



Universidade de Aveiro

Departamento de Engenharia Civil

2015

Diogo Artur Landeira Limas **MEDIÇÕES COM RECURSO A MODELOS BIM –
REABILITAÇÃO DE CASA DO SEC. XIX**



Diogo Artur Landeira Limas **MEDIÇÕES COM RECURSO A MODELOS BIM –
REABILITAÇÃO DE CASA DO SEC. XIX**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e da co-orientação do Professor Romeu da Silva Vicente, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

O júri

Presidente

Prof. Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa

Professora Associada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Hugo Filipe Pinheiro Rodrigues

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil o Politécnico de Leiria

Prof. Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues

Professora Auxiliar do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

À professora Fernanda Rodrigues pelo apoio, pelo tempo despendido e pela disponibilidade ao longo da orientação.

Ao professor Romeu Vicente pela disponibilidade demonstrada.

À arquiteta Ana Alves pelo tempo disponibilizado ao longo da modelação 3D.

Aos meus pais, irmão e familiares pelo apoio incondicional.

À Filipa por partilhar todos os momentos desta etapa comigo.

A todos os colegas que tiveram influência direta e indireta na execução deste trabalho e que me acompanharam durante o percurso académico.

Palavras-chave

BIM; Medições; Planeamento; Reabilitação

Resumo

O setor da construção caracteriza-se por materializar projetos que resultam da integração de diferentes especialidades cuja compatibilização é crucial para que a fase de execução decorra sem erros, omissões e colisões decorrentes da fase de projeto. Durante esta fase, a comunicação e interação entre as equipas, tendo por base um mesmo modelo de trabalho, contribui para a minimização da ocorrência de falhas. A aplicação do BIM tem crescido no setor da construção, considerando-se uma metodologia fundamental que permite a criação de modelos digitais 3D que integram informação sobre as características físicas e funcionais dos edifícios, desde a fase de projeto à fase de execução e de uso e exploração, constituindo um repositório inteligente de objetos. Esta metodologia assenta num modelo a três dimensões totalmente parametrizado e na partilha de informação entre todos os participantes do projeto durante as suas diferentes fases, permitindo automatizar processos que tradicionalmente são morosos e dispendiosos.

Este trabalho teve como objetivo a comparação dos resultados de medição obtidos manualmente e automaticamente. Para isso desenvolveu-se o modelo BIM 3D, com recurso ao *software ArchiCAD*, do projeto de reabilitação dum edifício do século XIX do Porto. De seguida explorou-se a fiabilidade da interoperabilidade do modelo na exportação para diferentes *softwares* utilizando o IFC, e procedeu-se à extração automática de quantidades. Os resultados destas extrações foram comparados com os resultados das mesmas efetuadas manualmente. O planeamento dos trabalhos de reabilitação do edifício foi executado em MS Project, e utilizou-se o *software Navisworks* para visualizar o planeamento e extrair automaticamente as quantidades.

Foi possível concluir que os resultados obtidos automaticamente, dependem de uma modelação rigorosa, bem especificada e bem documentada por parte do modelador. Foi ainda confirmado que esta metodologia traz grandes vantagens nas áreas da extração de desenhos de pormenor, vistas e alçados. Os resultados obtidos da importação via IFC deixaram perceber que não há uma interoperabilidade e uma partilha de informação perfeita entre programas.

Keywords

BIM; Quantity take-off; Scheduling; Rehabilitation

Abstract

The construction sector is characterized by the accomplishment of projects that result from the integration of different specialties whose compatibility is crucial for the execution phase to proceed without errors, omissions and collisions resulting from the design phase. During this phase, the communication and interaction between all teams, using the same working model, contributes to minimize the occurrence of failures. The application of BIM is growing in the construction sector, being considered a fundamental methodology that allows the creation of 3D digital models that integrate information about the physical and functional characteristics of the buildings, from the design to the execution phase, use and operation, being an intelligent repository of objects. This methodology is based on a fully parameterized model, in three dimensions, and on the share of information between all participants in the project during its different phases, allowing the automation of processes that are traditionally time and cost consuming.

This study aims to compare the result of quantity take-off obtained manually and automatically. A 3D BIM model was developed, using the ArchiCAD software, for the rehabilitation design of a nineteenth century building in Oporto. It was explored the reliability of the interoperability of the model to different softwares. An automatic quantity take-off was performed using the IFC and the results of these extractions were compared with the results of those performed manually.

The project scheduling was performed using MS Project and the Navisworks software was used to visualization and automatic quantity take-off extraction.

It was concluded that the obtained results depend on a strict modeling, well documented and specified by the modeler. It was also confirmed that this method has great advantages in the areas of extraction of detailed drawings, views and elevations. The results of the import via IFC suggest that, in the time being, there is not a perfect interoperability and neither a perfect information sharing between different software.

Índices

ÍNDICE

Índice	XV
Índice de Figuras	XIX
Índice de tabelas	XXI
Acrónimos	XXIII
1. Introdução.....	3
1.1. Motivação	3
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodologia.....	4
1.4. Organização da dissertação	4
2. Estado da arte.....	9
2.1. Património edificado em Portugal	9
2.2. Reabilitação em Portugal.....	9
2.3. Casa burguesa do Porto do séc. XIX	11
2.3.1. Descrição e caracterização dos aspetos construtivos.....	11
2.4. Planeamento	18
2.4.1. Principais métodos de planeamento	19
2.4.2. Programas de Planeamento.....	25
2.5. Medições.....	25
2.5.1. Medições em Portugal	25
2.5.2. Normas Europeias	26
2.5.3. Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC) 27	
2.6. BIM (<i>Building information Modeling</i>)	28
2.6.1. BIM 4D.....	29
2.6.2. BIM 5D.....	29
2.6.3. BIM 6D.....	29
2.6.4. Extração de quantidades em BIM.....	30
2.6.5. IFC	32
2.6.6. Normas e diretrizes existentes	32

<i>Erhvervsstyrelse (National Agency for Enterprise and Construction)</i>	33
2.6.7. Níveis de desenvolvimento.....	33
2.6.8. <i>Softwares</i>	34
2.7. BIM em Portugal	37
2.7.1. SIGABIM	37
2.7.2. BIMFórum.....	38
2.7.3. BIMClub.....	38
2.7.4. Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção (PTPC).....	38
2.8. Vantagens e desvantagens da utilização de BIM.....	38
3. Descrição do caso de estudo.....	43
3.1. Enquadramento geral do caso estudo	43
3.2. Antes das obras de reabilitação	44
3.2.1. Distribuição das divisões	44
3.2.2. Estrutura do edifício (pisos e paredes interiores e cobertura)	45
3.3. Depois das obras de reabilitação	45
3.3.1. Distribuição das divisões	45
3.3.2. Estrutura do edifício (pisos e paredes interiores e cobertura)	46
4. Modelação do Caso de Estudo	51
4.1. Introdução à modelação do caso de estudo	51
4.2. Modelação em <i>Archicad</i> a partir do 2D.....	51
4.3. Criação e extração de listas de quantidades.....	53
4.3.1. <i>ArchiCAD</i>	53
4.3.2. <i>Autodesk Navisworks</i>	54
5. Planeamento da obra de reabilitação	59
5.1. Introdução ao planeamento da obra de reabilitação	59
5.2. Determinação de quantidades	59
5.3. <i>Microsoft Project</i>	60
5.4. <i>Autodesk Navisworks</i>	61
6. Caso de estudo	65
6.1. Introdução ao caso de estudo.....	65

6.2.	Interoperabilidade IFC.....	65
6.2.1.	<i>ArchiCAD</i> 17 para <i>Revit</i> 2015	65
6.2.2.	<i>Archicad</i> 17 para <i>Navisworks</i> 2015	66
6.2.3.	<i>Archicad</i> 17 para <i>Tekla Structures</i>	66
6.2.4.	Síntese.....	68
6.3.	Análise e discussão dos resultados da extração de quantidades.....	68
7.	Conclusões.....	73
7.1.	Conclusões.....	73
7.2.	Trabalhos futuros.....	74
8.	Bibliografia.....	77
	Apêndice I – Alçados e cortes do caso de estudo extraídos de <i>ArchiCAD</i>	i
	Apêndice II – folha Excel com o calculo das durações das atividades	iii
	Apêndice III – Listas de paredes extraídas do <i>Archicad</i>	v
	Apêndice IV – Listas de lajes extraídas do <i>Archicad</i>	vii
	Apêndice V – Listas de quantidades extraídas do <i>Navisworks</i>	ix
	Apêndice VI – Planeamento Project do caso de estudo	xi

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ligação da perna à cadeia	17
Figura 2 - Exemplo de uma rede CPM/PERT da construção de uma sala	20
Figura 3 - Diagrama LoB para uma atividade	22
Figura 4 - Desenho CAD do caso de estudo.....	43
Figura 5 – Plantas CAD do caso de estudo antes da intervenção.....	44
Figura 6– Plantas CAD do caso de estudo antes da intervenção.....	45
Figura 7 - Planta CAD da Cobertura	45
Figura 8 - Plantas CAD do caso de estudo após a intervenção.. ..	46
Figura 9 – Pormenor do pavimento do piso das habitações das zonas secas.	47
Figura 10 – Pormenor do pavimento do piso térreo.	46
Figura 11 – Pormenor do pavimento do piso das habitações das zonas húmidas.	47
Figura 12- Vista inicial do <i>ArchiCAD</i>	51
Figura 13 - Janela do <i>Archicad</i> onde é possível parametrizar um objeto.....	52
Figura 14 - Janela do <i>ArchiCAD</i> onde é possível visualizar as definições dos vegetais.....	53
Figura 15 - Menu de criação de listas de quantidades em <i>ArchiCAD</i>	54
Figura 16 - Exemplo de uma lista de quantidades extraída de <i>Navisworks</i> para <i>Excel</i>	55
Figura 17- Janela representativa do ambiente de trabalho do <i>Microsoft Project</i>	60
Figura 18 -Janela dos dados estatísticos do projeto, retirado do <i>Microsoft Project</i>	61
Figura 19 - Menu de importação de <i>Project</i> para <i>Navisworks</i>	61
Figura 20 – Exemplo de um ambiente <i>Navisworks</i> onde se pode observar o modelo, o planeamento e o gráfico de <i>Gantt</i>	62
Figura 21 - Imagem da mensagem de erro na importação em <i>Revit 2015</i>	66
Figura 22 – Imagens do resultado das importações dos modelos em <i>IFC</i>	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de fundações típicas da Casa Burguesa Portuense	12
Tabela 2 - Síntese dos tipos de paramentos que se podem encontrar na casa burguesa portuense.....	13
Tabela 3 - Tipos de tabique	14
Tabela 4 - Elementos singulares típicos de edifícios Portuenses	15
Tabela 5 - Lista de materiais mais utilizados na construção da Casa Burguesa do Porto	18
Tabela 6 - Tabela hierárquica de atividades da construção de uma sala	20
Tabela 7 - Capítulos que compõe o CSRM	26
Tabela 8 - Normas existentes em alguns países Europeus	27
Tabela 9 - Tabela Resumo das conclusões do estudo.....	31
Tabela 10 - Tabela síntese de algumas das principais normas BIM.....	32
Tabela 11 - Parte de uma lista pré-definida do ArchiCAD de extração de quantidade de portas.	54
Tabela 12 - Avaliação qualitativa da exportação de ArchiCAD 17 para Revit 2015, Navisworks 2015, Tekla Structures pelo formato IFC	68
Tabela 13 - Tabela comparativa de quantidades extraídas das diferentes ferramentas informáticas	69
Tabela 14 – Tabela resumo do erro médio	70

ACRÓNIMOS

São utilizados os seguintes acrónimos ao longo deste trabalho:

CPM *Critical Path Method*

PERT *Program Evaluation and Review Technique*

LoB *Line of Balance*

VPM Método de Produção Vertical

LSM Método de Planeamento Linear

RECRIA Regime Especial de Participação na Recuperação de Imóveis Arrendados

REHABITA Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas Antigas

JESSICA *Joint European Support for Sustainable Investment City Areas*

IFRU Instrumento de Financiamento para a Reabilitação e Revitalização Urbana

CGD Caixa Geral de Depósitos

BPI Banco Português de Investimento

BIM *Building Information Model*

3D Três dimensões

4D Quatro dimensões

5D Cinco dimensões

6D Seis dimensões

IFC *Industry Foundation Classes*

AEC Arquitetura, Engenharia e Construção

PPC Percentagem do Planeado Concluído

LNEC Laboratório Nacional de Engenharia Civil

CSRMC Curso Sobre Regras de Medições na Construção

PTPC Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção

RICS *Royal Institution of Chartered Surveyors*

LoD *Level of Development*

Introdução

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação

Nos últimos anos tem-se assistido a uma crise financeira que tem afetado todos os ramos da economia, com especial impacto no setor da construção. Uma vez que, grande parte da indústria da construção civil se destinava ao mercado da habitação, e este se encontra saturado, é necessário que o setor da construção se vire para o parque habitacional existente, sendo a respetiva reabilitação o ramo da atividade no qual se tem de apostar (Vilhena 2013). A outra opção será a internacionalização das empresas e aqui é necessário ter em conta a modernização das técnicas de projeto, que em alguns países são, exigidas (Autodesk 2013). Numa fase em que o desenvolvimento tecnológico é enorme em todas as áreas da indústria, é necessário explorá-lo também na construção. E, uma vez que esta indústria está a passar por uma crise económica acentuada, é necessário otimizar processos e reduzir custos de produção. O conceito de modelação em BIM (*Building Information Modeling*) vem contribuir para esta otimização já que as bases desta metodologia assentam na partilha de informação entre os intervenientes nos processos e numa otimização do modelo a três dimensões que serve de base para todas as especialidades, economizando tempo, otimizando mão-de-obra e evitando erros por incompatibilidade de projetos.

Neste contexto optou-se por uma dissertação que dentro destes temas atuais: por um lado o caso de estudo, um projeto de reabilitação de um edifício típico da cidade do Porto, a Casa Burguesa Portuense, por outro a utilização de tecnologias BIM que aos poucos vão sendo implementadas no mercado nacional.

1.2. Objetivos

Esta dissertação visa analisar as capacidades da metodologia BIM no planeamento e extração de quantidades de um projeto de reabilitação e fazer um a paralelismos com as formas tradicionais de medições.

Os objetivos principais deste trabalho são:

- Elaborar um modelo 4D BIM;
- Comparar as funcionalidades do modelo com os métodos tradicionais;
- Comparar as listas de quantidades extraídas automaticamente pelos programas BIM com as listas de quantidades obtidas manualmente;

- Avaliar a interoperabilidade entre programas BIM utilizando IFC como formato de exportação.

1.3. Metodologia

Para alcançar os objetivos a que este trabalho se propõe vai ser feita uma pesquisa bibliográfica de modo a que se possa tomar conhecimento dos trabalhos existentes, tanto a nível nacional como internacional, para reforçar conhecimento e para que se possa enquadrar os elementos que se pretendem abordar durante esta dissertação.

Numa fase mais prática será efetuado um modelo BIM em *ArchiCAD* de uma edifício típico do Porto, conhecido por casa burguesa portuense que será o objeto de estudo para os restantes passos a desenvolver.

Após a modelação será feita a exportação do modelo feito em *ArchiCAD* por meio do formato IFC para alguns *softwares* BIM com vista a fazer uma comparação qualitativa das propriedades que se possam perder no processo. Para esta comparação irão ser usados os *softwares* da *Autodesk Revit 2015*, o *Navisworks 2015* e ainda o *Tekla Structures* da *Trimble*.

Vai ainda ser feita uma comparação entre as quantidades retiradas manualmente a partir das plantas 2D, pelo método tradicional, com os valores obtidos automaticamente pelas ferramentas BIM.

1.4. Organização da dissertação

Além do presente capítulo esta dissertação está organizada em sete capítulos. Ao longo destes capítulos procurou-se fazer um enquadramento teórico sobre os temas abordados no desenvolvimento do caso de estudo, apresentar o caso de estudo e expor o trabalho realizado.

No segundo capítulo fez-se uma revisão bibliográfica que tem como objetivo enquadrar teoricamente o trabalho que vai ser desenvolvido.

O terceiro capítulo versa sobre o caso de estudo, no qual é apresentado e descrito com pormenor o edifício estudado. Faz-se uma descrição do edifício antes da intervenção, como se dispunham as divisões e a estrutura do mesmo. Faz-se este exercício para a pré e pós intervenção.

No quarto capítulo descreve-se a modelação do caso de estudo, como é feita a partir das plantas a duas dimensões, como são extraídas as listas de quantidades através dos *softwares* utilizados, como é feito o planeamento e a determinação das quantidades.

No quinto é feita uma análise da interoperabilidade utilizando o formato IFC para exportar do *software* de origem para os restantes, fazendo uma análise da informação que chega, da que é perdida e de como se comporta.

O sétimo capítulo apresenta as análises dos resultados obtidos da comparação entre as listas de quantidades extraídas automaticamente dos programas BIM com os valores obtidos manualmente.

No capítulo oito apresentam-se as conclusões do trabalho desenvolvido.

Estado da Arte

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Património edificado em Portugal

Segundo os resultados dos CENSOS 2011, em Portugal existem 3 544 389 edifícios. Este número representa um acréscimo de 184 346 edifícios relativamente aos Censos de 2001, existindo naqueles edifícios 5 878 756 alojamentos, ou seja, mais 823 834 do que em 2001.

Estes números revelam que, enquanto a população cresceu cerca de 2%, os alojamentos cresceram 16,3%. O crescimento desproporcional dos alojamentos em relação à população leva à existência de um maior número de edifícios abandonados, e consequentemente à necessidade de intervenção.

Segundo o Censos 2011 o índice de envelhecimento do edificado é de 176, isto é, o número de edifícios construídos até 1960 é menos do dobro do que aqueles que foram construídos nos últimos dez anos. Deste valor pode-se tirar a seguinte conclusão: uma parte muito significativa dos edifícios é relativamente recente. No entanto, 1,7% do edificado encontra-se muito degradado e 27,3% necessita de intervenção. Estes valores em relação aos dos Censos de 2001, revelam uma ligeira melhoria, visto que 3% dos edifícios estavam muito degradados e 38% tinham necessidade de intervenção (Censos 2011).

