativas de trabalho e custo, informações temporais do planeamento, esforço de trabalho real/custo, e prestação de contas. A fim de executar essa função vital, a EAP é, na sua essência, uma hierarquia de entregas ou resultados tangíveis (Colenso, 2000).

A figura 2.12 demonstra um exemplo de algumas etapas de uma obra estruturada e organizada segundo este método.

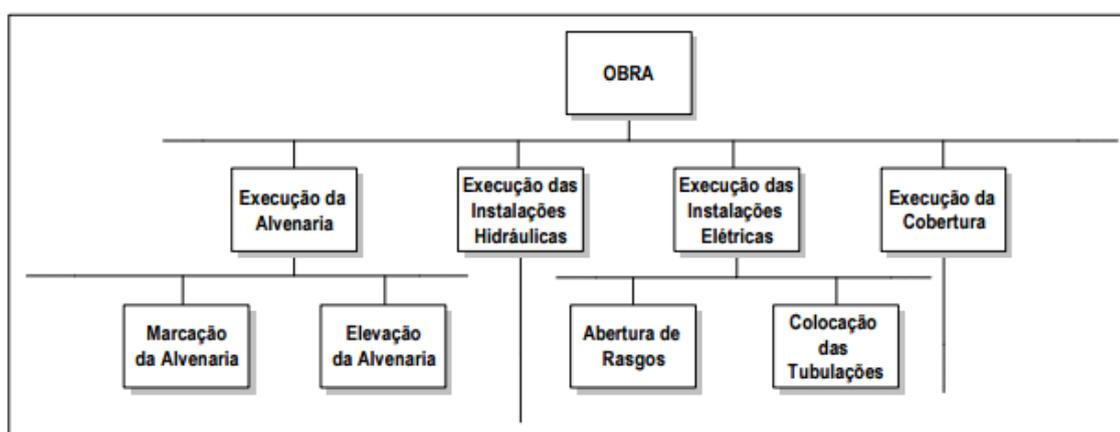


Figura 2.12- Exemplo de um WBS para algumas etapas de uma obra (Bernardes, 2001).

2.2.1.2. Diagrama de Gantt

Foi desenvolvido em 1917 pelo engenheiro social Henry Gantt, um dos precursores da engenharia industrial que criou os cronogramas de barras ou o chamado diagramas de Gantt, a mais antiga técnica de administração de projetos. Este gráfico é utilizado como uma ferramenta de controlo de produção. O Diagrama de Gantt utiliza barras horizontais colocadas dentro de uma escala de tempo. O comprimento relativo das barras determina a duração das atividades. As linhas que conectam as barras (flechas) representam os inter-relacionamentos das atividades. *Gantt* procurou resolver o problema da programação de atividades, ou seja, a sua distribuição, conforme um calendário, de maneira que se pudesse visualizar o período de duração de cada atividade, as datas de início e término, e, igualmente, o tempo total requerido para a execução de um trabalho (Banas, 2012).

execução, associados a elementos (ex. betão armado em pilares) e só depois se olha para a planta, para analisar como esse trabalho será distribuído por todo o edifício. Deste modo, perdem-se, desde logo, dinâmicas favoráveis à identificação de erros ou de oportunidades de otimização (Jongeling & Olofsson, 2007). A figura 2.14 representa um exemplo genérico de um CPM.

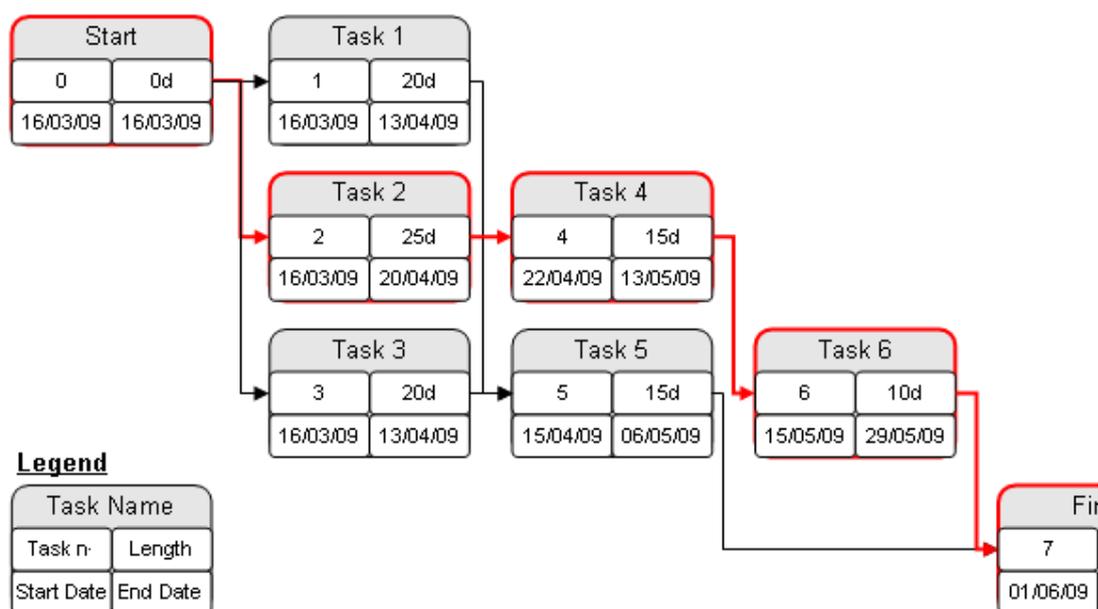


Figura 2.14 - Exemplo genérico de um CPM

2.3. Gestão de riscos

O risco pode ser definido como a combinação da probabilidade de um acontecimento e das suas consequências. O simples facto de existir atividade, abre a possibilidade de ocorrência de eventos ou situações, cujas consequências poderão constituir oportunidades para obter vantagens (lado positivo), ou então, ameaças ao sucesso dos objetivos da organização (lado negativo) (FERMA, 2003).

Os termos risco, incerteza e perigo são frequentemente associados, mas definitivamente não explicitam a mesma coisa. A incerteza é definida como a ocorrência de um evento sobre o qual pouco se sabe, enquanto o risco é o resultado de um evento que está previsto, com base na probabilidade estatística. Incerteza existe, quando há mais de um resultado possível e, existe risco, quando uma decisão é expressa, em termos de uma série de resultados possíveis (Teixeira et al., 2011).

De forma a ultrapassar e resolver as ambiguidades, Hubbard (2009) propõe as seguintes definições:

- **Incerteza** – Ausência de certeza completa, implica a existência de mais do que uma possibilidade. O verdadeiro resultado ou consequência não é conhecido;
- **Medição da incerteza** – Um conjunto de probabilidades atribuído a um conjunto de possibilidades. Por exemplo: “Há uma chance de 60% de chover amanhã, e uma chance de 40% de não chover”;
- **Risco** – Uma situação de incerteza em que algumas das possibilidades envolvem perdas, acidentes ou outro resultado indesejável;
- **Medição do risco** – Um conjunto de possibilidades, cada uma com probabilidades e prejuízos quantificados. Por exemplo: “Acreditamos haver uma chance de 40% do poço de petróleo proposto ficar seco, com uma perda de US\$ 12 milhões em custos de prospeção.”

A FERMA, (2002), *Federation of European Risk Management Associations*, apresenta uma visão organizacional sobre o tema. A gestão de riscos protege e acrescenta valor à organização e aos diversos intervenientes, apoiando da seguinte forma os objetivos da organização:

- Criação de uma estrutura na organização que permita que a atividade futura se desenvolva de forma consistente e controlada;
- Melhoria da tomada de decisões, do planeamento e da definição de prioridades, através da interpretação abrangente e estruturada da atividade do negócio, da volatilidade dos resultados e das oportunidades/ameaças do projeto;
- Contribuição para uma utilização/atribuição mais eficiente do capital e dos recursos dentro da organização;
- Redução da volatilidade em áreas de negócio não essenciais;
- Proteção e melhoria dos ativos e da imagem da empresa;
- Desenvolvimento e apoio à base de conhecimentos das pessoas e da organização;
- Otimização da eficiência operacional.

2.3.1. Princípios e importância da gestão de riscos

Um risco pode ser definido como qualquer fator, acontecimento ou influência que ameace a conclusão bem sucedida de um projeto em termos de tempo, custo e qualidade. Apesar do conceito de risco ser definido de várias formas, caracteriza-se por dois fatores principais:

- Possibilidade de um determinado perigo acontecer;
- Impacto ou consequências daí derivadas.

De facto, muitos padrões de risco estabelecem que é importante compreender estes dois elementos para definir totalmente um risco. Enquanto que algumas definições de risco apenas incidem na probabilidade de ocorrência de um acontecimento que pode, possivelmente, afetar o alcance de um certo objetivo, outras definições mais compreensivas consideram ambos os lados, ou seja, a probabilidade da ocorrência e as suas consequências (Ferreira Teixeira, 2013).

2.3.2. Gestão de riscos em projetos de construção

A gestão do risco é um processo que permite a análise e controlo dos riscos associados a um projeto. Corretamente realizado, irá aumentar a probabilidade de conclusão bem sucedida do projeto, no que diz respeito ao custo, tempo e objetivos de desempenho (APM, 2000).

Os benefícios do processo de gestão de risco incluem a identificação e análise de riscos, melhoria dos processos de gestão de projetos de construção e utilização eficaz dos recursos (Banaitiene & Banaitis, 2012).

Em comparação com outras áreas e atividades, a construção encontra-se sujeita a mais riscos, devido às suas características únicas, tais como:

- Longa duração;
- Processos complicados;
- Intensidade financeira dos projetos;
- Características ambientais muito imprevisíveis;
- Estruturas de organização dinâmicas.

Chapman & Ward, (2003), concretizam, em termos práticos, que é essencial ver a gestão de risco do projeto como uma extensão importante do convencional planeamento do projeto, com o potencial de influenciar a conceção e as atividades a ele associadas.

Todos os projetos de construção são únicos e, através deles, surgem riscos inevitáveis. Tais riscos necessitam de ser classificados (ver figura 2.15). O *Project Management Institute*, (2008) categorizou as classes de riscos nos projetos e propôs a seguinte abordagem:

- **Riscos relacionados com a parte técnica:** neste capítulo, é reconhecida a utilização de tecnologias complexas ou não comprovadas no projeto, metas de desempenho irrealistas e mudanças na tecnologia empregues durante o projeto, responsáveis por alterar margens de qualidade e de desempenho.
- **Riscos Externos:** este parâmetro engloba mudanças na legislação ou regulamentos do país, problemas relacionados com os trabalhadores, mudança nas prioridades do proprietário do projeto e mudanças no clima.
- **Riscos relacionados com a organização:** falta de priorização nos projetos, inadequação ou interrupção dos recursos financeiros e riscos, devido a conflitos nos recursos humanos com outros projetos da organização.
- **Riscos relacionados com a gestão de projetos:** inadequada distribuição de tempo e recursos, má qualidade no plano do projeto e uso inadequado das disciplinas de gestão de projetos.

Na figura 2.15 está exemplificado uma estrutura analítica dos riscos definida por PMI.

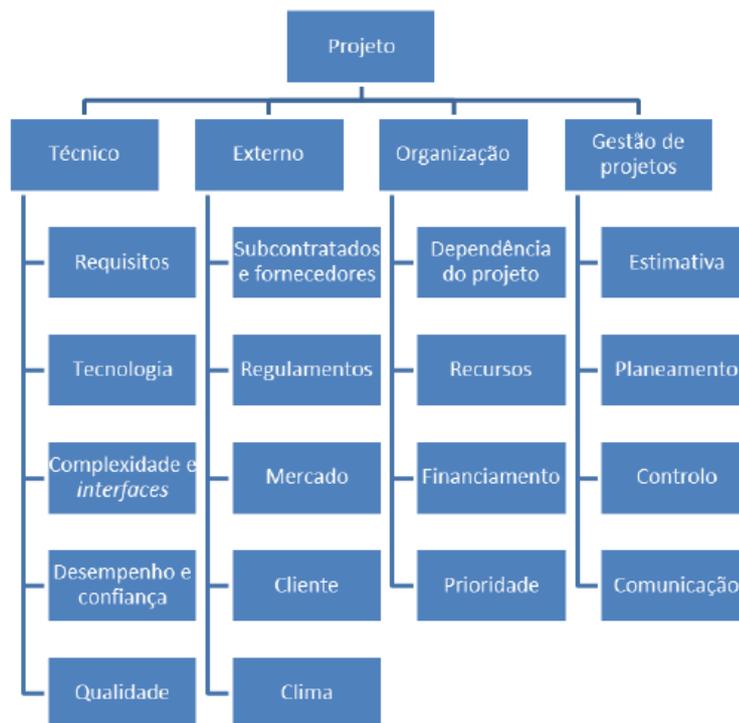


Figura 2.15- Exemplo de uma estrutura analítica dos riscos (adaptado de Project Management Institute, 2008)

No entanto, outra maneira de identificar os riscos em projetos de construção é classifica-los, de acordo com a origem de cada um. Assim, segundo (Teixeira et al., 2011) os riscos podem ser classificados da seguinte forma:

Riscos devido à construção:

- Mudanças no trabalho;
- Acessos à obra;
- Nível de detalhe do projeto fornecido pelo proprietário;
- Condições geológicas e geotécnicas do terreno da obra;
- Atraso nos desenhos e nas instruções do projeto;
- Acidentes de trabalho (dos trabalhadores ou da própria obra – colisões, incêndios, etc.);
- Disponibilidade de recursos e materiais;
- Danos a pessoas ou bens;
- Projeto defeituoso;

- Custo dos ensaios, dos testes e das amostras;
- Quantidades reais de trabalho;
- Disponibilidade e custo dos equipamentos.

Riscos financeiros e económicos:

- Inflação;
- Financiamento.

Riscos devido ao desempenho:

- Produtividade de trabalho e do equipamento;
- Adequação dos materiais e recursos;
- Trabalho defeituoso;
- Litígios laborais;
- Condução do trabalho, impedindo o seu correto desempenho.

Riscos relativos à segurança:

- Vandalismo;
- Terrorismo;
- Corrupção;
- Assaltos;
- Negligência;
- Intrusão.

Riscos devido a fatores contratuais e legais:

- Atraso na resolução dos litígios laborais e/ou má resolução dos mesmos;
- Atrasos nos pagamentos dos contratos e extras;
- Pedido de alteração de negociação;
- Insolvência do empreiteiro e do subempreiteiro.

Riscos físicos:

- Condições geológicas e geotécnicas da superfície;
- Condições da sub-superfície e água subterrânea;
- Topografia;

- Catástrofes naturais.

Riscos políticos e sociais:

- Avaliação do solo para construção;
- Pressões ambientais;
- Desordem pública;
- Greves;
- Regulamentos (leis de segurança e do trabalho).

Assim sendo, pode considerar-se que o risco, no sector de construção, deve ser analisado de forma global, em todas as áreas de intervenção. É essencial que as empresas de construção adotem um sistema de gestão integrada de riscos que permita aos empreiteiros e aos projetistas identificar e quantificar, de forma correta, e com antecedência, todos os perigos que podem enfrentar. Uma gestão eficiente permite aos executantes do projeto aplicar metodologias para responder, de forma adequada, a todos os problemas identificados e, desta forma, controlar os custos associados (Araújo Soares, 2014).

2.3.3. O impacto do BIM na de gestão de riscos

Na perspetiva de um mercado onde a utilização de BIM é muito frequente, a preocupação por parte das empresas é mais no sentido de manter a vantagem competitiva, gerir as oportunidades e não ficar para trás. Por outro lado, num mercado onde o BIM ainda não é comum, os riscos de inovação que necessitam de ser geridos são bastante maiores, no que diz respeito às ameaças e oportunidades (Tomek & Matejka, 2014).

Quando o BIM é usado, deve haver um impacto positivo na gestão de riscos, isto é, o BIM mitiga as ameaças e aumenta as oportunidades (Jernigan, 2008).

O risco de construção na fase de projeto pode ocorrer quando o edifício concluído não satisfaz as necessidades dos proprietários e ocupantes. Mudanças nas necessidades do proprietário, ao longo do tempo, ou má comunicação entre o pessoal do projeto e o proprietário cria este risco (Hammad, Rishi, & Yahaya, 2015).

No entanto, e segundo Hammad et al. (2015), o BIM refere-se à criação e ao uso coordenado de um conjunto de informações digitais sobre um projeto de construção. As informações podem incluir o custo, cronograma, fabricação, manutenção, energia e modelos 3D, que são utilizados para a tomada de decisões de projeto, produção de documentos de construção de alta qualidade, prevendo o desempenho, custo estimativa e planeamento de construção, e eventualmente, para gerir e operar as instalações com base nestas funcionalidades. Assim o BIM, pode, portanto, ser usado para atenuar o risco de construção das seguintes maneiras:

- Eliminação de extração manual de desenhos através de plataforma de intercâmbio de dados ou outro método de integrar o processo. Aplicações BIM utilizam a modelação paramétrica. Modelação paramétrica envolve o uso de base de dados relacional que contém informações sobre os elementos de uma estrutura e suas relações. A captura e a gestão das relações de objetos são úteis no sentido de permitir um elevado nível de análise do modelo, além de propriedades do objeto. Portanto, o modelo pode ser usado para gerar cálculos de espaço, eficiência energética, detalhes de análise estrutural e design tradicional de documentos. Assim, o risco de medição errada ou imprecisa geração de custo será minimizado.
- Reduzir a deficiência de projeto através da plataforma de intercâmbio de dados: o principal benefício do BIM é a sua capacidade de diminuir os erros cometidos pelas equipas de projeto e construção, empregando-se o mecanismo de deteção de conflitos, por meio de técnicas de visualização, referindo-se a partes relevantes nas relações com o modelo de todo o edifício. Com o BIM, lida-se com mais informação do edifício e isto pode ajudar a economizar custos, através de redução de risco em tempo e erros.
- Integrando o processo de projeto com engenharia e construção: isto pode ser conseguido, quando um construtor simula um prédio antes e durante o processo de construção. Devem usar-se modelos 4D ou 5D que integram tempo e custo, respetivamente, além dos modelos de geometria 3D. Desta forma, as alterações não só podem ser controladas, em fase de projeto e engenharia, mas também podem ser controladas até certo ponto do ciclo de vida do ambiente construído. É ideal em projetos com custo elevado e de alto risco e que pode levar a altas recompensas, para atenuar os custos e riscos. O BIM, com cronograma e custo, quando disponível a todos os *stakeholders*, favorecerá a comunicação e colaboração, melhorando, assim, o risco de desfragmentação entre atores do projeto.

2.3.4. Metodologias de gestão de risco

Para Guilherme (2015), a gestão do risco deve ser uma parte integrante da gestão de um projeto, pelo que a adoção de uma metodologia para este processo é essencial nas organizações. Existem várias metodologias desenvolvidas e apresentadas para a gestão de riscos, entre as quais se destacam, a metodologia apresentada pelo PMI (*Project Management Institute*) através do PMBOK, o COSO (*Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*) através do ERM e a norma ISO 31000:2009 – *Risk Management – Principles and guidelines*.

2.3.4.1. PMBOK Guide

a) Planeamento do estudo dos riscos

A gestão do risco pode ser planeada de diferentes formas, porém, o objetivo final em todos os processos é eliminar ou minimizar o risco de alguma área, mantendo o controlo do mesmo para níveis aceitáveis, tendo em conta todas as limitações.

Existem muitas metodologias de desenvolvimento do processo global de gestão do risco, no entanto, a maioria assenta nos mesmos pressupostos. Pretende-se fazer uma triagem das principais características, com o intuito de as analisar sob uma orientação simplificada, por um subconjunto de etapas. Os principais estádios no processo de gestão do risco podem ser divididos em:

- Planeamento do estudo dos riscos: decisão de como abordar, planificar e executar as atividades de gestão dos riscos;
- Identificação dos riscos: determinação dos riscos que podem afetar a obra e proceder à sua documentação;
- Análise e avaliação dos riscos: atribuir prioridades aos riscos para uma posterior análise; determinar a probabilidade de ocorrência e impacto dos mesmos;
- Responder a riscos: desenvolvimento de opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças;
- Monitorizar e controlar os riscos: acompanhamento e monitorização dos riscos identificados; identificação de novos riscos e execução de novos planos de resposta.

A figura 2.16 representa os estádios do processo de gestão de riscos através do método do PMBOK.

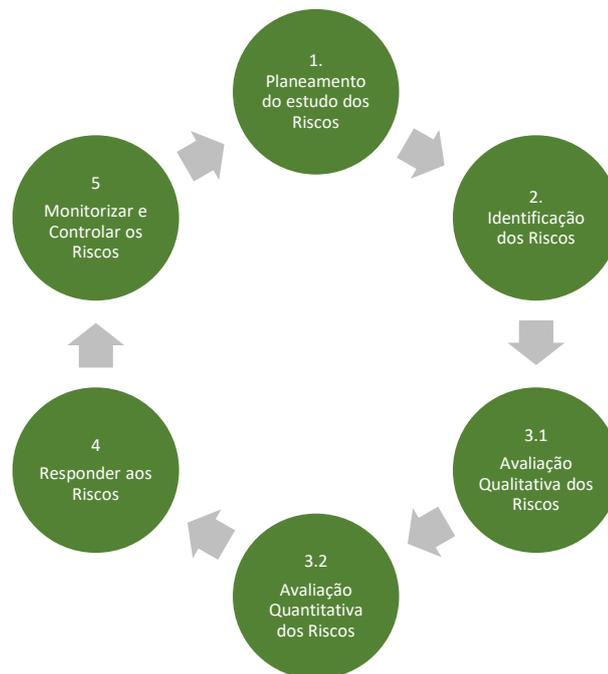


Figura 2.16 – Processo de gestão de riscos segundo PMBOK

b) Identificação dos riscos

A identificação dos riscos tem como principal objetivo identificar a exposição de uma organização ao elemento de incerteza. Este exercício impõe um conhecimento profundo da organização do mercado, no qual é desenvolvida a sua atividade, do ambiente jurídico, social, político e cultural onde está inserida, assim como uma sólida perceção das suas estratégias e objetivos operacionais (Araújo Soares, 2014).

Este é o elemento chave para uma abordagem adequada da gestão do risco e envolve um processo em que as preocupações sobre o sucesso do projeto se transformam em riscos identificados.

Note-se que a gestão do risco não lida apenas com preocupações negativas, mas também com oportunidades, ou seja, resultados positivos. O processo de identificação dos riscos inclui a identificação das suas causas e origens, eventos, situações ou circunstâncias que podem ter um impacto material nos objetivos, bem como a natureza desse impacto.

Este processo começa com a compilação dos riscos do projeto pela equipa responsável. Estes riscos são o resultado de problemas e preocupações (*inputs*), tais como (Teixeira et al., 2011):

- Documentos do projeto (relatórios de trabalho, pressupostos, etc.);
- Listas de verificações gerais criadas para riscos recorrentes;
- Estimativa de custos, isto é, custo provável de conclusão das atividades programadas;
- Análise da descrição do projeto, ou seja, as características do produto ou serviço solicitado pelo cliente (geralmente nas primeiras fases do trabalho, os detalhes são escassos, mas aumentam à medida que o projeto se desenvolve);
- Projeto de execução e calendário da construção (riscos relacionados com as “autorizações” de tempo para as atividades de projeto, etc.);
- Registos dos interessados, fundo de organizações envolvidas no projeto, fatores externos (fatores ambientais, por exemplo), abordagem da gestão do risco, etc.

c) Avaliação dos riscos

Para a avaliação de riscos é necessário, antes demais, ter conhecimento de como os podemos avaliar. Posto isto, os riscos podem ser avaliados qualitativa e quantitativamente. Uma avaliação global dos riscos envolvidos num determinado projeto de construção tem como finalidade a determinação dos impactos que deles advêm (Hammad et al., 2015).

i. Avaliação qualitativa

A análise qualitativa permite que os fatores essenciais que provocam o risco sejam identificados. Os fatores de risco podem ser identificados por meio de um processo qualitativo, como entrevistas, brainstorming e listas de verificação. A análise de risco qualitativa avalia o impacto e a probabilidade do mesmo, de modo priorizado, desenvolvendo listas para análise, ou direta mitigação.

É considerado como processo de avaliação qualitativa, quando este envolve a descrição de cada um dos riscos e dos seus impactos, através de um rótulo subjetivo de risco (alto/médio/baixo), tanto em termos de impacto, como de probabilidade de ocorrência. (Banaitiene & Banaitis, 2012).

ii. Avaliação quantitativa

Após uma lista priorizada de riscos, obtida pela avaliação qualitativa, segue-se a avaliação quantitativa que tem como objetivo, como o próprio nome diz, quantificar o risco, ou seja, atribuir-lhe um valor numérico, de maneira a que a avaliação seja o mais exata possível. Este processo é feito depois da avaliação qualitativa, por ser mais complexo e moroso, portanto, só faz sentido gastar o tempo de análise com os riscos mais importantes para o projeto.

Muitos métodos e ferramentas estão disponíveis para combinar e avaliar quantitativamente os riscos. O método selecionado vai envolver a sofisticação da análise e a sua facilidade de utilização. Pretende-se que a análise quantitativa do risco inclua as seguintes informações (PMI 2004):

- Análise probabilística do projeto;
- Probabilidade de realização dos objetivos, em termos de custo e tempo;
- Lista priorizada de riscos quantificados;
- Tendências dos resultados da análise quantitativa de riscos.

d) Resposta aos riscos

Existem tipos de respostas diferentes para tipos de riscos diferentes. Como já referido, o risco tem duas vertentes, uma negativa (ameaças) e uma positiva (oportunidades). Então, para diferentes tipos de riscos, temos diferentes abordagens.

Segundo o *Project Management Institute* (2008), as possíveis abordagens associadas às ameaças de um projeto são:

- **Evitar** – Evitar o risco fazendo mudanças na gestão do planeamento do projeto, de maneira a eliminar por completo a causa da ameaça;
- **Transferência** - Transferência do risco exige o deslocamento de algum ou todo o impacto negativo de uma ameaça, juntamente com a posse da resposta, a uma terceira parte;
- **Mitigar** – Mitigar consiste em reduzir a probabilidade ou o impacto de um determinado risco, fazendo com que ele seja menos importante e haja possibilidade de o eliminar da lista dos riscos com maior importância.

No que se refere às oportunidades, as possíveis respostas são:

- **Explorar** - Explorar a oportunidade, de maneira a tirar o máximo partido dela, acrescentando trabalho ou modificando o projeto, de forma a ter a certeza da ocorrência da oportunidade;
- **Realçar** – Realçar a oportunidade, aumentando a probabilidade e os impactos positivos da ocorrência do risco;
- **Partilhar** – Partilhar a oportunidade com uma terceira parte mais capaz de atingir essa oportunidade.

Para ambas as vertentes do risco (ameaça e oportunidade) existe uma resposta em comum:

- **Aceitação** – Aceitar a ameaça ou a oportunidade e todas as consequências que advêm dessa escolha.

e) **Monitorização e controlo dos riscos**

A gestão eficaz de riscos necessita de uma estrutura de comunicação e revisão que assegure que os mesmos são identificados e avaliados, de forma eficiente e que os controlos e respostas adequados são implementados.

O processo de monitorização deve garantir que estão implementados os controlos adequados para as atividades da organização e que os procedimentos são compreendidos e seguidos.

Qualquer processo de monitorização e revisão deve determinar se:

- as medidas adotadas alcançaram os resultados pretendidos;
- os procedimentos adotados e as informações recolhidas para a realização da avaliação foram os adequados;
- se um melhor nível de conhecimento teria ajudado a tomar melhores decisões e a identificar a possibilidade de tirar ilações, para futuras avaliações.

2.3.4.2. COSO - Enterprise Risk Management (ERM)

O *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission* (COSO) é uma associação dedicada a desenvolver estruturas e guias na gestão de risco, controlo interno e na deteção de fraude. Com o objetivo de dar resposta à necessidade de um guia para as empresas, com os princípios básicos para a implementação de uma metodologia de gestão de riscos eficaz, o COSO emitiu em 2004, o relatório ERM - Enterprise Risk Management – Integrated Framework. É utilizado mundialmente por empresas que queiram desenvolver e implementar um processo de gestão de riscos.

De acordo com o COSO (2004) , a gestão de riscos numa organização envolve um alinhamento entre o apetite ao risco e a estratégia, o realce das decisões de resposta ao risco, a redução de eventos operacionais inesperados e os seus potenciais danos e a identificação e gestão de riscos múltiplos e transversais na organização. O apetite ao risco é a quantidade de riscos, em sentido amplo, que uma organização está disposta a aceitar na sua procura para agregar valor. Este reflete a filosofia administrativa de uma organização e influencia a sua cultura e o estilo operacional.

O processo de gestão do risco sugerido pelo COSO, tem por base a relação entre oito componentes, derivados do método de gestão da empresa e integrados no processo de gestão. Os componentes deste processo são o ambiente interno, os objetivos fixados, a identificação de eventos, a avaliação de riscos, a valoração do risco, as atividades de controlo, informação e comunicação e, por fim, a monitorização. A figura 2.17 representa a ordem desta relação.

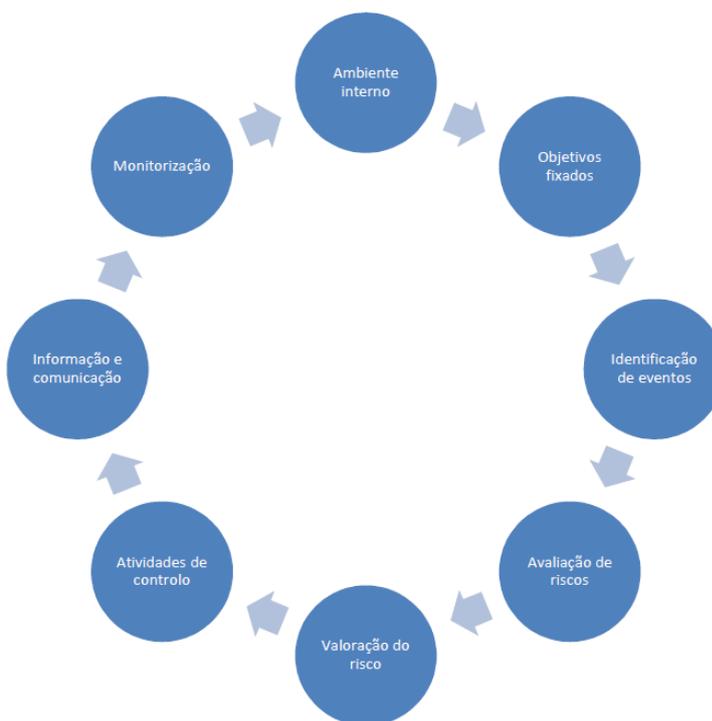


Figura 2.17 – Metodologia de processo COSO

2.3.4.3. ISSO 31000

A Norma Internacional ISO 31000:2009, Risk management – Principles and guidelines, (na sua versão portuguesa NP ISO 31000:2013) fornece os princípios, a estrutura e o processo para a gestão de riscos. Foi editada pela ISO (International Standard Organization), junatmente com outras normas complementares, nomeadamente a ISO *Guide 73:2009 – Risk management – Vocabulary* e a ISO 31010: 2009 - *Risk management - Risk assessment techniques*. Pode ser aplicada em todas as organizações independentemente da dimensão, atividade ou setor.