2.2. Reabilitação em Portugal

O mercado da reabilitação em Portugal tem vindo a crescer, assim como em toda a Europa. No entanto, é uma área da construção civil com pouca expressão. Segundo dados da *Euroconstruct*, a percentagem de construção nova de habitações em Portugal, no ano 2008, era de 31% da produção do sector da construção, enquanto nos restantes países da *Euroconstruct* a percentagem era de 21%.

Para incentivar a uma maior aposta na reabilitação do edificado têm existido programas de apoio financeiro aos proprietários dos imóveis, apresentando-se de seguida a descrição de alguns desses programas.

O Regime Especial de Participação na Recuperação de Imóveis Arrendados (**RECRIA**) é um programa que visa incentivar a execução de obras de conservação e beneficiação que permitam a recuperação de imóveis em estado degradado, através de financiamento por parte do estado e dos municípios. Estava previsto que pudessem beneficiar deste regime

edifícios que tivessem pelo menos uma fração habitacional cuja renda tivesse sido objeto de correção extraordinária nos termos da Lei n.º 46/85, de 20 de Setembro.

O Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas Antigas (**REHABITA**) é uma extensão do programa RECRUA e serve para apoiar financeiramente as Câmaras Municipais na recuperação de zonas urbanas antigas.

O programa **SOLARH** permite o empréstimo sem juros pelo Instituto da Habitação e Reabilitação Urbana, para a realização de obras de conservação nas seguintes habitações: em habitações próprias permanentes de indivíduos ou agregados familiares; em habitações devolutas de que sejam proprietários os municípios, as instituições particulares de solidariedade social e as cooperativas de habitação e construção e em habitações devolutas de que sejam proprietárias pessoas singulares (Rodrigues 2008).

Em 2012 surgiu a iniciativa JESSICA (Joint European Support for Sustainable Investment City Areas) criada pela Comissão Europeia em parceria com o Banco Europeu de Investimento. Tem como objetivo aumentar o apoio a projetos de desenvolvimento urbano. Estes fundos destinam-se a entidades públicas ou privadas, coletivas ou singulares que apresentem projetos urbanos que se integrem em planos de desenvolvimento urbano sustentáveis.

Este fundo destina-se a investimentos na área da reabilitação e regeneração urbana. Sendo a reabilitação de infraestruturas e equipamentos, projetos de eficiência energética, de energias renováveis em áreas urbanas e de revitalização da economia urbana a prioridade na atribuição.

Para poder beneficiar deste fundo é necessário apresentar uma candidatura que é avaliada por Fundos de Desenvolvimento Urbano, tendo em Portugal sido criados três sociedades gestoras dos fundos (Silvares 2012):

- Banco Português de Investimento (BPI) que analisa propostas para as Regiões Norte e Alentejo;
- Caixa Geral de Depósitos (CGD) e o Instituto da Habitação e Reabilitação Urbana que analisa as propostas para as regiões Norte, Centro e Alentejo;
- Turismo de Portugal que analisa as propostas para Lisboa e Algarve.

No âmbito dos fundos europeus estruturais de investimento para o período de 2014-2020, foi criado um grupo de trabalho, em janeiro de 2015, que elaborou o Instrumento de Financiamento para a Reabilitação e Revitalização Urbana (IFRU 2020)(IHRU 2015). No site de internet pode-se encontrar que este instrumento visa o investimento nas zonas

urbanas identificadas com o objetivo de reabilitar física e economicamente edifícios de habitação e de comércio (IHRU 2015).

2.3. Casa burguesa do Porto do séc. XIX

No centro histórico do Porto é possível distinguir duas tipologias de edifícios de habitação: esguios estreitos e altos com um número de andares variável; casas baixas e largas de amplas fachadas constituídas fundamentalmente pelo rés-do-chão e andar nobre que se encontram dispersas no meio das anteriores. As casas estreitas são consideradas casas populares e burguesas e foram assim construídas com o objetivo de se economizar terreno e ações de manutenção. As casas largas são consideradas casas nobres próprias de uma classe poderosa, que queria demonstrar a sua riqueza.

Este trabalho vai focar o seu estudo na casa estreita, conhecida por casa burguesa.

A casa burguesa, assim chamada por ser associada à residência dos burgueses que existiam no séc. XVII, XVIII e XIX, caracteriza-se por ser estreita e de fachada alta. Estas casas têm, maioritariamente um número de três a quatro pisos fora acréscimos.

O rés-do-chão destinava-se ao comércio sendo os restantes andares destinados à habitação. Nos primeiros pisos localizavam-se as salas de estar e de jantar estando a cozinha no último andar, por causa dos incêndios e dos cheiros. Os sótãos eram reservados para arrumações e alojamento dos criados. Entre o rés-do-chão e a habitação era comum existirem soluções de comunicação como escadas privativas ou alçapões entre os andares (Veiga de Oliveira & Galhano 1992).

2.3.1. Descrição e caracterização dos aspetos construtivos.

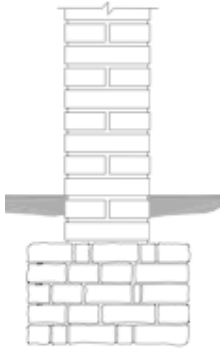
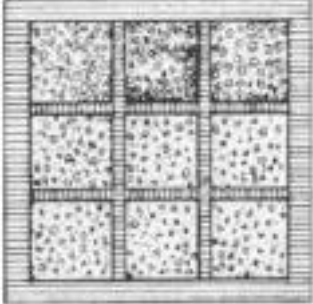
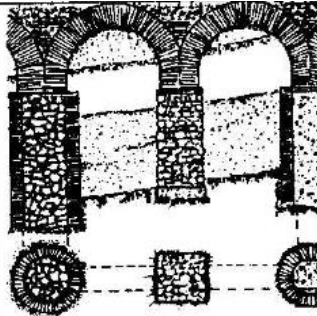
A casa burguesa portuense é constituída por uma estrutura principal constituída por paredes de meação, estrutura do sobrado e estrutura da cobertura. A estrutura secundária corresponde ao conjunto constituído por paredes de fachada, paredes interiores, estrutura das escadas, estrutura da claraboia e estrutura das águas furtadas.

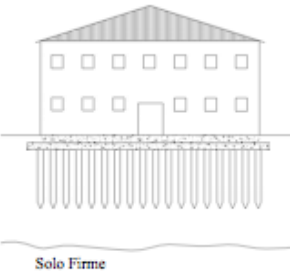
2.3.1.1. Fundações

Segundo Freitas (2012), as fundações, elementos estruturais que transmitem as ações da estrutura para o terreno, fundações eram construídas em alvenaria de pedra, tijolo cerâmico ou mista (pedra, tijolo e madeira), podendo ter ligante ou não (seca).

As fundações podem dividir-se em dois grupos: diretas ou superficiais; indiretas ou profundas. Podendo ainda subdividir-se em contínuas ou descontínuas (Tabela 1).

Tabela 1 - Tipos de fundações típicas da Casa Burguesa Portuense (Roque 2002)

Tipo	Descrição	Imagem
Fundações superficiais	<ul style="list-style-type: none"> • Contínuas, sob as paredes e descontínuas, sob pilares. • Em todos os casos trata-se de prolongamentos dos elementos estruturais. • Dependendo da resistência do solo a espessura dos elementos iam aumentando ou mantinham-se. 	
Fundações superficiais (caixa de fundação)	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste em escavar uma caixa que cobria total ou parcialmente a área de implantação. • Esta caixa era subdividida em secções mais pequenas que posteriormente eram cheias com enrocamento de pedra ordinária. • Os contornos eram construídos em alvenaria de pedra ou em tijolo cerâmico. Esta solução dava uma maior rigidez à fundação. 	
Fundações semi-profundas	<ul style="list-style-type: none"> • Constituídas por poços até à profundidade em que o solo tem melhor capacidade de carga. • Os poços eram depois cheios com enrocamento de pedra, misturado ou não, com argamassa. Em alguns casos é possível encontrar faces dos poços revestidas com alvenaria de pedra trabalhada ou de tijolo. • Estes poços, que em alguns casos são autênticos pilares enterrados, são o suporte para os arcos em alvenaria de onde crescem os elementos estruturais (paredes e pilares) 	
Fundações semi-profundas com arco invertido	<ul style="list-style-type: none"> • Era comum serem feitos arcos invertidos que ligavam a parte inferior dos poços. Deste modo tentava-se minimizar a ocorrência de assentamentos diferenciais. 	

Tipo	Descrição	Imagem
Estacas	<ul style="list-style-type: none"> • Cravação de estacas de madeira. • Transmite as cargas a estratos do solo mais resistentes. • Melhorava a capacidade resistente e de deformabilidade do solo, pois este ficava confinado 	 <p>Solo Firme</p>

2.3.1.2. Paredes de alvenaria de pedra

Num edifício antigo, geralmente podem-se encontrar paredes de alvenaria de pedra nas fachadas, nos tardozes e nas paredes laterais.

As paredes laterais são, comumente designadas de paredes meeiras ou de meação e podem ser comuns aos edifícios vizinhos. Estas são as paredes que suportam as cargas vindas da cobertura e dos vigamentos que compõem a estrutura do soalho e têm entre 30 e 50 cm de espessura.

As paredes de fachada e as paredes de tardoze são responsáveis pelo travamento transversal das paredes meeiras e servem ainda de apoio à cobertura. São paredes bastante largas uma vez que possuem um grande número de aberturas (portas e janelas) podendo ter entre 50 a 70 cm (Freitas 2012).

Na Tabela 2 estão descritos os tipos mais vulgares de paramentos que podem ser encontrados neste tipo de edifício.

Tabela 2 - Síntese dos tipos de paramentos que se podem encontrar na casa burguesa portuense (ROQUE 2002)

TIPO	Descrição
Paramento Simples	<ul style="list-style-type: none"> • Constituída por um único pano de alvenaria.
Paramento Duplo	<ul style="list-style-type: none"> • Habitualmente constituída por dois panos de alvenaria ligados por pedras colocadas transversalmente e que atravessassem toda a secção de ambos os panos.
Paramento Triplo	<ul style="list-style-type: none"> • Constituído por três secções, duas delas exteriores que habitualmente apresentam regularidade geométrica e uma terceira no meio das anteriores de qualidade inferior.

2.3.1.3. Paredes de tabique

Na Casa Burguesa Portuense é possível encontrar paredes de tabique aplicadas em diferentes “ambientes”. Esta técnica de construção usada há muitos séculos pode ser encontrada em

paredes estruturais, em paredes exteriores ou interiores. O tabique é composto por madeira (na sua maioria) e pode ter como enchimento cal, terra e argila.

As paredes de fachada e de tardoiz construídas em tabique assim como as paredes de alvenaria de pedra não têm função estrutural. Este tipo de parede são geralmente de tabique simples e tabique simples reforçado, que pela sua fragilidade são revestidas com telhas, lousas ou chapas. É comum encontrar este tipo de parede em elementos destes edifícios, tais como em trapeiras ou em mirantes. É possível encontrar também paredes meiras construídas em tabique, geralmente construídas em tabique misto ou em tabique simples reforçado.

No interior os espaços são divididos, essencialmente, por paredes de tabique simples, que não sendo concebidas para receber cargas verticais, contribuem para o travamento transversal da estrutura. Na Tabela 3 encontra-se uma pequena descrição dos diferentes tipos de paredes de tabique que podem ser encontradas nos edifícios antigos.

Tabela 3 - Tipos de tabique (Freitas 2012)

Tipo	Descrição
Tabique misto	<ul style="list-style-type: none"> • Constituído por uma estrutura de madeira composta por: prumos, travessanhos e escoras. Sendo esta estrutura preenchida com pequenas pedras ou tijolos maciços
Tabique simples	<ul style="list-style-type: none"> • É constituído por uma estrutura de barrotes verticais – prumos - espaçados de um metro, apoiados no vigamento do soalho ou num frechal. A estrutura é preenchida por tábuas na vertical e na diagonal onde é colocado um fasquiado para apoio do reboco.
Tabique simples reforçado	<ul style="list-style-type: none"> • Esta estrutura é composta, como no primeiro caso por: prumos, travessanhos e escoras. Sendo esta estrutura preenchida com pequenas pedras ou tijolos maciços. E revestidas em ambas as faces por um tabuado de madeira.

2.3.1.4. Estrutura do sobrado

O sobrado é a estrutura que suporta as cargas do soalho, constituído por um vigamento de madeira com diâmetro que varia de 20 a 30 cm e com comprimento que varia com a largura da casa. Este vigamento era falqueado em duas faces, onde assentavam os revestimentos dos tetos e dos soalhos. Estas vigas, antes de serem aplicadas, eram embebidas em óleo ou alcatrão para sua melhor conservação. Esta estrutura apoia nas paredes de meiação, apoiando-se habitualmente em cerca de 2/3 da espessura da mesma.

O vigamento era disposto paralelamente às paredes de fachada e espaçados de 50 a 70 cm e tinha elementos de travamento (tarugos) dispostos na perpendicular às vigas, espaçados de 1,5 m entre si.

Em alguns casos o sobrado não apoiava nas paredes, mas apoiava numa viga que se encontrava embutida na parede, o frechal, de maneira a transmitir uniformemente as cargas às paredes resistentes (Freitas 2012)

2.3.1.5. Estrutura da cobertura


A estrutura em madeira das coberturas nestes edifícios era semelhante, variando a sua complexidade conforme o número e dimensão das águas, duas, três ou quatro. Nas asnas mais simples era comum encontrar-se uma estrutura composta por pernas que apoiavam numa viga, linha, que transfere as cargas ao frechal que por sua vez descarrega as cargas vindas da cobertura nas paredes resistentes. Estes elementos eram ligados longitudinalmente por vigas, as madres, e pela viga na cumeeira. Em asnas mais complexas era possível encontrar elementos de travamento transversal como o nível, o pendural e as escoras.

Paralelamente às madres eram colocadas varas onde era apoiado o tabuado guarda-pó que, por sua vez, era pregado o ripado que servia de apoio às telhas de canal. Mais tarde com a introdução da telha Marselha em Portugal, uma vez que estas tinham elementos de encaixe, as pendentes dos telhados puderam ser aumentadas e os tabuados guarda-pó retirados. Esta mudança levou a que estes espaços passassem a ser aproveitados para habitação (Paupério 2013)

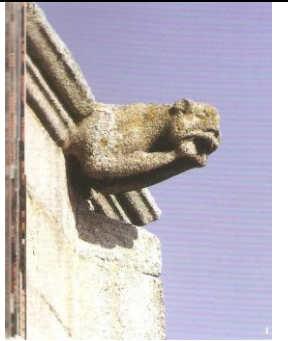
No geral encontram-se nas coberturas deste tipo de edifícios vários elementos singulares tais como chaminés, algerozes, beirados, caleiras e gárgulas dos quais se destacam os de entrada de luz: trapeiras ou mirantes; claraboias e lanternins.

Na tabela 4 descrevem-se alguns tipos de elementos singulares que se podem encontrar nos edifícios antigos, típicos do Porto.

Tabela 4 - Elementos singulares típicos de edifícios Portuenses (Freitas 2012)

Tipo	Descrição	Imagem
Trapeiras ou mirantes	Geralmente, construídos com o mesmo material das paredes dos recuados dos acréscimos do último piso e apoiados no vigeamento do sobrado.	

Tipo	Descrição	Imagem
Claraboias	Têm como função infiltrar luz nos compartimentos interiores podendo apresentar variadas formas: salientes, rasantes, circulares, quadrangulares, entre outras.	
Lanternins	Os lanternins das claraboias planas são constituídos por estruturas metálicas esbeltas de cantoneiras e perfis em T, preenchidos por vidro vedado com betume de vidraceiro. São paralelos às águas e fixos às paredes das claraboias deixando uma junta aberta de forma a garantir a ventilação do espaço.	
Chaminés	Este elemento nos edifícios mais antigos não existia uma vez que as cozinhas encontravam-se no piso superior e apenas existia um buraco nas telhas. Nos edifícios mais recentes, do séc. XIX, as cozinhas localizavam-se nas caves e os fogões situavam-se nas paredes de fachada de trás obrigando, assim, à construção de uma chaminé em tijolo maciço até à cobertura.	
Algerozes	A sua principal função é encaminhar a água que cai das vertentes para os tubos de queda de maneira a que estas entrem na rede pública de recolha de águas pluviais. Esta recolha só passou a ser feita no séc. XIX após ter sido obrigatória por lei; até essa altura a água corria diretamente para as ruas.	
Beirados	É constituído por duas a três fiadas de telhas sobrepostas no limite inferior das vertentes dos telhados; esta sobreposição faz com que o beirado tenha alcance suficiente para que a água caia o mais possível no meio da rua (isto, antes de ser legislada a recolha de águas pluviais).	
Caleiras	Apareceram com a obrigatoriedade de recolher as águas pluviais e eram construídas, maioritariamente, em chapa zincada pintada. As caleiras eram chumbadas à parede.	

Tipo	Descrição	Imagem
Gárgulas	Na continuidade dos beirados era comum, no séc. XVII e XVIII, encontrarem-se goteiras em forma de gárgulas de pedra.	

2.3.1.6. Escadas

Uma vez que se trata de um tipo de construção que se desenvolve em altura as escadas são sempre elementos que estão presentes. Estas, são constituídas por vigas de madeira, pernas, que apoiam em cadeias. Os lanços de escadas podem ter duas ou três pernas dependendo da largura pretendida. As pernas apoiam-se nas cadeias dos pisos e nas cadeias nos patamares intermédios por entalhes. Os pisos intermédios são constituídos por candeias e chincharéis que apoiam na estrutura da parede da caixa de escadas (Figura 1).



Figura 1 - Ligação da perna à cadeia (Teixeira 2004)

As paredes da caixa de escadas podem ser construídas em tabique simples reforçado ou em tabique simples com duplo tabuado, como as paredes de fachada (Teixeira 2004).

2.3.1.7. Materiais mais utilizados

Antigamente os materiais utilizados na construção eram os mais abundantes dessa região, por uma questão económica e de facilidade de transporte.

Na Tabela 5 procurou-se destacar sumariamente alguns dos materiais mais utilizados na construção da casa burguesa do Porto.

Tabela 5 - Lista de materiais mais utilizados na construção da Casa Burguesa do Porto (Teixeira 2004))

Material	Utilização
Pedra	Paredes; Molduras de portas e janelas; Pilastras; Goteiras/Gárgulas; Frisos.
Madeira	Estrutura da cobertura; Estrutura do sobrado; Estrutura das escadas; Caixilhos das janelas; Portas; Soalho; Portadas.
Ferro e aço	Grades de varandas; Todo tipo de ferragens (v.g. dobradiças); Canalizações; Caixilharias dos lanternins; Elementos decorativos.
Chapa de Zinco	Caleiras; Revestimento exterior de empenas; Algerozes; Rufos.
Vidro	Janelas; Claraboias; Lanternins.
Azulejo	Revestimento exterior de fachada; Pontualmente, revestimento interior.
Telha	Revestimento exterior de empenas, recuados; Coberturas.
Asfalto	Impermeabilização das fachadas.
Gesso	Argamassas; Estuques.

2.4.Planeamento

O planeamento de uma obra de construção civil envolve a definição de um plano de atividades, a sua sequência lógica e a respetiva calendarização. Para isto é necessário decompor a obra em tarefas elementares, definindo datas de início, de fim e folgas de realização (Faria 2013)

O principal objetivo do planeamento é a realização eficaz de um projeto. Pode-se dizer que não existem projetos iguais, logo, o planeamento de cada um é também diferente. Planear não é um ato definitivo, dado que pode ser sujeito a alterações durante a realização do projeto uma vez que, este também pode mudar (Roldão 2005).

O planeamento deve começar a ser feito na fase preliminar do empreendimento, pois isto faz com que as dúvidas que surjam numa fase inicial sejam facilmente resolvidas, eliminando ou minimizando a resolução de possíveis problemas futuros. Ajuda a que as equipas de trabalho sejam constituídas antecipadamente e que os processos construtivos e os materiais a adotar sejam escolhidos consoante as necessidades da obra.

Para efetuar um planeamento adequado o engenheiro deve ter uma noção exata do âmbito e da dimensão do projeto. Estimar durações de atividades e encadeá-las é algo que requer alguma experiência e noção por parte do projetista, se não, pode-se correr o risco do planeamento não ter uma sequência lógica e, por fim, não ser exequível.

Hoje em dia, com toda a evolução tecnológica, existem ferramentas informáticas que ajudam e facilitam o trabalho de quem faz o planeamento.

No entanto, é necessário ter em atenção que não é possível reduzir o ato de planear a operar um *software*, é preciso ter a noção de que o programa só efetua os cálculos que o operador introduzir, dando forma a um cronograma. Estas ferramentas devem ser utilizados como complemento do planeamento e não como um método (Pereira 2013).

2.4.1. Principais métodos de planeamento

Segundo Faria (2013), técnicas de planeamento são todos os procedimentos sistematizados que se destinam a realizar o plano de trabalhos de uma obra, tendo presentes determinados critérios de otimização.

Nos pontos que se seguem descrevem-se as técnicas de planeamento mais usuais.

2.4.1.1. Redes de CPM/PERT

Segundo (Piris 1973), o método CPM (*Critical Path Method*) foi desenvolvido pelos americanos Morgan Walker (técnico da empresa *Dupont de Nemours*) e James Kelley (técnico da empresa *Remington Rand Univac*), em 1957.

Este método surgiu da necessidade de aperfeiçoamento das técnicas já conhecidas para o planeamento de projetos de maior dimensão, onde os métodos até então utilizados mostravam ter algumas limitações. Estes dois técnicos aperceberam-se de que as atividades em que se decompõe um projeto devem ser executadas segundo uma sequência definida, tendo chegado à conclusão que a melhor maneira de as representar seria em rede.

O método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) foi desenvolvido pelo Gabinete de Projetos Especiais da Armada Americana, em 1958, para o planeamento da construção dos mísseis “*Polaris*”.

Ambas as técnicas utilizam o tratamento estatístico para a determinação das durações das atividades, no entanto, enquanto o CPM apenas considera a duração mais provável de realização, o PERT calcula a média entre três durações, a otimista, a pessimista e a mais provável (Ferreira 2011).

Com estes métodos surgiu o conceito de caminho crítico: “o menor prazo possível de execução do projeto nas condições originais é dada pela duração do caminho crítico” (Roldão, 2005).

A Figura 2 representa um exemplo de uma rede de CPM/PERT para a construção de uma sala. Na Tabela 6 está definida a sequência das atividades a serem executadas e a respetiva duração.

Tabela 6 - Tabela hierárquica de atividades da construção de uma sala adaptada de Blak, Séllos e Qualharini (1998)

Identificação	Atividades	Duração (dias)	Predecessor
A	Alvenarias	10	-
B	Instalação elétrica	6	A
C	Instalação sanitária – redes	6	A
D	Vãos	6	A
E	Emboço	2	C
F	Azulejo	4	E
G	Contra piso	2	F
H	Revestimento cerâmico	4	G
I	Acabamentos	4	H
J	Louças e metais	4	H

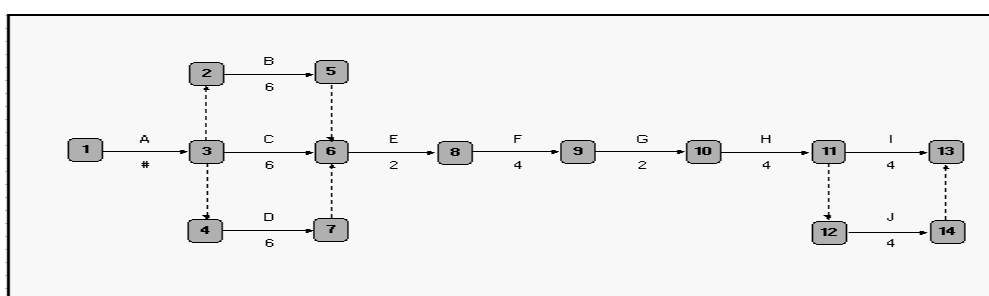


Figura 2 - Exemplo de uma rede CPM/PERT da construção de uma sala (Blak et al. 1998)

2.4.1.2. Gráficos de Gantt

Este método consiste na representação de um gráfico de barras, horizontal, em que as barras representam as atividades e o seu comprimento é a sua duração. Foi uma técnica criada por Henry Gantt, engenheiro inglês, em 1917, e é considerada a de mais simples aplicação (Ferreira 2011).

O resultado final deste método é um gráfico simples de ler e interpretar, onde facilmente se consegue consultar as atividades que estão a decorrer e a sua duração. A este gráfico podem, ainda, estar associados os recursos (mão-de-obra e equipamentos) e os custos (Sousa & Monteiro 2011).

Este método pode-se revelar limitado em empreendimentos de maior dimensão, uma vez que, para projetos com muitas atividades, estas podem-se tornar difíceis de ler num gráfico, bem como as suas dependências podem ficar confusas e ilegíveis (Ferreira 2011).

2.4.1.3. Método da linha de equilíbrio (LoB)

Embora haja referência ao uso do método da linha do equilíbrio no planeamento do *Empire State Building*, em Nova Iorque, nos anos trinta (Sousa, 2011), a maioria da bibliografia parece concordar que este foi criado nos anos 40 pela *Goodyear* e posteriormente adotado e desenvolvido pela Marinha dos Estados Unidos, durante a segunda Guerra Mundial (Ichihara 1997).

O objetivo do planeamento de um processo de construção repetitivo com base na LoB, consiste em:

- Encontrar uma taxa de produção para as unidades de construção;
- Manter uma taxa constante para o trabalho repetitivo;
- Aproveitar os benefícios dos custos do trabalho repetitivo.

Para que se atinjam estes objetivos, é preparado um diagrama de rede de trabalho para uma das várias unidades a serem produzidas. Posteriormente, estimam-se, para cada atividade, o rendimento em homens-hora necessário, para o dimensionamento ótimo das equipas de trabalho.

Assim que se obtiver o número de equipas, a taxa de produção é calculada para cada atividade e o diagrama LoB poder-se-á desenhar traçando linhas com declive igual à sua taxa de produção Figura 3.

O facto de o projetista ter acesso às taxas de produtividade de cada atividade no planeamento é uma vantagem em relação às outras técnicas de planeamento. Essas taxas

podem ser alteradas de modo a que se possa fazer uma gestão de recursos mais adequada ao ritmo do projeto.

Um dos maiores inconvenientes desta técnica de planeamento prende-se com a dificuldade de diferenciar atividades sobrepostas e com o mesmo declive (taxa de produção). O sucesso deste planeamento depende do conjunto das taxas de produção das diversas atividades, que dependem da estimativa das atividades em relação ao rendimento homens-hora requerido pelo tamanho das equipas (Couto 1998).

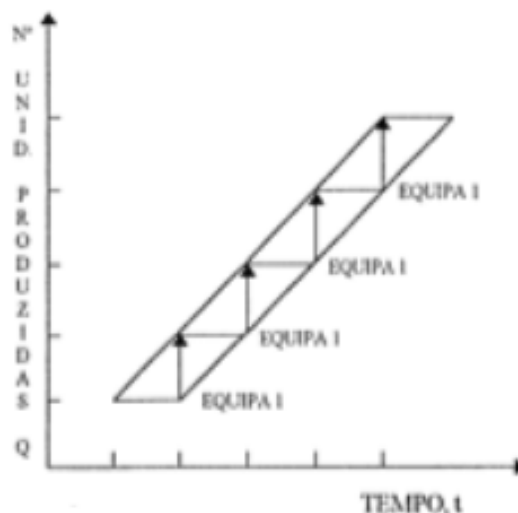


Figura 3 - Diagrama LoB para uma atividade (duração da atividade = 0,5 dias; ritmo normal=2 unid/dia; Nº. de equipas usadas = 1; taxa de produção = 2 unid/dia (Couto 1998)

2.4.1.4. Método de Produção vertical (VPM)

O Método de Produção Vertical surgiu com a necessidade de simplificar o planeamento de projetos que se desenvolvem em altura.

Pode dizer-se que a construção em altura se divide em duas fases distintas. A primeira fase corresponde à implantação do estaleiro, à preparação do terreno, fundações e a estrutura até ao primeiro piso. Uma vez que estas atividades não são repetitivas podem ser planeadas com uma rede CPM. A segunda fase inicia-se quando se começam a construir os pisos. Cada piso passa a ser um projeto individual com atividades e datas definidas.

A representação gráfica é feita através de linhas contínuas ascendentes. Estas linhas têm uma taxa de progressão, no entanto nenhuma pode intersectar a antecessora (Couto 1998).

2.4.1.5. Método de planeamento linear (LSM)

O método de planeamento linear é um método que se aplica a projetos repetitivos em distância, como túneis e construções de estradas. Deste método resulta um gráfico, onde

estão representadas a localização do trabalho e o tempo de cada atividade. Assim, pode-se determinar a localização do trabalho em progresso a qualquer fase do projeto. No eixo das abcissas (xx) representa-se a localização do trabalho do projeto e no eixo das ordenadas (yy) representa-se o tempo de execução (Leong & Kass 2013). As atividades são representadas por linhas com declives constantes, estes declives representam as taxas de produção das atividades e a totalidade do trabalho realizado por unidade de tempo.

As atividades pontuais, que não podem ser representadas por linhas de produção constante, são localizadas nas posições em que devem ocorrer e são referenciadas a diagramas de trabalho que são desenvolvidos à parte.

O LSM é visto como um complemento do CPM, só podendo substituir este último em projetos repetitivos de pequena dimensão (Couto 1998)

As vantagens deste método são (Leong & Kass 2013):

- É fácil de compreender e apresentar graficamente;
- Fornece o programador com uma visão geral do projeto fácil de interpretar, sendo possível identificar a localização de cada atividade e as relações entre diferentes atividades de construção;
- Os recursos necessários para as tarefas lineares podem ser identificados a qualquer momento;
- Meteorologia, restrições contratuais, restrições ambientais e outras podem ser facilmente identificados;
- Mudanças no cronograma são fáceis de fazer;
- É mais fácil medir o progresso e identificar e avaliar o desempenho.

As desvantagens do método de Planeamento linear são (Leong & Kass 2013):

- Não pode utilizar *softwares* para determinar o caminho crítico;
- As tarefas não-lineares do projeto não são suficientemente detalhadas;
- O custo das tarefas ou do projeto não é facilmente determinado;
- As atividades podem não representar a verdadeira complexidade do trabalho;
- Os recursos incluídos no planeamento com CPM, como o nivelamento de recursos, não pode ser utilizado.

2.4.1.6. *Last Planner System*

O método *Last Planner* tem vindo a ser utilizado desde os anos 90 e tem tido uma grande aceitação devido aos seus bons resultados.

Segundo Ballard (2000), todas as atividades, não considerando as mais simples e pequenas, têm de ser planeadas e controladas, por pessoas diferentes, em alturas do projeto diferentes.

O projeto é planeado desde o seu início. Numa primeira fase decide-se a melhor abordagem para a sua execução. Numa última fase existe alguém que decide o trabalho que se vai fazer “amanhã”, esse alguém é chamado de último planeador (*Last Planner*) (Ballard 2000).

O *Last Planner* olha para um planeamento a curto prazo, de maneira a que uma tarefa seja executada da melhor maneira. Cabe-lhe assegurar que estão reunidas todas as condições para a execução da tarefa, ou seja, que o material está disponível, que as tarefas precedentes estão terminadas, permitindo assim que tudo seja executado sem perturbações e de acordo com o planeado (Peneirol 2007)).

Este método tem cinco princípios que, quando implementados, podem trazer muitas vantagens na prática do planeamento de um projeto (Ballard 2000):

- Plano geral – realização de um plano onde se identificam todos os trabalhos a realizar para todo o projeto, mostrando as principais atividades, sua duração e sequência.
- Fase de Planeamento – divide o plano geral em várias fases que visam ao desenvolvimento dos trabalhos, detalhando e estabelecendo metas que possam ser considerados objetivos pela equipa do projeto.
- Planeamento “*lookahaed*” - trata-se de focar a atenção da administração sobre o que deve acontecer em algum momento no futuro e incentivar ações no presente que proporcionem esse futuro desejado.
- Plano de Trabalho Semanal – consiste no planeamento colaborativo das tarefas de produção para o dia seguinte, ou semana seguinte, através de reuniões semanais. A reunião semanal ajuda a planear o trabalho que será feito na semana seguinte, tendo em mente o trabalho que está sendo feito agora e o trabalho que será feito posteriormente. O plano de trabalho semanal abrange questões de segurança, questões de qualidade, recursos, métodos de construção, e os problemas que ocorrem no campo.
- Percentagem do Planeado Concluído (PPC) e análise das causas de tarefas não concluídas – analisa como melhorar o planeamento por aprendizagem contínua com as falhas. A PPC contabiliza o trabalho feito em relação ao trabalho que foi proposto realizar naquele intervalo de tempo. A PPC pode ser calculada como o número de

atividades que foram concluídas conforme o planeado, dividido pelo número total de atividades planeadas e é apresentado como uma percentagem.

2.4.2. Programas de Planeamento

2.4.2.1. **Microsoft Project**

É um *software* criado pela Microsoft com a intenção de oferecer aos utilizadores uma ferramenta de gestão de projetos.

Com esta aplicação informática é possível: efetuar o planeamento do projeto; efetuar o seu acompanhamento em obra; e gerir recursos materiais e humanos.

O *Microsoft Project* permite exportar para outros programas do *Microsoft Office* (*Word*, *PowerPoint*, *Excel*) dados para que sejam tratados e/ou apresentados (Alves & Barbot 2007).

2.4.2.2. **Primavera P6 Enterprise Project Portfolio Management**

Esta ferramenta informática de gestão de projetos, produzida pela *Oracle* é, definida como sendo um *software* fácil de usar e como sendo uma solução para a gestão de qualquer projeto independentemente da sua dimensão (ORACLE 2014).

Com este programa é possível planear, alocar recursos a atividades, monitorizar o planeamento com o progresso do projeto e integrar custos e recursos no sistema de planeamento (ORACLE 2014).

2.5. Medições

2.5.1. Medições em Portugal

As medições servem de base a todo o projeto de execução, uma vez que é a partir destas que é feita a quantificação e a definição de trabalhos, por outras palavras, é com base nas medições que são calculadas as durações das atividades e conseqüentemente é feito o planeamento de obra. Se às quantidades medidas se aplicar os respetivos custos unitários obtém-se a estimativa de custos ou orçamento dos trabalhos.

Nos anos 70 o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, em conjunto com entidades públicas, privadas e com a comunidade técnica, elaborou um documento que pretendia uniformizar os critérios de medição aplicados por medidores e orçamentistas. Este

primeiro documento ainda estava distante daquilo que, já nessa altura, era praticado em alguns países da Europa.

Ao longo dos tempos o “Curso Sobre Regras de Medições na Construção” (CSRMC) passou por algumas alterações continuando a ser, hoje em dia, a única publicação que aborda a temática em Portugal, cuja metodologia, apesar de não ter obrigatoriedade legal quanto à sua aplicação, é lecionada e aplicada pela maioria dos profissionais do setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

O CSRMC é constituído por 25 capítulos que visam descrever o que se deve ter em conta na medição dos diversos componentes da obra de construção civil (ver Tabela 7).

Tabela 7 - Capítulos que compõe o CSRMC

Capítulos presentes no CSRMC	
0- REGRAS GERAIS	13- PORTAS E JANELAS DE PLÁSTICO
1- ESTALEIROS	14- ISOLAMENTO E IMPERMEABILIZAÇÕES
2- TRABALHOS PREPARATÓRIOS	15- REVESTIMENTOS DE PAREDES, PISOS, TETOS E ESCADAS
3- DEMOLIÇÕES	16- REVESTIMENTOS DE COBERTURAS INCLINADAS
4- MOVIMENTO DE TERRAS	17- VIDROS E ESPELHOS
5- PAVIEMNTOS E DRENAGENS EXTERIORES	18- PINTURAS
6- FUNDAÇÕES	19- ACABAMANETOS
7- BETÃO, COFRAGEM E ARMADURAS EM ELEMENTOS PRIMARIOS	20- INSTALAÇÕES DE CANALIZAÇÃO
8- ESTRUTURAS METÁLICAS	21 – INSTALAÇÕES ELECTRICAS
9- ALVENARIAS	22- SERRALHARIAS
10- CANTARIAS	23- ELEMENTOS DE EQUIPAMENTO FIXO E MÓVEL DE MERCADO
11- CARPINTARIAS	24- INSTALAÇÕES DE AQUECIMENTOS DE ÁGUA OU VAPOR
12- SERRALHARIAS	25- INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO

2.5.2. Normas Europeias

Em Mestre (2010) é possível encontrar uma lista de países e as respetivas normas para efetuar medições. Esta lista segundo o autor, foi elaborada pelo *Royal Institution of Chartered Surveyors* (RICS) em 2003. No documento original é apresentada uma lista de países em que, para alguns, não existe informação sobre aquelas normas, por isso, optou-se por apresentar apenas aqueles que na altura da pesquisa feita apresentavam regulamentação própria. É ainda possível encontrar na Tabela 8, além da identificação do documento, os seus autores, se o documento é reconhecido pelas autoridades e se é mencionado no caderno de encargos.