Difere do tratamento de riscos definido no PMBOK, uma vez que a ISO 31000 estabelece princípios para o tratamento de riscos em geral, e não se restringe aos projetos. A norma constata que todas as atividades de uma organização possuem riscos, os quais devem ser identificados, analisados e quantificados para poderem ser modificados, segundo o critério de tratamento de riscos. Nesta norma o processo sistemático e lógico é descrito detalhadamente, de forma a aplicar em qualquer âmbito ou contexto (Jorge, 2013).

A avaliação de riscos engloba a identificação, a análise e a estimativa dos riscos e pode ser aplicada recorrendo a diversas técnicas ou métodos. O tratamento dos riscos envolve a seleção

das mais relevantes opções para alterar a probabilidade da ocorrência do risco e implementação dessas opções. A monitorização e revisão compreende a verificação da efetividade e validade de todo o processo. O processo de gestão do risco encontra-se esquematizado na figura 2.18.

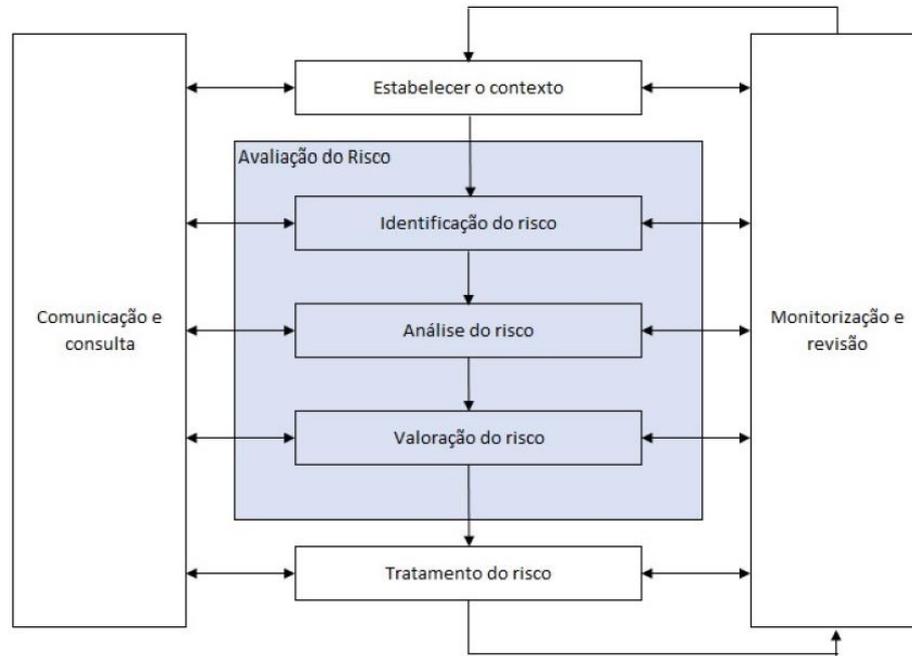


Figura 2.18 - Processo de gestão de riscos segundo a norma ISO 31000 (Guilherme, 2015)

3. METODOLOGIA PROPOSTA

Neste capítulo serão abordados assuntos relacionados à metodologia proposta para posterior aplicação ao caso de estudo. Serão referidos, também, os objetivos específicos, a ordem de trabalhos e a descrição de todos os processos da metodologia proposta.

3.1. Objetivos específicos e considerações iniciais

A presente dissertação tem como objetivo, utilizando ferramentas BIM, o planeamento, controlo e gestão de riscos de um projeto de habitação unifamiliar ainda por iniciar. Para que tal seja possível, é necessário haver conteúdo passível de ser trabalhado, comparado e avaliado. Assim sendo, os *outputs* essenciais, para posterior análise e desenvolvimento são:

- Modelo BIM do projeto:
 - Modelo de Arquitetura;
 - Modelo de Estrutura;
 - Modelo de MEP;
- Desenhos 2D obtidos a partir do modelo BIM;
- Mapa de quantidades obtido a partir do modelo BIM;
- Mapa de estimativas de custos;
- Cronograma, gráfico de Gantt e simulação 4D do planeamento do projeto;
- Lista de possíveis riscos existentes no projeto;
- Análise qualitativa e quantitativa (VME e valor de contingência).

Para o desenvolvimento da metodologia a apresentar, é necessário ter em consideração as duas metodologias comparadas, o BIM e o tradicional. Para simplificar o autor considera a metodologia tradicional aquela que se utilizava antes da entrada do BIM no mundo da construção.

3.2. Ordem de trabalhos

Para a obtenção dos *outputs* anteriormente referidos, foi estabelecida uma ordem de trabalhos a seguir, pois alguns trabalhos são dependentes de outros. Deste modo, o primeiro passo a dar foi o da modelação do projeto e coordenação em simultâneo, para que, assim, se possa utilizar o modelo BIM, como base para todos os trabalhos restantes.

Tendo obtido o modelo BIM 3D completo, pôde-se extrair os desenhos 2D e também as quantidades associadas ao modelo para posterior comparação com o método tradicional e consequente estimação de custos.

O passo seguinte foi o planeamento, onde o projeto foi dividido em tarefas quantificadas relativamente à sua duração por forma a obter-se um cronograma e gráfico de Gantt do projeto. Dados que serão necessários para a simulação 4D do projeto.

Concluído o planeamento, procedeu-se a fase de controlo onde se realizou testes de deteção de conflitos, extração de quantidades e estimativa de custos, sempre comparando com os dados fornecidos pelo método tradicional.

Por fim, estudou-se a gestão de riscos, e para isso foi elaborada uma lista de possíveis riscos identificados com a ajuda do modelo BIM. Foi realizada uma análise e avaliação dos riscos de maior importância, incluindo a avaliação VME e valor de contingência, e também se planeou a resposta a esses mesmos riscos.

A figura 3.19 representa a sequência que resume a ordem de trabalhos referidas anteriormente e que serão detalhadas mais à frente.

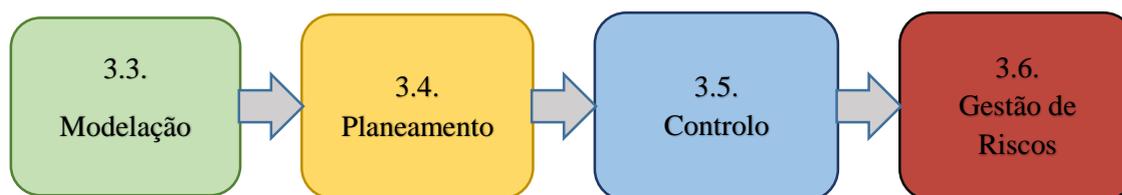


Figura 3.19 - Sequência da ordem de trabalhos da metodologia proposta

3.3. Modelação

3.3.1. Considerações iniciais

Em Portugal, para já, não existe nenhum documento normativo relativamente ao BIM, pelo que, o autor da dissertação optou por se basear num documento de orientação da Finlândia - *Common BIM Requirements* (COBIM, 2012) para a realização da modelação do projeto.

3.3.2. Softwares utilizados

O *software* escolhido para a modelação foi o *Autodesk Revit 2015*, obtido através do site oficial da Autodesk, com a licença de estudante. Logo aqui se gera alguma incongruência, pois já existem versões mais atualizadas do *software* em questão, como é o caso da última versão, a de 2017. A escolha da versão de 2015 é feita de maneira a que os programas que a empresa parceira nesta dissertação utiliza, sejam compatíveis, pois, no final do trabalho, a empresa ficará na posse do modelo BIM. Portanto, como o *software* utilizado pela empresa é o da versão 2015, o autor da dissertação decidiu utilizar o mesmo *software*.

Versões à parte, a escolha deste *software* foi também influenciada pela sua fama e popularidade, no mundo do BIM. As ferramentas que o *Revit 2015* detém são diversas e mais que suficientes para toda a modelação de todas as especialidades envolvidas na construção de uma habitação unifamiliar. Outro fator que ajudou à escolha foi a experiência já adquirida pelo autor, em projetos anteriores, com o *software* em questão. Desta forma, o trabalho pôde desenvolver-se com mais eficácia e sem necessidade de despender tempo, com a aprendizagem do *software*.

Nesta fase do processo, também foi utilizado o *software* da casa Autodesk, o *AutoCad 2017*, para visualização dos desenhos fornecidos.

3.3.3. Estratégia de Modelação

A estratégia de modelação adotada neste projeto teve em consideração a ordem de modelação das diferentes especialidades, começando pela arquitetura, seguida da estrutura e terminando com o MEP, sendo este procedimento o habitual em projetos BIM.

O habitual seria também haver colaboração entre os responsáveis de cada especialidade, mas, tendo em conta que esta tarefa, nesta dissertação, foi executada por uma só pessoa, os modelos foram realizados, respeitando a ordem referida anteriormente, iniciando uma especialidade aquando da conclusão da anterior. Assim, terminado o modelo de arquitetura, criou-se um novo documento para a especialidade de estruturas, onde se inseriu, através da ferramenta *link*, o modelo de arquitetura, servindo de base para a construção do modelo de estruturas. Com o modelo de MEP, as condições foram as mesmas, acrescentando-se ao modelo de arquitetura o de estruturas para base da construção do MEP.

Optou-se por realizar os diferentes modelos das especialidades em ficheiros diferentes, para evitar a sobrecarga de dados e, assim, ser possível um manuseamento do modelo, mais eficiente.

Na especialidade de arquitetura, o modelo criado, foi dividido em duas partes, uma contendo a habitação e todo o seu interior e outra parte contendo o terreno e o acesso, a partir da estrada, à habitação. Esta divisão foi feita pela mesma razão da divisão dos ficheiros por especialidade, de modo a evitar que o ficheiro de arquitetura ficasse sobrecarregado. Neste modelo, teve-se em consideração a modelação das subcamadas de alguns objetos, ou seja, no exemplo de uma parede, foi modelada a estrutura (bloco de betão, tijolo vazado), a camada de regularização, o isolamento e o acabamento. Este princípio aplicou-se às paredes, lajes e coberturas, sendo possível, através de uma função do Revit 2015, designada por *create parts* (criação de partes) que divide, por camadas individuais, os objetos.

No modelo de estruturas foram modelados, sapatas, pilares, vigas, lajes de betão armado e lajes de abobadilhas e vigotas pré-esforçadas. Contudo, esta última laje não foi diferenciada em relação ao espaço de abobadilha e vigotas, tendo sido modelada como um só objeto. A armadura não foi considerada, devido à complexidade que a sua modelação exigia no *software* utilizado e à conseqüente perda de tempo.

Por fim, na especialidade de MEP, foi modelado a rede de abastecimento de água (AA), a rede das águas residuais (AR) e a rede das águas pluviais (AP), todas no mesmo ficheiro. Em todas as redes modeladas teve-se em consideração, cotas, diâmetros e tipo de material utilizado nas tubagens, bem como as dimensões das caixas de visita.

Note-se que esta etapa é apenas de modelação e, portanto, trata-se de um projeto já criado e não da criação de um novo projeto, ou seja, a modelação seguiu as plantas CAD das especialidades fornecidas pela empresa.

Durante o processo de modelação de todas as especialidades, existiu sempre um controlo de deteção de conflitos através do *software Autodesk Navisworks 2015* (enunciado no ponto 3.4.2).

Ao longo da modelação houve necessidade de recorrer a bibliotecas BIM para descarregar objetos nomeadamente, mobiliário, acessórios de MEP e equipamentos. As bibliotecas BIM utilizadas foram as seguintes:

- *Autodesk Seek*
- *Hightower*
- *Modlar*
- *Archiproducts*
- *Bimobject*

3.3.4. Requisitos para os Modelos BIM

Para a obtenção de resultados mais reais possíveis, é necessário que todo o processo de modelação tenha um certo rigor e qualidade. Para isso, pesquisou-se formas de garantir um nível de desenvolvimento aceitável, para a posterior análise dos resultados e extração de quantidades. Assim, os modelos BIM teriam de ter, no mínimo, um LOD 300, pois é a partir deste nível que as características dos objetos modelados são exatas, no que diz respeito a quantidades, tamanho, forma, localização e orientação (comprovado na revisão do estado da arte no subcapítulo 2.1.2 referente ao LOD). Deste modo, a medição pode ser feita diretamente, a partir do modelo.

Os modelos das especialidades de estruturas e MEP foram desenvolvidos até um nível de desenvolvimento de 300, segundo as definições de LOD do BIMForum (2013). Já o modelo da especialidade de arquitetura ficou com um nível de detalhe superior, uma vez que as quantidades a serem extraídas deste modelo o exigiam, ficando com um LOD mais próximo do 350.

3.3.5. Resumo dos processos

Relativamente ao processo de modelação, está representado no fluxograma da figura 3.20 o resumo destes processos com os *inputs* e *outputs* e os *softwares* utilizados nas três especialidades.

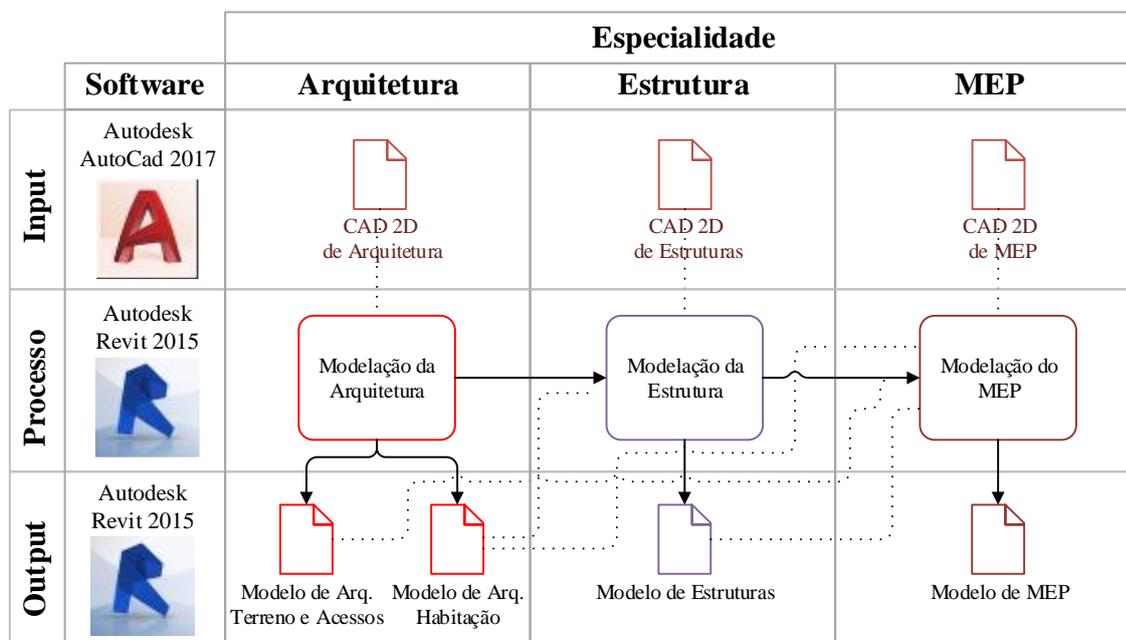


Figura 3.20 – Resumo do processo de Modelação (elaborado pelo autor)

3.4. Planeamento

3.4.1. Considerações iniciais

Na área do planeamento, o BIM ainda não está tão desenvolvido como na modelação, e assim sendo, o planeamento da obra não foi completamente elaborado em *software* BIM, tendo sido complementado com o *software* tradicional.

3.4.2. Softwares utilizados

O *software* mais utilizado para o planeamento da obra foi o *Microsoft Project 2016*, por ser indispensável na tarefa de planear, devido às suas características funcionais de precedências, que estão em falta no outro *software* utilizado, o *Autodesk Navisworks 2015*. Este último, foi escolhido devido às suas características de simulação 4D, deteção de conflitos, extração de

quantidades e *rendering*. Além disso, trata-se de um *software* da casa Autodesk e, assim sendo, com a utilização do *add-in Export Utility* que faz a ponte de ligação entre os *softwares Revit 2015* e *Navisworks 2015*, há menos incompatibilidades, relativamente aos dados transferidos do *software* de modelação.

Note-se que, também se utilizou a versão de 2015 no *Navisworks*, pelos mesmos motivos que os da escolha do *Revit 2015*, relacionado com a compatibilidade de *softwares*.

3.4.3. Estratégia de planeamento utilizada

Para a fase de planeamento, a estratégia a seguir foi a realização do planeamento no *software Microsoft Project 2016* e, depois da sua conclusão, a exportação para o *Navisworks 2015*.

Mais detalhadamente, o planeamento consistiu em desenvolver uma estrutura analítica de tarefas, quantificar as tarefas existentes, quanto à sua duração e definir as precedências, de modo a obter-se também um diagrama de *Gantt* representativo do planeamento da obra. Dada a relativa simplicidade dos trabalhos em causa, todos os dados utilizados para as tarefas e precedências foram baseados na experiência profissional do engenheiro responsável na empresa. Com isto, quer dizer-se que não se utilizou nenhum documento específico para a quantificação dos tempos das tarefas, mas apenas, a sensibilidade e know-how acumulado do engenheiro responsável pela empresa que tem uma vasta experiência em projetos de habitação unifamiliares.

Após o planeamento, exportou-se este ficheiro para o ficheiro de *Navisworks* que contém o modelo completo. Para fazer a ligação dos objetos às respetivas tarefas, houve primeiro a necessidade de criação de *sets*, que são pastas organizadoras dos objetos, sendo mais prático e eficaz o manuseamento entre objetos e tarefas, posteriormente. Depois de concluídos os *sets*, fez-se a ligação dos *sets* que contêm os objetos, às respetivas tarefas descritas no planeamento da obra.

Deste modo, com as durações e com os objetos ligados às tarefas, foi possível obter-se uma simulação 4D, através de um comando denominado ‘Simulação’ no *Navisworks 2015*. Com o resultado desta função, foi possível ter a noção temporal e visual do desenvolvimento da obra em questão.

3.4.4. Resumo dos processos

Na figura 3.21 está representado o fluxograma do resumo do processo de planeamento, onde estão indicados os *inputs* e *outputs* e os *softwares* utilizados.

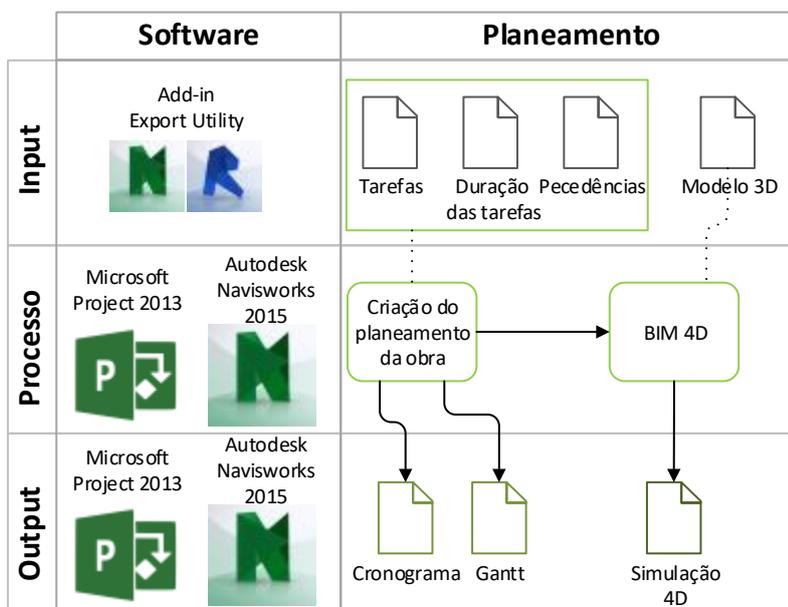


Figura 3.21 - Resumo do processo de planeamento (elaborado pelo autor)

3.5. Controlo

O processo de controlo do projeto incluiu a verificação dos modelos 3D com a realização de um teste de deteção de conflitos, a extração de quantidades, a estimativa dos custos e a comparação destes resultados com o método tradicional.

3.5.1. Considerações iniciais

O processo de estimativa de custos consistiu em atribuir valores monetários às quantidades extraídas do *software* utilizado, e não estimadas automaticamente, devido ao fraco desenvolvimento que o software tem na dimensão 5D.

Esta etapa exigiu do autor mais conhecimento relativamente à função de extração de quantidades, e para tal, houve necessidade de um tempo de aprendizagem, o qual foi preenchido por tutoriais acessíveis no site da Autodesk e em canais da plataforma Youtube.

3.5.2. Softwares utilizados

Para a deteção de conflitos e extração das quantidades foi utilizado o *Navisworks* 2015 (enunciado no ponto 3.4.2), que tem um comando próprio para a extração de quantidades.

Para a estimativa de custos, foi utilizado o *Microsoft Excel* 2016, uma vez que, no *Navisworks* 2015, apenas era possível inserir custos nas descrições das tarefas do planeamento da obra e, portanto, optou-se pela realização deste processo, neste *software*. O *Microsoft Excel* 2016 dispensa apresentações, dada sua ampla utilização em qualquer estimativa de custos, seja de construção civil ou de outro qualquer projeto.

3.5.3. Estratégia de verificação dos modelos

Este processo consistiu em juntar os modelos e fazer um teste de deteção de conflitos entre eles, para que, desta forma se evite erros relativos às incompatibilidades entre especialidades e assim, se obtenha um projeto mais eficiente e eficaz, na fase de construção.

Desta forma, aglomerando todos os modelos no ficheiro de *Navisworks* 2015, procedeu-se aos testes de deteção de conflitos, primeiro entre as especialidades de arquitetura e estruturas; de seguida, realizou-se outro teste entre as especialidades de arquitetura e MEP e, para finalizar, o teste entre as especialidades de estruturas e MEP. Assim, foram testados todos os modelos, com todas as possibilidades.

A partir de cada teste, foi possível criar um relatório que o próprio *software* emitia em ficheiro HTML, o qual continha informações relativas ao tipo de conflito encontrado, bem como, a posição do mesmo no modelo e imagens para o comprovar.

Com estes testes de deteção de conflitos, foi possível corrigir erros nas três especialidades, os quais não teriam sido detetados antes do início da construção, se não fosse pela metodologia BIM.

3.5.4. Estratégia de extração de quantidades e estimação de custos

Os objetos que integram o modelo BIM estão bem caracterizados relativamente às dimensões, áreas e volumes, no entanto, o software não consegue atribuir ao objeto, automaticamente, o tipo de material e a unidade que esse material é medido. Portanto, para que seja possível uma extração de quantidades fidedigna, é necessário, em primeiro lugar, criar uma estrutura analítica de itens, no livro de quantidades do *Navisworks 2015* e associar os objetos do modelo ao respetivo item, para que, assim, o *software* consiga extrair os objetos da forma que o utilizador pretende. Em seguida, é necessário criar uma estrutura analítica de recursos, (também denominada por RBS – *Resource Bbrakedown Structure*) para a atribuição dos materiais aos itens correspondentes e em que estes materiais já têm definido a unidade de medida. Por exemplo, para um pilar estrutural de betão, foi necessário ligar o objeto do modelo (pilar em objeto) ao item correspondente da lista criada e atribuir ao item (pilar) o material e unidade de medida que deve ser extraído (betão C20/25 medido em m³).

Concluída esta fase, foi possível proceder-se à extração de quantidades total e fazer a sua exportação para o *Microsoft Excel 2016*, onde os resultados foram organizados e selecionados para a comparação com o método tradicional de extração de quantidades. Os dados relativos às quantidades quantificadas, pelo método tradicional, foram fornecidos pelo engenheiro responsável da empresa.

Na fase de comparação, criou-se um mapa de quantidades que continha os resultados dos dois métodos e os cálculos relativos às diferenças entre os valores. Nesta comparação, foi possível, também, avaliar a percentagem de diferença entre os métodos. Ainda nesta fase, realizou-se também um processo de verificação das quantidades extraídas para, de certo modo, corrigir, se necessário, tanto as quantidades extraídas do *software* como as extraídas pelo método tradicional. Esta verificação baseou-se em tolerâncias definidas pelo autor que estão representadas na tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Valores de tolerância adotados para a verificação das quantidades

Tolerância	
Aceitável	≤ 10%
Verificar	> 10%

Assim, se a diferença dos resultados entre os dois métodos for inferior a 10%, o autor optou por ignorar e aceitar o resultado. Por outro lado, se a diferença for superior a 10%, o autor verificou esses mesmos dados de maneira a certificar-se que estavam corretos. Foi estipulado também que, os valores que prevalecem são os obtidos pelo método BIM, depois de verificados. Esta opção recai sobre o facto da metodologia BIM ser automatizada e menos suscetível ao erro humano.

Note-se que os intervalos de tolerância definidos pelo autor, têm em consideração os valores da obra em questão, sendo que para outros projetos com outros valores os intervalos teriam de ser reformulados.

Obtidas as quantidades, e com o fornecimento, por parte da empresa, dos dados relativos aos custos unitários dos materiais, foi possível realizar uma estimativa de custos, num mapa orçamental, onde, mais uma vez, se comparou os custos das quantidades extraídas do *software* BIM e das obtidas pelo método tradicional.

3.5.5. Resumo dos processos

Na figura 3.22 está representado o fluxograma do processo de, onde estão indicados os *inputs* e *outputs* e os *softwares* utilizados.

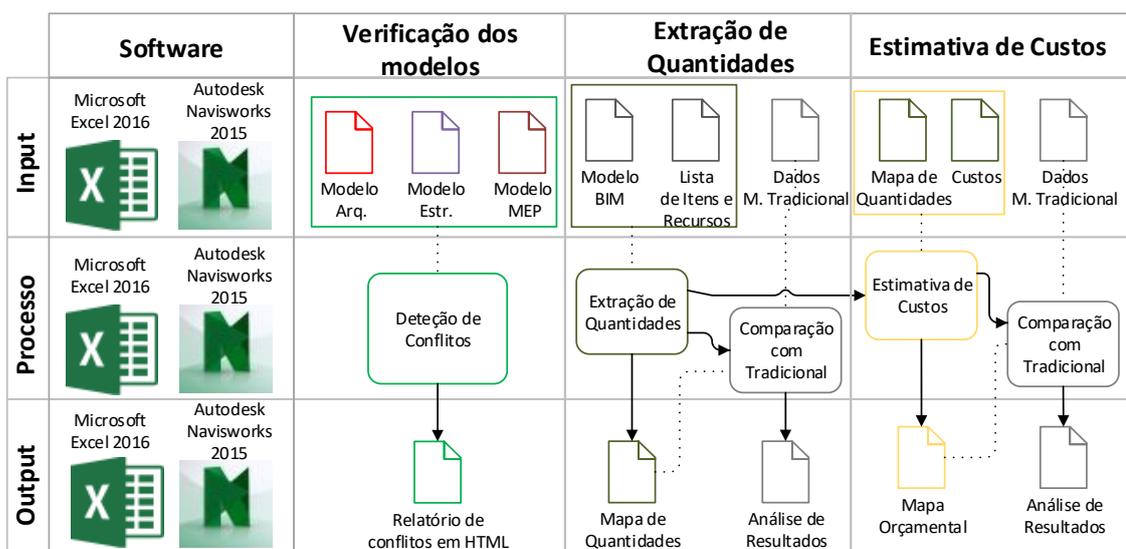


Figura 3.22 - Resumo do processo de controlo (elaborado pelo autor)

3.6. Gestão dos riscos utilizando ferramentas BIM

3.6.1. Considerações iniciais

Nesta fase, a metodologia proposta procura uma forma simples e prática de como se pode aplicar efetivamente a gestão dos riscos, utilizando ferramentas BIM, em projetos de construção. A gestão de riscos, passa a ser, neste caso, considerada também um método de controlo do projeto de construção.

3.6.2. O papel do BIM no controlo e gestão de riscos

Segundo Arsenault (2009), o BIM tem sido apelidado pelos gestores de riscos e empresas seguradoras de diversas formas. Uma dessas empresas, Victor O. Schinnerer & Company, Inc., afirmou, "BIM não é apenas a transferência eletrónica de documentos em papel. Ele aumenta a capacidade de controlar e manipular dados e informações de uma forma sem precedentes e num formato de interoperabilidade." Essencialmente, eles concordam que esta é mais uma forma de pensar e uma maneira muito mais colaborativa de criação de uma base central de dados sobre um edifício. No entanto, há uma necessidade de liderança e controlo das informações, a fim de gerir e controlar os riscos associados com o controlo responsável dos dados e a sua utilização.

Com a criação de modelos BIM dum projeto, as probabilidades de este ser bem-sucedido aumentam bastante, pois consegue-se obter uma visão mais holística do projeto e, assim, identificar, mais cedo, os possíveis riscos e oportunidades que daí advêm.

3.6.3. Estratégia de processos utilizados

O processo iniciou-se com a elaboração de uma base de dados relativa a possíveis riscos envolvidos num projeto de construção. Para o seu desenvolvimento, procedeu-se a um *brainstorming* entre o autor da dissertação, o seu orientador e o responsável na empresa com o tema de discussão os possíveis riscos existentes num projeto de construção. Após o *brainstorming*, realizou-se também uma pesquisa de riscos envolvidos nos projetos de construção e, a partir destes resultados, foi possível a criação de uma base de dados, mais propriamente, uma lista de possíveis riscos inerentes aos projetos de construção.

Para uma melhor organização da base de dados criada, optou-se por estruturar os riscos, pela sua origem, e identificá-los com uma nomenclatura própria. Tal instrumento contém caracteres alfabéticos, correspondentes à origem do risco, e numéricos, correspondentes à designação individual de cada risco.

Criada a base de dados relativa aos possíveis riscos existentes num projeto de construção, estão reunidas as condições para se proceder à identificação e avaliação qualitativa dos riscos, relativos ao caso de estudo em questão.

Nesta parte do processo, as ferramentas BIM demonstraram ser bastante úteis, devido às características dos *softwares*, nomeadamente, a deteção de conflitos, simulação 4D, extração de quantidades e a própria visualização 3D do projeto. Contudo, o processo de identificação e avaliação qualitativa não se seguiu apenas e só, pelo *software* BIM utilizado. Um dos aspetos mais valorizados, na gestão de riscos, é a experiência que o responsável pelo projeto tem, relativamente a projetos anteriores. Esta experiência vai ditar a rapidez do processo de escolha e exclusão de riscos, que, apesar de haver probabilidade de acontecer, determina-se que fiquem fora da análise, uma vez que, depois de uma avaliação qualitativa, terão uma significância ou um impacto quase nulo.

Para avaliar, qualitativamente, os riscos da base de dados relativamente ao projeto em questão, utilizaram-se os valores da tabela 3.4 como base de decisão.

Tabela 3.4 – Matriz de relação qualitativa Probabilidade Impacto, (Marinho, 2014)

		Impacto					
		-			+		
		Insignificante	Pequeno	Moderado	Grande	Catastrófico	
Probabilidade	+	Quase certo	Médio	Médio	Alto	Alto	Alto
	Provável	Médio	Médio	Médio	Alto	Alto	
	Possível	Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto	
	Improvável	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto	
	- <td>Raro</td> <td>Baixo</td> <td>Baixo</td> <td>Médio</td> <td>Médio</td> <td>Médio</td>	Raro	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Médio

Nesta tabela está exemplificada uma análise qualitativa dos riscos, pela sua probabilidade de ocorrência e o impacto que deles advém. Conforme a combinação de probabilidade/impacto, o risco pode ser analisado e avaliado pelos responsáveis, de maneira a optar pela melhor forma

de priorização do mesmo. Desta maneira, e com as prioridades definidas, existe uma redução do tempo de ação, tornando o projeto mais eficaz.