Tabela 8 - Normas existentes em alguns países Europeus

País	Documento	Autores	Reconhecimento pelas autoridades nacionais	Mencionados no caderno de encargos
Bélgica	NBNB 06-001 " <i>Measurement for Buildings</i> " - <i>Measurement Methods for Quantities (standard method of measurement)</i> 1982	<i>Belgium Standards Institute</i>	Sim	Sempre
Holanda	<i>RAW - Rationalisation and automation, Groundwork, road, building, civil structures</i>	Agências governamentais, organizações e institutos públicos, donos de obras	Sim	Sempre
	<i>Stabu - Standard Specifications for Construction of Commercial and Public Service Buildings and Housing</i>	Indústria da construção		
Irlanda	<i>ARM2 - Agreed Rules of Measurement</i>	<i>SCS - Society of Chartered Surveyors</i>	Sim	Sempre
	<i>SMM6 e SMM7 - Standard Method of Measurement 6th and 7th edition</i>	<i>CIF - Construction Industry Federation</i>		
		<i>RICS - The Royal Institution of Chartered Surveyors</i>		
	<i>CESMM3 - Civil Engineering Standard Method of Measurement 3rd edition</i>	<i>ICE - Institution of Civil Engineers</i>		
República Checa	<i>Cenilky URS (Ústav racionalizace ve stavebnictví)</i>	<i>URS (anterior governo)</i>	Não	Por vezes
Reino Unido	<i>SMM6 e SMM7 - Standard Method of Measurement 6th and 7th edition</i>	<i>RICS - The Royal Institution of Chartered Surveyors</i>	Sim	Sempre
		<i>Building Employers Confederation</i>		
	<i>Principles of Measurement International (POMI)</i>	<i>RICS - The Royal Institution of Chartered Surveyors</i>		
	<i>CESMM3 - Civil Engineering Standard Method of Measurement 3rd edition</i>	<i>CE - Institution of Civil Engineers</i>		

2.5.3. Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC)

O desenvolvimento do ProNIC teve início em 2005 no âmbito do Programa Operacional Sociedade do Conhecimento tendo tido várias entidades promotoras, tendo ficado responsáveis pelo seguimento do projeto o Instituto da Habitação e Reabilitação Urbana (IHRU) e as Estradas de Portugal (EP). A execução técnica é composta por Instituto da Construção (IC-FEUP), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto (INESC Porto) (Ingenium 2008).

Este Protocolo veio tentar colmatar algumas lacunas existentes no setor da construção em Portugal, no qual são reconhecidas algumas debilidades, tais como a falta de eficiência e rentabilidade e a falta de qualidade de execução (Ingenium 2008). O objeto final deste projeto é o desenvolvimento duma base de dados que compila conhecimento sobre os trabalhos de construção e uma ferramenta informática que permite a gestão de todos os conteúdos referentes à construção (Ingenium 2008).

Com o programa informático que foi criado pelo ProNIC todos os agentes do processo da construção têm acesso a (Ingenium 2008):

- Articulados detalhados e exaustivos para criação de Mapas de Trabalhos e Quantidades;
- Fichas de execução de trabalhos;
- Fichas de Materiais.

2.6.BIM (*Building information Modeling*)

O desenho computadorizado (*Computer Aided Design - CAD*) há muito que está a ser desenvolvido e está implementado na indústria da construção. Uma vez desenvolvidas as ferramentas, necessárias para este tipo de desenho, surgiram novos métodos que pretendem interligar todas as áreas que um projeto de engenharia civil envolve.

Originalmente o desenho assistido por computador era uma representação geométrica 2D do edifício. Esta representação é composta por elementos simples de desenho (linhas, arcos, etc). Neste tipo de desenho uma parede, por exemplo, é representada por linhas paralelas. Mais tarde o desenho de arquitetura evoluiu, naturalmente, para o 3D usando os mesmos princípios.

Para que se possa utilizar a metodologia BIM é necessário uma representação 3D. A maior diferença entre 3D CAD e BIM prende-se com a “inteligência” da representação, pois em BIM os objetos são parametrizados (largura, altura, material, propriedades físicas, etc.) (Howell & Batcheler 2005).

Segundo (Lino et al. 2012), BIM é uma metodologia que passa pela partilha de informação entre cada participante durante as diferentes etapas que compõem o ciclo de vida de um projeto de construção civil (projeto, construção, manutenção e desconstrução). Esta metodologia consiste na conceção de um modelo 3D que contém toda a informação sobre o edifício, não só geométrica, mas também as propriedades dos materiais.

A troca de dados entre diferentes aplicativos faz-se através de um formato aberto IFC (*Industry Foundation Classes*) que a IAI (*International Alliance for Interoperability*) tem desenvolvido para facilitar a interoperabilidade da indústria da Construção.

Sendo o projeto de engenharia civil o resultado do trabalho de vários intervenientes, os quais executam o projeto das diferentes especialidades com recurso a diferentes aplicações informáticas, utilizando um modelo de trabalho comum, que repercute de forma automática qualquer alteração produzida e permita detetar erros, omissões e incompatibilidades entre os diferentes projetos. A capacidade de interligar a informação proveniente de todas essas especialidades é o que se chama de interoperabilidade (Eastman et al. 2011).

2.6.1. BIM 4D

A quarta dimensão BIM é a temporal, ou seja, procura-se incorporar no modelo (realizado em 3D) uma componente de tempo, nomeadamente o planeamento. Neste método é possível ligar o modelo a três dimensões ao BIM 4D possibilitando a visualização ao longo do tempo do processo construtivo, simulando-o. Este método facilita a visualização e a comunicação entre as partes envolvidas, do projetista ao empreiteiro e mesmo ao dono de obra. (Dung & Tarar 2012)

Os *softwares* BIM 4D permitem extrair quantidades precisas dos modelos tornando o cálculo de durações e o planeamento mais rigoroso (Ferreira 2015).

2.6.2. BIM 5D

O custo/orçamentação é a quinta dimensão do BIM. Com estas ferramentas é possível fazer comparações de desvios do orçamento por fases do projeto. Estes orçamentos podem ser mais ou menos exatos consoante o grau de detalhe do projeto, por exemplo: se o projeto estiver numa fase inicial o modelo pode ser menos detalhado e o orçamento será apenas provisório e vago (Ferreira 2015).

2.6.3. BIM 6D

Esta dimensão diz respeito à fase de exploração do edifício. Assim é possível compilar informação sobre os materiais e componentes utilizados, podendo condensar manuais, fichas técnicas e especificações de operações de manutenção (Ferreira 2015).

Funciona como um “cadastro” do edifício em que podem ser encontradas todas as operações de manutenção efetuadas, todos os manuais de utilização dos equipamentos e todas as especificações dos materiais (por exemplo: tintas, portas, caixilharias) com datas e características dos materiais aplicados (Ferreira 2015).

2.6.4. Extração de quantidades em BIM

A determinação de quantidades é a base para que possa ser possível efetuar o planeamento e a orçamentação de um projeto (Monteiro & Martins 2012).

O método mais usado ainda é a leitura do projeto 2D e a quantificação manual dos materiais. Este método tem vindo a demonstrar algumas lacunas, ficando a qualidade do projeto dependente maioritariamente do profissional que nele trabalha. Assim, na expectativa de melhorar este processo tem-se tentado retirar proveito da evolução das ferramentas BIM. Esta evolução tornou possível extrair quantidades diretamente do modelo de arquitetura (Choi et al. 2015)

Um dos maiores problemas encontrado, no que diz respeito à extração de quantidades com metodologia BIM prende-se com a qualidade dos modelos. Com a evolução dos programas foi possível mitigar algumas dessas incongruências, no entanto, é sempre necessário rever os resultados extraídos, e um dos principais problemas é que para ter uma opinião crítica sobre os resultados dados pelo *software* é necessário experiência por parte dos técnicos que realizam o trabalho (Smith 2014).

A definição dos elementos do modelo também é uma fonte de erro que pode influenciar os resultados da extração, especialmente no que se refere às respetivas composições (representação de um objeto composto por várias camadas com diferentes espessuras – objeto: parede composta por tijolo, isolamento térmico, tijolo e azulejo) (Monteiro & Martins 2012).

Segundo Monteiro e Martins (2012) as composições são assumidas pelo programa como um único objeto com as mesmas dimensões independentemente das camadas que o compõem. No mesmo estudo foram apresentados quatro métodos de modelação e tiradas algumas conclusões expostas na Tabela 9.

Os métodos de modelação que os autores propõem são (Monteiro & Martins 2012):

- Método Um - Modelar cada camada separadamente;
- Método Dois - Modelar a estrutura numa camada e as restantes numa composição;
- Método Três - Modelar o mesmo objeto em duas composições separadas;

- Método Quatro - Modelar tudo numa única composição.

No primeiro método as camadas são modeladas independentemente umas das outras, constituindo assim objetos diferentes.

No segundo método propõem-se modelar dois objetos distintos em que um é a estrutura e outro uma composição das restantes camadas da parede.

O terceiro modela, por exemplo, uma parede com diferentes composições em altura.

O último produz um único objeto composto por diversas camadas, uma única composição.

Tabela 9 - Tabela Resumo das conclusões do estudo apresentado por (Monteiro & Martins 2012)(adaptado de (Monteiro & Martins 2012))

Descrição do método	Método Um	Método DOIS	Método Três	Método Quatro
Nível de detalhe	Alto	Médio	Razoavelmente alto	Baixo
Isolar elementos/materiais	Fácil	Moderado	Difícil	Difícil
Restrições de modelação	Poucas	Moderado	Bastantes	Bastantes
Modelar aberturas	Difícil	Razoavelmente difícil	Razoavelmente fácil	Fácil
Compatibilidade IFC	Alta	Media	Baixa	Baixa
Extração de quantidades	Simple	Media	Difícil	Difícil
Extração de desenhos/vistas	Bom	Razoavelmente bom	Razoavelmente bom	Razoavelmente bom
Tempo/custos despesas	Alto	Medio	Medio	Baixo
Análise pré-modelação	Baixo	Alto	Alto	Alto
Organização de dados	Disperso	Moderado	Moderado	Moderado
Navegação	Lento	Moderado	Razoavelmente lento	Razoavelmente rápido
Atualização do modelo	Difícil	Razoavelmente difícil	Razoavelmente fácil	Fácil

No presente trabalho optou-se por modelar pelo método um - modelar todas as camadas isoladamente. Este método é aquele que melhor serve o propósito deste trabalho uma vez que é o método com melhor compatibilidade com o IFC, em que é possível obter listas de quantidades mais detalhadas.

2.6.5. IFC

O IFC (*Industry Foundation Classes*) é o formato desenvolvido pela *BuildingSmart*, de forma independente de qualquer fornecedor de *software*, que permite a troca de informação do projeto durante todo o seu ciclo de vida. Com esta extensão é possível importar e exportar ficheiros entre *softwares* de empresas diferentes, favorecendo a respetiva interoperabilidade. Este formato foi desenvolvido de maneira a poder conter informação sobre todas as fases do projeto de arquitetura, estabilidade, redes (características dos materiais, parâmetros de definição dos objetos), de simulação (como: térmica, económica, planeamento, entre outro) (Eastman et al. 2011).

Uma das grandes utilizações prende-se com o desenvolvimento de bibliotecas de objetos (equipamentos de casa de banho, peças de mobiliário, portas, janelas, revestimentos) compatíveis com os diferentes *softwares*. Estes objetos são gravados em formato IFC permitindo assim transversalidade na sua utilização (Pedroto & Martins 2012).

O IFC é um formato em constante evolução e desenvolvimento apresentando ainda lacunas que dificultam a interoperabilidade total entre diferentes programas (Pedroto & Martins 2012).

O IFC pode ser utilizado nas diferentes aplicações da indústria da construção uma vez que, cada fabricante pode fornecer os seu produto neste formato dando lhes mais visibilidade e mais pormenor e a possibilidade de serem integrados em modelos BIM (Ferraz & Morais 2012).

2.6.6. Normas e diretrizes existentes

Um pouco por todo o mundo estão a ser desenvolvidas normas que regulam as boas práticas de um projeto BIM de maneira a que todos os documentos possam ser tratados por diferentes intervenientes e todos o possam compreender.

Na Tabela 10 apresentam-se algumas das normas que existem a nível mundial. A comissão Europeia criou um grupo de trabalho para a elaboração de uma norma Europeia em que Portugal está representado pelo Instituto Português da Qualidade (Aguiar 2015).

Tabela 10 - Tabela síntese de algumas das principais normas BIM(Silva 2013)

País	Organização	Nome da norma	Data de Publicação
Austrália	NATSPEC	<i>NATSPEC National BIM Guide</i> <i>NATSPEC BIM Object/Element</i>	19-Set-2011

País	Organização	Nome da norma	Data de Publicação
		<i>MATRIX</i>	
Dinamarca	<i>Erhvervsstyrelse (National Agency for Enterprise and Construction)</i>	<i>Det digitale Byggeri (Digital Construction)</i>	01-Jan-2007
Finlândia	<i>BuildingSMARTFinland</i>	<i>Common BIM requirements 2012 (COBIM)</i>	27-Mar-2012
Reino unido	<i>AEC (UK)</i>	<i>AEC (UK) BIM Protocols</i>	07-Set-2012
Noruega	<i>Statsbygg</i>	<i>Statsbygg Building Information Modeling Manual</i>	24-Nov-2011
Singapura	<i>Building and Construction Authority</i>	<i>Singapore BIM Guide</i>	15-Mai-2012
	<i>CORENET e-submission System (ESS)</i>	<i>CORENET BIM e-submission Guidelines</i>	25-Jan-2010
Estados Unidos da América	<i>National Institute of Building Science (NIBS) – BuildingSMART alianca (bSa)</i>	<i>National BIMM Standard (NBIMS)</i>	04-Mai-2012
	<i>American Institute of Architects (AIA) Contract Documents</i>	<i>E202-2008 BIM Protocol Exhibit</i>	2008
	<i>New York City Department of Design + Construction</i>	<i>BIM Guidelines</i>	1-Jul-2012
	<i>United States Department of Veterans Affairs (VA)</i>	<i>The VA BIM Guide</i>	02-Abr-2010
	<i>Indiana University Architect's Office and Engineering Services</i>	<i>IU BIM Guidelines & Standards for architects, Engineers, and Contractors</i>	02-Jul-2010
	<i>buildLACCD (Los Angeles Community College District)</i>	<i>BIM Design-Bid-Build Standards</i>	29-Jun-2011
		<i>LACCD BIM Standards</i>	02-Jun-2010
	<i>United States General Services Administration (GSA)</i>	<i>National 3D-4D Building Information Modeling Program</i>	15-Mai-2007

2.6.7. Níveis de desenvolvimento

LoD, *Level of Development* ou Níveis de Desenvolvimento são os níveis de pormenorização do modelo que cada fase do projeto exige (Ikerd et al. 2013). Consoante o LoD os participantes no projeto sabem a quantidade de informação que podem esperar que o modelo contenha (AIA 2013).

Em (Silva 2013) é possível encontrar um paralelismo entre os LoD e as normas portuguesas que especificam as fases de um projeto e o respetivo conteúdo (Portaria 701-H/2008, publicada em Diário da República em 29 de julho):

- LoD 100 - Programa Base;
- LoD 200 – Estudo Prévio/Anteprojeto;
- LoD 300 – Projeto de execução;
- LoD 400 – Preparação e execução de obra;
- LoD 500 – Modelo Virtual – Após Construção.

Em AIA (2013), pode-se encontrar o que se pretende com determinado LoD, conforme se indica de seguida:

- LoD 100 – O modelo poderá conter informações gerais e indicativas: áreas, volumes, localizações e orientações. Todas as estimativas que se poderão apresentar nesta fase serão também indicativas (custos, planeamentos);
- LoD 200 – Nesta fase o modelo poderá apresentar mais alguma informação que na anterior, permitindo já algum cálculo básico da estrutura e estimativa de custos.
- LoD 300 – Deverá conter toda a informação necessária para que sejam elaborados os projetos de arquitetura, estruturas, especialidades, planeamento e orçamentação.
- LoD 400 – O modelo deverá conter informação detalhada de todos os elementos. Deverá conter informação específica dos objetos de modo a poderem ser fabricados. O planeamento e orçamento, nesta fase, são detalhados e específicos.
- LoD 500 - Este, deverá conter toda a informação do anterior para que possa ser usado na fase de exploração e manutenção do edifício.

2.6.8. *Softwares*

Hoje em dia existe uma grande quantidade de empresas de *software* que está a investir na área de aplicações BIM.

Muitas vezes confunde-se BIM com um programa de computador sendo um erro frequente. As maiores empresas de *software* para a construção já têm um grande número de aplicações no mercado que em conjunto conseguem representar um projeto por inteiro, desde a arquitetura, às estruturas, redes, planeamento de obra e estimativa de custos.

Nos próximos pontos vão ser descritos alguns dos programas mais utilizados na indústria de AEC.

2.6.8.1. **Revit CAD (3D)**

Este programa é apontado como o líder de mercado pertencendo à companhia de *software Autodesk*, e inclui *Revit Architecture*, *Revit Structure* e *Revit MEP* (ou seja, arquitetura, estruturas e redes).

Segundo (Eastman et al. 2011), *Revit* tem uma interface de utilização intuitiva o que faz com que produzir, editar e extrair desenhos seja fácil. É um programa que inclui uma extensa biblioteca de objetos para complementar o desenho de arquitetura (loijas de casa de banho, mobiliário, portas e janelas).

Sendo um *software* que pertence a uma empresa com grande implantação no mercado a nível mundial, o *Revit* tem compatibilidade com outros programas de cálculo estrutural, desenho e de desenho de redes (tais como o *Robot HydraCad*, *MagiCad*, *QuantaCad*, *Energyplus*, *Ecotec*). Ainda é possível abrir ficheiros em DXF, vindos de *Sketchup*, *AutodesSys* e *GoogleEarth*. Foi também anunciada a interoperabilidade entre o *Archimedes* (do *software* CYPE) e o *Revit*. Na versão mais recente já é possível trabalhar nos ficheiros dos *softwares* referidos, sendo possível escolher pontos e editá-los, por exemplo. Em versões mais antigas apenas era permitida a visualização (Eastman et al. 2011).

2.6.8.2. *ArchiCAD*

Este é a aplicação de arquitetura BIM mais antiga do mercado, segundo Eastman *et al.* (2011). Foi desenvolvido pela *Graphisoft* nos anos 80. Mais tarde esta empresa foi adquirida pela *Nemetschek*, uma empresa Alemã que era detentora de *softwares* para engenharia civil. É um programa com um uso intuitivo, gera desenhos automáticos e altera automaticamente as correções efetuadas nas plantas em todas as vistas e cortes que já estiverem definidos, tal como o *Revit*. Tem uma biblioteca de objetos extensa, sendo possível alargar essa mesma biblioteca recorrendo a objetos disponíveis na internet. Este *Software* está disponível para sistemas operativos *Windows* e *Mac*.

É possível exportar ficheiros deste programa e abri-los em outras aplicações como: *Tekla Structures*, *Revit Structures* e *Revit MEP*, *Energyplus*, *Green Building Studio* (Eastman et al. 2011).

2.6.8.3. *Tekla Structures*

Este programa pertence a uma empresa com mercados variados (dentro da construção civil) desde o projeto de estruturas, infraestruturas, gestão de obra e energia. No entanto, onde cresceu e ganhou mais clientes foi na indústria da construção metálica. Nesta área apresenta uma biblioteca muito completa de perfis e ligações, e o utilizador pode incluir uma grande quantidade de pormenores nos seus desenhos. É ainda possível que vários intervenientes trabalhem ao mesmo tempo no mesmo projeto.

Tendo crescido no mercado da construção metálica é ainda possível desenhar com grande pormenor em outros materiais como é o caso das estruturas de betão armado e de madeira.

Existem ainda aplicações de controlo de projeto e de visualização.

Este *software* tem comunicação com outros, tais como com o: *SAP2000*, *Robot Millenium* e *CYPECad* (Eastman et al. 2011).

2.6.8.4. *Vico Office*

Este *software* é direcionado para a gestão indústria da construção aplicando-se em toda a gama desta área, desde a fase inicial do projeto até à fase de exploração do edifício. É utilizado na redução de riscos, na orçamentação, no planeamento e controlo de produção.

Segundo o sítio da internet da empresa detentora deste *software*, o programa é pioneiro no que diz respeito às soluções de 5D na categoria de BIM (5D, cinco dimensões do projeto: coordenação; quantidades; estimativa de custos; planeamento; e controlo de produção).

A empresa que desenvolveu o *Vico Office*, em 2012 foi adquirida pela *Trimble Navigation, Lda*.

2.6.8.5. *Autodesk Navisworks*

Este *software* da *Autodesk* é um complemento ao *Revit* uma vez que torna possível a compilação dos projetos de especialidade e faz toda a parte de gestão de projeto.

Nesta aplicação é possível detetar incompatibilidades de projeto, evitando erros que habitualmente seriam detetados e corrigidos em obra, dando origem a acréscimos orçamentais e trabalhos extra. Possibilita a visualização em três dimensões do planeamento. Esta animação é feita através da associação dos elementos desenhados às atividades fazendo uma animação onde é possível acompanhar a ordem temporal dos trabalhos (*Autodesk 2014*).

2.6.8.6. *Solibri*

Solibri tem como objetivo reduzir o desperdício, otimizando os custos e a eliminação de desperdícios de materiais. A empresa tem para oferecer três ferramentas distintas (*SOLIBRI INC. 2015*):

- *Solibri Model Checker*;
- *Solibri Model Viewer*;
- *Solibri IFC Optimizer*.

Solibri Model Checker é um *software* de revisão de projeto que ajuda a encontrar e visualizar problemas antes, durante e na fase de exploração do projeto.

Esta ferramenta permite navegar no modelo 3D com facilidade, detetar erros e incompatibilidades entre as várias especialidades de um projeto. O programa tem ainda a funcionalidade de extração de listas de quantidades que podem ser personalizadas e fazem os cálculos mais básicos (áreas, volumes, comprimentos e larguras).

Tem uma boa comunicação tanto com outras ferramentas BIM (através de IFC) como com ferramentas de apresentação (SOLIBRI INC. 2015).

O *Solibri Model Viewer* é uma ferramenta de visualização que permite o acesso ao modelo e às listas de quantidades. Este programa funciona como uma ferramenta de apoio em obra substituindo as plantas dos projetos em papel e tornando mais fácil a interpretação de todos os componentes do projeto (SOLIBRI INC. 2015).

Solibri IFC Optimizer é uma aplicação que tem o intuito de otimizar a compressão do ficheiro IFC tornando-o mais leve e compacto. Esta ação diminui o tamanho do ficheiro tornando mais rápido o envio e a descarga do projeto (SOLIBRI INC. 2015).

2.7.BIM em Portugal

Em Portugal ainda não são conhecidas normas ou qualquer tipo de especificações que guiem os profissionais do setor da AEC na execução de um projeto utilizando a metodologia BIM. No entanto é possível encontrar três projetos que dedicam a sua atenção ao BIM em Portugal tentando compilar e fornecer informação existente em outros países mais avançados nesta matéria. Os três projetos são:

- SIGABIM;
- BIMFórum;
- BIMClub;
- Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção.

2.7.1. SIGABIM

O projeto é uma parceria entre a Mota-Engil Engenharia e Construção, ARQUIFAM e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, com o objetivo de desenvolver *standards* e linhas de orientação para a realização de projetos BIM (Monteiro & Poças Martins 2012), tem ainda a intenção de dar conhecimento à comunidade da indústria de AEC do que é feito em meio académico aproximando-os de modo a que possam colaborar com benefícios para as duas partes (GEQUALTEC 2011).

2.7.2. BIMFórum

O BIMFórum é um sítio da internet que tem como objetivo principal promover a partilha de experiências, conhecimento científico e profissional. É um espaço que serve ainda para dar a conhecer publicações científicas nacionais e internacionais, informação sobre congressos nacionais e internacionais com a perspetiva de que contribua para melhorar as boas práticas no sector (Silva 2013).

2.7.3. BIMClub

O BIMClub foi formado por docentes e estudantes da Universidade do Minho com o objetivo de condensar num sítio de internet todas os trabalhos académicos desenvolvidos ou em curso nas instituições de ensino em Portugal (desde Universidades, Politécnicos e cursos profissionais). Esta iniciativa já foi adotada em outras universidades tais como a Universidade de Coimbra o Instituto Superior Técnico e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O BIMClub é um complemento do BIMFórum (BIMClub 2012).

2.7.4. Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção (PTPC)

A PTPC tem como objetivos promover a competitividade, a vigilância tecnológica e a inovação tecnológica no sector da construção (PTPC 2011).

Esta plataforma formou um Grupo de Trabalho que participa na comissão técnica designada para a elaboração de normas portuguesas e contribui para aproximar o sector da construção das instâncias com poder de decisão (Aguiar 2015).

2.8. Vantagens e desvantagens da utilização de BIM

Mesmo sendo uma metodologia relativamente recente, já há alguns estudos que identificam alguns dos pontos fortes e fracos do BIM.

Algumas das vantagens que têm vindo a ser indicadas são (Monteiro & Martins 2011):

- Organização e compilação de informação relativa aos projetos;
- Redução de erros devido à não introdução repetida de dados;
- Agilização de processos;

- Aumento de produtividade devido à partilha de informação mais rapidamente e mais precisa;
- Melhor comunicação entre partes envolvidas, reduzindo tempos de execução.

Por ser uma metodologia em desenvolvimento há muito por onde melhorar e já foram identificados alguns dos maiores entraves à utilização do BIM. Algumas dessas limitações são (Lino et al. 2012):

- Investimento: o custo inicial do *software*;
- A necessidade de fornecer formação aos técnicos: a curva de aprendizagem é lenta devido à complexidade do *software* e devido à mudança de mentalidade que esta metodologia exige;
- A colaboração entre todas as partes envolvidas no projeto: não é garantido que todas as partes envolvidas no projeto esteja sensibilizada para o uso desta metodologia, perdendo-se uma das maiores vantagens em usar BIM que pressupõe que se todos usem o mesmo modelo, evitando-se erros de compatibilidade entre as especialidades, instantaneamente;
- Interoperabilidade: em casos em que é necessário a importação e a exportação de dados entre *softwares*, este processo não é perfeito o que pode levar a perda de informação

Descrição do caso de estudo

3. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

3.1. Enquadramento geral do caso estudo

O edifício objeto de estudo situa-se no Campo dos Mártires da Pátria na cidade do Porto. É um típico exemplar de uma Casa Burguesa Portuense, do século XIX.

A informação que se segue foi obtida a partir da análise do projeto de reabilitação do edifício, fornecido em *Autocad*, que inclui a representação dos elementos a demolir e a construir.

O edifício tem cinco pisos, incluindo a cave que serve de apoio ao comércio existente no rés-do-chão, contendo uma zona de sanitários e de arrumação. Os três pisos superiores são destinados à habitação.

As paredes exteriores são de granito, sendo as paredes laterais ou meeiras as paredes que suportam as cargas verticais dos pisos e da cobertura e têm cerca de 25cm de espessura. As paredes de fachada são igualmente de alvenaria de granito mas têm maior espessura. A parede de fachada principal apresenta 65cm de espessura uma vez que é nesta parede que se encontram maiores aberturas. A parede de tardoz apresenta uma espessura de 45cm.

O piso térreo apresenta duas portas na fachada principal uma que dá acesso ao comércio que se encontra no rés-do-chão e outra que permite aceder às escadas para os pisos superiores. A estrutura dos lances de escadas são de madeira bem como os cobertores, espelhos e corrimão. No telhado existem dois elementos típicos deste tipo de construção, as claraboias e os mirantes. As claraboias situam-se na caixa de escadas de modo a fornecer luz natural. O mirante ou trapeira é a única abertura na fachada principal (ver Figura 4).



Figura 4 - Desenho CAD do caso de estudo

3.2. Antes das obras de reabilitação

3.2.1. Distribuição das divisões

Originalmente o rés-do-chão tinha instalação sanitária que serviria o comércio. A cave era dividida por uma parede e o espaço seria de apoio ao piso superior (Figura 5 a) e b)).

O primeiro e segundo piso eram semelhantes, teriam quatro divisões. É possível observar nas plantas fornecidas que existiam duas portas, uma que dava acesso direto a uma divisão e outra que acedia ao corredor que tinha acesso a todas as outras divisões. A primeira divisão à direita era uma instalação sanitária com base de chuveiro, lavatório e bacia de retrete. A segunda porta à direita dava acesso a uma divisão que seria a cozinha. À esquerda apenas uma porta para uma divisão maior. No primeiro piso não existia ligação entre a divisão maior e uma mais pequena que lhe era contígua; no segundo piso já existia uma abertura entre as duas divisões (Figura 5 c) e d)).

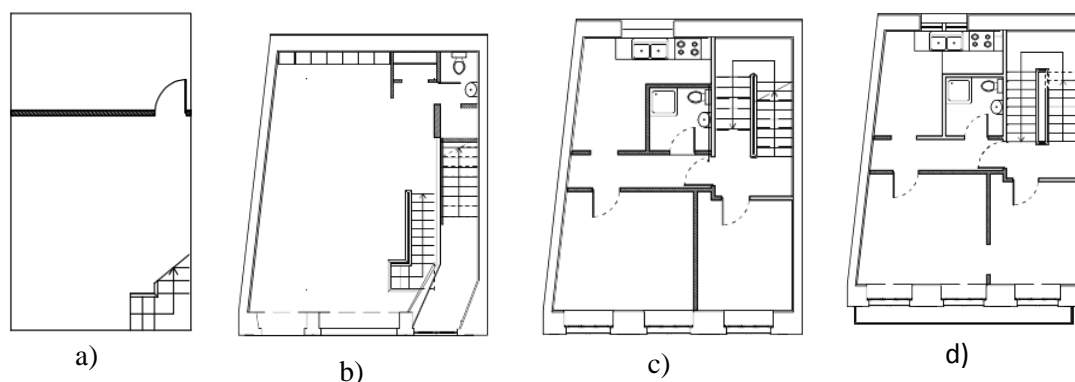


Figura 5 – Plantas CAD do caso de estudo antes da intervenção: a) planta da cave; b) planta do R/C; c) planta do primeiro andar; d) Planta do segundo andar.

O terceiro piso apenas difere dos inferiores por ter mais uma divisão. A divisão maior foi dividida ao meio, como é possível observar na Figura 6 a).

As águas furtadas tinham duas portas de acesso, uma que acedia a um espaço amplo onde se podia encontrar a trapeira, e outra que dava acesso a duas divisões: uma casa de banho com bacia de retrete e lavatório e uma divisão com um lava-louça.

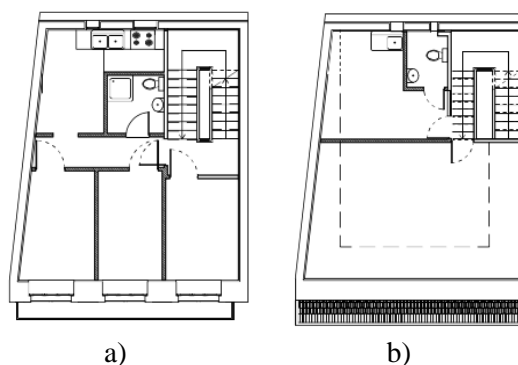


Figura 6 – Plantas CAD do caso de estudo antes da intervenção. a) Planta do terceiro andar; b) planta das águas furtadas.

3.2.2. Estrutura do edifício (pisos e paredes interiores e cobertura)

De acordo com os elementos do projeto de reabilitação a estrutura dos pisos eram compostas por vigas, ripado e soalho de madeira e as paredes interiores em tabique.

A estrutura da cobertura era constituída por cinco águas revestidas em telha cerâmica, suportadas por uma estrutura de madeira constituído por um sistema de asnas, madres e ripas. As paredes da trapeira e uma outra eram de chapa de zinco (Figura 7).

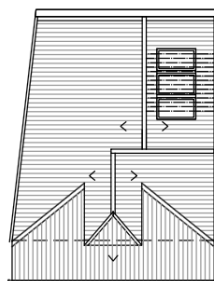


Figura 7 - planta CAD da Cobertura

3.3. Depois das obras de reabilitação

3.3.1. Distribuição das divisões

A disposição dos andares foi completamente mudada. A cave contém, além das instalações sanitárias, ainda um espaço para arrumação, destinando-se ambos a servir o comércio localizado no rés-do-chão, logo por cima, como se pode verificar na Figura 8 a) e b).

Os três andares de habitação foram completamente remodelados através da reorganização das divisões. Pode-se observar na Figura 8 c), que os pisos têm todos a mesma distribuição e

número de divisões. A porta de entrada dá acesso a um espaço amplo onde se encontra a cozinha, tem ainda uma divisão mais pequena, o quarto e uma instalação sanitária completa. As águas-furtadas após a reabilitação do espaço ficaram amplas, ficando dividida, apenas, em duas divisões, uma instalação sanitária com bacia de retrete e lavatório e uma divisão ampla (Figura 8 d)).

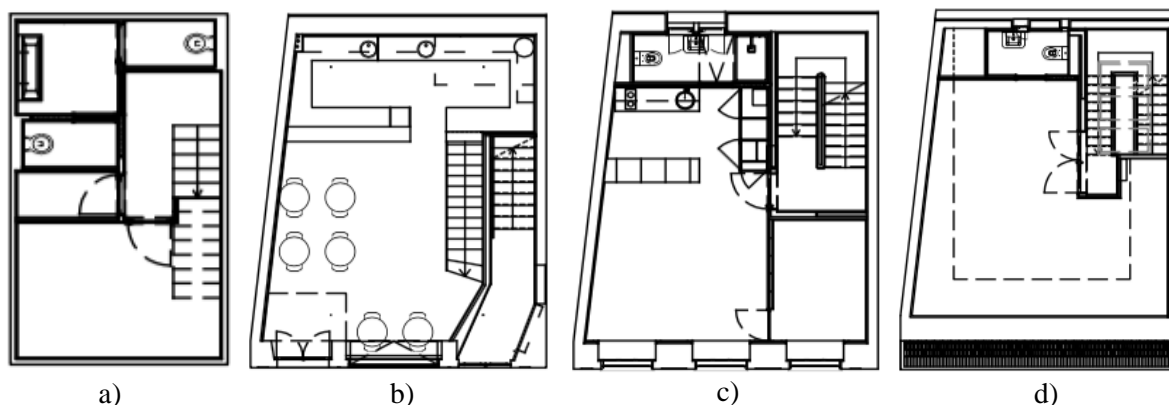


Figura 8 - Plantas CAD do caso de estudo após a intervenção. a) Planta da cave; b) planta do R/C; c) planta dos andares de habitação; d) planta das águas furtadas.

3.3.2. Estrutura do edifício (pisos e paredes interiores e cobertura)

A estrutura principal do edifício manteve-se. Não há informação que as paredes resistentes tenham sido alvo de qualquer intervenção a nível estrutural. Foram picadas e novamente rebocadas, as paredes de fachadas foram lavadas com jato de água sob pressão.

O piso térreo (cave) foi alvo de maior intervenção. Foi feita uma escavação de cerca de sessenta centímetros, para aumentar o respetivo pé-direito. A laje é constituída por uma camada de brita de quinze centímetros, uma manta geotêxtil, betão de regularização de cinco centímetros, manta acústica, betão armado com quinze centímetros e o acabamento em revestimento cerâmico (Figura 9).