Passada a triagem e priorização dos riscos, houve necessidade de os quantificar. Deste modo, a fase seguinte passou por uma avaliação quantitativa que visou atribuir valores quantitativos aos riscos, resultantes do produto da probabilidade de ocorrência (P) pelo impacto (I) que eles têm no projeto, com a finalidade de restringir as avaliações seguintes aos riscos de maior importância no projeto em estudo. Para os valores de probabilidade, definiu-se os valores aproximados apresentados na tabela 3.5.

Tabela 3.5- Definição dos valores das probabilidades dos riscos (Marinho, 2014)

PROBABILIDADE	INTERVALO	DESCRIÇÃO	VALOR
MUITO BAIXA	1% - 9%	Rara. Ocorre somente em circunstâncias excepcionais.	0,10
BAIXA	10% - 25%	Improvável. Pode ocorrer em algum momento.	0,30
MÉDIA	26% - 45%	Possível. Deve ocorrer em algum momento.	0,50
ALTA	46% - 65%	Provável. Vai ocorrer na maioria das circunstâncias.	0,70
MUITO ALTA	66% -100%	Quase certa. Ocorre em quase todas as circunstâncias.	0,90

Relativamente ao impacto, a tabela 3.6 mostra como se procedeu à determinação do impacto do risco sobre o projeto, tendo em conta cinco aspetos, sendo eles a qualidade do serviço, o suporte da possível solução do risco, o cronograma do projeto e, por fim, os objetivos do projeto.

Tabela 3.6 – Definição de impacto do risco sobre o projeto (Marinho, 2014)

ASPETOS RELATIVOS AO PROJETO						
IMPACTO	Valor	Qualidade	Suporte	Custo	Cronograma	Objetivos
MUITO BAIXO	0,05	Degradação quase impercetível	Solução facilmente suportada.	Possibilidade de sobras no orçamento.	Datas facilmente alcançáveis	Diminuição quase impercetível
BAIXO	0,1	Aplicações mais exigentes são afetadas.	Suporte de solução.	Recursos financeiros suficientes.	Cronograma real e tangível.	Áreas de pouca importância são afetadas
MÉDIO	0,2	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
ALTO	0,4	Redução da qualidade; inaceitável	Solução sem suporte.	Acréscimos financeiros significativos.	Atraso na entrega da solução.	Redução do âmbito; inaceitável
MUITO ALTO	0,8	Produto final do projeto inutilizável.	Solução sem possibilidade de suporte.	Défice significativo no orçamento.	Data de entrega não alcançável.	Produto final do projeto inadequado.

Com as probabilidades e os impactos quantificados, pode-se proceder à quantificação dos riscos, através do produto entre a probabilidade e o impacto. Na tabela 3.7 é apresentada uma matriz de relação probabilidade/impacto relativo ao risco e os valores obtidos.

Tabela 3.7 - Matriz de relação probabilidade/impacto do risco

Prob.	Valores obtidos				
0,9	0,045	0,09	0,18	0,34	0,72
0,7	0,035	0,07	0,14	0,28	0,56
0,5	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4
0,3	0,015	0,03	0,06	0,12	0,24
0,1	0,005	0,01	0,02	0,04	0,08
	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
	Impacto				

Note-se que se trata de uma avaliação quantitativa e todos os valores são alvo de alguma subjetividade, podendo variar, consoante a experiência e o conhecimento de quem avalia o risco.

Para se obter uma percepção mais realista relativa aos custos, elaborou-se um estudo para o Valor Monetário Estimado – VME, que considera o impacto monetário que um risco tem sobre o

projeto, com a finalidade de obter o valor de contingência necessário a incluir no custo final do projeto.

O cálculo do VME é feito a partir do produto entre a probabilidade de ocorrência do risco e o impacto no custo que ele significa no projeto. A quantificação do valor monetário dos riscos selecionados para o projeto em questão, foi realizada, através de uma análise de custos, pelo autor da dissertação, com o auxílio do engenheiro responsável, na empresa. Criou-se, então, uma tabela com os riscos mais relevantes no projeto em estudo, com o seu valor monetário estimado no projeto e a probabilidade anteriormente determinada, para posterior cálculo do VME.

O valor de contingência, é o montante em euros necessário a adicionar ao custo total da obra, de modo que, a empresa fique economicamente assegurada se, alguns ou todos os riscos quantificados, realmente ocorrerem. Este valor, resulta da soma de todos os VMEs calculados anteriormente que, significam o valor em euros de todos os riscos quantificados no projeto.

A resposta aos riscos foi o passo seguinte e, para o seu tratamento, teve-se em conta, em primeiro lugar, o tipo de risco, se era uma ameaça ou uma oportunidade e, a partir daqui, procedeu-se às várias formas de responder aos riscos, sendo as definidas para o projeto em questão, as que constam na tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Possíveis respostas aos riscos

Resposta	
Ameaça	Oportunidade
Evitar	Explorar
Transferir	Partilhar
Mitigar	Realçar
Aceitar	Aceitar

Concluído o tratamento dos riscos, a última fase que resta, no processo de gestão de riscos utilizado, é a monitorização e controlo. Esta fase não foi abordada na dissertação, pois o projeto em questão só avançou para construção numa fase em que a presente dissertação já estava a ser finalizada e, portanto, não houve possibilidade de monitorizar nem controlar o projeto em simultâneo com a construção. Caso fosse possível, o processo de monitorização e controlo poderia ser realizado através das ferramentas BIM, nomeadamente, simulação 4D e a visualização 3D do modelo.

3.6.4. Resumo do processo

Na figura 3.23 está representado o fluxograma do resumo do processo de gestão de riscos adotado, onde estão indicados os *inputs* e *outputs* e os *softwares* utilizados.

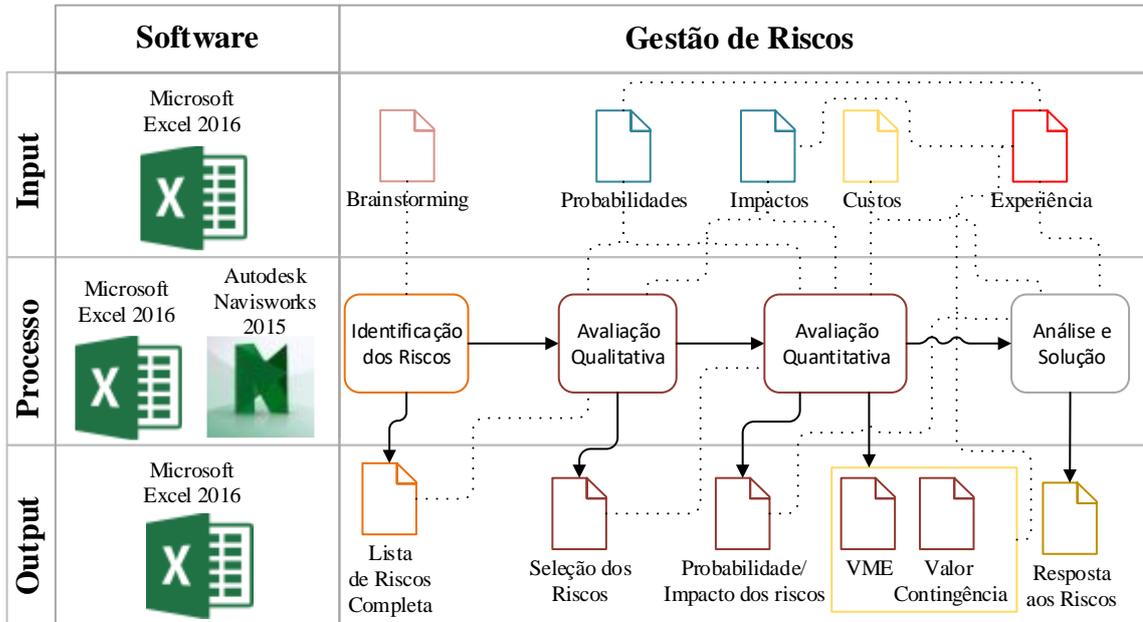


Figura 3.23 - Resumo do processo de gestão de riscos adotado (elaborado pelo autor)

4. CASO DE ESTUDO

Neste capítulo serão retratadas as informações, relativas à empresa e ao projeto em estudo, bem como, a aplicação da metodologia proposta ao caso de estudo, sendo descritos os procedimentos realizados e exibidos os resultados obtidos.

4.1. Empresa

A MPM Construção e Engenharia Lda. (logótipo da empresa representado na figura 4.24) é uma empresa jovem e dinâmica cuja atividade principal se desenvolve no setor da construção civil e obras públicas. Tem uma equipa composta por técnicos especializados e com experiência nas áreas da arquitetura, engenharia e gestão, e conta com parceiros, nas diversas áreas associadas ao processo construtivo. O *core business* (negócio principal) da empresa é a execução de empreitadas privadas e públicas em todos os setores de atividade, seja construção nova ou reabilitação.

A MPM presta serviços especializados de arquitetura, engenharia, acompanhamento e fiscalização de obras, avaliação imobiliária, formação profissional e consultoria técnica. A empresa está sediada em Celorico de Basto, desenvolve a sua atividade em todo o país, com maior incidência, na região norte.



Figura 4.24 - Logótipo da empresa MPM Construção e Engenharia Lda.

4.2. Descrição do caso de estudo

O projeto em estudo desenvolvido na presente dissertação trata-se de uma habitação unifamiliar localizada em Atei, concelho Mondim de Basto e iniciou a fase de construção em outubro de 2016. A figura 4.25 mostra o local de implantação da obra.



Figura 4.25 – Local de implantação da obra do projeto em estudo

O local de implantação da habitação encontra-se no início de uma curva da estrada N312 e é notória a elevação da habitação em relação à mesma, mais precisamente 5,70 m de elevação e 19,70 m de distância da habitação ao eixo da estrada, como é visível na figura 4.25 e também no corte representado na figura 4.26.

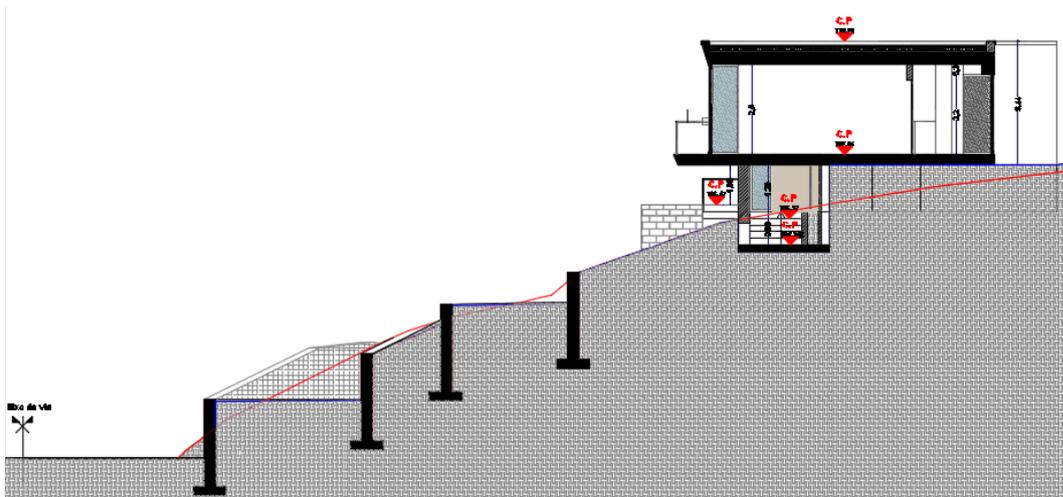


Figura 4.26 - Corte do projeto representativo da elevação da habitação em relação ao eixo da estrada (fornecido pela empresa)

Relativamente às medidas do projeto, a área da parcela é de 1416 m², sendo a área de implantação da habitação 189 m² e a área bruta de construção 253 m². A figura 4.27 representa a planta de implantação da habitação em questão.

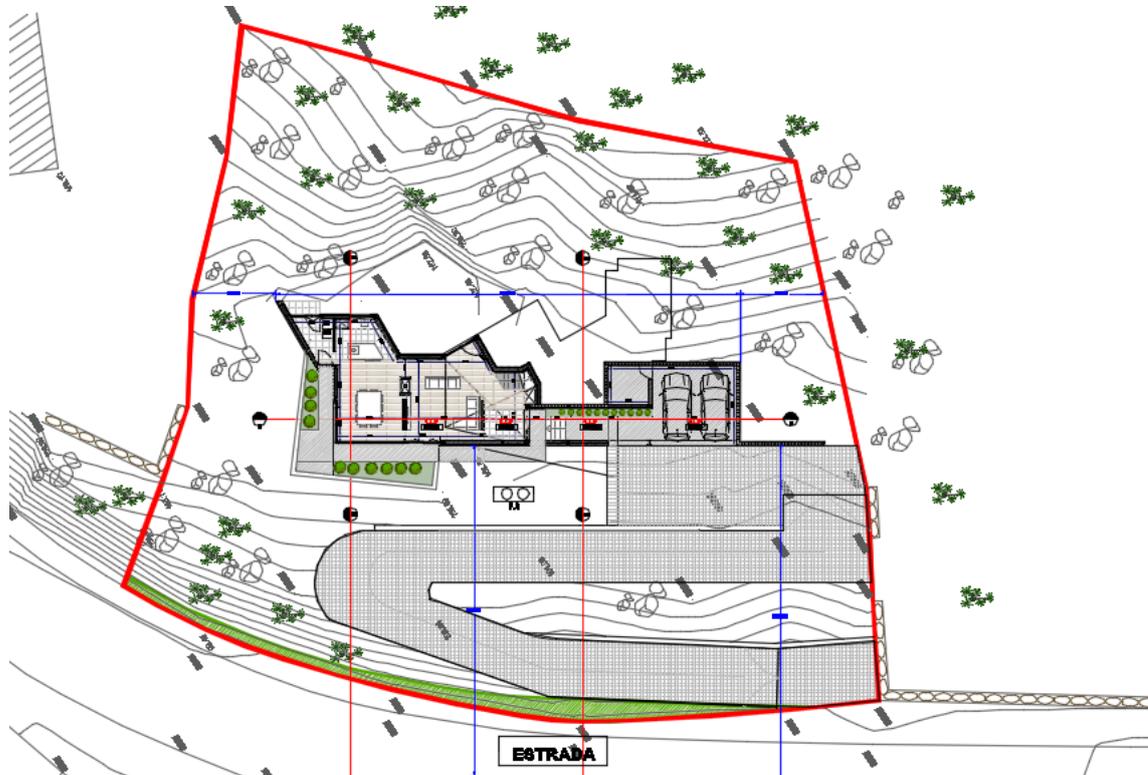


Figura 4.27- Planta de implantação da habitação em estudo (fornecida pela empresa)

Arquitetura da habitação

A arquitetura da habitação contém linhas atuais, mas alguma complexidade relativamente aos ângulos agudos existentes em algumas extremidades da habitação. Ainda assim, a habitação em questão é de tipologia T2 (duas suites) composta por hall de entrada, sala de estar, sala de jantar, cozinha, lavandaria, instalação sanitária completa, arrumos e garagem. O projeto está ainda dividido por quatro níveis de cotas de elevação, sendo elas o acesso à habitação a partir da estrada, a garagem, o piso rés do chão e o piso número um.

Os materiais a utilizar para os acabamentos do pavimento são, tijoleira cerâmica para pavimentos sujeitos a contacto com água, soalho em madeira flutuante de carvalho para pavimentos não sujeitos a contacto com água e, para pavimentos exteriores, será utilizado cimento branco estereotipado. Para o acesso à habitação, será utilizado o paralelo de granito.

As paredes exteriores da habitação são revestidas com isolamento térmico pelo exterior e, no interior, para espaços sujeitos a vapores de água, será utilizado azulejo cerâmico. Para as outras paredes, será usado o reboco tradicional com uma camada de tinta para acabamento.

Conceção estrutural

Relativamente ao tipo de construção estrutural, sabe-se que a solução estrutural adotada no projeto preconiza uma estrutura de betão armado, com alvenarias confinadas constituídas por porções de alvenaria simples, delimitadas em todo o perímetro por lintéis de travamento ou por montantes de betão armado. A estrutura portante será constituída por pórticos de betão armado, onde apoiarão lajes pré-esforçadas aligeiradas, lajes maciças e piso térreo.

Em todas as lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas, são adotadas as disposições construtivas habituais, relativas às armaduras de distribuição, tarugos, faixas maciças e respetivas armaduras nos apoios.

As fundações são diretas, efetuadas por sapatas de betão armado, sendo ajustadas as dimensões e armaduras das sapatas, consoante a natureza do terreno.

Os materiais a utilizar serão o betão C20/25 para todos os elementos estruturais interiores ou exteriores, quando protegidos; o aço das armaduras será A400NR (varões) e A500EL (redes electrosoldadas). Nas zonas enterradas, deverá ser utilizado um produto com propriedades hidrofogantes, para se garantir uma proteção eficaz contra a corrosão das armaduras, devendo ainda executar-se uma pintura asfáltica das suas superfícies.

Canalizações da habitação

A tubagem utilizada na rede de abastecimento de água foi a multicamada de polipropileno com fibra de vidro e uma manga isolante de espuma elástromérica, para o sistema de águas quentes sanitárias (A.Q.S.). Para as redes pluvial e residual, é utilizada tubagem de policloreto de vinilo (PVC).

4.3. Modelação

O subcapítulo 4.3 descreve, detalhadamente, os processos descritos sumariamente no subcapítulo 3.3, relativo à metodologia proposta para o desenvolvimento do caso de estudo, tema da dissertação. Este subcapítulo divide-se em duas partes, a criação dos modelos e os *outputs* extraídos dos modelos.

4.3.1. Arquitetura

Modelação da arquitetura da habitação

Para iniciar o modelo de arquitetura, o autor optou por criar as famílias de objetos, em primeiro lugar, para que, depois, fosse mais rápida a modelação. Então, para a criação de novos objetos, duplicou-se os de base do *Revit 2015* e modificou-se as características e a sua constituição, de maneira a corresponderem aos objetos específicos para este projeto. A figura 4.28 representa o exemplo de configuração de um tipo de parede exterior.

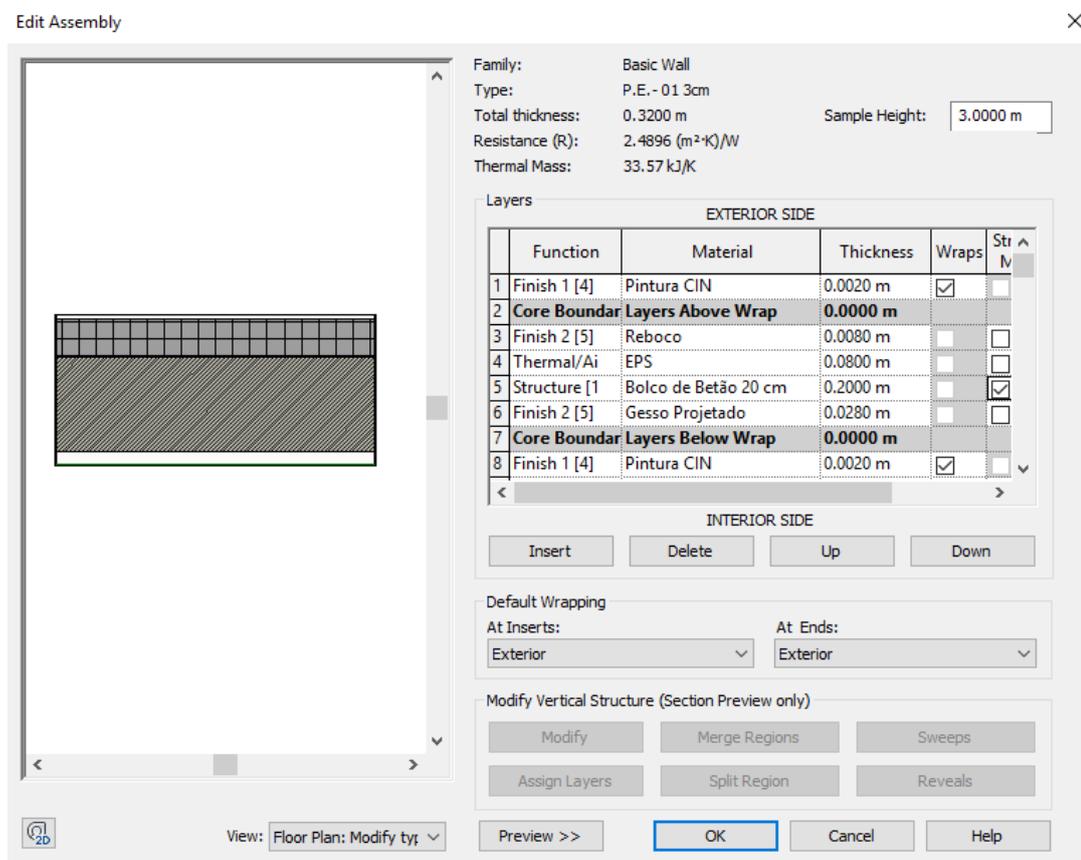


Figura 4.28- Janela de configuração de objetos (exemplo de um tipo de parede exterior)

Adotou-se o mesmo procedimento para os restantes objetos, nomeadamente pavimentos, coberturas, paredes interiores e muros de suporte.

Como já foi referido no subcapítulo 3.3.3, o modelo de arquitetura foi dividido em duas partes, sendo a primeira a ser modelada a parte da habitação e, em seguida, a parte do acesso à mesma. Assim sendo, para iniciar este processo, criou-se cinco níveis de elevação: garagem (cota 105,96 m), piso R/C (cota 107,27 m), piso 1 (cota 108,86 m), cobertura S (cota 110,39 m) e cobertura Q (cota 111,78 m). Como as plantas CAD foram fornecidas pela empresa, o processo de modelação, seguiu-se por elas. A inserção das plantas CAD no modelo fez-se através da opção *Link CAD* (ligar CAD) localizada no separador *Insert* (Inserir).

O processo continuou com o início da modelação das paredes exteriores da habitação. Os objetos (paredes) já se encontravam criados, pelo que se procedeu à modelação do nível mais baixo para o mais elevado. Teve-se em conta a delimitação de cada piso, ou seja, a parede iniciava na parte de cima do pavimento do nível correspondente e terminava na parte de cima do pavimento do nível seguinte. Houve também um cuidado especial de não modelar partes estruturais da habitação como, por exemplo, paredes de betão armado, pois estas seriam modeladas no modelo de estruturas. Procedendo desta maneira, aquando da extração de quantidades, os valores não serão duplicados.

Nesta fase de modelação das paredes, houve necessidade de modificação de algumas delas, em consequência da arquitetura da habitação. A figura 4.29 representa uma parte do alçado principal do projeto, onde é possível identificar uma das paredes que necessitou de modificação.

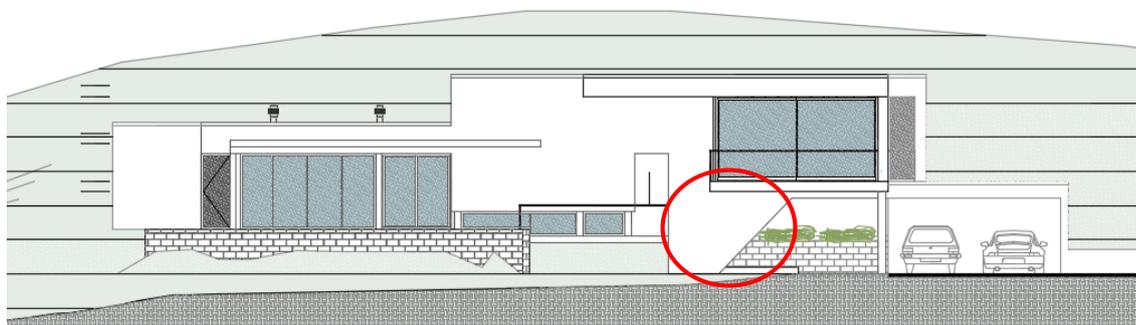


Figura 4.29 - Identificação de uma das paredes que sofreram modificações (excerto do alçado principal)

De seguida, modelaram-se os pavimentos e coberturas da habitação. Mais uma vez, como os objetos já estavam criados, procedeu-se à modelação através da ferramenta *Floor* (Piso), onde se selecionou o tipo de pavimento a modelar e seguiu-se as plantas CAD, anteriormente inseridas. Na figura 4.30 é representado o modelo de arquitetura, com apenas as paredes e lajes modeladas, no exterior e interior da habitação.

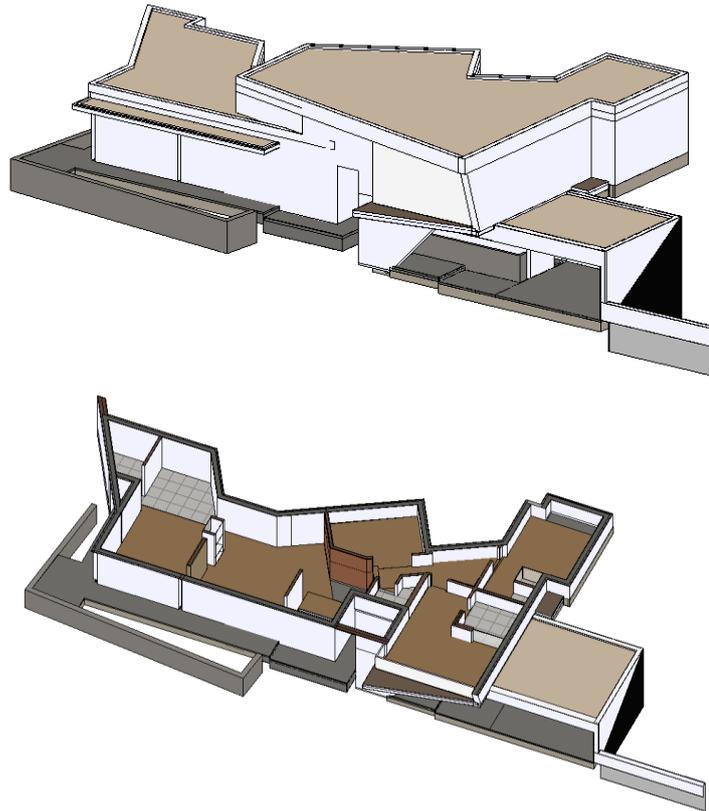


Figura 4.30 - Modelo de arquitetura vista exterior e interior (fase de modelação de paredes e lajes)

O processo de modelação continuou com a inserção de janelas e portas. As janelas existentes no projeto eram de dezasseis tipos diferentes, com medidas distintas, e as portas eram, igualmente, de três espécies diferentes, com medidas também distintas. Com auxílio dos cortes e alçados do projeto, foi possível a inserção de cada um destes objetos, no local correto do modelo.

Outros objetos modelados foram as escadas, a partir da ferramenta *Stair by Sketch* (Escada por Desenho) do separador da especialidade de Arquitetura. A mostra a criação da escada exterior

que faz a ligação da garagem para o interior da habitação, bem como o lanço de escadas no interior, já modelado (ver figura 4.31).

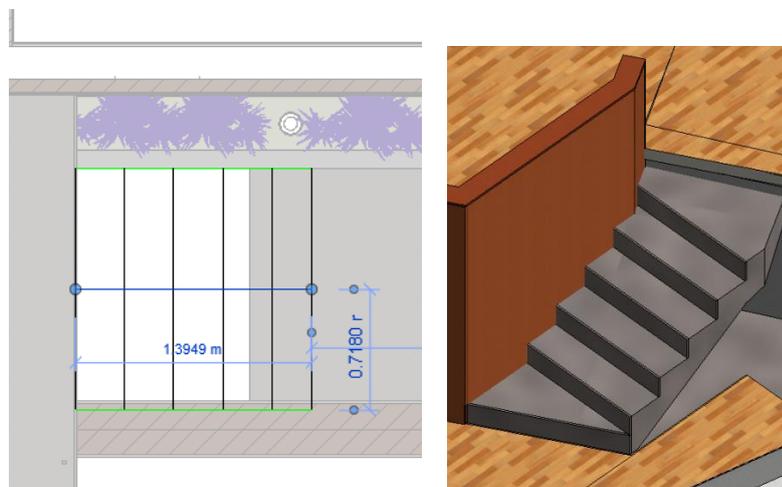


Figura 4.31 - Criação de escadas no exterior (à esquerda) e no interior já modelada (à direita)

Para finalizar esta parte do modelo de arquitetura, restava apenas acrescentar ao modelo componentes relativos a mobiliário e vegetação. Para isso, houve um processo de pesquisa em bibliotecas BIM, onde foi possível encontrar mobiliário e plantas para preencher o modelo. Assim sendo, a figura 4.32 representa o interior da primeira parte do modelo de arquitetura completo.



Figura 4.32 - Parte do modelo de arquitetura completo (interior)

No modelo de arquitetura, não se modelou elementos estruturais, deixando, assim, um espaço vazio no local destes, os quais serão modelados, posteriormente, no modelo de estruturas, preenchendo estes espaços e não duplicando, deste modo, quantidades desnecessárias. A figura 4.33 pode-se confirmar este mesmo facto.

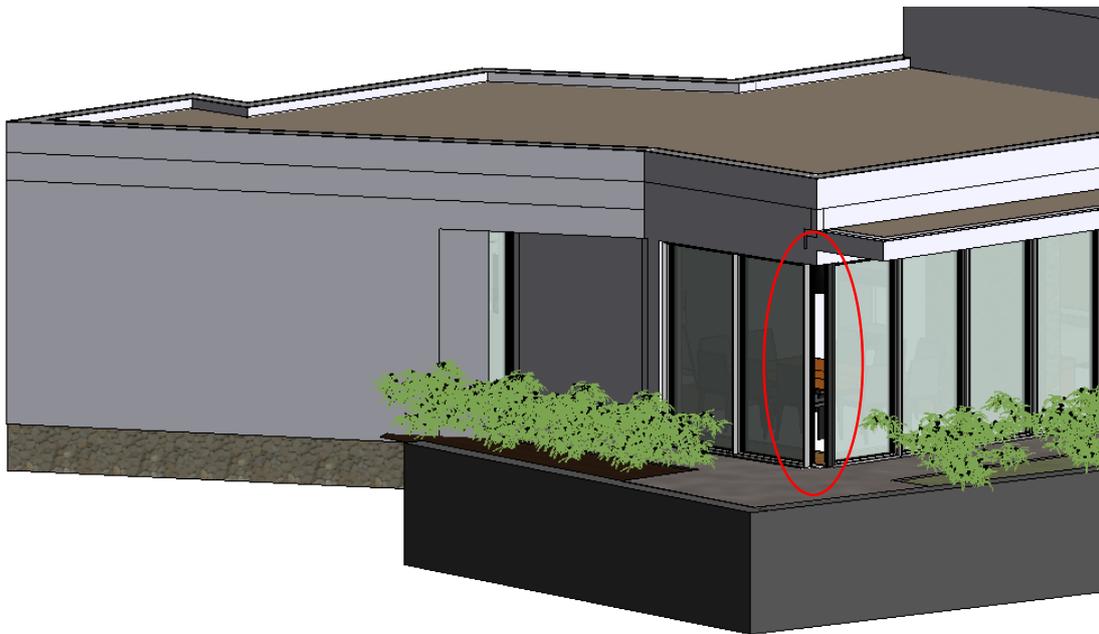


Figura 4.33 - Ausência de objetos estruturais da habitação no modelo de arquitetura

No final da modelação, todos os tipos de paredes e lajes foram submetidos à ferramenta *Create Parts* (Criar Partes), o que fez com que todas as camadas que constituíssem o objeto ficassem independentes e, assim, cada uma tivesse as suas dimensões. Este processo foi bastante importante para a fase de extração de quantidades e simulação 4D, pois permitiu que as quantidades fossem mais exatas e que as paredes e lajes não tivessem de ser construídas com todas as camadas, ao mesmo tempo. A figura 4.34 mostra o resultado da utilização desta ferramenta num tipo de parede exterior onde é possível identificar todas as camadas desta parede.