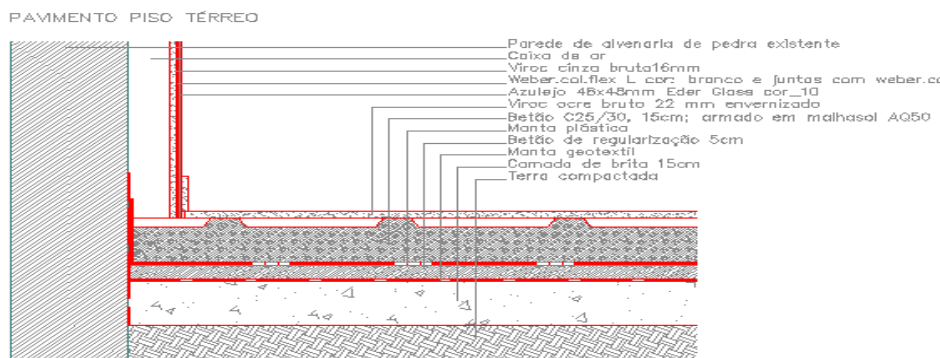


Figura 9 – Pormenor do pavimento do piso térreo.

Os pisos das habitações foram reabilitados, foi feita uma inspeção que determinou que elementos teriam de ser substituídos/tratados. A estrutura dos pisos é composta por: vigas de madeira, isolamento acústico, estrado de OSB, isolamento térmico (seis centímetros de lã de rocha), ripado de madeira e pavimento de madeira (Figura 10).

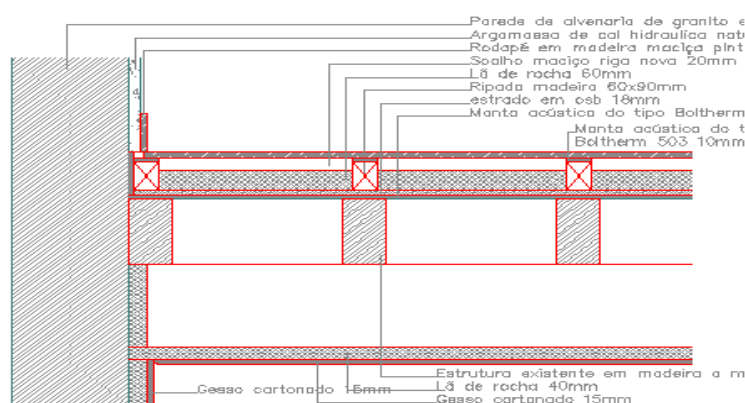


Figura 10 – Pormenor do pavimento do piso das habitações das zonas secas.

O piso das zonas húmidas, instalações sanitárias e cozinhas, foi reforçado com uma lâmina de betão leve e malhasol. Assim estas zonas são constituídas por: vigas de madeira, manta acústica, contraplacado marítimo, estrado OSB, betão leve de sete centímetros e o revestimento de acabamento (Figura 11).

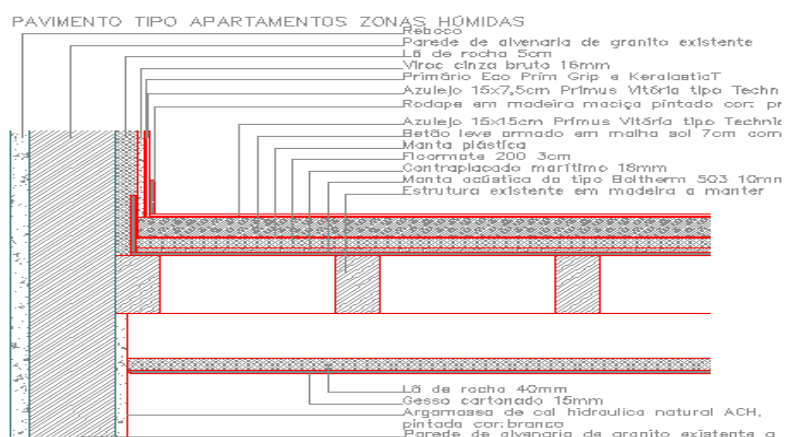


Figura 11 – Pormenor do pavimento do piso das habitações das zonas húmidas.

A estrutura da cobertura foi removida e substituída por um sistema semelhante de asnas de madeira. O revestimento em telhas cerâmicas também foi substituído, assim como todas as camadas que constituíam a cobertura. Além da estrutura e do revestimento em telha

cerâmica a cobertura é composta por: placa OSB, tela para-vapor, isolamento térmico, tela impermeável.

O revestimento em chapas de zinco das paredes exteriores foi também substituído por um revestimento novo no mesmo material. Foram colocadas novas claraboias que fornecem luz natural à caixa de escadas.

Modelação do caso de estudo

4. MODELAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

4.1. Introdução à modelação do caso de estudo

Num paradigma onde o projeto de construção é composto por peças desenhadas e peças escritas, em Portugal, o mais habitual ainda são a respetiva representação através de desenhos 2D acompanhados pelas correspondentes memórias descritivas. São estes os documentos por onde se regem as entidades executantes, que necessitam de recorrer à capacidade de “imaginação” para transformar o que se visualiza em duas dimensões e saber o que é necessário construir, obviamente, em 3D. Já é usado com frequência o 3D mas apenas como meio de apresentação de uma visualização, para que seja mais fácil entender a criação da obra arquitetónica. Ainda não é habitual que o projeto seja totalmente executado em 3D e devidamente parametrizado através da metodologia BIM.

4.2. Modelação em *ArchiCAD* a partir do 2D

A modelação do edifício, objeto de estudo, foi feita em *ArchiCAD* 17, não teve em conta os projetos de especialidades, mas apenas o projeto de arquitetura, apresentando níveis de detalhe (LOD) 200 e 300. Apresenta dimensões rigorosas (espessuras, alturas, comprimentos) no entanto, os materiais e objetos são genéricos e apenas representativos.

Para modelar foi necessário introduzir no *ArchiCAD* as plantas do caso de estudo (Figura 12).

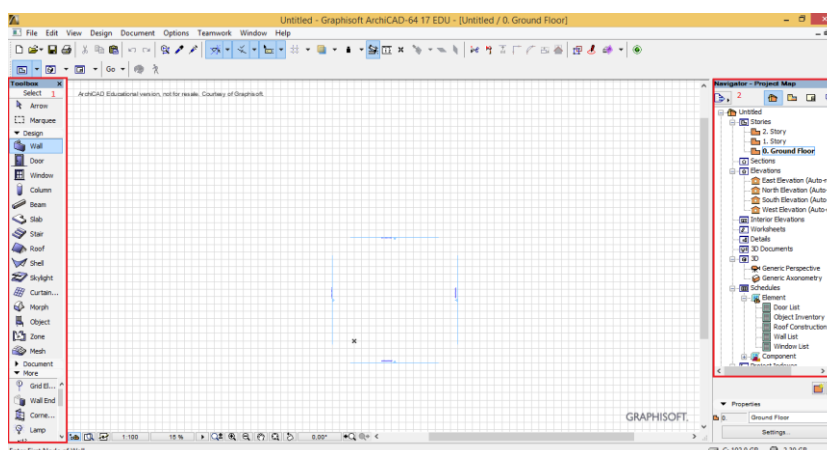


Figura 12- Vista inicial do *ArchiCAD*, onde: (1) *Toolbox* - contém todos os objetos que podem ser usados no desenho do modelo e (2). *Navigator* – Ajuda a mudar rapidamente de plano, vista. Dá acesso aos cortes criados, assim como às listas.

O material que foi utilizado para começar a modelação em *ArchiCAD* encontrava-se em *AutoCAD*, o que tornou possível editar as plantas. Para tornar os ficheiros de *AutoCAD* mais leves e os desenhos menos cheios foi necessário simplificar as plantas, não alterando a geometria, apenas apagando tramas, cotas e legendas desnecessárias para a modelação.

Na importação das plantas para o *ArchiCAD* foi necessário ter em consideração a posição onde são coladas as plantas. É importante que a colocação seja feita nas mesmas coordenadas, para que, quando o programa monte a imagem 3D, ou seja, em altura os níveis/pisos não fiquem desfasados entre si. Para que seja possível organizar o projeto é necessário definir os pisos no mapa de projeto, de modo a que cada piso contenha a informação correspondente (plantas, pé-direito)

Uma vez posicionadas as plantas, foi necessário desenhar e parametrizar todos os elementos constituintes do projeto. Foi necessário desenhar camada por camada, no caso das paredes, dos pisos e dos tetos falsos foram desenhados os diferentes objetos com as dimensões com os nomes especificados no projeto de arquitetura. Nesta parametrização é possível atribuir nomes aos materiais e especificar todas as características de desenho, como: espessuras, alturas, cor (Figura 13).

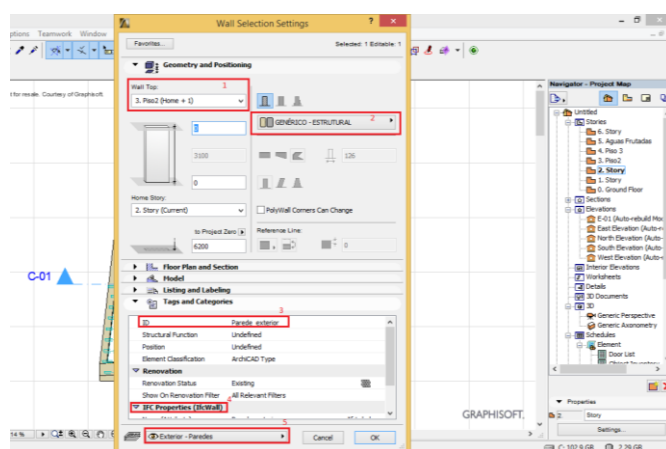


Figura 13 - Janela do *ArchiCAD* onde é possível parametrizar um objeto, onde: (1) se pode escolher os limites dos objetos (neste caso o limite superior, mas em baixo pode-se fazer o mesmo para o limite inferior); (2) onde se pode escolher o material pretendido de entre uma biblioteca disponibilizada pelo *software*; (3) e (4) são campos de identificação o primeiro a nível interno o segundo é a identificação que é exportada no ficheiro IFC e em (5) tem-se a possibilidade de escolha do vegetal em que se quer associar o desenho que está a ser feito.

O *ArchiCAD* permite organizar o modelo em vegetais, estes são associados aos objetos que compõem o modelo. Fazendo um paralelismo com o *AutoCAD* os vegetais correspondem aos *layers*. Assim permite que sempre que o utilizador quiser selecionar um conjunto de

objetos, evitando selecionar um a um (Figura 14). Uma boa definição dos vegetais permite uma melhor utilização do modelo pelos seus utilizadores.

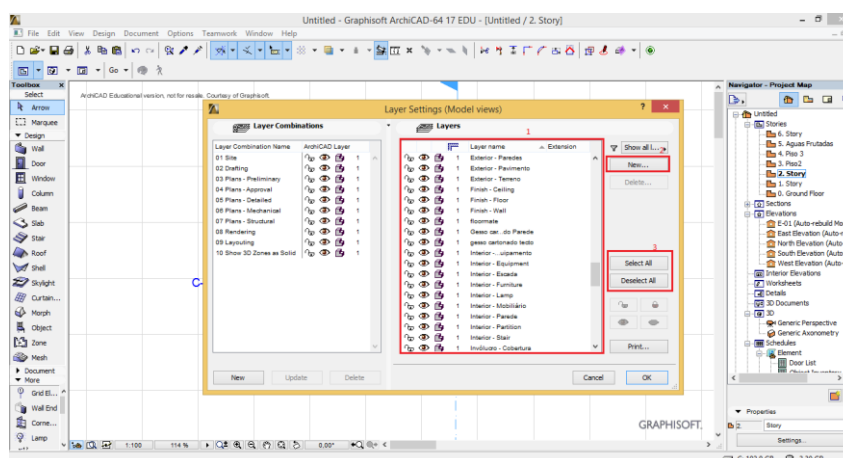


Figura 14 - Janela do *ArchiCAD* onde é possível visualizar as definições dos vegetais, os quais: (1) é possível visualizar todos os "vegetais" já criados, (2) pode-se criar um novo vegetal, (3) são botões que tornam mais simples a navegação selecionando tudo ou o inverso.

4.3. Criação e extração de listas de quantidades

4.3.1. *ArchiCAD*

A extração de listas de quantidades em *ArchiCAD* é feita diretamente do modelo. O programa disponibiliza listas pré-definidas dos vários objetos do modelo, nesse caso o programa escolhe os parâmetros que a lista apresenta. No caso das listas pré-definidas é possível encontrar listas de parede, listas de lajes, listas de objetos (paredes, portas, janelas). Por outro lado as mesmas listas podem ser personalizadas, podendo o utilizador escolher os campos que quer na lista, de entre os parâmetros que o programa disponibiliza (Figura 15).

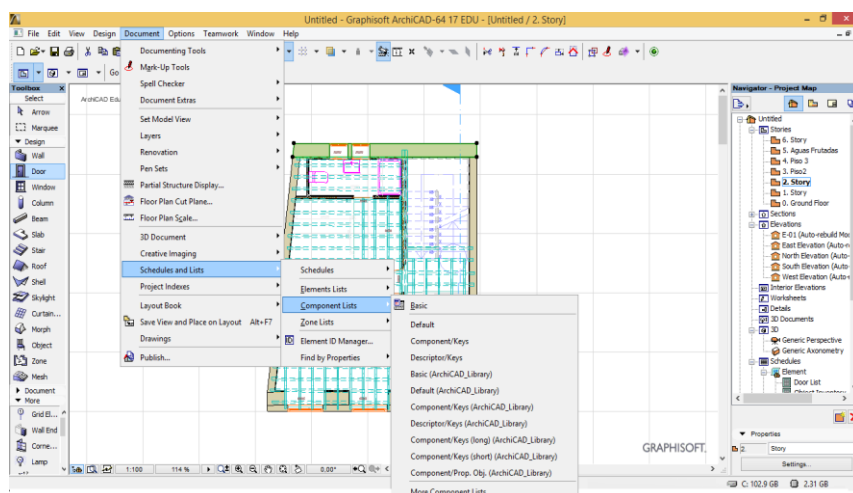


Figura 15 - Menu de criação de listas de quantidades em ArchiCAD

Estas listas contêm bastante informação relevante sobre o modelo que facilita a leitura do mesmo por parte do utilizador. É ainda possível saber o valor de áreas e perímetros sem ser necessário programar, ou seja o programa já traz algumas ferramentas de cálculo das suas listas. Na Tabela 11 pode-se encontrar um excerto de uma lista de quantidades (de portas) em que se pode encontrar a representação 2D, a vista e as medidas de cada objeto.

Tabela 11 - Parte de uma lista pré-definida do ArchiCAD de extração de quantidade de portas.

<i>Door Name</i>	<i>Door with Transom 17</i>	<i>IFC Door - Single Swing</i>	<i>IFC Door - Single Swing</i>	<i>IFC Door - Single Swing</i>
<i>Quantity</i>	2	1	1	1
<i>W x H Size</i>	0,900x2,400	0,800x2,100	0,800x2,100	0,988x2,100

2D Symbol



View from Side Opposite to Opening Side



4.3.2. Autodesk Navisworks

O Navisworks também proporciona ao utilizador a extração de listas de quantidades. No entanto, uma vez que o modelo original foi feito em ArchiCAD a importação não é direta, foi

necessário fazer a exportação via IFC para *Revit* e só depois fazer uma exportação de *Revit* para *Navisworks*. Este último passo é direto, uma vez que estas duas ferramentas fazem parte da mesma empresa de *software*, a *Autodesk*, verificando-se por isso 100% de interoperabilidade entre os softwares.

As dificuldades de exportação utilizando o IFC podem ser encontradas no capítulo seguinte, onde se fez uma comparação de compatibilidade entre *softwares* BIM utilizando o IFC como “intermediário”.

Após a importação do modelo foi preciso selecionar as opções de extração do *software*, tais como, unidades, grandezas a apresentar. Após este passo selecionou-se no modelo o que se queria quantificar, neste caso todo o modelo. A lista pode ser guardada em Excel e esta está configurada com alguns cálculos e opções de seleção que facilitam a navegação na folha de quantidades, como se pode observar na Figura 16 em baixo.

WBS/RBS	Description	Comments	Group1	Group2	Group3	Group4	Item	Resource
1			clerigos_mep.mec					
4	1.1		clerigos_mep.mec	<N				
6	1.1.1		clerigos_mep.mec	<N				
9	1.1.1.1		clerigos_mep.mec	<N			Porta-081	
10	1.1.1.1.1		clerigos_mep.mec	<N			Porta-081	Porta-081
11	1.1.1.1.1.1		clerigos_mep.mec	<N			Porta-081	Porta-081
12								
13	1.1.1.1.2		clerigos_mep.mec	<N			Porta-082	
14								
15	1.1.1.2.1		clerigos_mep.mec	<N			Porta-082	Porta-082
16	1.1.1.2.1.1		clerigos_mep.mec	<N			Porta-082	Porta-082
17								
18	1.1.1.3		clerigos_mep.mec	<N			Porta-035	
20	1.1.1.3.1		clerigos_mep.mec	<N			Porta-035	Porta-035
21	1.1.1.3.1.1		clerigos_mep.mec	<N			Porta-035	Porta-035
22								
23	1.1.1.4		clerigos_mep.mec	<N			Porta-036	
25	1.1.1.4.1		clerigos_mep.mec	<No avuca>			Porta-036	Porta-036
26	1.1.1.4.1.1		clerigos_mep.mec	<No level>			Porta-036	Porta-036
27								
28	1.1.1.5		clerigos_mep.mec	<No level>			DOO-004	

Figura 16 - Exemplo de uma lista de quantidades extraída de *Navisworks* para *Excel*

Planeamento do caso de estudo

5. PLANEAMENTO DA OBRA DE REABILITAÇÃO

5.1. Introdução ao planeamento da obra de reabilitação

O planeamento, bem como as medições manuais foram baseadas em informações retiradas dos elementos do projeto de reabilitação (desenhos de arquitetura). Com esta informação foi possível efetuar uma contabilização que serviu de base aos cálculos de durações de atividades e conseqüentemente ao planeamento.