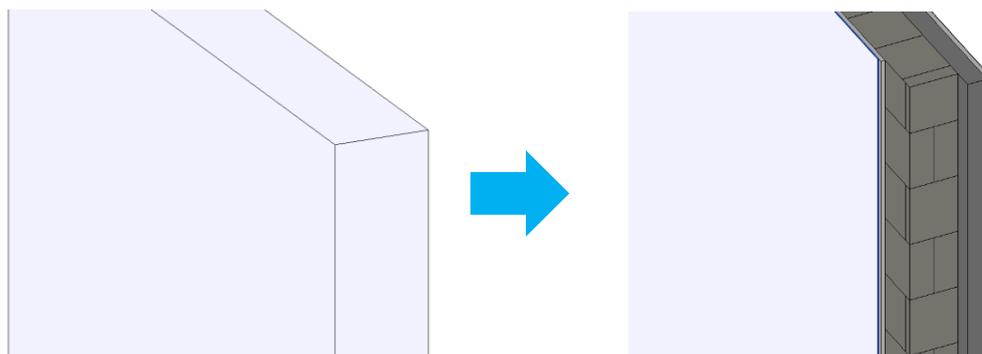


Figura 4.34 - Resultado da ferramenta Create Parts numa parede exterior do modelo

Modelação do terreno e acesso à habitação

A segunda parte do modelo de arquitetura diz respeito à modelação do terreno e do acesso que faz a ligação da estrada à habitação.

Para iniciar esta parte do modelo, criou-se os níveis referentes ao eixo da estrada (cota 99 m) e à cota da garagem (105.16 m). Sendo este o desnível a vencer, inseriu-se como ficheiro CAD, o estudo topográfico do terreno, fornecido pela empresa e, a partir da ferramenta *Toposurface* (Superfície Topográfica) do separador *Massing and Site* (Configuração do Terreno), foi possível criar uma forma tridimensional do terreno, com o ficheiro CAD importado.

A planta de implantação, inserida do mesmo modo que anteriormente, serviu de início à modelação do acesso, primeiro, criando os muros de suporte e, em seguida, o pavimento do acesso. Nesta parte do modelo, foram modelados objetos estruturais em conjunto com os de arquitetura, pois estes não seriam modelados na especialidade de estruturas. A figura 4.35 representa a segunda parte do modelo de arquitetura completo.

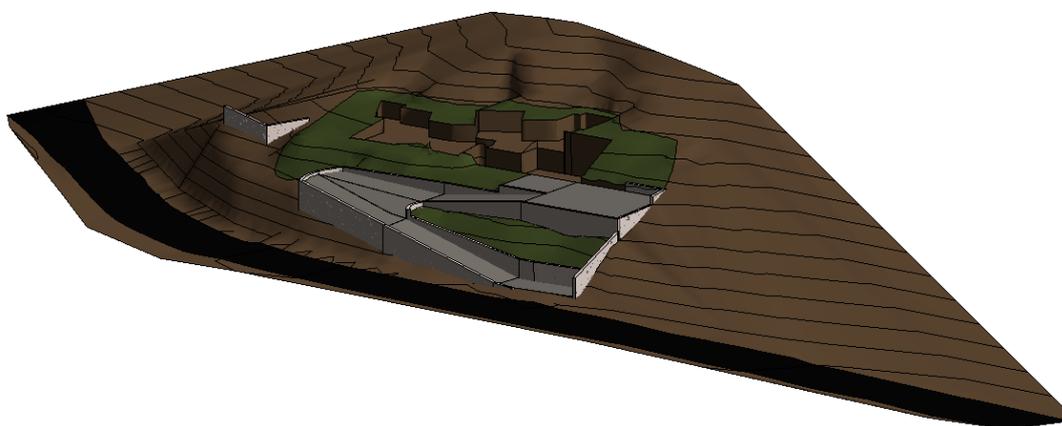


Figura 4.35 - Modelação do terreno e acesso à habitação

4.3.2. Estrutura

O modelo da especialidade de estruturas iniciou-se da mesma forma que o anterior, com a criação das famílias. Os objetos dos elementos estruturais criados foram sapatas, lintéis, pilares, vigas, lajes e muros de suporte.

O modelo de arquitetura foi importado para o modelo de estruturas, através da ferramenta *Link Revit*, localizada no separador *Insert*. Nesta importação, teve-se o cuidado de verificar se as definições de importação estavam corretas, nomeadamente, o posicionamento que deve estar na opção *Auto – Origin to Origin*. Desta forma, a especialidade de arquitetura marca o centro do modelo e, assim, pode iniciar-se o a especialidade de estruturas, no local correto.

Este modelo estrutural dividiu-se em seis níveis, sendo eles, Sapatas garagem (cota 104,96 m), Sapatas R/C (cota 106,535 m), Sapatas Piso 1 (107,33 m), Laje Piso 1 (cota 108,81 m), Laje Cobertura S (cota 110,345 m) e Laje Cobertura Q (cota 111,735 m).

Para auxiliar o processo de modelação, foram inseridas, nos respetivos níveis, as plantas estruturais, em ficheiro DWG, através da ferramenta *Import CAD*, localizada no separador *Insert*. No entanto, para esta importação, a opção do posicionamento *Auto – Origin to Origin* já não é a indicada, mas sim a opção *Manual – Origin*. Deste modo, e com a ajuda do modelo de arquitetura, pode colocar-se os desenhos, nos locais corretos.

Os primeiros elementos a serem modelados foram as sapatas de fundação. As dimensões destes elementos estão identificadas na tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Medidas dos elementos Sapatas de Fundação

Sapatas de Fundação		
ID	Dimensões (cm)	Altura (cm)
S1	65 x 65	40
S2, S15, S19, S20, S21 e S27	70 x 70	40
S3, S7, S8 e S9	110 x 110	40
S5, S10, S12, S24 e S16	90 x 90	40
S6	85 x 85	40
S11, S13, S14, S25, S26 e S22	80 x 80	40
S18	100 x 100	40
S17	70 x 70	30
SM	70	30

As famílias já se encontravam criadas e, assim sendo, inseriram-se as sapatas no modelo e identificaram-se as mesmas. Esta identificação passou por associar a primeira letra do elemento ao número do pilar correspondente, no campo *Identity Data* das propriedades do elemento. A figura 4.36 mostra esta identificação aplicada a uma sapata do pilar número 18. Foi necessária esta identificação, para a posterior modelação dos restantes elementos, de maneira que fosse mais simples a localização de cada um.

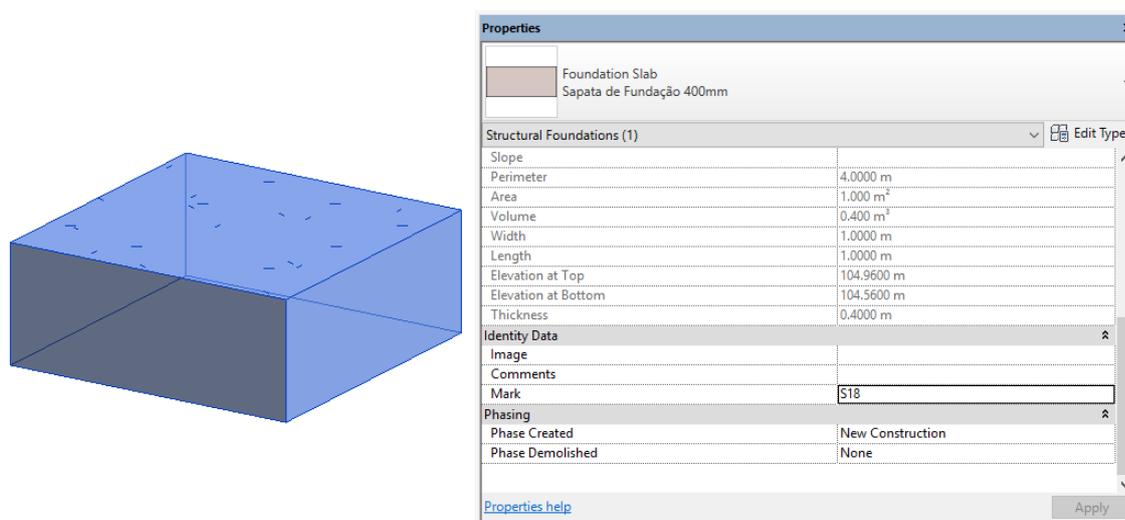


Figura 4.36 - Identificação dos elementos estruturais (exemplo de uma sapata)

Os pilares foram modelados na sua totalidade, ou seja, partiram da respetiva sapata até completar a sua altura total. Do mesmo modo que as sapatas, estes também foram identificados. Todos os pilares têm a medida de 20 x 20 cm, à exceção dos pilares P1, P6, P4 e P18. Os pilares P1 e P6 são pilares metálicos do tipo SHS 150 mm de lado e o pilar P18 do tipo HE-200B. O pilar P4 tem de dimensões 20 x 30 cm.

Já para os lintéis, todos os tipos tinham as mesmas dimensões, apenas variava a quantidade de armadura que cada um continha. Neste caso, não foram modeladas as armaduras, como referido no capítulo 3.3.3 mas distinguiu-se os diferentes tipos de lintéis, no modelo. Os muros de suporte que constituem o projeto de estruturas tinham uma espessura de 20 cm de betão armado e foram modelados por cima das sapatas correspondentes (SM). Na figura 4.37, é possível visualizar o modelo de estruturas, com os elementos das fundações modelados.

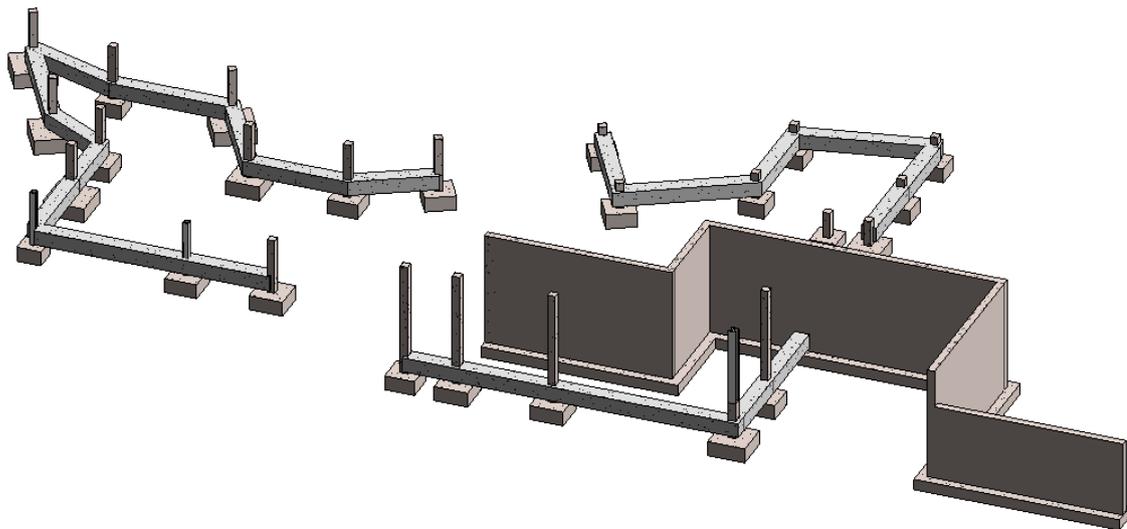


Figura 4.37 - Modelo de estruturas com os elementos de fundação modelados

Para finalizar o presente modelo, restava modelar as vigas e as lajes. Assim sendo, primeiramente, modelaram-se as vigas, com as dimensões referidas na tabela 4.10. O local de cada uma das vigas estava indicado nos desenhos CAD, fornecidos pela empresa.

Tabela 4.10 - Dimensões das vigas modeladas

Vigas de Betão Armado	
ID	Dimensões (cm)
V1	20 x 25
V2	20 x 30
V3	20 x 35
V4	20 x 50
V5	20 x 60
V6	20 x 65
V7	25 x 25
V8	25 x 40
V9	30 x 25
V10	30 x 30
V11	40 x 25

Os últimos elementos a serem modelados foram as lajes. No projeto, identificavam-se dois tipos de lajes diferentes, sendo elas, lajes maciças (15 cm de espessura) e lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas (25+5 cm). As primeiras foram utilizadas para as varandas e palas da habitação, enquanto as outras se utilizaram onde não havia piso térreo, ou seja, nas coberturas e numa parte do piso 1. Na figura 4.38, tem-se o modelo de estruturas completo, com todos os elementos estruturais.

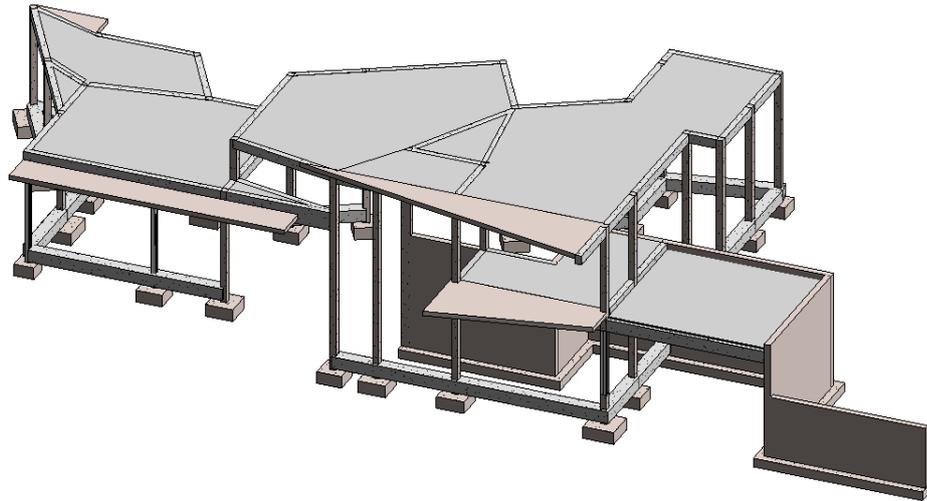


Figura 4.38 - Modelo de estruturas da habitação em estudo completo

Na figura 4.39, pode-se ver o modelo de arquitetura, inserido no modelo de estruturas. Tem-se, assim, uma visão global do modelo BIM.

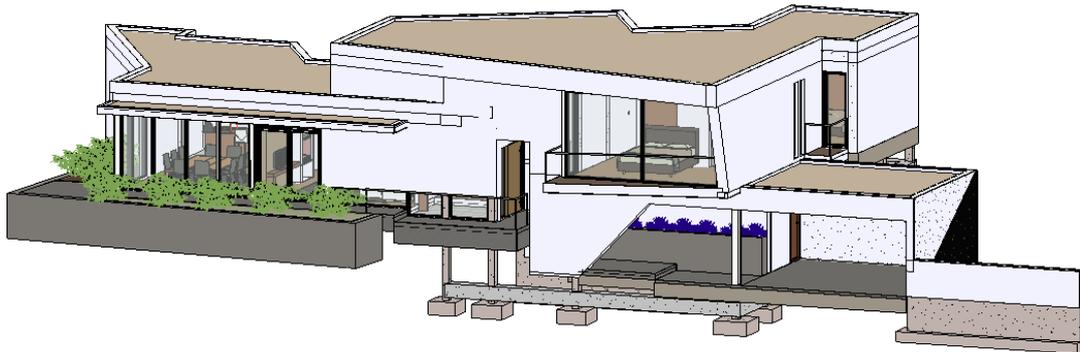


Figura 4.39 - Modelo de arquitetura (parte 1) e de estruturas juntos

Como já demonstrado na figura 4.33, a figura 4.40 mostra a junção dos dois modelos e a não-sobreposição de objetos, que levaria a uma duplicação de quantidades, quando estas fossem extraídas.

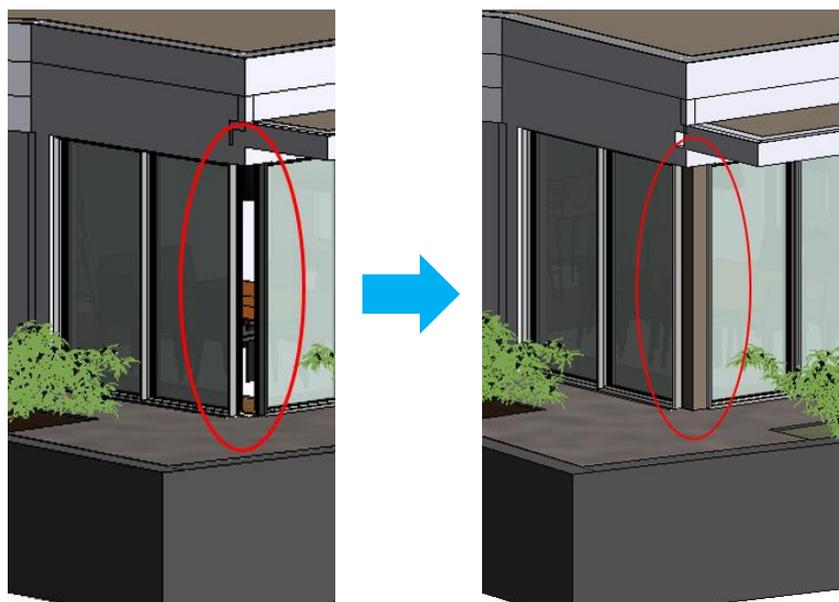


Figura 4.40 - Demonstração da não sobreposição de elementos (modelo de arquitetura à esquerda e modelo de arquitetura inserido no modelo de estruturas)

4.3.3. MEP

Para o modelo de MEP, e do mesmo modo que todos os outros modelos, criou-se, primeiramente, as famílias de objetos. Famílias estas que eram constituídas por segmentos de tubos de materiais diferentes, consoante o tipo de rede a que pertenciam.

Todas as redes foram modeladas no mesmo documento, mas em vistas e cores de rede diferentes, para não haver possibilidades de confusão. Assim, a rede de abastecimento de água (AA) toma as cores de azul escura para a rede de água fria e vermelho para a de água quente. A rede de drenagem de águas pluviais (AP) tem a cor azul-claro e, por fim, a rede de drenagem de águas residuais (AR) toma a cor verde. A figura 4.41 representa as cores referidas anteriormente.

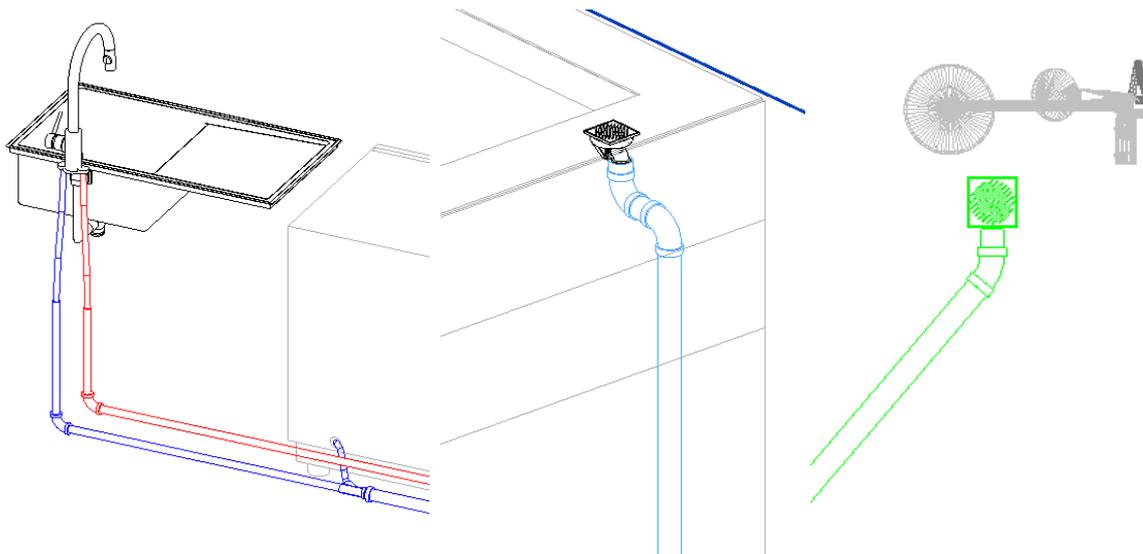


Figura 4.41 - Identificação das redes por cores

O primeiro passo foi a importação dos modelos já concluídos, nomeadamente, o de arquitetura e estruturas. Tendo estes modelos como base, seguiu-se a inserção dos objetos referentes às instalações, como retretes, lavatórios, bidé, banheira, base de chuveiros e torneiras. Os equipamentos que tinham ligação às redes modeladas foram também inseridos, como máquinas de lavar e secar, máquina da loiça, bomba de calor e reservatórios das retretes. Estes elementos foram modelados no modelo MEP, pois caso tivessem sido modelados no de arquitetura, como o ficheiro de origem é diferente, o *software* não reconheceria os objetos e impossibilitaria a ligação destes às redes correspondentes.

Os níveis criados neste modelo foram os mesmos que os da especialidade de arquitetura, pois este construiu-se com a base de arquitetura. As plantas CAD, fornecidas pela empresa, foram também inseridas no respetivo nível do modelo.

A primeira rede de águas a ser modelada foi a de abastecimento de água, onde foram feitas todas as ligações aos objetos que a suportavam, incluindo o sistema de água quente. A figura 4.42 mostra a rede de abastecimento de água completa e o modelo de arquitetura (importado), em segundo plano.

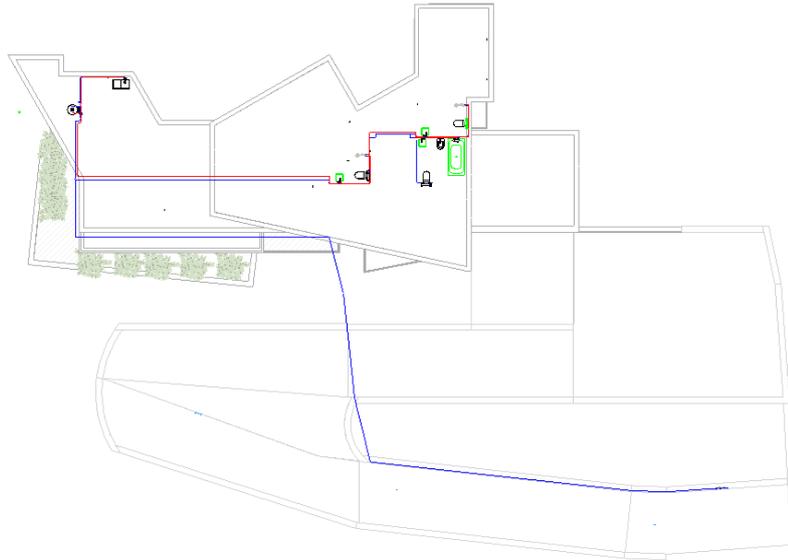


Figura 4.42 - Planta da rede de abastecimento de água

Após a rede de abastecimento de água, seguiu-se a rede de drenagem de águas residuais, na qual, para além da ligação aos objetos correspondentes, também se modelou a ventilação secundária, ralos, caixas de pavimento e caixas de visita, como se vê na figura 4.43.

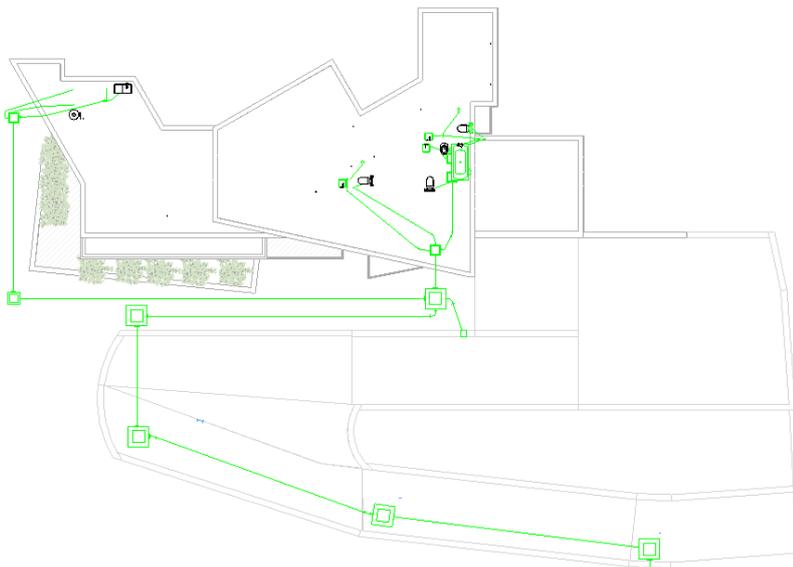


Figura 4.43 – Planta da rede de drenagem de águas residuais

Por último, foi modelada a rede de drenagem de águas pluviais, onde foram incluídos os ralos das coberturas e caixas de visita, como se vê na figura 4.44.

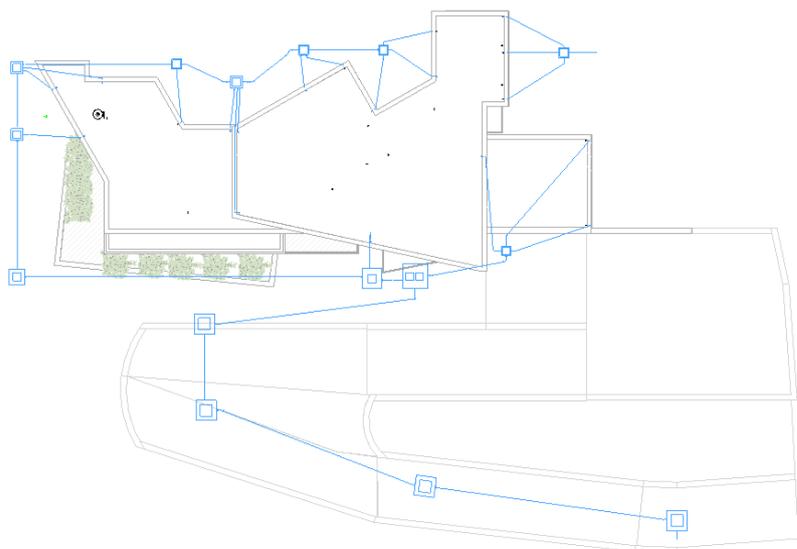


Figura 4.44 - Planta da rede de drenagem de águas pluviais

Obteve-se, por fim, o modelo MEP completo, como mostra, em vista isométrica, a figura 4.45.

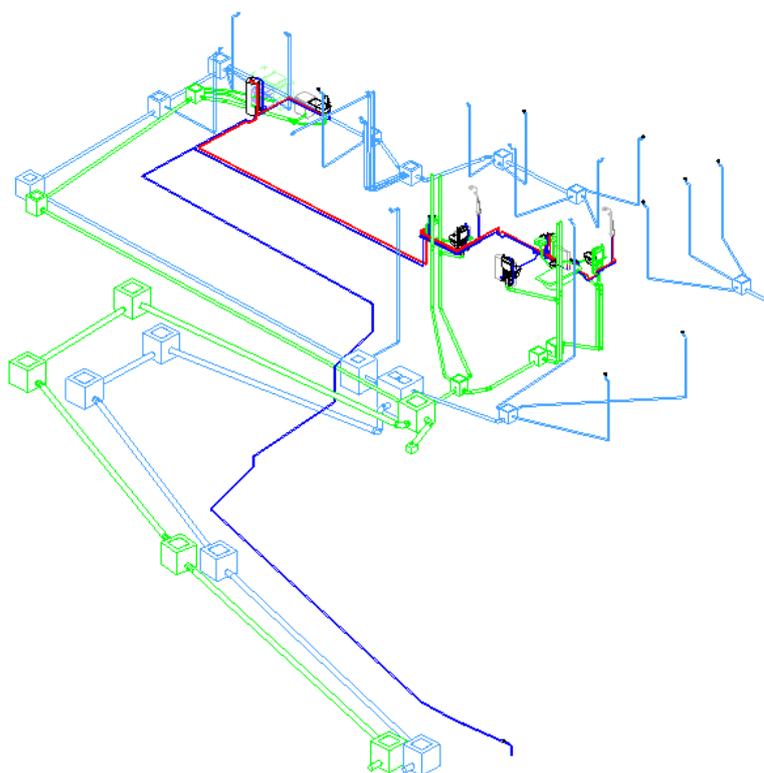


Figura 4.45 - Isometria das redes modeladas

E assim, com a conclusão do modelo MEP, o processo de modelação fica concluído e é possível juntar os três modelos, como se pode ver na figura 4.46.

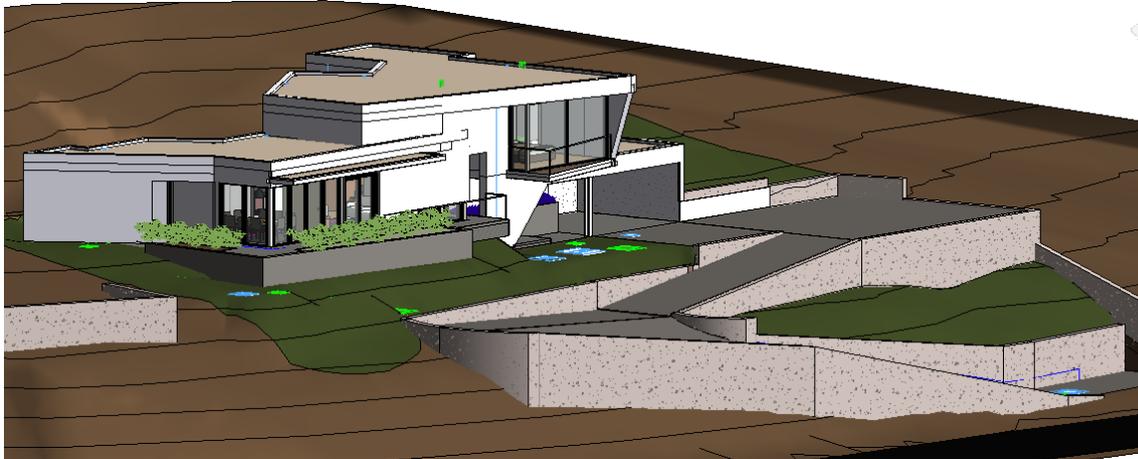


Figura 4.46 - Junção dos três modelos em Revit 2015

4.3.4. Resultados obtidos da modelação

Desenhos 2D automáticos do modelo

A partir dos modelos criados, foi possível a extração de desenhos automáticos do projeto. Para isso, primeiro, criou-se a folha onde os desenhos vão ser exibidos. Na ferramenta *Sheet* do separador *View*, escolhe-se o tipo de folha que se pretende e, a partir dessa, fazem-se as alterações necessárias. A folha inicialmente criada foi de dimensão A1, mas, para efeitos de impressão e anexo à presente dissertação, estas as são de dimensão A3. A legenda do documento que identifica o desenho está visível na figura 4.47 que dá exemplo da legenda do documento relativo aos cortes.

 		Desenho Cortes	Escala 1:100	
Obra Projeto de Arquitetura	Especialidade ARQ.	Fase P.L.	Desenho P.G. - 007	Parte 1/1
Projeto Habitação Unifamiliar		Caso de estudo em Dissertação de Mestrado		
Local Carvalhas, Atei		Aluno n.º 66663 Rui Costa	Orientador Prof. João Pedro Couto	
Req. Manuel Joaquim Ferreira Morais		Responsável pelo aluno na empresa Eng. António Marinho		
		Data	Julho 2016	

Figura 4.47 - Exemplo de legenda das folhas criadas

Para completar as folhas, criou-se também a legenda do elemento desenhado através do comando *Legend* do separador *View*. A Figura 4.48 mostra o exemplo da legenda para os desenhos de arquitetura.

Legenda:

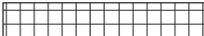
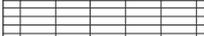
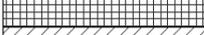
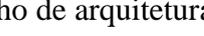
Revestimento e Isolamento tipo ETIC's	
Lajetas de Betão	
Flutuante em "Carvalho"	
Pavimento Cerâmico 60x60 tipo HL6200 Zericam	
Caixilharia em Alumínio	
Pavimento em "Mood Alive 15x60"	
Micro Cubo	
Pavimento Talochado cor Branca	
Relva	
Árvores da Região	

Figura 4.48 - Exemplo de legenda de um desenho de arquitetura

Houve ainda a necessidade de criar tabelas de áreas relativas aos compartimentos da habitação. Para que isto fosse possível, primeiro, teve de identificar-se os compartimentos, através do comando *Room and Area* do separador *Architecture* do Revit 2015. Com esta ferramenta, dividiram-se e identificaram-se os compartimentos, sendo possível a criação da tabela 4.11 e tabela 4.12 que foram criadas a partir do comando *Schedule* do separador *View*.

Tabela 4.11 - Áreas dos compartimentos da habitação extraídas do modelo

	ID	Compartimento	Área (M ²)
	1	Garagem	24,00
	2	Arrumos	6,00
	3	Hall de Entrada	4,00
R/C	04.1	Sala de Estar	24,00
	04.2	Sala de Jantar	19,00
	5	Cozinha	8,00
	6	Lavandaria	5,00
	7	WC de Serviço	3,00
	8	Suite	26,00
Piso 1	9	Quarto	18,00
	10	Escritório	11,00
	11	Zona de Circulação Comum	9,00
TOTAL			157,00

Tabela 4.12 - Áreas relativas à construção extraídas do modelo

Área	TOTAL
Implantação (m ²)	189 189,00
Bruta de Construção (m ²)	R/C 171
	Piso 1 82 253,00

De desenhos foram criadas plantas, alçados, cortes e desenhos detalhados que podem ser encontrados no **ANEXO I**.

Quantificação de volumes de escavação e aterro

Para a posterior quantificação de escavação e aterro envolvidos no processo de modelação do acesso e do terreno, utilizou-se a ferramenta *Graded Region* (Classificação de Região) do separador *Massing and Site*, para duplicar o terreno e ser possível uma comparação de quantidades, relativamente a volumes de escavação e aterro. Para essa quantificação, dividiu-se o acesso em oito partes e obteve-se os resultados da tabela 4.13 que foi extraída do *software* Revit 2015.

Tabela 4.13 - Áreas e volumes de escavação/aterro relativos à construção do acesso

Escavação /Aterro Acesso				
Nome	Área da Superfície	Escavação	Aterro	Total Esc/Ate
Acesso 1	25 m ²	21.75 m ³	0.02 m ³	-21.73 m ³
Acesso 2	43 m ²	13.13 m ³	16.49 m ³	3.36 m ³
Acesso 3	36 m ²	0.00 m ³	31.41 m ³	31.41 m ³
Acesso 4	21 m ²	0.01 m ³	3.39 m ³	3.38 m ³
Acesso 5	36 m ²	12.18 m ³	0.77 m ³	-11.40 m ³
Acesso 6	38 m ²	4.03 m ³	13.41 m ³	9.39 m ³
Acesso 7	81 m ²	7.71 m ³	49.57 m ³	41.87 m ³
Acesso 8	23 m ²	3.57 m ³	3.17 m ³	-0.40 m ³
Totais	-	62.37 m³	118.24 m³	55.86 m³

Pela mesma razão, criou-se também a tabela 4.14 relativa às quantidades de escavação e aterro de toda a obra.

Tabela 4.14 - Áreas e volumes de escavação/aterro relativos a toda a construção

Escavação/Aterro Global				
Nome	Área da Superfície	Escavação	Aterro	Total Esc/Ate
Terreno existente	2682 m ²	13.71 m ³	50.08 m ³	36.37 m ³
Acesso 1	25 m ²	21.75 m ³	0.02 m ³	-21.73 m ³
Acesso 2	43 m ²	13.13 m ³	16.49 m ³	3.36 m ³
Acesso 3	36 m ²	0.00 m ³	31.41 m ³	31.41 m ³
Acesso 4	21 m ²	0.01 m ³	3.39 m ³	3.38 m ³
Acesso 5	36 m ²	12.18 m ³	0.77 m ³	-11.40 m ³
Acesso 6	38 m ²	4.03 m ³	13.41 m ³	9.39 m ³
Acesso 7	23 m ²	3.57 m ³	3.17 m ³	-0.40 m ³
Acesso 8	81 m ²	7.71 m ³	49.57 m ³	41.87 m ³
Escavação garagem	53 m ²	100.28 m ³	0.00 m ³	-100.28 m ³
Escavação piso 0	92 m ²	128.94 m ³	0.00 m ³	-128.94 m ³
Escavação piso 1	51 m ²	54.89 m ³	0.00 m ³	-54.89 m ³
Jardim	351 m ²	24.85 m ³	95.20 m ³	70.35 m ³
Jardim	85 m ²	0.63 m ³	4.67 m ³	4.05 m ³
TOTAIS	-	385.67 m³	268.19 m³	-117.48 m³

Estas tabelas foram criadas, a partir da ferramenta *Schedule/Quantities* (Tabela/Quantidades), localizada no separador *View* (Vista), onde se selecionou as características dos objetos que importavam constar nas tabelas extraídas.

Rendering

Com o modelo concluído, foi possível também a criação de *renders*. Esta tarefa foi efetuada no *software* Navisworks 2015, por ter mais versatilidade que o Revit 2015, neste aspeto.

Para a obtenção do *render* final, primeiro, teve de atribuir-se texturas a cada elemento do modelo, de maneira a que, no *render*, se aproximem da realidade. Para isso, utilizou-se o comando *Autodesk Render* do separador *Render*, como mostra a figura 4.49 na atribuição da textura ao revestimento do muro selecionado.

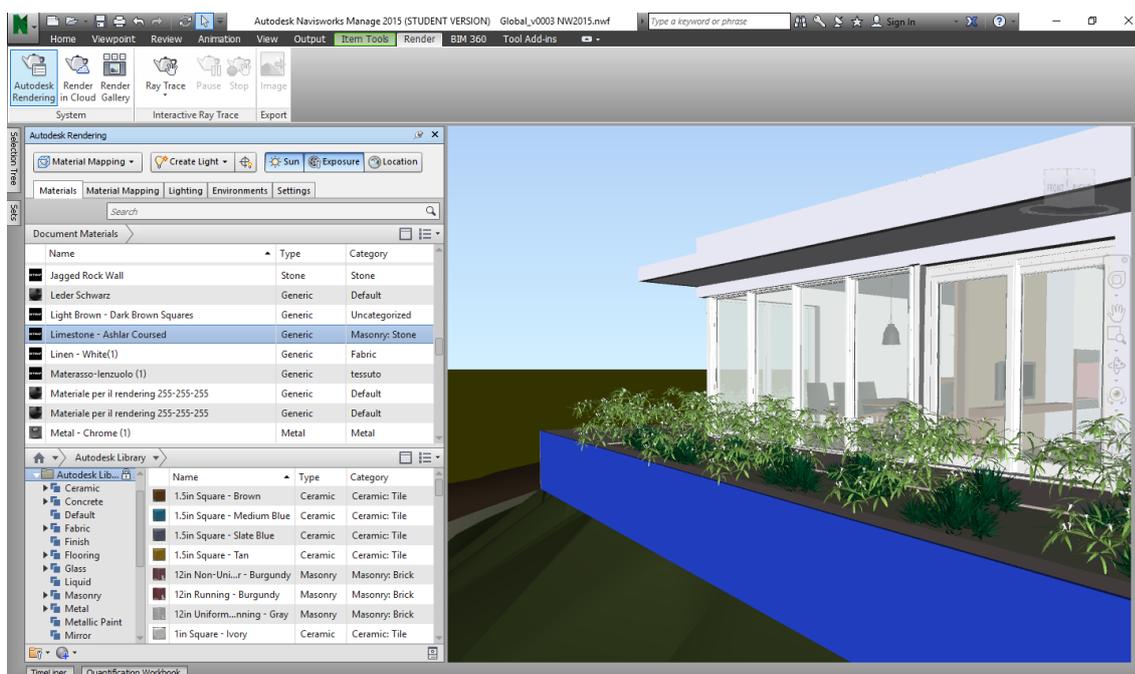


Figura 4.49 - Captura de ecrã do software Navisworks 2015 na fase de atribuição de texturas aos elementos

Atribuídos todas as texturas aos elementos, produziram-se então os *renders*, através da opção *Render in Cloud* que permitiu fazer o *upload* do documento para uma *cloud* da Autodesk e, assim, o *render* realiza-se *online*, evitando ter o computador indisponível, durante o tempo de renderização. Os resultados desta renderização estão visíveis, no conjunto de imagens da figura 4.50.



Figura 4.50 - Resultados do processo de *rendering*

4.4. Planeamento

4.4.1. Hierarquia de tarefas

O processo de planeamento iniciou-se no *software* Microsoft Project 2013, onde se dividiu o projeto em tarefas. Esta divisão de tarefas realizou-se por áreas de atuação em que se adotou três níveis de hierarquia principais, sendo o primeiro relativo ao cliente, o segundo às áreas de atuação e o terceiro às tarefas mais detalhadas. No entanto, em algumas tarefas que necessitavam de mais níveis na hierarquia, acrescentou-se, mas, para simplificar, apenas se adotou os três níveis principais. A designação destas tarefas fez-se através da atribuição de um código referente à hierarquia. Assim, para o primeiro nível usou-se a letra A, separado por um ponto outra letra (de A a N) que representa o segundo nível e, para o nível três e restantes, utilizou-se números para os identificar. Na tabela 4.15, encontra-se a hierarquização adotada, juntamente como código correspondente a cada tarefa.

Tabela 4.15 – Hierarquia de trabalhos adotada para o planeamento

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Código
Cliente [A]	Adjudicação [A]	Processos de licenciamento	A.A.1
	Construção [B]	Trabalhos Preparatórios	A.B.1
		Estrutura da Habitação	A.B.2
		Alvenarias	A.B.3
		Cobertura e Funilarias	A.B.4
	Instalações [C]	Eletricidade	A.C.1
		Águas e Esgotos	A.C.2
	Revestimentos e Acabamentos [D]	Revestimento Interiores	A.D.1
		Revestimento Exteriores	A.D.2
		Impermeabilização e Isolamentos	A.D.3
	Serralharia [E]	Serviços de Serralharia	A.E.1
	Carpintaria [F]	Serviços de Carpintaria	A.F.1
	Portas e Janelas [G]	Colocação de Portas	A.G.1
		Colocação de Janelas	A.G.2
	Painel Solar [H]	Colocação de Painéis Solares	A.H.1
	Aquecimento Central [I]	Instalação de equipamentos	A.I.1
	Rede de Esgotos [J]	Colocação de Fossa	A.J.1
		Colocação de caixas de esgotos e pluviais	A.J.2
Pintura [K]	Trabalhos de pintura	A.K.1	
Áreas Externas e Paisagismo [L]	Jardim	A.L.1	
Diversos [M]	Trabalhos diversos	A.M.1	
Entrega da Habitação ao Cliente [N]	Entrega	A.N.1	

Para além da coluna das tarefas e dos respetivos códigos, acrescentou-se colunas relativas à duração, à data de início e término, ao tipo de tarefa e às predecessoras. Esta última não terá nenhum propósito, aquando da importação deste documento para o Navisworks 2015, pois este *software* não reconhece e não possui essa funcionalidade, mas, para esta fase do planeamento, esta função mostrou-se bastante útil para definir a linha de base do projeto. Em contrapartida, a coluna relativa ao tipo de tarefa foi muito importante, uma vez que permitiu poupança de tempo no Navisworks 2015, pois, caso esta coluna não estivesse incluída, significaria que o utilizador teria de colocar, manualmente, o tipo de tarefa, a cada uma delas. Na figura 4.51, encontra-se um excerto do documento criado para o planeamento em Microsoft Project 2013, o cronograma completo pode ser consultado no ANEXO II.

Código	Tarefa	Tipo de Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	A	Sr. Morais	93 dias	Seg 05/12/16	Qua 12/04/17	
2	A.A	Adjudicação	0 dias	Seg 05/12/16	Seg 05/12/16	
3	A.B	Construção	56 dias	Seg 05/12/16	Seg 20/02/17	
4	A.B.1	Trabalhos Preparatórios	1 dia	Seg 05/12/16	Seg 05/12/16	
6	A.B.2	Estrutura da Habitação	38 dias	Seg 05/12/16	Qua 25/01/17	
7	A.B.2.1	Marcação da Obra	2 dias	Seg 05/12/16	Ter 06/12/16	
8	A.B.2.2	Escavação	3 dias	Qua 07/12/16	Sex 09/12/16	7
9	A.B.2.3	Betão de Limpeza	3 dias	Seg 12/12/16	Qua 14/12/16	8
10	A.B.2.4	Sapatas	2 dias	Qui 15/12/16	Sex 16/12/16	9
11	A.B.2.4.1	Armaduras	1 dia	Qui 15/12/16	Qui 15/12/16	
12	A.B.2.4.2	Betonagem	1 dia	Sex 16/12/16	Sex 16/12/16	11
13	A.B.2.5	Muro de Suporte (Garagem)	2 dias	Seg 19/12/16	Ter 20/12/16	10
14	A.B.2.5.1	Armaduras	1 dia	Seg 19/12/16	Seg 19/12/16	
15	A.B.2.5.2	Betonagem	1 dia	Ter 20/12/16	Ter 20/12/16	14
16	A.B.2.6	Pilares de Fundação	2 dias	Seg 19/12/16	Ter 20/12/16	13II
17	A.B.2.7	Aterro para Pisos Térreos	1 dia	Qua 21/12/16	Qua 21/12/16	16
18	A.B.2.8	Muros de Suporte "Acesso a Garage	7 dias	Ter 06/12/16	Qua 14/12/16	
19	A.B.2.8.1	Escavação	2 dias	Ter 06/12/16	Qua 07/12/16	5
20	A.B.2.8.2	Betão de Limpeza	3 dias	Ter 06/12/16	Qui 08/12/16	19II
21	A.B.2.8.3	Cofragem	1 dia	Sex 09/12/16	Sex 09/12/16	20
22	A.B.2.8.4	Armadura	2 dias	Sex 09/12/16	Seg 12/12/16	21II

Figura 4.51- Excerto do documento de planeamento em Microsoft Project 2013

4.4.2. Simulação 4D

Para a realização de uma simulação 4D, onde é possível visualizar o avanço do projeto num espaço temporal, utilizou-se o comando *Simulate* da ferramenta *TimeLiner* do Navisworks 2015. Mas, para que este passo fosse dado, houve trabalhos anteriormente realizados. Primeiramente, importou-se o documento de planeamento criado anteriormente, referido no

subcapítulo anterior 4.4.1, através do comando *Data Source*, onde se adicionou esta base de dados e se configurou a identificação dos campos que o *software* reconhece. Este passo permitiu inserir a hierarquização das tarefas e o respetivo gráfico de Gantt, na ferramenta do *TimeLiner*.

Posto isto, o passo seguinte consistiu em associar os objetos às tarefas. É então, nesta etapa, que o código criado na fase de hierarquização se mostra bastante útil. Isto porque o código foi introduzido em cada elemento dos modelos, na fase de modulação. Para isso, foi criado um novo parâmetro partilhado no Revit 2015, através do separador *Manage* na opção *project parameters*, onde foi possível escolher o campo *Identity Data*, para o local onde este parâmetro se iria inserir. A partir daqui os códigos foram inseridos nas informações de cada elemento de todos os modelos.

Para associar os objetos dos modelos às tarefas do documento de planeamento importado, houve a necessidade de criação de *sets* para que, em seguida, se pudesse associar cada *set* à tarefa correspondente. Assim, utilizou-se a ferramenta *Find Items* para o *software* procurar, nos modelos, cada código, de maneira a criar um *set* por cada procura efetuada. Procura esta que corresponderá ao código de cada tarefa. Com isto, foi possível a associação dos *sets* criados às tarefas do planeamento, automaticamente, através do comando *Auto-Attach using rules*, em que se criou a regra de fazer a associação do nome dos *sets* com o código das tarefas.

Completados estes passos, foi possível a criação da simulação 4D, estando todos os objetos ligados à respetiva tarefa e as datas definidas. A partir do comando *Simulate* da ferramenta *TimeLiner*, foi possível a visualização do modelo em construção (Simulação 4D).

4.5. Controlo

4.5.1. Detecção de Conflitos

Esta fase de coordenação foi realizada à medida que a modelação foi avançando, de maneira a não haver colisões entre modelos e evitar prejuízos maiores, numa fase mais avançada do projeto. A coordenação dos modelos foi feita, através de testes de deteção de conflito, pelo *software* Navisworks 2015. Através da ferramenta *Clash Detective*, criou-se, ao todo, seis testes de conflitos. Sendo que, para cada modelo, se fez um teste de verificação de duplicados (três testes de duplicados) e um teste do tipo *hard* (teste de interseções) entre todos os modelos, ou seja, entre arquitetura e estruturas, arquitetura e MEP e estruturas e MEP (três testes *hard*). Os resultados obtidos destes testes estão visíveis na figura 4.52.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Arq-Estr (Hard)	Done	555	555	0	0	0	0
Arq-MEP (Hard)	Done	788	788	0	0	0	0
Estr-MEP (Hard)	Done	76	76	0	0	0	0
Arq (Duplicate)	Done	4	4	0	0	0	0
Estr (Duplicate)	Done	0	0	0	0	0	0
MEP (Duplicate)	Done	1	1	0	0	0	0

Figura 4.52 - Resultados obtidos dos testes realizados entre os modelos

A razão dos testes do tipo *hard* obterem bastantes erros é pelo facto do *software* reconhecer, como erro, certos acontecimentos como, por exemplo, a interceção de vegetação com paredes

(ver figura 4.53). Estes e outros erros deste tipo obtidos não são considerados erros, portanto, para que dos testes resulte apenas a identificação dos erros de interceções e duplicações, houve a necessidade de criar regras que ignorassem este tipo de erros. Estas regras foram criadas na opção *Rules* da ferramenta *Clash Detective*.

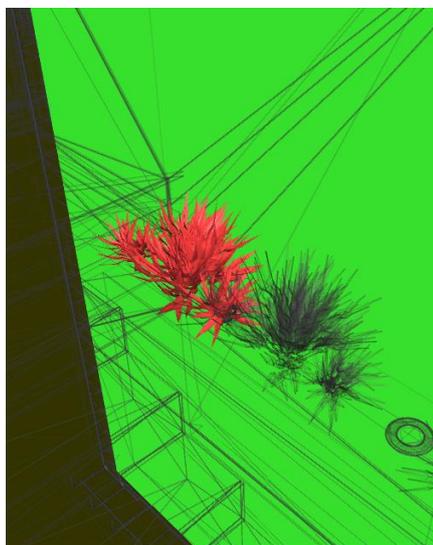


Figura 4.53 - Falso erro reconhecido pelo software

Criadas as regras, os resultados obtidos foram, na sua maioria, erros de interceções de elementos, como é exemplo a figura 4.54 que mostra uma parte da parede exterior (a vermelho) a intercectar a viga (a verde). Este tipo de erro foi corrigido no *software* de modelação (Revit 2015), para que a extração de quantidades fosse a mais correta possível e, assim, permitisse uma comparação com o modelo tradicional mais fidedigna.

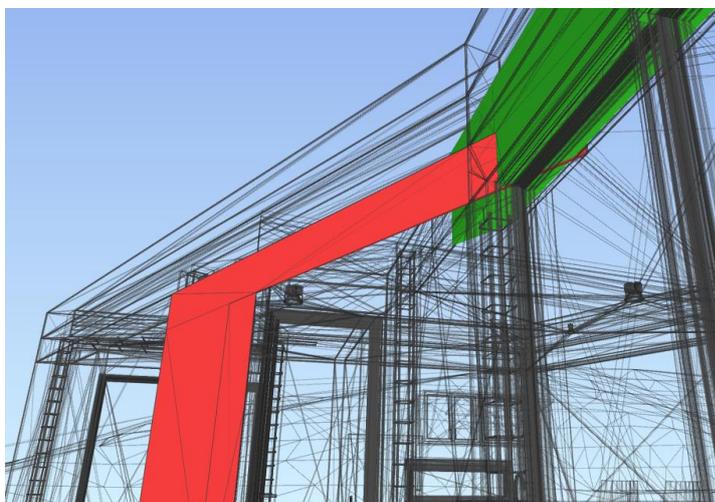


Figura 4.54 - Interceção de uma parte da parede exterior (a vermelho) e a viga (a verde)

4.5.2. Extração de Quantidades

Para o processo de extração de quantidades, o primeiro passo foi a criação de uma estrutura de recursos dividida por diferentes grupos como mostra a tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Estruturação dos recursos utilizados para a extração de quantidades

Grupo	Descrição do recurso	RBS
Estruturais	Bloco de betão 10 cm	E.1
	Bloco de betão 20 cm	E.2
	Tijolo vazado 8 cm	E.3
	Tijolo vazado 11 cm	E.4
	Tijolo vazado 15 cm	E.5
	Abobadilha	E.6
Cerâmicos	Deck Cerâmico	CE.1
	Revestimento de pavimento cerâmico	CE.2
	Azulejo	CE.3
Cimentícios	Betão C20/25	CI.1
	Cimento Cola	CI.2
	Camada de Regularização	CI.3
	Massame de Betão	CI.4
	Talocha Mecânica	CI.5
	Areado Projetado	CI.6
	Estuque	CI.7
	Tela Asfáltica	CI.8
	Vigotas Pré-esforçadas	CI.9
	Reboco	CI.10
	Gesso Projetado	CI.11
Madeiras	Cofragem	MA.1
	Revestimento de paredes em Madeira	MA.2
	Revestimento de pavimentos em Madeira	MA.3
Metais	Armaduras	ME.1
	Alumínio	ME.2
Pedras	Seixo	PE.1
	Rachão	PE.2
	Brita	PE.3
	Xisto	PE.4
	Pedra decorativa	PE.5
	Paralelo em Granito	PE.6
Plásticos	Tela Pitonada	PL.1
	Filme Protetor para pavimento	PL.2
	EPS	PL.3
	XPS 4 cm	PL.4
	XPS 8 cm	PL.5
	Tinta Flitcoat	PL.6
	Tinta CIN	PL.7
Solos	Argila expandida	SO.1
Têxteis	Geotêxtil	TE.1

Foi também utilizada a mesma estrutura de tarefas referida no subcapítulo 4.4.1 mas para este efeito foi adaptada, isto é, as tarefas da estrutura passaram a ser itens que seriam mais tarde alvos de extração de quantidades.

A estrutura de recursos (RBS) foi usada para que em cada item da estrutura analítica do projeto (WBS) fosse inserido o tipo de material utilizado, para que assim, o *software* reconheça os recursos que cada item tem para serem quantificados. Para além da criação destas estruturas foi necessário também configurar o parâmetro e unidade de medida em que cada recurso vai ser extraído, como está visível na figura 4.55 para o exemplo do recurso bloco de betão em que o parâmetro e a unidade de medida são a área e o metro quadrado respetivamente. Para a criação destas estruturas utilizou-se a ferramenta *Quantification* do menu *Home* onde se utilizou o *Item Catalog* e o *Resource Catalog* para o WBS e RBS respetivamente.

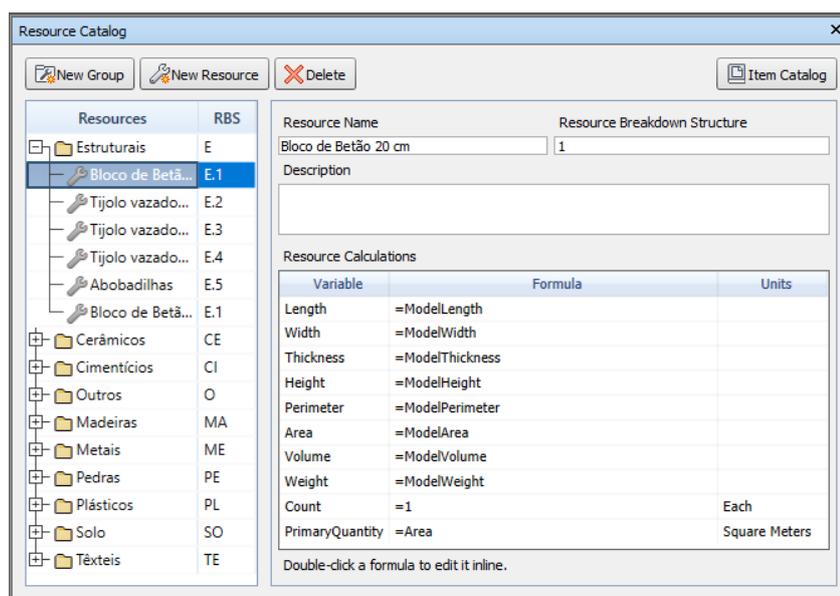


Figura 4.55 - Configuração das informações relativas ao recurso criado

Estando as estruturas definidas e todos os itens constituídos pelos recursos correspondentes, foi altura de associar os objetos no modelo ao item correspondente. Esta tarefa foi facilitada pois já teriam sido criados *sets* e, assim sendo, apenas se associou os *sets* aos itens correspondentes.

Efetuada a extração de quantidades, exportou-se o resultado para um ficheiro de Excel. Aqui, retirou-se a informação necessária para a comparação de métodos. Houve necessidade de

seleção de informação pois os dados fornecidos, relativos às quantidades calculadas pelo método tradicional, encontravam-se num formato mais simples do que os extraídos do Navisworks 2015.

4.5.3. Estimativa de custos

O processo de estimativa de custos baseou-se na informação das quantidades obtidas a partir do Navisworks 2015 e dos preços fornecidos pela empresa. Assim sendo, criou-se um mapa orçamental onde se incluiu as quantidades e a estimativa de custos obtidas pelos dois métodos comparados. Isto tornou mais simples as tarefas de analisar e comparar os resultados dos dois métodos.

4.5.4. Comparação BIM vs. Tradicional

Como forma de comparação entre os dois métodos, criou-se a tabela 4.17 que representa os resultados da extração de quantidades que ultrapassaram a tolerância dos 10% definida pelo autor no subcapítulo 3.5.4. Com isto, o autor debruçou-se sobre os resultados e chegou a conclusões relativas às diferenças.

Ao longo dos processos de modelação e verificação de conflitos existiram alterações no projeto. Estas alterações, para a maioria das diferenças entre os métodos (MT e MB), é a principal razão. Pelo que no setor 2, relativo ao movimento de terras, o valor do volume de aterro diferencia-se do valor do método tradicional pois houve necessidade de adicionar mais volume de aterro para a construção do acesso de maneira a evitar a escavação, tendo em conta as condições do terreno, estudadas pelo modelo 3D.

Todas as outras diferenças referidas na tabela 4.17 são devidas a possíveis erros de cálculos de medições em que a metodologia BIM, por ser um método computadorizado, evitar tais erros, excetuando quando a geometria do objeto se encontra errada.

Tabela 4.17 - Resultados da extração de quantidades que ultrapassaram o valor da tolerância aceitável

Setor	Designação	um	Método Tradicional	Método BIM	Diferença	
			Quant.	Quant.	Valor	%
2	Movimento de terras					
2.2	Aterro	m ³	100,00	268,19	168,19	168%
3	Estrutura					
3.3.3	Betão C20/25 - vigas.	m ³	9,79	7,83	-1,96	-20%
3.5	Betão C20/25 - lajes maciças	m ³	3,95	4,77	0,82	21%
4	Alvenarias					
4.1	Tijolo cerâmico 11 cm	m ²	54,00	66,00	12,00	22%
6	Revestimentos int.					
6.1.1	Seral	m ²	120,00	138,95	18,95	16%
6.1.2	Reboco estanhado	m ²	92,00	77,77	-14,23	-15%
7	Revestimentos ext.					
7.1.2	Pavimentos em tijoleira (imitação deck)	m ²	5,00	6,36	1,36	27%
8	Impermeabilizações					
8.1	Tela asfáltica para isolamento das soleiras	m ²	37,00	29,79	-7,21	-19%
8.2	Tela asfáltica para isolamento dos muros	m ²	45,00	92,54	47,54	106%
18	Diversos					
18.5	Corrimões	ml	8,00	14,39	6,39	80%

Na tabela 4.18 estão referidos os resultados da estimação de custos do projeto que se baseou nas quantidades extraídas anteriormente. Com estes resultados, foi possível verificar que, com a metodologia BIM o custo estimado final acresce 2 983,4 € ao custo estimado pelo método tradicional. Esta diferença existe pelas mesmas razões referidas anteriormente relativamente às quantidades extraídas. Contudo, estas informações tornam-se úteis para os intervenientes no projeto pois evitam surpresas desagradáveis como derrapagens de orçamentos.

Tabela 4.18 - Resultados por setores da estimação de custos do projeto em questão

Setor	Descrição	Método Tradicional	Método BIM
1	Trabalhos preparatórios	2 442,00 €	2 442,00 €
2	Movimento de terras \ demolição	2 266,33 €	3 338,02 €
3	Estrutura	25 328,68 €	25 946,68 €
4	Alvenarias	6 199,80 €	6 589,52 €
5	Coberturas e funilarias	7 683,97 €	7 729,05 €
6	Revestimentos interiores	8 256,32 €	8 011,91 €
7	Revestimentos exteriores	9 749,03 €	10 028,18 €
8	Impermeabilizações / isolamentos	1 001,22 €	1 493,66 €
9	Serralharias	15 567,75 €	15 567,75 €
10	Carpintarias	9 680,33 €	9 776,91 €
11	Rede de gás (excluído)	-	-
12	Louças sanitárias	2 539,67 €	2 539,67 €
13	Energia elétrica + ITED	4 884,00 €	4 884,00 €
14	Painéis solares	2 442,00 €	2 442,00 €
15	Aquecimento central	3 907,20 €	3 907,20 €
16	Abastecimento de águas	1 343,10 €	1 343,10 €
17	Redes de drenagem horizontais	1 984,15 €	1 984,15 €
18	Diversos	10 598,35 €	10 949,37 €
19	Arranjos exteriores	13 210,62 €	13 372,5 €
20	Exclusões	-	-
Totais		129 084,5 €	132 067,9 €
		Diferença	2 983,4 €

O mapa de quantidades e orçamental detalhados, com os casos MT e MB estão disponíveis no ANEXO III.