5.2. Determinação de quantidades

A partir dos mapas de quantidades foram calculadas as durações de cada atividade, para cujo cálculo se utilizou a seguinte expressão (1) (Rodrigues, 2013)

$$D = \frac{Q \times C}{N} \quad (1)$$

Onde: (D) Duração, (Q) Quantidade de trabalho, (C) Capacidade de trabalho do recurso condicionante e (N) Número de equipas.

A esta fórmula é ainda multiplicado um coeficiente tradutor das condições de trabalho que serve para ter em conta a eficiência da mão-de-obra e as condições de trabalho. Considerou-se um coeficiente de 1,4 que agrava em 40% as durações obtidas e indica condições de trabalho e de eficiência da mão-de-obra médias.

Os valores dos consumos unitários da mão-de-obra, relativas ao recurso condicionante, foram retirados do *site* da internet <http://www.geradordeprecos.info>.

Numa primeira análise assumiu-se por defeito uma equipa de trabalho para todas as atividades. As equipas de trabalho são formadas, de acordo com o gerador de preços referido, geralmente por um oficial de 1º e um ajudante, existindo ainda casos em que tem mais e menos operários.

Numa segunda análise foi feito um planeamento em que se assumiram equipas de trabalho maiores. Foi considerado, que em certo tipo de tarefas seria mais apropriado um reforço de mão-de-obra, uma vez que a realização dos trabalhos com apenas duas pessoas não seria exequível e moroso.

5.3. Microsoft Project

O *Microsoft Project* é uma ferramenta informática que fornece ao utilizador a capacidade de planear e mais tarde acompanhar o planeamento efetuado previamente com o trabalho efetivamente realizado.

O planeamento efetuado com recurso ao *Microsoft Project* teve como objetivo a sua posterior importação para o *Navisworks*. Após o trabalho prévio de cálculo das durações das atividades, foram inseridas as atividades e as datas/durações e as respetivas precedências. Foram ainda introduzidos os recursos necessários para a execução de cada atividade. Optou-se por organizar o planeamento de modo a que as atividades não se repetissem. Consideraram-se duas hipóteses de organização do planeamento: uma em que se dividia o edifício em pisos e as respetivas atividades a realizar; e uma segunda em que se soma as atividades que se repetem ao longo do projeto. Assim, optou-se por somar as durações das atividades que se repetiam, por exemplo, as betonagens das “zonas húmidas” é representada por uma atividade apenas, sendo a duração o somatório da betonagem dos quatro pisos (Figura 17).

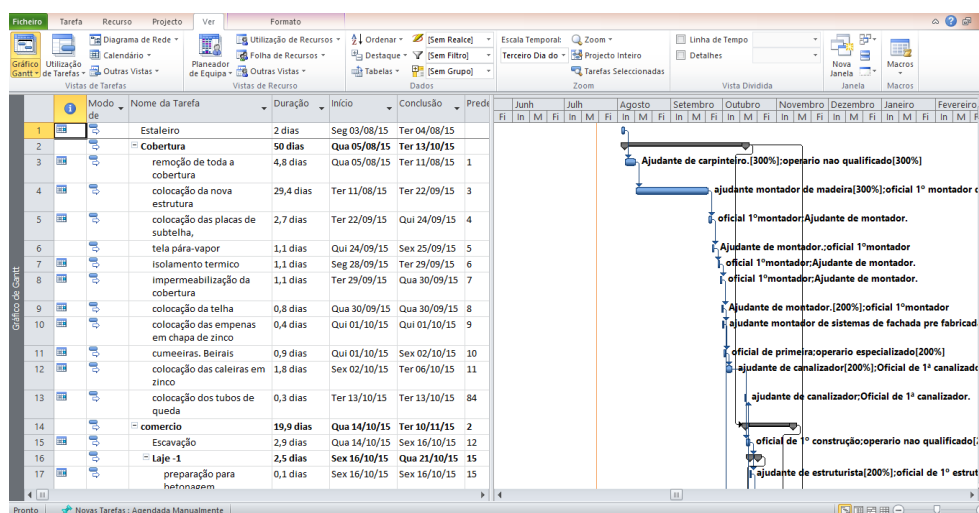


Figura 17- Janela representativa do ambiente de trabalho do *Microsoft Project*

Depois da folha *Project* preenchida com datas de início, datas de fim, precedências e os respetivos recursos foi possível obter o total de tempo de execução do projeto (268,07 dias, aproximadamente treze meses) e foi possível extrair um gráfico de *Gantt* que facilita a visualização do encadeamento das atividades. O programa faz ainda o cálculo do caminho crítico, demonstrando quais as atividades cuja duração tem influência direta na duração do total do projeto.

Na figura em baixo (Figura 18) pode-se observar a estatística que o programa fornece ao utilizador como sínteses do planeamento realizado.

		Início	Conclusão	
Actual		Qui 18/06/15	Ter 28/06/16	
PlanoBase		ND	ND	
Real		ND	ND	
Desvio		Od	Od	
		Duração	Trabalho	Custo
Actual		268,07d	6 970,48h	\$0,00
PlanoBase		Od	0h	\$0,00
Real		Od	0h	\$0,00
Restante		268,07d	6 970,48h	\$0,00

Percentagem concluída:
 Duração: 0% Trabalho: 0%

Fechar

Figura 18 -Janela dos dados estatísticos do projeto, retirado do *Microsoft Project*

5.4. Autodesk Navisworks

O *Navisworks* como foi dito anteriormente, é uma ferramenta que pretende fazer uma gestão integrada de projeto aliando planeamento, medições, deteção de incompatibilidades, entre outras funcionalidades numa só ferramenta.

Uma vez que o planeamento no *Navisworks* é um pouco limitado optou-se por importar a folha feita em *Project* já preenchida (Figura 19).

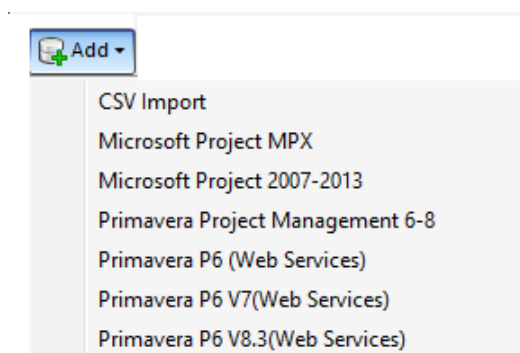


Figura 19 - Menu de importação de Project para *Navisworks*

Uma vez importada a folha do *Microsoft Project* e o modelo, foi necessário fazer a associação das atividades com os respetivos objetos do modelo. Com esta associação o programa faz uma animação a três dimensões do planeamento tornando mais fácil a perceção do encadeamento das atividades.

Esta ferramenta também permite o acompanhamento do projeto na fase de execução. É possível introduzir as datas reais em que as atividades estão a ser realizadas e o programa faz

uma simulação a três dimensões comparando a duração real com a duração prevista (Figura 20).

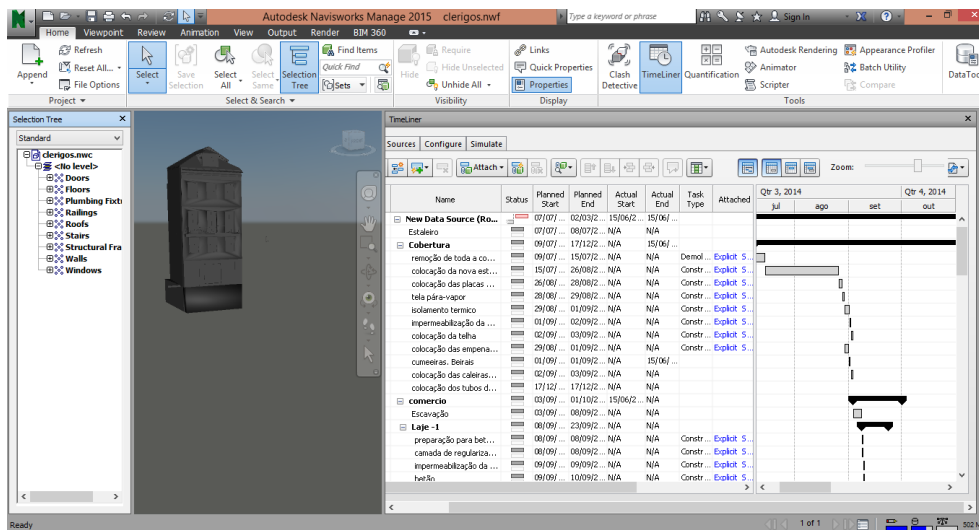


Figura 20 – Exemplo de um ambiente *Navisworks* onde se pode observar o modelo, o planeamento e o gráfico de *Gantt*

Caso de estudo

6. CASO DE ESTUDO

6.1. Introdução ao caso de estudo

Ao longo deste capítulo apresentam-se os resultados do trabalho desenvolvido. É descrito como foram feitas as exportações utilizando IFC entre os diferentes *softwares*, as propriedades que se perderam e que se mantiveram. É ainda feita uma comparação entre os resultados obtidos de uma extração manual das quantidades do modelo com as quantidades extraídas automaticamente pelos programas utilizados.

6.2. Interoperabilidade IFC

Neste capítulo pretende-se avaliar, de uma forma qualitativa, a interoperabilidade de ficheiros IFC 2x3 entre *softwares* produzidos por empresas distintas e concorrentes. Os programas utilizados foram o *ArchiCAD* versão 17 da *Graphisoft*, o *Revit* 2015 da *Autodesk*, o *Navisworks* 2015 da *Autodesk* e o *Tekla Structures* da *Trimble*.

O procedimento utilizado para a exportação foi o mais direto, o ficheiro de origem, em *ArchiCAD* (Figura 22 a)) após ter sido gravado em IFC 2x3 foi exportado diretamente para os restantes *softwares*.

Foi ainda feita uma importação em que o ficheiro de origem foi gravado em IFC com tradutores para *Revit MEP* (no *ArchiCAD* existe a opção de gravar o modelo em IFC com tradutor para outros softwares). Desta forma, a gravação é otimizada para uma ferramenta específica.

6.2.1. *ArchiCAD* 17 para *Revit* 2015

Neste ponto foi feita a exportação do modelo de origem em *ArchiCAD* (Figura 22a), diretamente para o *Revit* (Figura 22b).

Fazendo a observação do aspeto visual do modelo é possível ver a perda total de propriedades visuais. Todas as tramas associadas aos materiais foram perdidas. Os objetos mantêm as propriedades IFC que lhes foram atribuídas no *software* de partida. No entanto ao importar o ficheiro IFC para *Revit* o programa recetor acusa erros de geometria (“*Can’t keep elements joined*”, Figura 21).

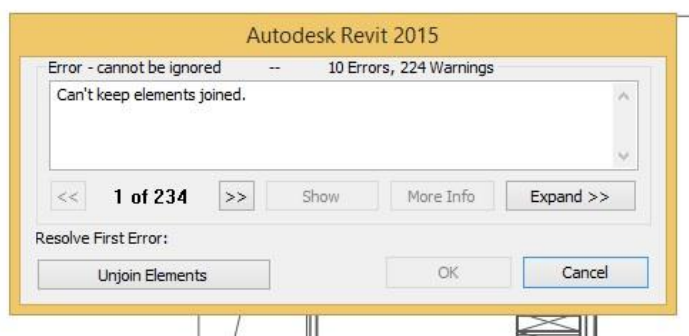


Figura 21 - Imagem da mensagem de erro na importação em *Revit* 2015

Estes erros ocorrem devido a erros de desenho que não são corrigidos no *software* de partida. Pode ocorrer no caso de as paredes não ficarem ligadas entre si, erros estes que são detetados pelo *Revit* levando por vezes à perda de características geométricas do modelo.

No caso do ficheiro gravado com tradutor para *Revit Mep*, observa-se que o modelo apresenta a geometria completa, não sofrendo qualquer alteração relativamente ao original, como pode ser observado na Figura 22 c). Nos restantes pontos de comparação, como são os casos das tramas e das propriedades IFC inseridas no modelo de partida, não há quaisquer alterações em relação à exportação sem o tradutor.

6.2.2. *Archicad* 17 para *Navisworks* 2015

No caso da exportação de *Archicad* para *Navisworks*, é possível observar na Figura 22 d) o resultado da exportação, as tramas não foram muito afetadas, a maioria mantém o aspeto original. No entanto, existem algumas alterações, pois alguns objetos mudaram de cor.

A geometria foi ligeiramente alterada. As maiores anomalias foram notadas em paredes que originalmente foram cortadas para seguirem a pendente do telhado, por exemplo, o que não foi transmitido ao *Navisworks*.

As propriedades IFC que foram introduzidas no modelo de origem, *ArchiCAD*, foram integralmente importadas.

6.2.3. *Archicad* 17 para *Tekla Structures*

A importação do modelo para *Tekla Structures* foi ligeiramente diferente dos restantes programas uma vez que se importou o modelo em IFC mas, após a importação o programa obriga a traduzir o modelo em objetos nativos para ser possível editar o modelo.

Numa primeira fase o modelo que é importado em IFC, é aberto no *software* de chegada com as tramas originais e com a geometria correta, como se pode observar na Figura 22 e).

No entanto não é possível verificar as propriedades do modelo importado.

Numa segunda fase, em que o programa obriga a converter o modelo para objetos nativos para que este seja editável, as tramas perdem-se bem como a geometria, como é possível observar na Figura 22 f). As paredes do edifício aparentam uma rotação e as dimensões foram alteradas pelo *Tekla*. As propriedades IFC são substituídas pelas propriedades do *Tekla* tendo-se perdido também os nomes anteriormente dados.

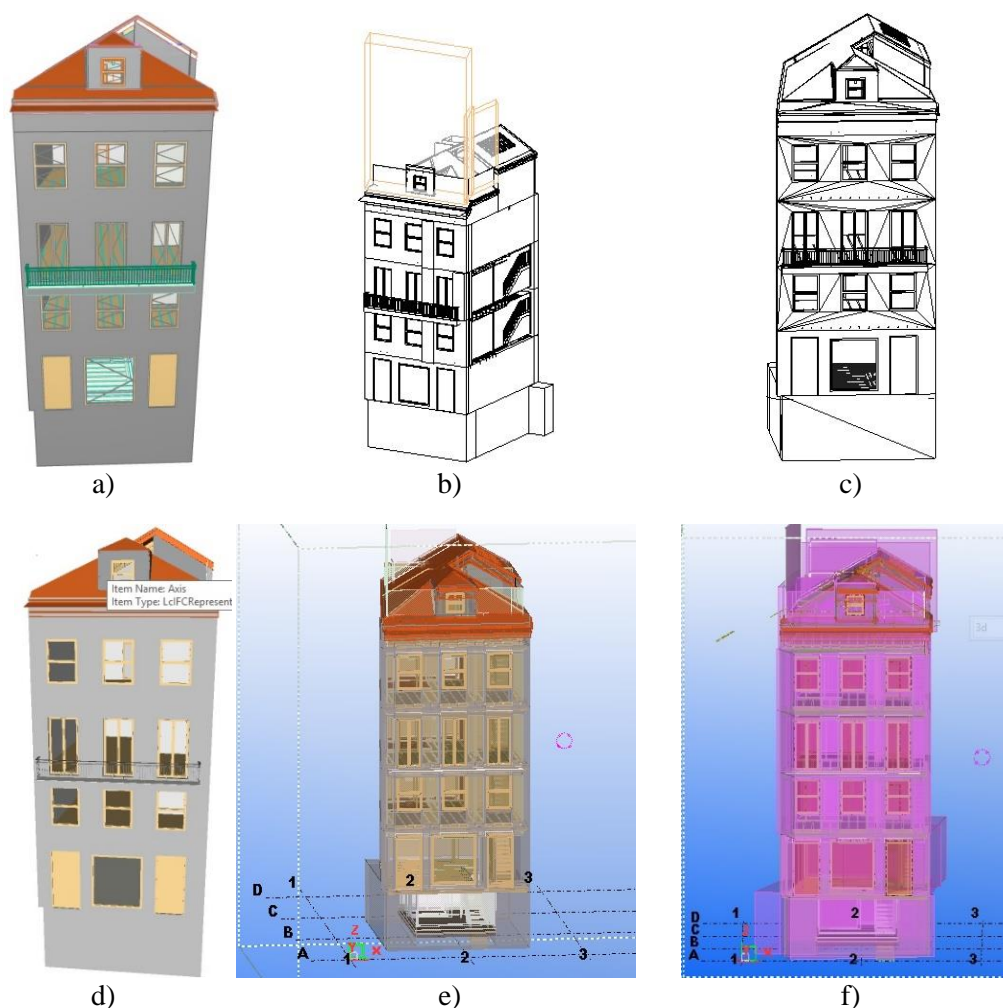


Figura 22 – Imagens do resultado das importações dos modelos em IFC: a) modelo original em *ArchiCAD*; b) modelo IFC aberto em *Revit*; c) modelo IFC com tradutor *Revit Mep* aberto em *Revit*; d) modelo IFC aberto em *Navisworks*; e) modelo IFC aberto em *Tekla Structures*; f) modelo IFC aberto em *Tekla Structures* após conversão para objetos *Tekla*.

6.2.4. Síntese

Nesta secção apresenta-se uma tabela resumo (Tabela 12) onde se pretende proporcionar uma compreensão rápida da informação exportada. Assim, pretende-se demonstrar como se comporta o IFC nas exportações entre diferentes programas BIM avaliando a trama dos materiais, a geometria do modelo e as propriedades IFC preenchidas no modelo de origem.

Tabela 12 - Avaliação qualitativa da exportação de ArchiCAD 17 para Revit 2015, Navisworks 2015, Tekla Structures pelo formato IFC, onde: (+) Transferência total das características do ficheiro de partida; (-) Nenhuma transferência das características do ficheiro de partida; (+/-) Alguma transferência das características do ficheiro de partida

	Trama dos materiais	Geometria	Propriedades IFC
<i>ArchiCAD</i> para <i>Revit</i> 2015	-	+/-	+
<i>ArchiCAD</i> para <i>Revit</i> 2015 (traduzido)	-	+	+
<i>ArchiCAD</i> para <i>Navisworks</i> 2015	+/-	+/-	+
<i>ArchiCAD</i> para <i>Tekla</i> <i>Structures</i>	-	-	-

6.3. Análise e discussão dos resultados da extração de quantidades

Numa fase que se prevê de mudança na engenharia civil portuguesa – portuguesa porque em alguns países esta mudança já está em curso há algum tempo – esta dissertação tem como objetivo demonstrar que a fiabilidade dos resultados pode ser a mesma, poupando tempo em certas fases do projeto como as medições.

Tratando os dados retirados das listas de quantidades fornecidas pelos programas de maneira a que fosse possível fazer uma comparação com as listas de quantidades obtidas tradicionalmente (medição manual das quantidades), foi possível chegar a uma percentagem de erro.

Para que fosse possível extrair listas de quantidades do *Navisworks* foi necessário fazer gravar o ficheiro original *ArchiCAD* em IFC com tradutor para *Revit Mep*, abri-lo em *Revit* e daí fazer uma exportação direta para *Navisworks*. Este foi o procedimento que tornou possível a extração de listas de *Navisworks*.

Na Tabela 13 pode-se observar os resultados das diferentes listas de quantidades. Optou-se por expor os dados da seguinte maneira: resultado obtido pela ferramenta informática, quantificação manual e erro.

Tabela 13 - Tabela comparativa de quantidades extraídas das diferentes ferramentas informáticas

Lajes	<i>Navisworks</i>	Manual	Erro	%	<i>ArchiCAD</i>	Manual	Erro	%
Betão 15cm	4,153	4,02	0,03	3,31	4,15	4,02	0,03	3,23
Betão 5cm	1,36	1,34	0,01	1,49	1,36	1,34	0,01	1,49
Betão 7 cm	1,95	1,93	0,01	1,15	1,95	1,93	0,01	1,15
Brita	4,08	4,02	0,01	1,49	4,08	4,02	0,01	1,49
Cerâmico	26,52	25,54	0,04	3,84	23,97	25,54	0,06	6,15
Isolamento acústico	117,01	164,00	0,29	28,65	180,06	181,10	0,01	0,57
Isolamento térmico 4cm	181,66	169,01	0,07	7,48	181,65	169,01	0,07	7,48
Isolamento térmico 6cm	192,49	151,26	0,27	27,26	142,88	151,26	0,06	5,54
Manta Geotêxtil	27,69	26,80	0,03	3,32	27,70	26,80	0,03	3,36
Estrado OSB	183,33	164,00	0,12	11,79	178,54	164,00	0,09	8,87
<i>Viroc</i>	58,26	57,50	0,01	1,31	57,79	57,50	0,01	0,50
Gesso Cartonado	152,06	180,67	0,16	15,84	186,04	180,67	0,03	2,97
Tela impermeável	35,82	54,89	0,35	34,74	63,01	56,09	0,12	12,34
Pavimento riga	164,15	143,00	0,15	14,79	164,04	143,00	0,15	14,71
<i>Floormate</i>	42,68	29,30	0,46	45,67	33,6	29,30	0,15	14,68
Paredes								
Cerâmico	137,06	201,60	0,32	32,01	204,73	201,60	0,02	1,55
Gesso Cartonado	344,47	435,00	0,21	20,81	410,02	435,00	0,06	5,74
Chapa de zinco	10,13	11,50	0,12	11,91	10,55	11,50	0,08	8,26
Isolamento térmico 4cm	33,30	64,18	0,48	48,11	71,90	64,18	0,12	12,03
Isolamento térmico 5cm	119,55	137,00	0,13	12,74	114,53	137,00	0,16	16,40

As diferenças encontradas nos resultados podem-se atribuir aos diferentes critérios de cálculo das áreas entre programas informáticos, isto porque nos manuais de apoio ao utilizador do *ArchiCAD* é possível encontrar informação à cerca do cálculo feito pelo programa para apresentar as listas de quantidades (áreas, volumes). É possível verificar que a área pode ser calculada de três formas, duas delas usando aquilo que o programa denomina de linha de referência do objeto, esta linha pode ser escolhida pelo utilizador e pode ser a linha interior ou exterior do objeto. A terceira é independente da linha de referência apenas tendo em conta os limites do objeto.

Na gravação do documento para IFC foi detetado um erro que deu conta da impossibilidade da exportação de elementos por motivos de incompatibilidade de geometria. Assim também, se pode explicar alguma disparidade das medições entre programas.

Os resultados podem ainda ser influenciados pela modelação, a maneira como são desenhados os objetos ajudam a explicar as diferenças de valores que se encontram na tabela a cima.

No caso dos materiais que compõem as lajes é possível explicar algumas diferenças pelo facto de nas medições manuais apenas ter sido medido aquilo que é visível, ou seja, a superfície exposta, já nas medições manuais os valores apresentados são das superfícies totais, mesmo aquelas que não são visíveis, que se encontram por baixo das paredes.

Depois duma análise cuidada das medições manuais e das extrações automáticas chegou-se a valores de erro médio que podem ser observados na tabela 14. o maior erro verificado na extração através do Navisworks é justificado como já se referiu, devido aos erros de interoperabilidade que ocorreram durante a importação do ficheiro ArchiCAD para IFC e depois para Revit.

Tabela 14 – Tabela resumo do erro médio

	<i>Navisworks ArchiCAD</i>	
Erro total médio (%)	12,33	5,64

Conclusões

7. CONCLUSÕES

7.1. Conclusões

Nas últimas décadas observou-se uma evolução tecnológica notável que desenvolveu e otimizou todos os setores da indústria e o ramo da arquitetura, engenharia e construção não foi exceção. As ferramentas BIM são um exemplo de metodologias que permitem a evolução do setor de AEC, diminuindo tempos de execução, ajudando a otimizar a mão-de-obra e a prevenir erros de projeto que acabariam inevitavelmente por originar deslizes orçamentais e de planeamento.

Numa situação económica delicada, em que se encontra Portugal, é fundamental aumentar a competitividade do setor, tanto a nível nacional como internacional e, para isso, é necessário manter a indústria, técnica e tecnologicamente atualizada. Uma vez que esta metodologia vai entrando aos poucos na realidade portuguesa é preciso apostar na formação dos técnicos e no investimento em *softwares* adequados, bem como, em legislação nacional que sirva de guia para as boas práticas.

O setor da arquitetura, engenharia e da construção dispõem de um leque grande de oferta de programas BIM que abrangem todos os ramos. Foi possível comprovar algumas das mais-valias que o BIM acrescenta, desde a facilidade de obtenção de vistas, cortes e pormenores, diretamente do programa de modelação 3D, podendo estes ser guardados nos formatos mais utilizados na construção (*dxf*, *dwg*, *pdf*), à capacidade de exportar, ou mesmo importar, ficheiros do Microsoft Project ou Microsoft Excel (estes, bastante conhecidos no mercado nacional).

Com o decorrer da dissertação, o trabalho desenvolvido bem como a pesquisa necessária para o concretizar, foram tornando-se claras algumas das vantagens que este sistema pode trazer à indústria da AEC. No que diz respeito ao trabalho realizado é de notar a rapidez com que se tem acesso às listas de quantidades do projeto em relação ao método tradicional. A extração direta de quantidades para além da poupança de tempo é também sujeita a menos erros. No entanto, para que esta extração seja exata, depende sempre de uma modelação 3D rigorosa, bem especificada e bem documentada por parte do modelador. E este processo pode ser mais exigente e mais moroso que o tradicional, trazendo no entanto outras vantagens para o planeamento e controlo de obra bem como para a futura gestão da manutenção do edificado.

É também de salientar que a partilha de informação contida nos ficheiros BIM ajuda a diminuir a possibilidade de erros de incompatibilidades entre projetos de especialidades diferentes.

Foi feito ainda um ensaio para avaliar a eficácia da interoperabilidade entre *softwares* distintos. Foi possível observar que a exportação em IFC está longe de ser perfeita, tendo-se observado perda de informação entre programas, alteração de geometria e de texturas. Apesar do esforço, de algumas empresas desenvolvedoras de *softwares*, já apresentar alguns resultados, como aqueles relatados no capítulo 6 (interoperabilidade) com os tradutores, em que se otimiza o modelo consoante o software de chegada, ainda há um longo caminho a percorrer para que a transferência de informação seja completa.

O trabalho realizado em *Navisworks* demonstra uma pequena parte das capacidades do programa. No entanto, pode-se observar que a nível de planeamento não é um programa tão completo como o tradicional *Microsoft Project*, não permitindo por exemplo a otimização dos recursos. No entanto, o programa tem a funcionalidade de importação de folhas do *Project*. Por outro lado oferece uma componente visual, bastante interessante, com a representação a 3D do desenvolvimento dos trabalhos. Tem um efeito visual que facilita a compreensão de como se desenvolverá o projeto.

Foi ainda testado o “quantificador” deste programa, destacando-se a compatibilidade com o *Microsoft Excel*, uma vez que foi possível extrair as listas de quantidades numa folha *Excel* a qual vinha pré-formatada com funções de operações, bastante úteis.

7.2. Trabalhos futuros

Sendo a metodologia BIM uma metodologia em implementação em Portugal e ainda não muito divulgada na indústria da arquitetura, engenharia e construção torna-se importante que se continuem a estudar e aprofundar os temas da extração das quantidades automáticas de modo a que se possa verificar a fiabilidade dos resultados obtidos.

Considera-se importante que se desenvolvam estudos no âmbito da criação de critérios de modelação que vão de encontro aos critérios de medição com vista a melhorar a fiabilidade dos resultados.

Bibliografia

8. BIBLIOGRAFIA

- Aguiar, A.C., 2015. PTPC na CT 197: A indústria do lado da Normalização BIM. Available at: <http://www.ptpc.pt/index.php/pt/400-ptpc-na-ct-197-a-industria-do-lado-da-normalizacao-bim> [Accessed July 7, 2015].
- AIA, 2013. Guide , Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents. , pp.1–62.
- Alves, M.C. & Barbot, M.J., 2007. *Project 2007: guia prático informatica*,
- Autodesk, 2014. Autodesk Navisworks. *Coordination,complete control*. Available at: <https://www.cadac.com/media/1207/autodesk-navisworks-2014-brochure.pdf>.
- Autodesk, 2013. Permanecendo competitivo. *Resumo de negócios BIM 04/ Permanecendo Competitivo*. Available at: <http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/test-drive-bim-construction-br/bim-ebook.pdf>.
- Ballard, H.G., 2000. *The Last Planner System of Production Control*. Tese de Doutoramento na Faculdade de Engenharia da Universidade de Birmingham, Inglaterra.
- BIMClub, 2012. BIMClub. Available at: <http://bimclub.pt/index.html> [Accessed July 7, 2015].
- Blak, G., Séllos, L. & Qualharini, E.L., 1998. Uso da Técnica de Line of Balance-LoB-em Empreendimentos Com Grande Repetitividade Estudo de Casos: Parque Gráfico - O Globo. *ENEGEP*.
- Censos, 2011. *Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal I*. P. A. A. J. de A. 1000-043 L. P. Instituto Nacional de Estatística, T. 21 842 61 00 F. 21 844 04 01, & Presidente, eds.,
- Choi, J., Kim, H. & Kim, I., 2015. Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2(1), pp.16–25. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2288430014000037>.
- Couto, J.P., 1998. *Métodos de planeamento na construção repetitiva em altura em Portugal: método das curvas de equilíbrio*. Tese de Mestrado na Universidade do Minho, Portugal.
- Dung, D. & Tarar, M., 2012. *Impact of 4D Modeling on Construction Planning*. CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden.

- Eastman, C. et al., 2011. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*, John Wiley and Sons, Inc. Available at: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:BIM+handbook:+a+guide+to+building+information+modeling+for+owners,+managers,+designers,+engineers,+and+contractors#1> [Accessed March 13, 2014].
- Faria, J.A., 2013. *Apontamentos da Disciplina de Gestão de Obras e Segurança - Capítulo 9, Planeamento de Obras*, Faculdade de Engenharia da Faculdade do Porto, Portugal. Available at: https://web.fe.up.pt/~construc/go/docs_GO/sebenta/SebentaGOSE20132014pdfunico.pdf.
- 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. In *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*. pp. 24–26. Available at: http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/187_Artigo.pdf.
- Ferreira, B., 2015. *Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos de construtivos de medições e orçamentação*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP. Available at: <http://hdl.handle.net/10216/78358>.
- Ferreira, R.C., 2011. *Comparação Aplicada Entre as Técnicas de Planeamento CPM e LOB (Line of Balance)*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal. Available at: <http://hdl.handle.net/10216/61728>.
- Freitas, V., 2012. *Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos* 1ª edição. O. dos E. da R. Norte, ed., Porto: Ordem dos Engenheiros da Região Norte.
- GEQUALTEC, 2011. SIGABIM. Available at: <http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=SIGABIM> [Accessed July 8, 2015].
- Howell, I. & Batcheler, B., 2005. Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential , Some Success and Several Limitations. *The Laiserin Letter*. Available at: http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf.
- Ichihara, J. de A., 1997. A Base Filosófica da Linha de Balanço. *Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - UFSC*. Available at: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3105.PDF.
- IHRU, 2015. Portal da Habitação. Available at: <http://www.portaldahabitacao.pt/pt/portal/reabilitacao/ifrru/index.html> [Accessed August 12, 2015].
- Ikerd, W. et al., 2013. Level of Development Specification. In *BIM FORUM*. pp. 0–124. Available at: <http://bimforum.org/lod/>.

- Ingenium, 2008. Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC). Available at: <https://www.inesctec.pt/cese/noticias-eventos/nos-na-imprensa/pronic-sistema-de-geracao-e-gestao-de-informacaotecnica-para-cadernos-de-encargos/>, [Accessed July 7, 2015].
- Leong, M.W. & Kass, D.E., 2013. Linear Schedules for Tunnel Projects. , (November). Available at: http://www.jacobssf.com/images/uploads/LinearSchedules_Leong-Kass_NAT_10.pdf.
- Lino, J.C., Azenha, M. & Lourenço, P., 2012. Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. In *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*. Available at: http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/076_Artigo.pdf.
- Monteiro, A. & Martins, J., 2011. Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação. In *International Conference on Engineering UBI*. Available at: <http://hdl.handle.net/10216/69849>.
- Monteiro, A. & Martins, J.P., 2012. Bim Modeling for Contractors - Improving. *Proceedings of the CIB W78 2012: 29th International Conference –Beirut, Lebanon*, pp.17–19. Available at: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/66830/2/44683.pdf>.
- Monteiro, A. & Poças Martins, J., 2012. SIGABIM: a framework for BIM application. *38th IAHS World Congress Visions for the future of housing, Magacities*, pp.422–427.
- ORACLE, 2014. Plan and Execute the Right Projects— Easily and Affordably - Primavera Enterprise Project Portfolio Management Solutions.
- Paupério, P., 2013. *Viabilidade de Investimento em Reabilitação no Centro do Porto - Metodologias de Gestão de Projetos de Promoção Imobiliária de Reabilitação*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Pedroto, M. & Martins, J.P., 2012. Pesquisa estruturada e manipulação de informação no modelo IFC. Requisitos e soluções. In *Congresso Construção 2012*. pp. 1–12.
- Peneirol, N.L.S., 2007. *Lean Construction em Portugal - Caso de estudo de implementação de sistema de controlo da produção Last Planner*. Tese de Mestrado no Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.
- Pereira, A.C.M., 2013. *Planeamento de Obra - factores Preponderantes Que Possibilitem o Controlo de Custos e o cumprimento de Prazos no Final de Obras de Reabilitação*. Tese de Mestrado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Piris, A.A., 1973. *PERT e CPM técnicas modernas de planeamento*. 2º Edição. I. N. de Investigação & Industrial, eds., Investigação, Instituto Nacional de Industrial.

PTPC, 2011. PTPC. Available at: <http://www.ptpc.pt/index.php/pt/objectivos> [Accessed July 7, 2015].

Rodrigues, M.F. da S., 2008. *Estado de Conservação de Edifícios de Habitação a Custos Controlados*. Tese de Doutoramento na Universidade de Aveiro, Portugal.

Roldão, V.S., 2005. *Gestão de projectos: Abordagem Instrumental ao Planeamento, Organização e Controlo* Monitor, ed., Lisboa.

Roque, J.C.A., 2002. *Reabilitação estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria*. Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Silva, J.M.S., 2013. *Princípios para o Desenvolvimento de Projectos com Recurso a Ferramentas BIM - Avaliação de melhores práticas e propostas de regras de modelação para projectos de estruturas*. Tese de Mestrado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Silvares, M., 2012. *Diário Económico - Reabilitação Urbana*. , p.III. Available at: http://casavivaobras.pt/comunicacao/2012-11-13_Reabilitacao_Urbana_Diario_Economico_CASA_VIVA_Obras.pdf.

Smith, P., 2014. BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, pp.475–484. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021442>.

SOLIBRI INC., 2015. Solibri. Available at: <http://www.solibri.com/reseller/solibri-inc-2/> [Accessed August 12, 2015].

Sousa, H. & Monteiro, A., 2011. *Linha de Balanço - Uma Nova Abordagem ao Planeamento e Controlo na Construção*. In *2º Fórum Internacional de Gestão da Construção – GESCON 2011: Sistemas de Informação na Construção*. pp. 1–12. Available at: http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/images/3-SIP-GESCON2011_Artigo_Hip%C3%B3lito_Sousa%2BAndr%C3%A9_Monteiro.pdf.

Teixeira, J., 2004. *Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto entre os séculos XVII e XIX*. Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto. Available at: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/39475>.

Veiga de Oliveira, E. & Galhano, F., 1992. *Arquitectura Tradicional Portuguesa* 1º edição., Lisboa: Dom Quixote.

Vilhena, A., 2013. O parque habitacional e a sua reabilitação: retrato e propetiva. In *Reabilitação habitacional e o setor da construção civil*. Lisboa, pp. 1–37.

Apêndices

**APÊNDICE I – ALÇADOS E CORTES DO CASO DE ESTUDO
EXTRAÍDOS DE ARCHICAD**

**APÊNDICE II – FOLHA EXCEL COM O CALCULO DAS DURAÇÕES
DAS ATIVIDADES**

APÊNDICE III – LISTAS DE PAREDES EXTRAÍDAS DO ARCHICAD

APÊNDICE IV – LISTAS DE LAJES EXTRAÍDAS DO ARCHICAD

APÊNDICE V – LISTAS DE QUANTIDADES EXTRAÍDAS DO NAVISWORKS

APÊNDICE VI – PLANEAMENTO PROJECT DO CASO DE ESTUDO