4.6. Gestão de riscos utilizando ferramentas BIM

4.6.1. Identificação dos riscos

Após análise da pesquisa realizada para a elaboração de uma lista de riscos envolvidos num projeto de construção, decidiu utilizar-se uma classificação dos riscos, baseada na categorização pela origem, criada por Teixeira et al. (2011), acrescentando-se, posteriormente, os riscos que não constavam na classificação inicial. Assim sendo, foram identificados cinquenta riscos, os quais foram divididos por oito categorias de origens. As categorias adotadas para esses riscos foram as seguintes:

- Construção (C);
- Financeira e Económica (FE);
- Desempenho das Atividades (D);
- Segurança (S);
- Fatores Contratuais e Legais (CL);
- Físicos (F);
- Políticos e Sociais (PS);
- Fatores Externos (EX).

A lista completa dos riscos, incluindo a respetiva descrição, encontra-se no ANEXO IV por motivos de espaço no corpo do texto da dissertação.

4.6.2. Análise e Avaliação dos riscos

4.6.2.1. Avaliação Qualitativa

Para iniciar o processo de avaliação, efetuou-se primeiramente, uma análise dos riscos que poderiam estar envolvidos no projeto de construção da moradia unifamiliar, alvo de estudo nesta dissertação. Portanto, os riscos identificados, anteriormente, foram avaliados, no que diz respeito à probabilidade e impacto, de uma forma qualitativa, segundo o descrito na metodologia proposta no subcapítulo 3.6.3. Com esta avaliação, foi possível fazer uma seleção e a respetiva priorização de vinte e dois riscos mais prováveis de estarem envolvidos, no projeto em questão. A tabela 4.19 é o resultado da avaliação qualitativa e seleção efetuada sobre os riscos identificados. Os selecionados foram os que obtiveram avaliação “médio” e “Alto”, os

outros riscos, não selecionados, foram considerados riscos de baixo interesse para o projeto em questão e, por esse mesmo motivo, não prosseguiram com o processo de avaliação. Contudo, todos os riscos identificados na lista foram alvo de uma avaliação qualitativa. A avaliação completa pode ser consultada no ANEXO V.

Tabela 4.19 - Resultado da seleção da avaliação qualitativa aos riscos identificados

Seleção por avaliação qualitativa de riscos para o projeto em estudo		
ID	Categoria e descrição do Risco	Avaliação Qualitativa
C4	Condições geológicas e geotécnicas do terreno da obra – Terreno Rochoso	Alto
C6	Acidentes de trabalho (dos trabalhadores ou da própria obra – colisões, incêndios, etc.)	Médio
C7	Indisponibilidade de recursos e materiais	Médio
C9	Projeto defeituoso e com omissões	Alto
C11	Quantidades reais de trabalho	Médio
C12	Indisponibilidade e custo dos equipamentos	Médio
C13	Má interpretação do projeto	Alto
C14	Impacto da construção no meio ambiente	Médio
C15	Erros na aplicação de novas técnicas	Médio
FE4	Derrapagem dos custos totais	Alto
D1	Produtividade de trabalho e do equipamento	Médio
D3	Trabalho defeituoso	Médio
S1	Vandalismo	Médio
S4	Assaltos	Médio
S5	Negligência	Médio
CL2	Atrasos nos pagamentos dos contratos e extras	Médio
CL3	Alteração de interesses por parte do cliente	Médio
F2	Topografia	Médio
F3	Catástrofes naturais	Médio
F4	Condições climatéricas	Médio
PS2	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação	Médio
EX3	Defeito dos materiais	Médio

4.6.2.2. Avaliação Quantitativa

Após uma seleção dos riscos, consequência de uma avaliação qualitativa, realizou-se uma avaliação quantitativa desses mesmos riscos, de maneira a atribuir-lhes valores numéricos relativos à relevância destes, no projeto em questão. Como forma de comparação, realizou-se esta avaliação com dois casos diferentes, num considerando que as ferramentas BIM não são

utilizadas em qualquer fase do projeto em questão (designada por MT); noutra em que foi considerado o uso das ferramentas BIM, ao longo de todo o processo de planeamento e controlo do projeto em estudo (designada por MB). Na tabela 4.20 estão representados os valores de probabilidade (P) e impacto (I) atribuídos aos riscos avaliados e também os resultados do produto entre estes dois fatores (PxI). A tabela completa pode ser consultada no ANEXO VI.

Tabela 4.20 - Avaliação quantitativa aos riscos selecionados

Avaliação quantitativa dos riscos selecionados para o projeto em estudo, casos MT e MB					
ID	Probabilidade (0,1 - 0,9)		Impacto (0,05 - 0,8)	Avaliação Quantitativa	
	MT	MB		MT	MB
C4	0,9	0,9	0,4	0,36	0,36
C6	0,2	0,2	0,2	0,04	0,04
C7	0,5	0,1	0,2	0,1	0,02
C9	0,3	0,1	0,4	0,12	0,04
C11	0,3	0,3	0,2	0,06	0,06
C12	0,5	0,3	0,2	0,1	0,06
C13	0,5	0,1	0,4	0,2	0,04
C14	0,3	0,1	0,2	0,06	0,02
C15	0,5	0,1	0,2	0,1	0,02
FE4	0,3	0,1	0,8	0,24	0,08
D1	0,1	0,1	0,2	0,02	0,02
D3	0,1	0,1	0,2	0,02	0,02
S1	0,2	0,2	0,2	0,04	0,04
S4	0,3	0,3	0,2	0,06	0,06
S5	0,3	0,1	0,2	0,06	0,02
CL2	0,3	0,3	0,4	0,12	0,12
CL3	0,7	0,1	0,4	0,28	0,04
F2	0,3	0,1	0,2	0,06	0,02
F3	0,1	0,1	0,4	0,04	0,04
F4	0,1	0,1	0,4	0,04	0,04
PS2	0,5	0,3	0,2	0,1	0,06
EX3	0,1	0,1	0,2	0,02	0,02

Na probabilidade de ocorrência de certos riscos no caso MB, o facto da utilização do BIM estar presente, não interfere neste valor, pois, dando o exemplo do risco do terreno ser rochoso, o BIM, em nada, pode contribuir para evitar ou mitigar esse risco. Assim, nestas situações, o BIM assume o mesmo valor de probabilidade de ocorrência que o método MT. Por outro lado, nas situações em que o BIM tem possibilidades de evitar, mitigar ou minimizar as consequências

do risco, o valor da probabilidade de ocorrência deste diminui, mas nunca toma valor nulo. Na figura 4.56, estão representados os resultados da tabela 4.20 em forma de gráfico, onde os riscos estão ordenados por relevância (relativo a MT), no projeto em questão. É possível ainda verificar, neste gráfico, quais os riscos que o BIM pode evitar, mitigar ou minimizar a consequência.

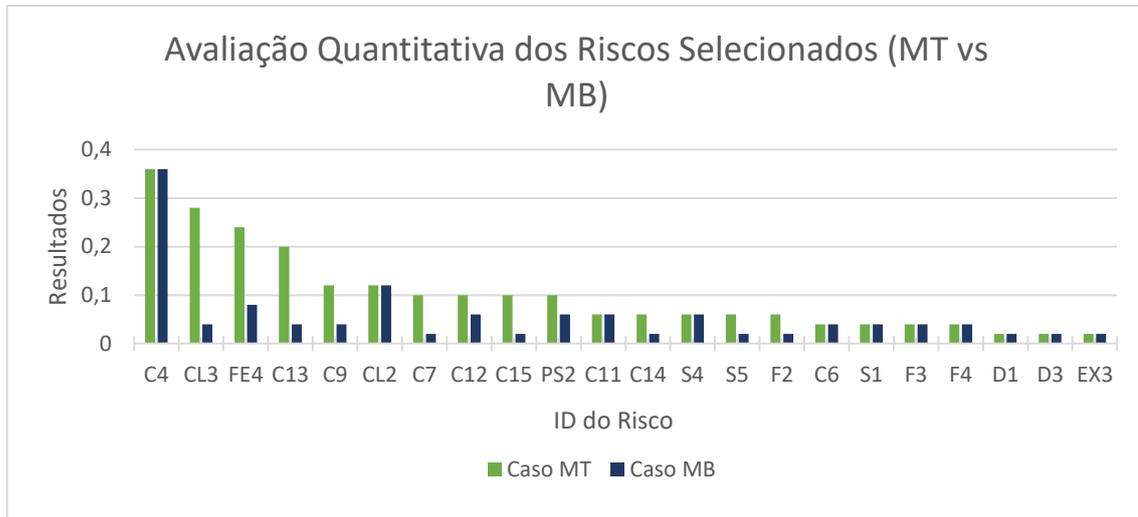


Figura 4.56 - Resultados da avaliação quantitativa aos casos MT e MB

Com estes dados, foi possível a realização de uma análise através do diagrama de Pareto, representado na figura 4.57, onde os resultados da avaliação quantitativa do caso MT foram ordenados, por ordem decrescente e a percentagem acumulada da relevância dos riscos foi contabilizada. Deste diagrama, pode-se retirar a informação de que os primeiros quatro riscos (C4, CL3, FE4 e C13) representam 48% do total dos riscos avaliados.

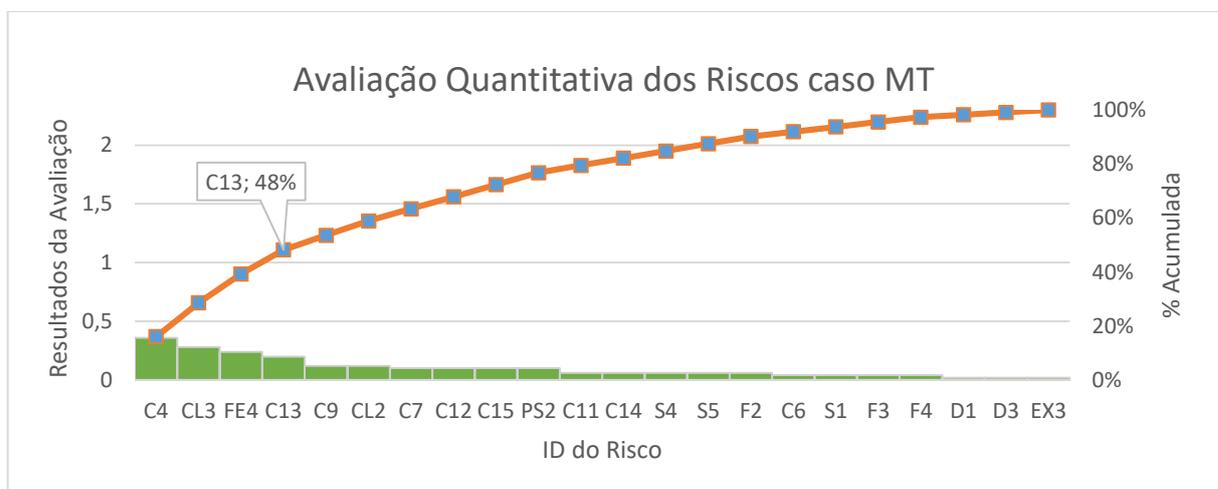


Figura 4.57 - Diagrama de Pareto dos resultados obtidos da avaliação quantitativa dos riscos relativos ao caso MT

Valor Monetário Esperado (VME)

Dada a percentagem dos primeiros quatro riscos, decidiu-se calcular o VME destes, de maneira a obter-se uma perceção mais realista do impacto que estes riscos têm neste projeto. Por outras palavras, realizou-se outra avaliação quantitativa em que se calculou o valor em euros, que cada um destes riscos implica neste projeto. Relembra-se, mais uma vez, que estes valores são muito subjetivos e dependem da experiência e conhecimento de quem está a quantificá-los.

A estes riscos, foram então atribuídos os mesmos valores de probabilidade, referidos, anteriormente, e definiu-se o valor de impacto (em euros) do risco no projeto. O mais relevante, visível no diagrama anterior, apresenta uma particularidade, em relação aos outros três riscos em estudo, nesta etapa. A este risco, designado de “risco de existência de rocha no terreno a escavar”, foi-lhe atribuída a probabilidade de ocorrência de 90%, pois é quase certo que o terreno vai apresentar uma característica rochosa. Contudo, ainda existem mais variáveis incluídas neste risco, como o tipo de rocha existente. Então, como é visível na figura 4.58, a rocha encontrada tem 70% de probabilidade de ser do tipo branda e 30% do tipo dura, o que vai diferenciar nos custos envolvidos, sendo que, para a rocha branda são necessários 3 000 € e, para a rocha dura, 5 000 €.

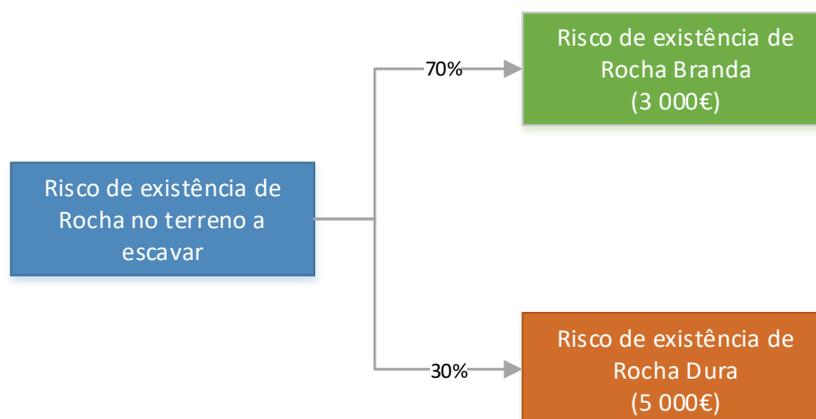


Figura 4.58 – Avaliação do risco de existência de rocha para obtenção do VME

Neste caso, o cálculo do VME para este risco, é realizado através da expressão seguinte:

$$VME_1 = 0,9 \times (0,7 \times 3000 + 0,3 \times 5000) = 3240,0 \text{ €}$$

Os resultados obtidos de VME para os restantes riscos envolvidos nesta avaliação, encontram-se na tabela 4.21, onde está, também, presente a comparação entre os casos MT e MB.

Tabela 4.21 - Resultados do VME calculado para os casos MT e MB

ID	Probabilidade (0,1 - 0,9)		Impacto (€)	VME	
	MT	MB		MT	MB
C4	0,9	0,9	3 600,00 €	3 240,00 €	3 240,00 €
C13	0,5	0,1	12 908,50 €	6 454,25 €	1 290,85 €
CL3	0,5	0,1	3 872,54 €	1 936,27 €	387,25 €
FE4	0,3	0,1	9 035,92 €	2 710,78 €	903,59 €
TOTAIS			29 416,96 €	14 341,30 €	5 821,70 €

Valor de Contingência

Tendo-se obtido o valor em euros que cada um deste risco significa no projeto, foi possível a obtenção do valor de contingência, que é adicionado ao custo total estimado (calculado anteriormente no subcapítulo 4.5.4) e, assim, resulta o custo total do projeto, que é apresentado ao cliente. Os valores obtidos estão representados na tabela 4.22 em que, mais uma vez, está presente a comparação dos casos MT e MB.

Tabela 4.22 – Valores relativos aos custos do projeto

	Casos	
	MT	MB
Custo total estimado	129 084,52 €	132 067,91 €
Contingência	14 341,30 €	5 821,70 €
Custo Total do Projeto	143 425,82 €	137 889,61 €
Margem	5 536,21 €	
	4%	

Para os diferentes casos, os valores utilizados para a obtenção do custo total do projeto, foram os relativos a cada um, ou seja, para os resultados do caso MT, foram utilizados os dados do custo total estimado e o valor de contingência relativos ao caso MT. Para o caso MB, procedeu-se da mesma forma, daí os valores de custo total estimado e de contingência serem diferentes.

Numa análise à tabela 4.22, é possível concluir que, as ferramentas BIM, utilizadas nas fases do projeto são essenciais para uma redução do VME dos riscos e, consequentemente, do valor

de contingência aplicado ao custo total estimado. Portanto, se a empresa escolher desenvolver este projeto, segundo o método utilizado no caso MB, trará à mesma, não só a oportunidade de lucrar com este projeto, como também uma confiança acrescida, nos valores obtidos.

4.6.3. Resposta aos riscos

Os riscos mais relevantes neste projeto foram “encontrar rocha no terreno a escavar”, “má interpretação do projeto”, “alterações de interesses por parte do cliente” e “derrapagem do orçamento estimado”. Estes riscos, para além de todo o processo de avaliação feito anteriormente, devem ser tidos em conta num processo de resposta. Apesar de que, com a utilização de ferramentas BIM, a maioria destes riscos seriam evitados ou mitigados. Tendo em conta o caso MT e a continuação do processo de gestão de riscos, foi desenvolvida uma possível resposta para cada um.

C4 - Encontrar rocha no terreno a escavar

Relativamente a este risco, a opção tomada pela empresa foi de o transferir. Assim, a empresa tem um custo fixo perante este risco e transfere a preocupação com a probabilidade de ocorrência e impacto para o subcontratado responsável pela tarefa de escavação.

CL3 - Alterações de interesses por parte do cliente

Para este risco, a resposta definida pela empresa e pelo autor foi de evitar a sua ocorrência. Por se tratar de um projeto em que a obra será para usufruto do próprio Dono, prevê-se que este esteja sujeito a mudanças de interesse e vontades, ao longo da construção. Estas alterações devem-se, principalmente, às mudanças de gostos ou mudanças de ideias no estilo do edificado, que são consequências da falta de perceção do cliente, relativamente ao aspeto final do projeto.

Apesar de ser o Dono de obra quem assume o custo direto das alterações pretendidas, existem outros fatores indiretos associados às alterações, na obra. A provável alteração do projeto, atrasos na construção, demolição e transporte de resíduos, acarretam custos destinados à empresa.

De maneira a evitar este risco, foram definidas medidas como:

- Criação de modelos 3D com vistas *Walkthrough* realistas, no interior e exterior da habitação (ferramentas BIM);

- Reuniões periódicas com o dono de obra;
- Apresentação de várias soluções por parte da empresa, na apresentação do projeto;
- Visitas frequentes do dono de obra com o acompanhamento da equipa responsável.

FE4 - Derrapagem do orçamento estimado

O risco de derrapagem orçamental é, possivelmente, o risco mais comum em todos os projetos de construção e não existe, ainda, nenhuma forma de o mitigar, por completo. Este é um risco que depende, literalmente, de todos os fatores. Portanto, na impossibilidade de mitigar este risco, optou-se por evitá-lo.

De maneira a evitar este risco, foram definidas medidas como:

- Utilização de ferramentas tecnológicas para as medições de quantidades;
- Ter sempre em consideração os resultados da gestão de riscos efetuada;
- Monitorização, identificação e avaliação de novos riscos.

C13 - Má interpretação do projeto

Este é um risco muito frequente na construção e, traduz-se, maioritariamente, em erros de construção. Dependendo da fase do projeto, este risco tende a ser mais grave, quanto mais tarde for detetado. Visto o preço final apresentado ao dono de obra ser fixo, é sobre a empresa que executa o projeto que recaem todos os custos deste risco. Neste sentido, a resposta adotada foi de mitigar a probabilidade de ocorrência.

Para mitigar este risco, podem ser adotadas as seguintes medidas:

- Execução de desenhos de pormenor devidamente detalhados;
- Apresentação do projeto em formato 3D, aos trabalhadores, de modo a terem uma perspetiva mais real do projeto que vão desenvolver;
- Presença de dispositivos tecnológicos, que permitam a visualização 3D do projeto;
- Acompanhamento da obra mais frequente por parte da equipa de projeto.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo, são abordadas as conclusões retiradas do desenvolvimento desta dissertação, bem como, avaliada a realização dos objetivos principais, as limitações da metodologia proposta, a contribuição deste tema para o setor da construção e, ainda, sugeridas ideias para trabalhos futuros. É, também, elaborada a resposta à questão central da dissertação, colocada no capítulo 1: “*Qual a importância das ferramentas BIM, integradas no processo de gestão de riscos de um projeto de uma moradia unifamiliar e quais os benefícios para a empresa?*”.

5.1. Conclusões gerais

O objetivo primordial de estudar, no processo de gestão de riscos, a influência da utilização de ferramentas BIM, por oposição aos métodos tradicionais, no planeamento e controlo de projetos de construção, foi, de um modo geral, alcançado. O estudo das principais funcionalidades das ferramentas BIM, aplicadas a um caso prático, permitiu concluir que a adoção desta metodologia de trabalho pode levar a uma otimização nos processos de gestão de projetos de construção. Contudo, são necessários mais estudos ainda mais completos para sustentar esta premissa. A automatização do desenvolvimento de peças desenhadas, a identificação de erros e omissões do modelo, o faseamento construtivo e a obtenção de mapas de quantidades de forma automática, são algumas das potencialidades que foram utilizadas, ao longo desta dissertação. Juntamente com isto, a temática da gestão de riscos cuidada, foi também desenvolvida e explorada, nesta dissertação. A criação de uma base de dados, passível de ser atualizada pela empresa, aquando do aparecimento de novos riscos envolvidos nos projetos e, todos os procedimentos a adotar no processo de gestão dos mesmos, foram devidamente identificados e testados, com a aplicação da metodologia proposta.

A conceção do modelo 3D, incluindo as três principais especialidades, permitiu uma perceção imediata de como seria a moradia referente ao caso de estudo, através da visualização 3D e de vistas *walkthrough*. O facto de o autor já ter experienciado trabalhar com o software de modelação permitiu que esta fase da dissertação fosse realizada, com um detalhe considerável. Contudo, o facto do BIM possibilitar a modelação com elevados níveis de detalhe, podendo atingir níveis *as built* da construção real, também exige muito tempo de trabalho, pelo que se deve,

inicialmente, programar qual o nível de detalhe pretendido, de maneira a que não seja desperdiçado tempo com a modelação do projeto, desnecessariamente. Mesmo assim, esta tarefa foi a que despendeu mais tempo pois, a complexidade e a pormenorização do projeto assim o exigiu.

Quanto à simulação 4D, pode concluir-se que, quando o modelo 3D é suficientemente completo, este processo torna-se relativamente simples e pode trazer vários benefícios à gestão do planeamento dos projetos. Pode ainda concluir-se, acerca desta ferramenta, que a possibilidade de estudar várias opções relativas à calendarização de tarefas, a identificação de todos os elementos a construir, a visão global de todos os trabalhos envolvidos e a verificação da viabilidade do planeamento em estudo, são algumas das vantagens que trazem uma análise do planeamento mais eficiente e eficaz, contrariamente, ao processo tradicionalmente utilizado.

Os testes de deteção de conflitos efetuados demonstraram alguns erros de sobreposição de elementos que foram corrigidos, posteriormente. Esta análise do modelo permitiu que os erros na modelação fossem identificados, de modo a evitar surpresas desagradáveis, numa fase mais tardia do projeto.

No que diz respeito à extração de quantidades, embora este processo não seja totalmente automatizado, a elaboração deste caso de estudo resultou, na sua maioria, em listas de quantidades semelhantes às obtidas através de métodos tradicionais. No entanto, nestes resultados, existiram valores que não foram de encontro aos valores comparados e, portanto, foram revistos e comprovados relativamente à sua veracidade, sobrepondo-se aos resultados do método tradicional. Note-se também que, comparativamente, com as abordagens tradicionalmente usadas pela indústria AEC, a extração de quantidades através de ferramentas BIM, é um processo bastante mais simples e eficiente.

A estimativa dos custos relativos ao caso de estudo permitiu uma comparação direta entre métodos e, mais importante que isso, demonstrou que a estimativa feita pelo método tradicional, tinha de facto, certos erros que, no final, resultariam em alguns milhares de euros de diferença.

No que diz respeito ao processo de gestão de riscos, este demonstrou-se uma mais valia para os responsáveis do projeto que, desta forma, tiveram oportunidade de identificar os problemas que podem surgir, durante todas as fases do projeto. Contudo, este processo é bastante subjetivo, na

medida em que, os valores atribuídos à probabilidade e impacto dos riscos é inteiramente dependente da experiência e conhecimento de quem está a realizar este processo, podendo assim, obter-se diferentes valores, com pessoas diferentes a avaliar. Ainda assim, o autor, com a ajuda dos responsáveis da empresa e do orientador, conseguiu chegar a uma importante lista de possíveis medidas de atuação para os riscos mais importantes, determinados durante o trabalho de avaliação quantitativa. O simples facto de se ter desenvolvido vários tipos de avaliação, levou à possibilidade de comparação entre métodos, obtendo-se assim, uma perspetiva mais realista da influência positiva que as ferramentas BIM têm neste processo.

Posto isto, estão reunidas as condições para responder à questão central da dissertação. A implementação da metodologia BIM é importante, na medida em que, a sua utilização, permite obter uma maior precisão na construção e melhor otimização de processos, comparativamente com os processos tradicionais, diminuindo os erros ou omissões de projeto e melhorando a qualidade da construção final. Todos estes fatores trazem benefícios à empresa, que são devidamente comprovados pelo processo de gestão de riscos, através do qual, é possível perceber as diferenças da utilização, ou não, do BIM num projeto, seja ele relativo a uma moradia unifamiliar ou a um edifício com oitocentos metros de altura.

Assim sendo, e relativamente à metodologia BIM, é certo que o futuro passa pela inclusão desta metodologia, não só no planeamento e controlo, mas também em todas as fases dos projetos das empresas de construção. Esta nova metodologia, traz às empresas que a utiliza uma série de vantagens e oportunidades que podem e devem ser exploradas.

Pode então finalizar-se, dizendo que o BIM veio para ficar. Quanto às empresas do setor da construção, só resta saber como tirar o melhor proveito de todas as potencialidades do BIM, de forma a fazerem crescer os seus resultados e reforçarem a sua competitividade.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Na sequência do trabalho desenvolvido e atendendo à pertinência do tema no setor da construção civil, para além da possibilidade de se replicar a abordagem seguida a empreendimentos de outro tipo, tendo por base o trabalho desenvolvido e os resultados obtidos, sugerem-se alguns temas possíveis de serem abordados e desenvolvidos em trabalhos posteriores, integrando as metodologias BIM e o processo de gestão de riscos:

- Estudar a possível integração da metodologia BIM nas dez áreas de conhecimento do Guia PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), com o objetivo de averiguar os benefícios e limitações da implementação em empresas do setor AEC;
- Desenvolver um Guia prático, funcional e fiável para a implementação do processo de gestão de riscos nas empresas de construção, nomeadamente no que toca a normas a seguir aquando da utilização de ferramentas BIM, com o objetivo de mecanizar o processo e torna-lo mais apto e flexível.
- Estudar a importância da metodologia BIM no âmbito da gestão da qualidade dos projetos onde esta é implementada, de forma a se poder tirar relações da metodologia BIM nesta área. Para tal, seriam também abordadas várias ferramentas básicas e avançadas da qualidade de maneira a comprovar os resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEC (UK) Committee. (2012). AEC (UK) BIM Protocol v2.0 - Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry.

AESENAULT, P. J. (2009). Building Information Modeling (BIM) and Manufactured Complementary Building Products. Integrating design, drawings, specifications, and shop drawings in a BIM model. Obtido a 2 de Março de 2016, de http://continuingeducation.construction.com/article_print.php?L=192&C=622.

ANTUNES, PIMENTEL, J. M. (2013). *Interoperacionalidade em Sistemas de Informação*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.

APM. (2000). *Project Risk Analysis and Management. The Association of Project Managers* (APM). UMIST, University of Birmingham and CPS Project Management.

ARAÚJO SOARES, J. P. (2014). *Análise das metodologias de cálculo do risco aplicáveis a projetos de construção*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.

AZENHA, M., LINO, J. C., & CAIRES, B. (2013). Building Information Modeling - Conceção, Projeto e Construção. Capítulo 2 - Modelação Paramétrica e Objetos, Slides de apoio às aulas. Universidade do Minho, Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis.

AZHAR, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering*, 11, 241-252.

BANAITIENE, N., & BANAITIS, A. (2012). Risk management in construction projects. Em *Risk Management – Current Issues and Challenges* (pp. 429–448).

BANAS, F. (2012). *Ferramentas da qualidade: Diagrama de Gantt*. Banas Qualidade.

BAPTISTA, A. R. R. T. G. (2015). *Utilização De Ferramentas BIM No Planeamento De Trabalhos De Construção – Estudo De Caso*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

BERNARDES, M. M. E. S. (2001). *Desenvolvimento de um modelo de planeamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BIMFORUM (2013). Level of Development Specification - For Building Information Models. Versão 2013.

BIMFORUM (2015). Level of Development Specification - For Building Information Models. Versão 2015.

BIMFORUM (2016). Level of Development Specification "Draft for Public comment" - For Building Information Models. Versão Draft 2016.

BRUNO CAIRES (2013). *BIM as a tool to support the collaborative project between the Structural Engineer and the Architect*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.

CARMONA, J., & IRWIN, K. (2007). "BIM: Who, What, How and Why". *Building Operation Management*. Obtido a 5 de julho de 2016, de <http://www.facilitiesnet.com/software/article/BIM-Who-What-How-and-Why--7546>.

CHAPMAN, C., & WARD, S. (2003). *Project Risk Management* (Second Edition). School of Management, University of Southampton, UK.

COBIM. (2012). Series 1 - General Parts. *Common BIM Requirements 2012. V 1.0. COBIM Project - Finland*.

COBIM. (2012). Series 3 - Architectural design. *Common BIM Requirements 2012. V 1.0. COBIM Project - Finland*.

COBIM. (2012). Series 6 - Quality Assurance. *Common BIM Requirements 2012. V 1.0. COBIM Project - Finland*.

COLENZO, K. (2000). *Creating The Work Breakdown Structure*. Artemis Management Systems.

COSO - Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. *Enterprise Risk Management — Integrated*, 3New York (2004).

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., & LISTON, K. (2011). *BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Hoboken, New Jersey, *John Wiley & Sons, Inc.* (2.^a ed.).

FERMA. (2003). *Risk Management Standard (Norma de gestão de riscos)*. *Federation of European Risk Management Associations*. Obtido a 19 de Julho de 2016, de <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Norma+de+Gest?o+de+Ris+cos#1>.

FERRAZ, M., & MORAIS, R. (2012). O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão. *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*, 24–26.

FERREIRA, R. C. (2011). *Comparação Aplicada Entre As Técnicas De Planeamento CPM E LOB (Line of Balance)*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

FERREIRA TEIXEIRA, J. F. (2013). *Gestão do Risco em Projetos de Construção*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.

FEUP. (2011). "*BIM*". Projeto SigaBIM, WIQI GEQUALTEC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Obtido a 18 de Agosto de 2016, de <https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=BIM>.

GUILHERME, I. M. A. (2015). *Gestão de Riscos na Construção*. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Setúbal.

HAMMAD, D. B., RISHI, A. G., & YAHAYA, M. B. (2015). Mitigating Construction Project Risk Using Building Information Modeling (BIM). In: Laryea, S., Agyepong, S.A., Leiringer, R. and Hughes, W. Obtido a 19 de Julho de 2016, de : <https://www.researchgate.net/publication/261136230>.

HENRIQUES, A. (2012). Integração do ProNIC em ambiente BIM: um modelo para o trabalho em ambiente colaborativo. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.

HOLZER, D., & MALKIN, R. (2011). Real-time design collaboration in 3D. ArchitectureAU. Obtido a 19 de Agosto de 2016, de <http://architectureau.com/articles/real-time-design-collaboration-in-3d/>.

INNOVATIVE GROWTH SOLUTIONS. (2013). "*What is BIM?*". BIM Academy. Obtido a 9 de Setembro de 2016, de <http://collab.northumbria.ac.uk/bim2/what-is-bim>.

JERNIGAN, F. E. (2008). "*BIG BIM little bim*". Asite Press, Ed. Second edition. New Jersey.

JONGELING, R., & OLOFSSON, T. (2007). "*A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD*". Automation in Construction, 16(2), 189–198.

JORGE, A. M. E. M. (2013). *Princípios da Gestão de Risco da NP ISO 31000*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Educação e Ciências.

LINO, J. C., AZENHA, M., & LOURENÇO, P. (2012). *Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas*. Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012.

LOVE, P. E. D., EDWARDS, D. J., HAN, S., & GOH, Y. M. (2011). Design error reduction: Toward the effective utilization of building information modeling. *Research in Engineering Design*, 22(3), 173–187.

MA, Z., SHEN, Q., & ZHANG, J. (2005). *Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects*. Automation in Construction, 14(3), 369–381.

- MARINHO, A. J. C. (2014). *Aplicação do Building Information Modeling na gestão de projetos de construção*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.
- MONTEIRO, A., & POÇAS MARTINS, J. (2013). *A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design*. *Automation in Construction*, 35, 238–253.
- MORAIS DE SÁ, J. P. (2014). *Modelação de Propriedades de Estruturas em Modelos*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- NASSAR, K. (2007). *The Effect of Building Information Modeling on the Accuracy of Estimates* (Vol. b). Cairo.
- NIROSH L.W.C. (2014). Introduction to Object Oriented Programming Concepts (OOP) and More. Obtido a 22 de Agosto de 2016, de <http://www.codeproject.com/Articles/22769/Introduction-to-Object-Oriented-Programming-Concept#OOP>.
- OLIVEIRA, J. P. C. (2016). *Normalização BIM - Especificação do Nível de Desenvolvimento e Modelação por Objetivos*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- PISSARRA, N. M. DE M. (2010). *Utilização de Plataformas Colaborativas para o Desenvolvimento de Empreendimentos de Engenharia Civil*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.
- POÇAS, A. R. (2015). *Planeamento e controlo de projetos de construção com recurso ao BIM*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2008). *Project Human Resource Management. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fifth Edition*.
- REDMOND, A., HORE, A., ALSHAWI, M., & WEST, R. (2012). *Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM*. *Automation in Construction*, 24.

RODRIGUES PICOTÊS, A. J. (2010). *Aplicação de Modelos de Informação para a Construção a Empreendimentos de Pequena Dimensão*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

SACKS, R., BHARGAV, D., KOSKELA, L., OWEN, R., & DAVE, B. A. (2009). *Analysis Framework for the Interaction Between Lean Construction and Building Information Modelling*. IGLC Conference, Haifa.

SACKS, R., EASTMAN, C. M., & LEE, G. (2004). Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Automation in Construction*, 13(3), 291–312.

SALGADO, P. M. L. (2015). *Planeamento e controlo de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.

SENIOR, B. (2007). Implications of action theories to lean construction applications. *Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC*, 407–416.

SMITH, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484.

SOUSA, H., & MONTEIRO, A. (2011). Linha de Balanço - Uma Nova Abordagem ao Planeamento e Controlo na Construção. *2º Fórum Internacional de Gestão da Construção – GESCON 2011: Sistemas de Informação na Construção*, 1–12.

STEEL, J., DROGEMULLER, R., & TOTH, B. (2012). Model interoperability in building information modelling. *Software and Systems Modeling*, 11(1), 99–109.

SUCCAR, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Em *Automation in Construction* (pp. 357–375).

TEIXEIRA, J. C., KULEJEWSKI, J., KRZEMIŃSKI, M., & ZAWISTOWSKI, J. (2011). Risk in building design and construction. Obtido a 12 de Setembro de 2016, de http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Risk_in_building_design_and_construction

TOMEK, A., & MATEJKA, P. (2014). The impact of BIM on risk management as an argument for its implementation in a construction company. *Procedia Engineering*, 85, 501–509.

WEISBERG, D. E. (2008). A Brief Overview of the History of CAD. *Chapter 2 - World*, 1–22.

ZHILIANG, M., ZHENHUA, W., WU, S., & ZHE, L. (2011). Application and extension of the IFC standard in construction cost estimating for tendering in China. *Automation in Construction*, 20(2), 196–204.

ZOU, P. X. W., ZHANG, G., & WANG, J. (2006). Identifying Key Risks in Construction Projects : Life Cycle and Stakeholder Perspectives. *University of New South Wales, Sydney*, 1–14.

ANEXOS

ANEXO I. Desenhos do projeto retirados a partir do Revit 2015

Legenda:

Revestimento e Isolamento tipo ETIC's

Lajetas de Betão

Caixilharia em Alumínio

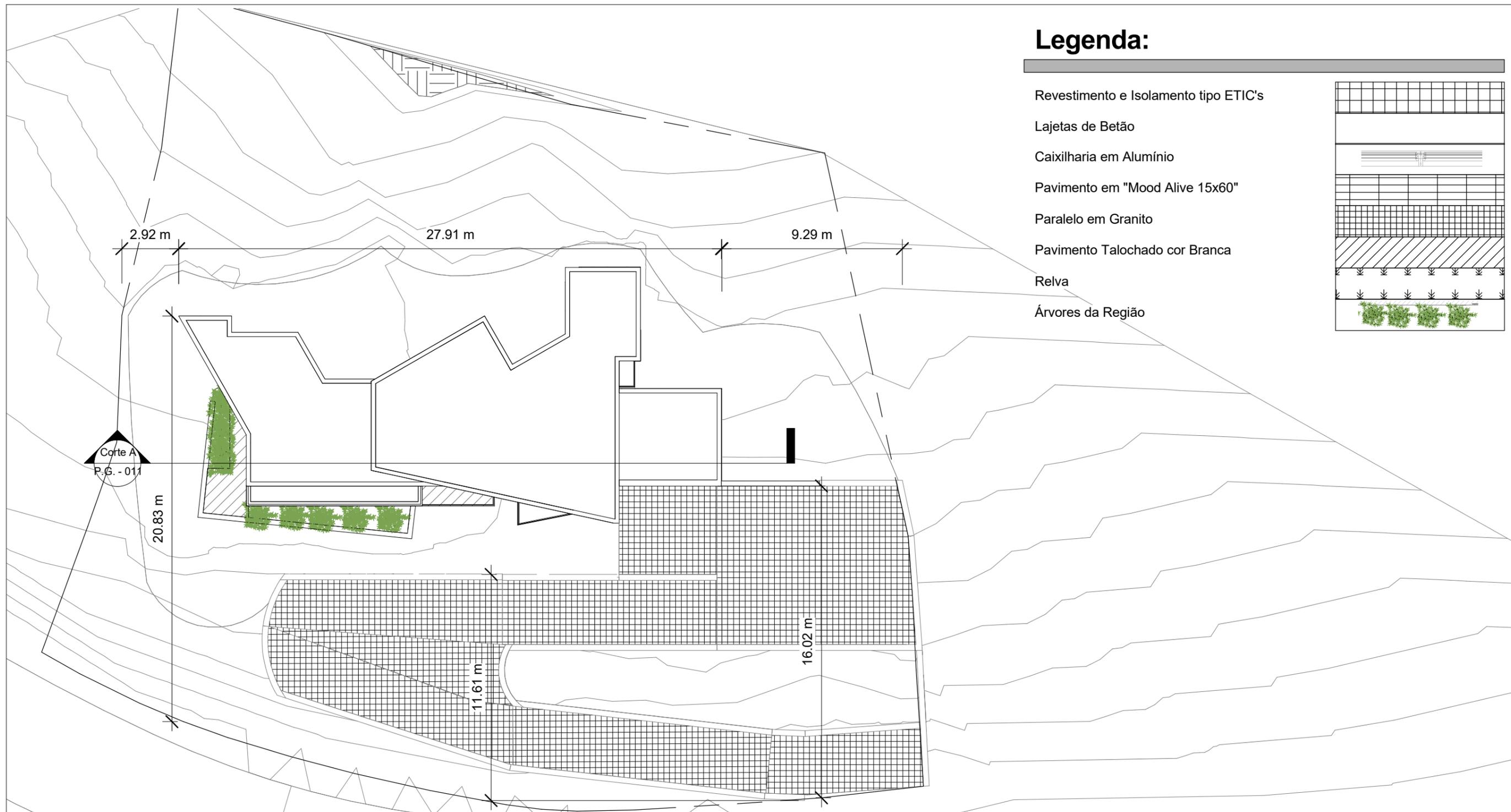
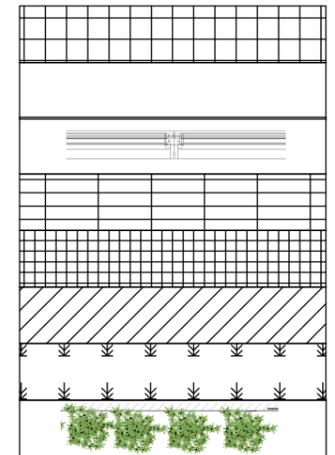
Pavimento em "Mood Alive 15x60"

Paralelo em Granito

Pavimento Talochado cor Branca

Relva

Árvores da Região



MPM
Construção e Engenharia Lda.



Anexo I

Planta de Implantação

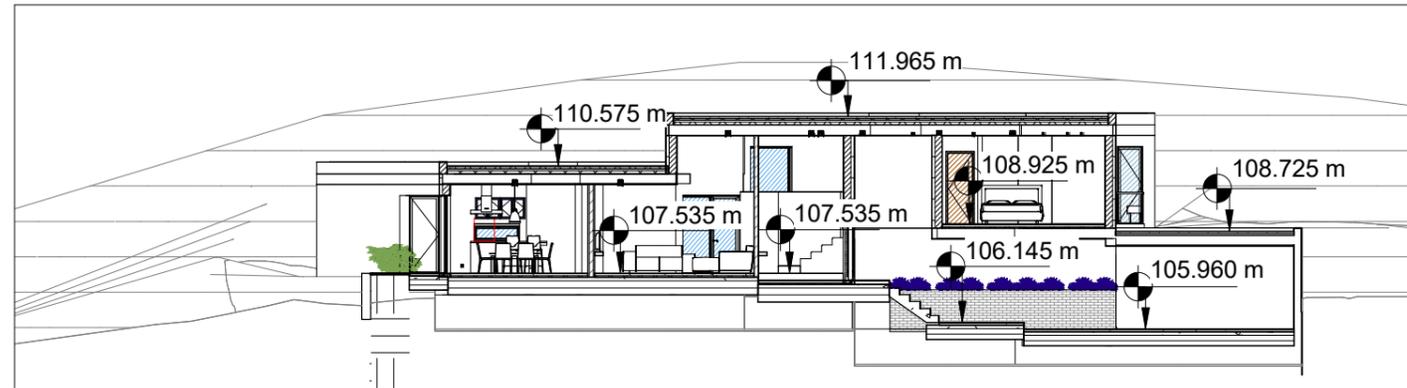
Escala

1:200

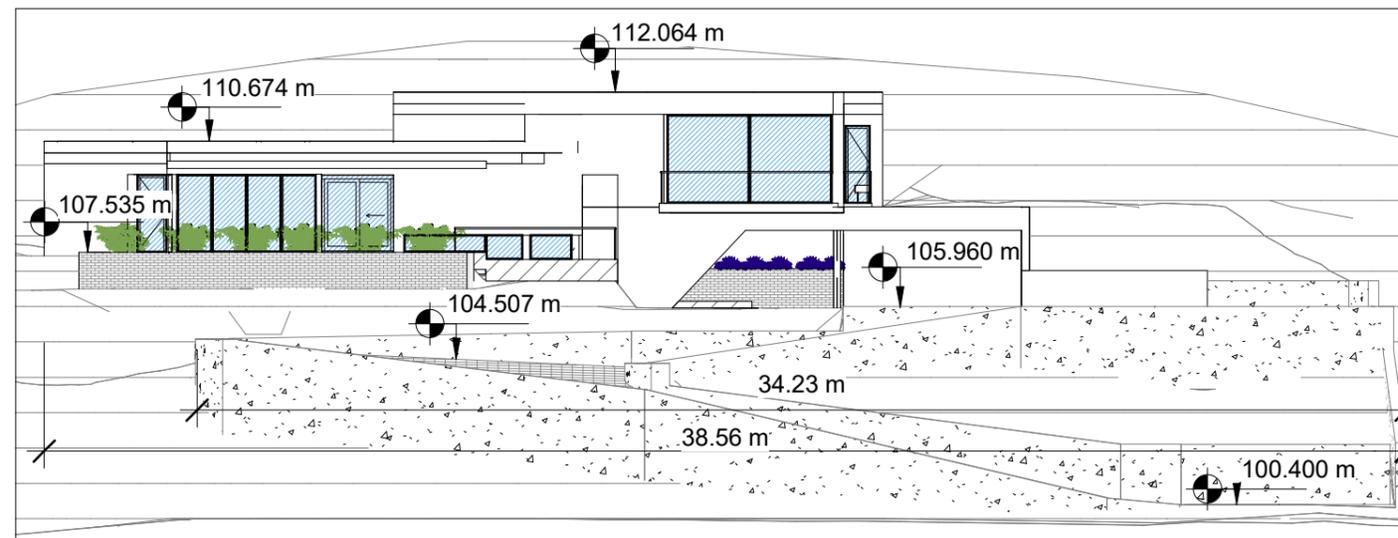
Obra	Especialidade	Fase	Desenho	Parte
Projeto de Arquitetura	ARQ.	P.L.	P.G. - 013	1/2

Caso de estudo em Dissertação de Mestrado

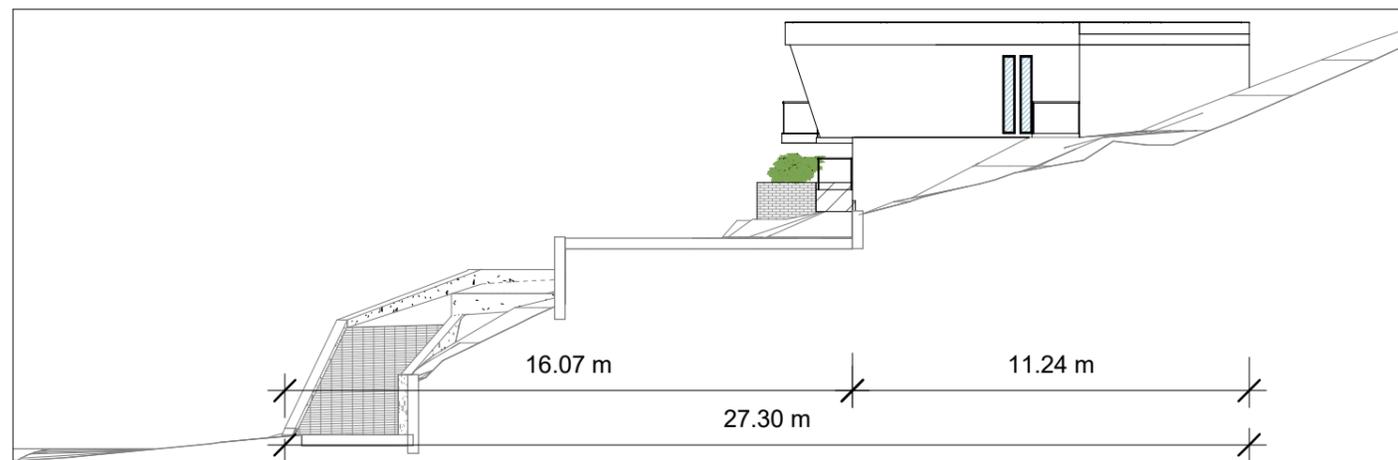
Projeto	Habitação Unifamiliar	Aluno	Orientador
Local	Carvalhas, Atei	n.º 66663 Rui Costa	Prof. João Pedro Couto
Data	Julho 2016	Responsável pelo aluno na empresa Eng. António Marinho	



Corte A



Alçado Principal



Alçado Lat. Direito

Legenda:

Revestimento e Isolamento tipo ETIC's

Lajetas de Betão

Flutuante em "Carvalho"

Pavimento Cerâmico 60x60 tipo HL6200 Zeric

Caixilharia em Alumínio

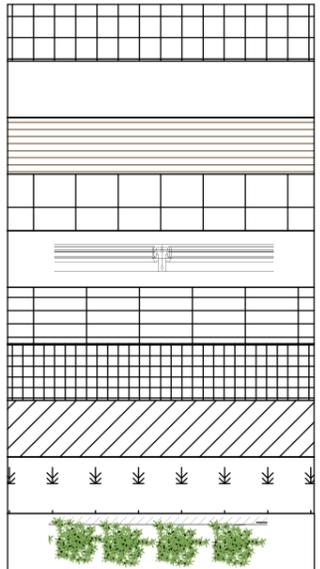
Pavimento em "Mood Alive 15x60"

Micro Cubo

Pavimento Talochado cor Branca

Relva

Árvores da Região



Área Bruta de Construção	
Área Bruta de Construção (R/C)	171 m ²
Área Bruta de Construção (Piso 1)	82 m ²
Área Bruta Total	253 m ²

Área de Implantação	
Área de Implantação	189 m ²



Anexo I

Cortes A, Alçado Principal e Lat. Direito

Escala

1:200

Obra	Especialidade	Fase	Desenho	Parte
Projeto de Arquitetura	ARQ.	P.L.	P.G. - 011	2/2

Caso de estudo em Dissertação de Mestrado

Projeto	Habitação Unifamiliar	Aluno	Orientador
Local	Carvalhas, Atei	n.º 66663 Rui Costa	Prof. João Pedro Couto
Data	Julho 2016	Responsável pelo aluno na empresa Eng. António Marinho	

ANEXO II. Cronograma do projeto em estudo

ANEXO II

Cronograma do projeto em estudo

Código	Tarefa	Tipo de Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
A	Sr. Morais					
A.A	Adjudicação	Construct	93 dias	Seg 05/12/16	Qua 12/04/17	
A.B	Construção	Construct	56 dias	Seg 05/12/16	Seg 20/02/17	
A.B.1	Trabalhos Preparatórios	Construct	1 dia	Seg 05/12/16	Seg 05/12/16	
A.B.1.1	Estaleiro	Construct	1 dia	Seg 05/12/16	Seg 05/12/16	2
A.B.2	Estrutura da Habitação	Construct	38 dias	Seg 05/12/16	Qua 25/01/17	
A.B.2.1	Marcação da Obra	Construct	2 dias	Seg 05/12/16	Ter 06/12/16	
A.B.2.2	Escavação	Construct	3 dias	Qua 07/12/16	Sex 09/12/16	7
A.B.2.3	Betão de Limpeza	Construct	3 dias	Seg 12/12/16	Qua 14/12/16	8
A.B.2.4	Sapatas	Construct	2 dias	Qui 15/12/16	Sex 16/12/16	9
A.B.2.4.1	Armaduras	Construct	1 dia	Qui 15/12/16	Qui 15/12/16	
A.B.2.4.2	Betonagem	Construct	1 dia	Sex 16/12/16	Sex 16/12/16	11
A.B.2.5	Muro de Suporte (Garagem)	Construct	2 dias	Seg 19/12/16	Ter 20/12/16	10
A.B.2.5.1	Armaduras	Construct	1 dia	Seg 19/12/16	Seg 19/12/16	
A.B.2.5.2	Betonagem	Construct	1 dia	Ter 20/12/16	Ter 20/12/16	14
A.B.2.6	Pilares de Fundação	Construct	2 dias	Seg 19/12/16	Ter 20/12/16	13II
A.B.2.7	Aterro para Pisos Térreos	Construct	1 dia	Qua 21/12/16	Qua 21/12/16	16
A.B.2.8	Muros de Suporte "Acesso a Garagem"	Construct	7 dias	Ter 06/12/16	Qua 14/12/16	
A.B.2.8.1	Escavação	Construct	2 dias	Ter 06/12/16	Qua 07/12/16	5
A.B.2.8.2	Betão de Limpeza	Construct	3 dias	Ter 06/12/16	Qui 08/12/16	19II
A.B.2.8.3	Cofragem	Construct	1 dia	Sex 09/12/16	Sex 09/12/16	20
A.B.2.8.4	Armadura	Construct	2 dias	Sex 09/12/16	Seg 12/12/16	21II
A.B.2.8.5	Validação pelo Eng.	Construct	0 dias	Seg 12/12/16	Seg 12/12/16	
A.B.2.8.5.1	Armaduras	Construct	0 dias	Seg 12/12/16	Seg 12/12/16	22
A.B.2.8.6	Betonagem	Construct	2 dias	Ter 13/12/16	Qua 14/12/16	23
A.B.2.9	Pisos Térreos	Construct	5 dias	Qui 22/12/16	Qua 28/12/16	
A.B.2.9.1	Piso Garagem	Construct	5 dias	Qui 22/12/16	Qua 28/12/16	
A.B.2.9.1.1	Rachão + Brita	Construct	1 dia	Qui 22/12/16	Qui 22/12/16	17
A.B.2.9.1.2	Isolamento + Impermeável	Construct	2 dias	Sex 23/12/16	Seg 26/12/16	28
A.B.2.9.1.3	Tubagens Embutidas	Construct	1 dia	Ter 27/12/16	Ter 27/12/16	29
A.B.2.9.1.4	Validação pelo Eng. Do Piso Térreo	Construct	0 dias	Ter 27/12/16	Ter 27/12/16	30
A.B.2.9.1.5	Betonagem	Construct	1 dia	Qua 28/12/16	Qua 28/12/16	31
A.B.2.9.2	Piso Sala	Construct	5 dias	Qui 22/12/16	Qua 28/12/16	
A.B.2.9.2.1	Rachão + Brita	Construct	1 dia	Qui 22/12/16	Qui 22/12/16	17
A.B.2.9.2.2	Isolamento + Impermeável	Construct	2 dias	Sex 23/12/16	Seg 26/12/16	34
A.B.2.9.2.3	Tubagens Embutidas	Construct	1 dia	Ter 27/12/16	Ter 27/12/16	35
A.B.2.9.2.4	Validação pelo Eng. Do Piso Térreo	Construct	0 dias	Ter 27/12/16	Ter 27/12/16	36
A.B.2.9.2.5	Betonagem	Construct	1 dia	Qua 28/12/16	Qua 28/12/16	37
A.B.2.9.3	Piso Quartos	Construct	5 dias	Qui 22/12/16	Qua 28/12/16	
A.B.2.9.3.1	Rachão + Brita	Construct	1 dia	Qui 22/12/16	Qui 22/12/16	17
A.B.2.9.3.2	Isolamento + Impermeável	Construct	2 dias	Sex 23/12/16	Seg 26/12/16	40
A.B.2.9.3.3	Tubagens Embutidas	Construct	1 dia	Ter 27/12/16	Ter 27/12/16	41
A.B.2.9.3.4	Validação pelo Eng. Do Piso Térreo	Construct	0 dias	Ter 27/12/16	Ter 27/12/16	42
A.B.2.9.3.5	Betonagem	Construct	1 dia	Qua 28/12/16	Qua 28/12/16	43
A.B.2.10	Pilares	Construct	5 dias	Qui 29/12/16	Qua 04/01/17	
A.B.2.10.1	Pilares "Zona Garagem"	Construct	5 dias	Qui 29/12/16	Qua 04/01/17	32
A.B.2.10.2	Pilares "Zona Sala"	Construct	5 dias	Qui 29/12/16	Qua 04/01/17	38
A.B.2.10.3	Pilares "Zona Quartos"	Construct	5 dias	Qui 29/12/16	Qua 04/01/17	44
A.B.2.11	Vigas, lajes de Pisos e de Coberturas	Construct	13 dias	Qui 05/01/17	Seg 23/01/17	
A.B.2.11.1	Piso Garagem	Construct	7 dias	Qui 05/01/17	Sex 13/01/17	
A.B.2.11.1	Execução de vigas e Lajes	Construct	3 dias	Qui 05/01/17	Seg 09/01/17	
A.B.2.11.1.1	Execução de vigas	Construct	3 dias	Qui 05/01/17	Seg 09/01/17	46;13
A.B.2.11.1.2	Execução de Laje Aligeirada (Cobertura Sala)	Construct	1 dia	Qui 05/01/17	Qui 05/01/17	52II
A.B.2.11.1	Validação pelo Eng.	Construct	4 dias	Sex 06/01/17	Qua 11/01/17	
A.B.2.11.1.1	Desníveis devido ao isolamento	Construct	2 dias	Sex 06/01/17	Seg 09/01/17	53
A.B.2.11.1.2	Armaduras	Construct	2 dias	Ter 10/01/17	Qua 11/01/17	52
A.B.2.11.1.3	Betonagem	Construct	2 dias	Qui 12/01/17	Sex 13/01/17	56
A.B.2.11.2	Piso Sala	Construct	7 dias	Qui 05/01/17	Sex 13/01/17	
A.B.2.11.2	Execução de vigas e Lajes	Construct	3 dias	Qui 05/01/17	Seg 09/01/17	
A.B.2.11.2.1	Execução de vigas	Construct	3 dias	Qui 05/01/17	Seg 09/01/17	47
A.B.2.11.2.2	Execução de Lajes Maciças (Pála, Sala e Cozinha)	Construct	2 dias	Qui 05/01/17	Sex 06/01/17	60II
A.B.2.11.2.3	Execução de Laje Aligeirada (Cobertura Sala)	Construct	1 dia	Qui 05/01/17	Qui 05/01/17	60II
A.B.2.11.2	Validação pelo Eng.	Construct	4 dias	Sex 06/01/17	Qua 11/01/17	
A.B.2.11.2.1	Desníveis devido ao isolamento	Construct	2 dias	Sex 06/01/17	Seg 09/01/17	62
A.B.2.11.2.2	Armaduras	Construct	2 dias	Ter 10/01/17	Qua 11/01/17	60;61
A.B.2.11.2.3	Betonagem	Construct	2 dias	Qui 12/01/17	Sex 13/01/17	65
A.B.2.11.3	Piso Quartos	Construct	13 dias	Qui 05/01/17	Seg 23/01/17	
A.B.2.11.3	Execução de vigas e Lajes	Construct	9 dias	Qui 05/01/17	Ter 17/01/17	
A.B.2.11.3.1	Execução de vigas	Construct	3 dias	Qui 05/01/17	Seg 09/01/17	48
A.B.2.11.3.2	Execução de Lajes Maciças (Quarto, Varanda quarto e Cobertura da Varanda)	Construct	2 dias	Seg 16/01/17	Ter 17/01/17	69II;57
A.B.2.11.3.3	Execução de Laje Aligeirada (Cobertura Quartos)	Construct	1 dia	Ter 10/01/17	Ter 10/01/17	69
A.B.2.11.3	Validação pelo Eng.	Construct	7 dias	Qua 11/01/17	Qui 19/01/17	
A.B.2.11.3.1	Desníveis devido ao isolamento	Construct	2 dias	Qua 11/01/17	Qui 12/01/17	71
A.B.2.11.3.2	Armaduras	Construct	2 dias	Qua 18/01/17	Qui 19/01/17	69;70
A.B.2.11.3.3	Betonagem	Construct	2 dias	Sex 20/01/17	Seg 23/01/17	74
A.B.2.12	Platibandas	Construct	2 dias	Ter 24/01/17	Qua 25/01/17	75
A.B.3	Alvenarias	Construct	5 dias	Qui 26/01/17	Qui 01/02/17	
A.B.3.1	Alvenaria de Tijolo	Construct	4 dias	Qui 26/01/17	Ter 31/01/17	76
A.B.3.2	Caixa de Estores	Construct	1 dia	Qua 01/02/17	Qua 01/02/17	78
A.B.3.3	Tubos de Queda	Construct	1 dia	Qui 26/01/17	Qui 26/01/17	76
A.B.3.4	Validação pelo Eng.	Construct	4 dias	Qui 26/01/17	Qua 01/02/17	
A.B.3.4.1	Caixa de Estores	Construct	0 dias	Qua 01/02/17	Qua 01/02/17	79
A.B.3.4.2	Tubos de Queda	Construct	0 dias	Qui 26/01/17	Qui 26/01/17	80
A.B.4	Cobertura e Funilarias	Construct	29 dias	Qua 11/01/17	Seg 20/02/17	

ANEXO II

Cronograma do projeto em estudo

Código	Tarefa	Tipo de Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
A.B.4.1	Isolamento de 8 cm	Construct	1 dia	Qua 11/01/17	Qua 11/01/17	62;71
A.B.4.2	Regularização da pendente	Construct	3 dias	Qui 12/01/17	Seg 16/01/17	85
A.B.4.3	Tela Cruzada	Construct	15 dias	Ter 17/01/17	Seg 06/02/17	86
A.B.4.4	Validação pelo Eng.	Construct	0 dias	Seg 06/02/17	Seg 06/02/17	
A.B.4.4.1	Tela Cruzada	Construct	0 dias	Seg 06/02/17	Seg 06/02/17	87
A.B.4.5	Isolamento de 4 cm	Construct	1 dia	Ter 07/02/17	Ter 07/02/17	88
A.B.4.6	Geotêxtil	Construct	1 dia	Ter 07/02/17	Ter 07/02/17	88
A.B.4.7	Godô	Construct	2 dias	Qua 08/02/17	Qui 09/02/17	91
A.B.4.8	Rufos	Construct	7 dias	Sex 10/02/17	Seg 20/02/17	92
A.C	Instalações	Construct	36 dias	Qua 01/02/17	Qua 22/03/17	
A.C.1	Eletricidade	Construct	36 dias	Qua 01/02/17	Qua 22/03/17	
A.C.1.1	Abertura de Roços e colocação de Tubagens na Alvenaria - ELET	Construct	3 dias	Qua 01/02/17	Sex 03/02/17	78
A.C.1.2	Montagem de Aparelhos	Construct	5 dias	Seg 06/02/17	Sex 10/02/17	96
A.C.1.3	Colocação de Focos	Construct	28 dias	Seg 13/02/17	Qua 22/03/17	97
A.C.2	Águas e Esgotos	Construct	4 dias	Qui 02/02/17	Ter 07/02/17	
A.C.2.1	Colocação de Rede de Água Quente e Fria	Construct	4 dias	Qui 02/02/17	Ter 07/02/17	81
A.C.2.2	Redes de Drenagem	Construct	3 dias	Qui 02/02/17	Seg 06/02/17	81
A.D	Revestimentos e Acabamentos	Construct	30 dias	Qua 08/02/17	Ter 21/03/17	
A.D.1	Revestimento Interiores	Construct	17 dias	Qua 08/02/17	Qui 02/03/17	
A.D.1.1	Seral Paredes	Construct	5 dias	Qua 08/02/17	Ter 14/02/17	96;99
A.D.1.2	Estanto Paredes	Construct	3 dias	Qua 15/02/17	Sex 17/02/17	104
A.D.1.3	Areado Paredes	Construct	3 dias	Seg 20/02/17	Qua 22/02/17	105
A.D.1.4	Tijoleira Paredes	Construct	5 dias	Qua 22/02/17	Ter 28/02/17	109
A.D.1.5	Espelhos em Paredes	Construct	1 dia	Qua 01/03/17	Qua 01/03/17	107
A.D.1.6	Seral em Tetos	Construct	5 dias	Qua 15/02/17	Ter 21/02/17	104
A.D.1.7	Regularização de Pavimentos	Construct	3 dias	Qua 22/02/17	Sex 24/02/17	109
A.D.1.8	Tijoleira em pavimentos	Construct	4 dias	Seg 27/02/17	Qui 02/03/17	110
A.D.2	Revestimento Exteriores	Construct	27 dias	Qua 08/02/17	Qui 16/03/17	
A.D.2.1	Revestimento em EPS	Construct	15 dias	Qua 08/02/17	Ter 28/02/17	96;99
A.D.2.2	Barramento de reboco com rede de fibra e vidro	Construct	7 dias	Qua 01/03/17	Qui 09/03/17	113
A.D.2.3	Regularização de Pavimentos	Construct	5 dias	Sex 10/03/17	Qui 16/03/17	114
A.D.2.4	Tijoleira tipo "Deck" em Pavimentos	Construct	2 dias	Sex 10/03/17	Seg 13/03/17	114
A.D.3	Impermeabilização e Isolamentos	Construct	30 dias	Qua 08/02/17	Ter 21/03/17	
A.D.3.1	Fornecimento e aplicação de Tela Asfáltica Varandas	Construct	3 dias	Sex 17/03/17	Ter 21/03/17	115
A.D.3.2	Drenagem de habitação pela sua face exterior	Construct	1 dia	Qua 08/02/17	Qua 08/02/17	99
A.E	Serralharia	Construct	4 dias	Sex 17/03/17	Qua 22/03/17	
A.E.1	Serralharia em Alumínio	Construct	3 dias	Sex 17/03/17	Ter 21/03/17	112
A.E.2	Colocação de Forra em chapa "Portão de acesso a Entrada"	Construct	1 dia	Qua 22/03/17	Qua 22/03/17	121
A.F	Carpintaria	Construct	8 dias	Sex 03/03/17	Ter 14/03/17	103
A.G	Portas e Janelas	Construct	7 dias	Qua 15/03/17	Qui 23/03/17	
A.G.1	Colocação de Portas	Construct	1 dia	Qua 15/03/17	Qua 15/03/17	123
A.G.2	Colocação de Janelas	Construct	2 dias	Qua 22/03/17	Qui 23/03/17	121
A.H	Painel Solar	Construct	2 dias	Ter 21/02/17	Qua 22/02/17	
A.H.1	Colocação de Painéis Solares	Construct	2 dias	Ter 21/02/17	Qua 22/02/17	84
A.I	Aquecimento Central	Construct	36 dias	Qui 02/02/17	Qui 23/03/17	
A.I.1	Pré-instalação do aquecimento	Construct	5 dias	Qui 02/02/17	Qua 08/02/17	81
A.I.2	Instalação de Radiadores	Construct	5 dias	Qua 15/03/17	Ter 21/03/17	123
A.I.3	Instalação de Recuperador de Calor	Construct	2 dias	Qua 22/03/17	Qui 23/03/17	131
A.J	Rede de Esgotos	Construct	6 dias	Qua 22/03/17	Qua 29/03/17	
A.J.1	Colocação de Fossa	Construct	1 dia	Qua 22/03/17	Qua 22/03/17	117
A.J.2	Colocação de caixas de esgotos e pluviais	Construct	5 dias	Qui 23/03/17	Qua 29/03/17	134
A.K	Pintura	Construct	14 dias	Qua 15/03/17	Seg 03/04/17	
A.K.1	Primeira de mão	Construct	7 dias	Qua 15/03/17	Qui 23/03/17	123
A.K.2	Pintura em Tetos e Paredes	Construct	7 dias	Sex 24/03/17	Seg 03/04/17	137
A.L	Áreas Externas e Paisagismo	Construct	4 dias	Qui 30/03/17	Ter 04/04/17	
A.L.1	Jardim	Construct	4 dias	Qui 30/03/17	Ter 04/04/17	133
A.M	Diversos	Construct	7 dias	Ter 04/04/17	Qua 12/04/17	
A.M.1	Colocação de Blackouts	Construct	3 dias	Ter 04/04/17	Qui 06/04/17	138
A.M.2	Limpeza Geral	Construct	4 dias	Sex 07/04/17	Qua 12/04/17	142
A.N	Entrega da Habitação ao Cliente		0 dias	Qua 12/04/17	Qua 12/04/17	143

ANEXO III. Mapa de quantidades e orçamental (MT vs MB)

ANEXO III

Mapa orçamental do projeto

Cliente: Cliente
Obra: Empreitada de Execução de Uma Moradia Unifamiliar
Morada: Atei, Mondim de Basto
Tipo: Mapa de Orçamental
Data: nov/16



Item	Designação	Un	Método Tradicional		Método BIM		Dif.		Custo/un	Custo MT	Custo MBIM
			Quant.	Quant.	Valor	%	€	€	€		
1	TRABALHOS PREPARATORIOS								2 442,00 €	2 442,00 €	2 442,00 €
1.1	Mobilização do estaleiro incluindo: vedação de obra, palotes para colocação dos desperdícios e resíduos de obra e grua para execução dos trabalhos.	vg	1,00	1,00	-			1,00 €	2 442,00 €	2 442,00 €	
2	MOVIMENTO DE TERRAS \ DEMOLIÇÃO								2 266,33 €	3 060,26 €	
2.1	Escavação necessária para o cumprimento de cotas de projecto, incluindo transporte das terras a vazadouro e todos os trabalhos necessários para a sua correcta execução.	m3	311,02	340,21	29,19	9%		6,11 €	1 900,33 €	2 078,68 €	
2.2	Aterro necessário, incluindo todos os trabalho necessários.	m3	100,00	268,19	168,19	168%		3,66 €	366,00 €	981,58 €	
3	ESTRUTURA								25 328,68 €	25 946,68 €	
3.1	Fornecimento e colocação de betão pobre na regularização do leito das fundações, com 0.5cm de espessura (betão de limpeza).										
	Sapatas isoladas	m3	1,83	1,83	-			64,99 €	118,93 €	118,93 €	
	Linteis	m3	1,56	1,56	-			64,99 €	101,38 €	101,38 €	
	Sapatas de Muros	m3	1,82	1,82	-			64,99 €	118,28 €	118,28 €	
3.2	Fornecimento e betonagem de elementos em infraestrutura, com betão C20/25, incluindo armadura em aço A400NR, aditivo hidrófugo, cofragem e descofragem, conforme pormenores.										
3.2.1	Sapatas isoladas	m3	7,27	7,27	-			173,65 €	1 262,47 €	1 262,47 €	
3.2.2	Linteis	m3	6,26	6,56	0,30	5%		230,53 €	1 443,12 €	1 512,04 €	
3.2.3	Sapatas de Muros	m3	5,47	5,30	- 0,17	-3%		176,23 €	963,98 €	934,72 €	
3.3	Fornecimento e betonagem de elementos em superestrutura, com betão C20/25, incluindo armadura em aço A400NR, cofragem e descofragem, conforme pormenores.										
3.3.1	Em pilares.	m3	4,79	5,12	0,33	7%		565,77 €	2 710,06 €	2 895,64 €	
3.3.2	Em pilares. Metalicos	kg	257,00	257,00	-			1,83 €	470,31 €	470,31 €	
3.3.3	Em vigas.	m3	9,79	7,83	- 1,96	-20%		173,47 €	1 697,54 €	1 358,07 €	
3.3.4	Em Muros de Suporte	m3	17,84	18,72	0,88	5%		294,67 €	5 256,86 €	5 516,46 €	
3.4	Fornecimento e montagem de lajes aligeiradas dos pisos com abobadilhas de tijolo e vigotas pré-esforçadas, incluindo malha sol, lamina de compressão, cofragem e descofragem e todos os trabalhos e fornecimentos necessários.	m2	169,01	176,73	7,72	5%		31,80 €	5 373,94 €	5 619,54 €	
3.5	Fornecimento e betonagem de lajes macias em pisos, com betão C20/25, incluindo armadura em aço A400NR, cofragem e descofragem, conforme pormenores.	m3	3,95	4,77	0,82	21%		373,77 €	1 476,41 €	1 782,90 €	
3.6	Fornecimento e execução de piso térreo , incluindo rachão com 15cm de espessura, brita com 15 cm de espessura, camara de betão com 10cm e rede eletrossoldada, incluindo compactação e todos os trabalhos necessários.	m2	200,00	196,33	- 3,67	-2%		21,68 €	4 335,40 €	4 255,93 €	
4	ALVENARIAS								6 199,80 €	6 589,52 €	
4.1	Pano de parede divisória interior de 11 cm de espessura de alvenaria, de tijolo cerâmico furado duplo, para revestir, 30x20x11 cm, assente com argamassa de cimento M-5.	m2	54,00	66,00	12,00	22%		9,50 €	513,00 €	627,00 €	
4.2	Pano exterior de parede de fachada, de 20 cm de espessura de alvenaria, de tijolo de cimento, para revestir, 30x20x20cm, assente com argamassa de cimento M-5.	m2	171,00	188,00	17,00	10%		20,06 €	3 430,26 €	3 771,28 €	
4.3	Pano exterior de parede de fachada, em pedra tipo "rustica" medidas por face.	m2	33,00	32,05	- 0,95	-3%		68,38 €	2 256,54 €	2 191,24 €	
5	COBERTURAS E FUNILARIAS								7 683,97 €	7 729,05 €	
5.1	Cobertura plana constituída por betonilha para formação de pendentes + EPS 12cm + Tela dupla cruzada + Geotextil + Godo	m2	181,00	181,18	0,18	0%		35,40 €	6 408,12 €	6 414,53 €	
5.2	Fornecimento e aplicação de chapa lacada de 0,7mm, sobre a parte superior dos muretes das platibandas da cobertura com 30cm de largura.	ml	95,00	97,88	2,88	3%		13,43 €	1 275,85 €	1 314,53 €	
6	REVESTIMENTOS INTERIORES								8 256,32 €	8 011,91 €	
6.1	Revestimento de paredes										
6.1.1	Revestimento de paredes interiores com seral, incluindo acabamento a tinta plastica de cor a escolher pelo Dono de Obra.	m2	120,00	138,95	18,95	16%		11,60 €	1 392,00 €	1 611,82 €	
6.1.2	Revestimento de paredes interiores em reboco estanhado, incluindo acabamento a tinta plastica de cor a escolher pelo Dono de Obra.	m2	92,00	77,77	- 14,23	-15%		11,60 €	1 067,20 €	902,13 €	
6.1.3	Revestimento de paredes interiores em reboco areado, incluindo acabamento a tinta plastica de cor a escolher pelo Dono de Obra. Zonas Humidas. (Garagem)	m2	48,60	53,25	4,65	10%		11,60 €	563,76 €	617,70 €	
6.1.4	Revestimento de paredes em azulejo a escolher pelo cliente com um custo de 15€/m2, incluindo todos os trabalhos necessários para a sua correcta aplicação.	m2	25,00	23,13	- 1,87	-7%		26,86 €	671,50 €	621,27 €	
6.2	Revestimento de tectos										
6.2.1	Revestimento de tetos interiores com seral, incluindo acabamento a tinta plastica de cor a escolher pelo Dono de Obra.	m2	138,00	129,35	- 8,65	-6%		11,60 €	1 600,80 €	1 500,44 €	
6.2.2	Revestimento de tetos interiores em reboco areado, incluindo acabamento a tinta plastica de cor a escolher pelo Dono de Obra.(Garagem)	m2	30,00	28,79	- 1,22	-4%		11,60 €	348,00 €	333,91 €	
6.3	Revestimento de pavimentos										
6.3.1	Enchimento e regularização de pavimentos interiores, prontos a receberem acabamento. (betonilha com 4cm)	m2	138,00	128,67	- 9,33	-7%		6,72 €	927,36 €	864,66 €	
6.3.2	Revestimento de pavimentos em XPS com 6cm de espessura no pavimento.	m2	138,00	128,67	- 9,33	-7%		6,96 €	960,48 €	895,54 €	
6.3.3	Revestimento de pavimentos em tijoleira com um preço de 15€/m2, incluindo todos os trabalhos necessários para a sua correcta aplicação.	m2	27,00	24,74	- 2,26	-8%		26,86 €	725,22 €	664,44 €	

ANEXO III

Mapa orçamental do projeto

Cliente: Cliente
Obra: Empreitada de Execução de Uma Moradia Unifamiliar
Morada: Atei, Mondim de Basto
Tipo: Mapa de Orçamental
Data: nov/16



Item	Designação	Un	Método Tradicional		Método BIM		Dif.		Custo/un	Custo MT	Custo MBIM
			Quant.	Quant.	Valor	%	€	€	€		
7	REVESTIMENTOS EXTERIORES								9 749,03 €	10 028,18 €	
7.1	Revestimento de pavimentos										
7.1.1	Enchimento e regularização de pavimentos exterior, prontos a receberem acabamento. (betonilha com 4cm)	m2	68,00	63,94	- 4,06	-6%	6,72 €	456,96 €	429,70 €		
7.1.2	Revestimento de pavimentos em tijoleira com um preço de 15€/m2, incluindo todos os trabalhos necessários para a sua correcta aplicação. (imitação deck)	m2	5,00	6,36	1,36	27%	26,86 €	134,30 €	170,70 €		
7.1.3	Revestimento de pavimentos em atolamento mecanico, incluindo todos os trabalhos necessários para a sua correcta aplicação. (Entrada/Arrumos)	m2	68,00	63,94	- 4,06	-6%	18,32 €	1 245,76 €	1 171,44 €		
7.2	Revestimento de paredes e tectos										
7.2.1	Isolamento exterior da Secil Argamassas composto por EPS com 8cm de espessura e todos os materiais necessários.	m2	170,00	178,57	8,57	5%	34,19 €	5 812,30 €	6 105,38 €		
7.2.3	Barramento nas fachadas e tetos onde não é para levar isolamento, conforme descritivo.	m2	107,00	110,00	3,00	3%	17,09 €	1 828,63 €	1 879,90 €		
7.2.4	Fornecimento e colocação de forras nas soleiras em chapa de ferro de 6mm de espessura .	m2	6,00	6,00	-		45,18 €	271,08 €	271,08 €		
8	IMPERMEABILIZAÇÕES / ISOLAMENTOS								1 001,22 €	1 493,66 €	
8.1	Fornecimento e aplicação de tela asfáltica para isolamento das soleiras.	m2	37,00	29,79	- 7,21	-19%	12,21 €	451,77 €	363,74 €		
8.2	Fornecimento e aplicação de tela asfáltica para isolamento dos muros.	m2	45,00	92,54	47,54	106%	12,21 €	549,45 €	1 129,93 €		
9	SERRALHARIAS								15 567,75 €	15 567,75 €	
9.1	Fornecimento e colocação de caixilharias de alumínio com corte térmico de cor cinza conforme mapa de vaos.	vg	1,00	1,00	-		13 736,25 €	13 736,25 €	13 736,25 €		
9.2	Fornecimento e colocação de resguardo em vidro (zona duches) e espelhos e todos os trabalhos necessários para a sua correcta execução.	vg	1,00	1,00	-		1 831,50 €	1 831,50 €	1 831,50 €		
10	CARPINTARIAS								9 680,33 €	9 776,91 €	
10.01	Fornecimento e colocação de porta pivotante exterior incluindo aros, guarnições, ferragens em aço inox da JNF e todos os acessórios necessários à sua boa colocação com envernizamento de acordo com o mapa de vaos, com: Porta exterior 1,18 x 2,20, conforme projeto.	un	1,00	1,00	-		1 221,00 €	1 221,00 €	1 221,00 €		
10.1	Fornecimento e colocação de portas normais interiores em carvalho incluindo aros, guarnições, ferragens em aço inox da JNF e todos os acessórios necessários à sua boa colocação com envernizamento de acordo com o mapa de vaos, com: Porta interiores com 2.05 de altura, conforme projeto.	un	3,00	3,00	-		366,30 €	1 098,90 €	1 098,90 €		
10.2	Fornecimento e colocação de armarios roupeiros com portas em folha e interior em melamina cinza , constituídos por portas de abrir, Conforme pormenor										
	M1:1.00x2.50x0,60	un	1,00	1,00	-		622,71 €	622,71 €	622,71 €		
	M2:1.90x2.50x0,60	un	1,00	1,00	-		1 159,95 €	1 159,95 €	1 159,95 €		
	M3:1.30x2.50x0,60	un	2,00	2,00	-		793,65 €	1 587,30 €	1 587,30 €		
	M4:2.17x2.50x0,60	un	1,00	1,00	-		1 324,79 €	1 324,79 €	1 324,79 €		
10.3	Fornecimento e colocação de movel nas int.sanitarias, lacados a branco pelo exterior e interior em melamina cinza , constituídos por gavetas de abrir, Conforme pormenor										
	M1:1.98x0,25x0,60	un	1,00	1,00	-		262,52 €	262,52 €	262,52 €		
	M2:0.89x0,30x0,47	un	2,00	2,00	-		152,63 €	305,26 €	305,26 €		
10.4	Fornecimento e colocação de Forras em MDF hidrofugado lacado a branco, com acabamento final para os blackouts.	m2	3,37	3,37	-		18,32 €	61,78 €	61,78 €		
10.5	Fornecimento e colocação de rodapes com 4cm calha inox para ficar embutidos na parede	ml	47,00	51,22	4,22	9%	6,96 €	327,12 €	356,49 €		
10.6	Fornecimento e aplicação de flutuante estratificado em carvalho AC5 a colocar nos pavimentos, de acordo com o projecto e execução.	m2	100,00	103,93	3,93	4%	17,09 €	1 709,00 €	1 776,21 €		
11	REDE DE GÁS Excluído										
12	LOUÇAS SANITÁRIAS								2 539,67 €	2 539,67 €	
12.1	Fornecimento e colocação de louça sanitária cor branca incluindo todos os acessórios, sifões e ferragens. Conforme pormenor construtivo										
	Sanita GAP	un	3,00	3,00	-		305,25 €	915,75 €	915,75 €		
	Chuveiro	m2	10,00	10,00	-		14,65 €	146,50 €	146,50 €		
12.2	Fornecimento e colocação de lavatório da Sanindusa modelo samlife 60x40	vg	3,00	3,00	-		122,10 €	366,30 €	366,30 €		
12.3	Fornecimento e colocação de torneiras misturadoras de acordo com o mapa tipo "ASM e ROCA". Lavatorio - ref. URB070A	un	3,00	3,00	-		122,10 €	366,30 €	366,30 €		
	Chuveiro (fixo e com mangueira.ref. KIT001)	un	2,00	2,00	-		67,16 €	134,32 €	134,32 €		
12.4	Colocação das louças sanitarias descritas, incluindo accesorios necessarios.	vg	1,00	1,00	-		610,50 €	610,50 €	610,50 €		
13	ENERGIA ELETRICA + ITED								4 884,00 €	4 884,00 €	
13.1	Execução de toda a obra de electricista, incluindo todos os fornecimentos, acessórios e trabalhos necessários. nota: com 1 video porteiro e focos e sancas incluidos.	vg	1,00	1,00	-		4 884,00 €	4 884,00 €	4 884,00 €		
14	PAINEIS SOLARES								2 442,00 €	2 442,00 €	
14.1	Instalação de sistema de aquecimento de água por paineis solares, incluindo todos os trabalhos, fornecimentos, acessórios e ligações, devidamente interligado com as restantes especialidades, pronto a funcionar. (Sistema termostaço STS 300).	vg	1,00	1,00	-		2 442,00 €	2 442,00 €	2 442,00 €		
15	AQUECIMENTO CENTRAL								3 907,20 €	3 907,20 €	
15.1	Instalação de radiadores e recuperador de calor a dar apoio do tipo "DELTA" com a dimensao de 76cmx58cm.	vg	1,00	1,00	-		3 907,20 €	3 907,20 €	3 907,20 €		
16	ABASTECIMENTO DE AGUAS								1 343,10 €	1 343,10 €	
16.1	Fornecimento e colocação de abastecimento de agua quente e fria, incluindo todos os accesorios necessários e esquentador.	vg	1,00	1,00	-		1 343,10 €	1 343,10 €	1 343,10 €		

ANEXO III

Mapa orçamental do projeto

Cliente: Cliente
Obra: Empreitada de Execução de Uma Moradia Unifamiliar
Morada: Atei, Mondim de Basto
Tipo: Mapa de Orçamental
Data: nov/16



Item	Designação	Un	Método Tradicional	Método BIM	Dif.		Custo/un	Custo MT	Custo MBIM	
			Quant.	Quant.	Valor	%	€	€	€	
17	REDES DE DRENAGEM HORIZONTAIS							1 984,15 €	1 984,15 €	
17.1	Fornecimento e colocação de águas residuais, incluindo todos os acessórios necessários.	vg	1,00	1,00	-		854,70	854,70 €	854,70 €	
17.2	Caixa de passagem, de alvenaria, visitável, de dimensões interiores 51x51x62 cm, com tampa pré-fabricada de betão armado.	un	5,00	5,00	-		91,58	457,90 €	457,90 €	
17.3	Fornecimento e colocação de fossa estanque constituída por 3 argolas e seus acessórios, incluindo saída para o exterior para posterior ligação ao saneamento.	vg	1,00	1,00	-		671,55	671,55 €	671,55 €	
18	DIVERSOS							10 598,35 €	10 949,37 €	
18.1	Execução da ventilação de exaustores, esquentadores/caldeiras, compartimentos interiores, incluindo grelhas, capacetes, ventiladores e todos os trabalhos necessários	vg	6,00	6,00	-		91,58	549,48 €	549,48 €	
18.2	Fornecimento e colocação de caixas para estores/blackouts (quartos e sala) e blackouts somente na zona de quartos.	vg	1,00	1,00	-		1 343,10	1 343,10 €	1 343,10 €	
18.3	Limpeza de obra	vg	1,00	1,00	-		512,82	512,82 €	512,82 €	
18.4	Fornecimento de projetos e certificações necessárias para o licenciamento da obra.	vg	1,00	1,00	-		7 753,35	7 753,35 €	7 753,35 €	
18.5	Fornecimento e colocação de guarda em ferro cor branca com 3 varões e prumos em ferro.	ml	8,00	14,39	6,39	80%	54,95	439,60 €	790,62 €	
19	ARRANJOS EXTERIORES							13 210,62 €	13 372,50 €	
19.1	Fornecimento de muros em betao e todos os trabalhos necessarios para a sua correta execucao.	m3	10,80	11,00	0,20	2%	305,25 €	3 296,70 €	3 357,75 €	
19.2	Fornecimento de muros em pedra e todos os trabalhos necessarios para a sua correta execucao.	m2	42,00	43,30	1,30	3%	73,26 €	3 076,92 €	3 172,16 €	
19.3	Fornecimento de paralelo (10x10) e todos os trabalhos necessarios para a sua correta execucao.	m2	300,00	300,38	0,38	0%	14,65 €	4 395,00 €	4 400,60 €	
19.4	Fornecimento e colocação de portao de entrada com duas folhas mais um pedonal em chapa de "aço corten" comandado e todos os trabalhos necessarios para a sua correta execucao.	un	1,00	1,00	-		2 442,00 €	2 442,00 €	2 442,00 €	
20	EXCLUSÕES									
Total da Proposta									129 084,5 €	132 067,9 €
								Diferença		2 983,4 €

ANEXO IV. Base de dados relativa aos riscos possíveis num projeto de construção

Categorização dos riscos de acordo com a Origem	
ID	Construção
C1	Mudanças no trabalho
C2	Acessos à obra dificultados
C3	Nível de detalhe do projeto fornecido pelo proprietário (Reabilitações)
C4	Condições geológicas e geotécnicas do terreno da obra - Risco da existência de rocha
C5	Atraso nos desenhos e nas instruções do projeto
C6	Acidentes de trabalho (dos trabalhadores ou da própria obra – colisões, incêndios, etc.)
C7	Indisponibilidade de recursos e materiais
C8	Danos a pessoas ou bens (exteriores à obra)
C9	Projeto defeituoso e com omissões
C10	Custo dos ensaios, dos testes e das amostras
C11	Quantidades reais de trabalho
C12	Indisponibilidade e custo dos equipamentos
C13	Má interpretação do projeto
C14	Impacto da construção no meio ambiente
C15	Erros na aplicação de novas técnicas
C16	Aumento do preço dos materiais
Financeiros e Económicos	
FE1	Inflação
FE2	Financiamento
FE3	Flutuação do valor do Euro
FE4	Derrapagem dos custos totais
FE5	Aumento da Taxa de juro
Desempenho da Atividade	
D1	Produtividade de trabalho e do equipamento
D2	Adequação dos materiais e recursos
D3	Trabalho defeituoso
D4	Litígios laborais
D5	Má condução do trabalho, impedindo o seu correto desempenho
Segurança	
S1	Vandalismo
S2	Terrorismo
S3	Corrupção
S4	Assaltos
S5	Negligência
S6	Intrusão
S7	Sismo

ID		Categorização dos riscos de acordo com a Origem
Fatores Contratuais e Legais		
CL1		Atraso na resolução dos litígios laborais e/ou má resolução dos mesmos
CL2		Atrasos nos pagamentos dos contratos e extras
CL3		Alteração de interesses por parte do cliente
CL4		Pedido de alteração de negociação
CL5		Insolvência do empreiteiro e do subempreiteiro
Físicos		
F1		Condições da sub-superfície e água subterrânea
F2		Topografia
F3		Catástrofes naturais
F4		Condições climatéricas
Políticos e Sociais		
PS1		Avaliação do solo para construção
PS2		Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação
PS3		Pressões ambientais
PS4		Desordem pública
PS5		Greves
PS6		Regulamentos (leis de segurança e do trabalho)
Fatores Externos		
EX1		Existência de espécies protegidas no local de implantação
EX2		Competitividade
EX3		Defeito dos materiais

ANEXO V. Análise Qualitativa e seleção dos riscos

Avaliação qualitativa de riscos para o projeto em estudo		
Categoria e descrição do Risco		Avaliação Qualitativa
Construção		
C1	Mudanças no trabalho	Baixo
C2	Acessos à obra dificultados	Baixo
C3	Nível de detalhe do projeto fornecido pelo proprietário (Reabilitações)	n.a.
C4	Condições geológicas e geotécnicas do terreno da obra - Risco da existência de rocha no terreno a escavar	Alto
C5	Atraso nos desenhos e nas instruções do projeto	Baixo
C6	Acidentes de trabalho (dos trabalhadores ou da própria obra – colisões, incêndios, etc.)	Médio
C7	Indisponibilidade de recursos e materiais	Médio
C8	Danos a pessoas ou bens (exteriores à obra)	Baixo
C9	Projeto defeituoso e com omissões	Alto
C10	Custo dos ensaios, dos testes e das amostras	Baixo
C11	Quantidades reais de trabalho	Médio
C12	Indisponibilidade e custo dos equipamentos	Médio
C13	Má interpretação do projeto	Alto
C14	Impacto da construção no meio ambiente	Médio
C15	Erros na aplicação de novas técnicas	Médio
C16	Aumento do preço dos materiais	Baixo
Financeiros e Económicos		
FE1	Inflação	Baixo
FE2	Financiamento	Baixo
FE3	Flutuação do valor do Euro	Baixo
FE4	Derrapagem dos custos totais	Alto
FE5	Aumento da Taxa de juro	Baixo
Desempenho da Atividade		
D1	Produtividade de trabalho e do equipamento	Médio
D2	Adequação dos materiais e recursos	Baixo
D3	Trabalho defeituoso	Médio
D4	Litígios laborais	Baixo
D5	Má condução do trabalho, impedindo o seu correto desempenho	Baixo
Segurança		
S1	Vandalismo	Médio
S2	Terrorismo	Baixo
S3	Corrupção	Baixo
S4	Assaltos	Médio
S5	Negligência	Médio
S6	Intrusão	Baixo
S7	Sismo	Baixo
Fatores Contratuais e Legais		
CL1	Atraso na resolução dos litígios laborais e/ou má resolução dos mesmos	Baixo
CL2	Atrasos nos pagamentos dos contratos e extras	Médio
CL3	Alteração de interesses por parte do cliente	Médio
CL4	Pedido de alteração de negociação	Baixo

Avaliação qualitativa de riscos para o projeto em estudo (continuação)		
Categoria e descrição do Risco		Avaliação Qualitativa
CL5	Insolvência do empreiteiro e do subempreiteiro	Baixo
Físicos		
F1	Condições da sub-superfície e água subterrânea	Baixo
F2	Topografia	Médio
F3	Catástrofes naturais	Médio
F4	Condições climatéricas	Médio
Políticos e Sociais		
PS1	Avaliação do solo para construção	n.a.
PS2	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação	Médio
PS3	Pressões ambientais	Baixo
PS4	Desordem pública	Baixo
PS5	Greves	Baixo
PS6	Regulamentos (leis de segurança e do trabalho)	Baixo
Fatores Externos		
EX1	Existência de espécies protegidas no local de implantação	n.a.
EX2	Competitividade	n.a.
EX3	Defeito dos materiais	Médio

Legenda:

n.a.	- Não se aplica ao projeto em estudo
Baixo	- Baixa relação probabilidade/impacto - Baixo interesse no risco
Médio	- Média relação probabilidade/impacto - Médio interesse no risco
Alto	- Alta relação probabilidade/impacto - Alto interesse no risco

ANEXO VI. Análise Quantitativa (MT vs MB)

Avaliação quantitativa dos riscos selecionados para o projeto em estudo, casos MT e MB						
ID	Descrição	Probabilidade (0,1 - 0,9)		Impacto (0,05 - 0,8)	Avaliação Quantitativa	
		MT	MB		MT	MB
C4	Condições geológicas e geotécnicas do terreno da obra - Risco da existência de rocha	0,9	0,9	0,4	0,36	0,36
C6	Acidentes de trabalho (dos trabalhadores ou da própria obra – colisões, incêndios, etc.)	0,2	0,2	0,2	0,04	0,04
C7	Indisponibilidade de recursos e materiais	0,5	0,1	0,2	0,1	0,02
C9	Projeto defeituoso e com omissões	0,3	0,1	0,4	0,12	0,04
C11	Quantidades reais de trabalho	0,3	0,3	0,2	0,06	0,06
C12	Indisponibilidade e custo dos equipamentos	0,5	0,3	0,2	0,1	0,06
C13	Má interpretação do projeto	0,5	0,1	0,4	0,2	0,04
C14	Impacto da construção no meio ambiente	0,3	0,1	0,2	0,06	0,02
C15	Erros na aplicação de novas técnicas	0,5	0,1	0,2	0,1	0,02
FE4	Derrapagem dos custos totais	0,3	0,1	0,8	0,24	0,08
D1	Produtividade de trabalho e do equipamento	0,1	0,1	0,2	0,02	0,02
D3	Trabalho defeituoso	0,1	0,1	0,2	0,02	0,02
S1	Vandalismo	0,2	0,2	0,2	0,04	0,04
S4	Assaltos	0,3	0,3	0,2	0,06	0,06
S5	Negligência	0,3	0,1	0,2	0,06	0,02
CL2	Atrasos nos pagamentos dos contratos e extras	0,3	0,3	0,4	0,12	0,12
CL3	Alteração de interesses por parte do cliente	0,7	0,1	0,4	0,28	0,04
F2	Topografia	0,3	0,1	0,2	0,06	0,02
F3	Catástrofes naturais	0,1	0,1	0,4	0,04	0,04
F4	Condições climatéricas	0,1	0,1	0,4	0,04	0,04
PS2	Atrasos nos procedimentos de inspeção e aprovação	0,5	0,3	0,2	0,1	0,06
EX3	Defeito dos materiais	0,1	0,1	0,2	0,02	0,02