

**Aplicação de Conceitos *Building Information Model (BIM)* ao Sistema *Light Steel Framing (LSF)*
– Estudo de Caso**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana

Autor

Marisa Raquel Mendes Matias

Orientador

Prof. Paulo Maranhã Nunes Tiago

Professor do Departamento de Engenharia Civil
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

"Se o dinheiro for a sua esperança de independência, jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência."

Henry Ford

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação contou com importantes apoios, ajudas e incentivos que sem eles não se teria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grata e a quem dedico este trabalho.

Ao Professor Paulo Maranha Nunes Tiago, Professor do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, pela orientação científica deste trabalho, pelos seus ensinamentos e recomendações.

Ao Engenheiro Civil Isaías Mendes na qualidade de sócio gerente da empresa Prefabricasa, pela oportunidade de estágio nesta empresa, na qual adquiri experiência profissional que foi de encontro ao tema geral desta dissertação. Agradeço ainda ao técnico Pedro Manso e à arquiteta Ana Buco pelo apoio técnico, partilha de conhecimentos, e ainda pela boa disposição e espírito encorajador que sempre me transmitiram.

Ao CTGA – Centro Tecnológico de Gestão Ambiental pela oportunidade de colaborar em vários projetos desenvolvidos em aplicações *Building Information Model* (BIM), juntamente com profissionais experientes.

Ao amigo Sérgio Gonçalves pelo auxílio e encorajamento constante, bem como pelo apoio técnico informático prestado, bastante importante nesta dissertação.

A todos os meus colegas e amigos que me acompanharam ao longo de todo este percurso académico, com especial agradecimento à Isabela Gomes, Daniela Antunes, Sofia Trovisco, João Mariano, Emanuel Sousa e Flávia Ferraz que sempre me animaram e apoiaram ao longo de toda esta caminhada.

Aos meus amigos de longa data que estiveram ao meu lado durante esta fase, pelo companheirismo, força, apoio nos momentos difíceis, infindável amizade e companheirismo.

Agradeço ainda, à minha irmã Inês Matias pela boa disposição, pela amizade, motivação transmitida e infindável ajuda.

Para terminar, gostaria de manifestar a minha enorme gratidão aos meus pais, aos meus tios e avós, por serem modelos de coragem, pelo apoio incondicional, incentivo, amizade, paciência demonstrada e por sempre me proporcionarem as melhores condições possíveis ao longo do meu percurso académico, pois sem eles este trabalho nunca seria possível.

Marisa Raquel Mendes Matias

Coimbra, março de 2017

RESUMO

Um dos sistemas construtivos alternativos à construção tradicional é o *Light Steel Framing* (LSF), usado um pouco por todo o mundo.

Hoje em dia procura-se encontrar soluções para uma construção mais sustentável e amiga do ambiente, esta solução procura ser uma boa alternativa e competitiva em termos de qualidade/custo tanto na fase de construção como de manutenção.

O ritmo acelerado dos dias de hoje também se reflete na construção. Sistemas racionais como o *Light Steel Framing* (LSF) permitem uma construção mais rápida, eficiente e com reduzidos desperdícios. A qualidade da construção deste tipo de edifícios vai-se refletir na qualidade de vida dos seus ocupantes.

Uma das formas de dimensionamento deste sistema construtivo é baseado num processo de dimensionamento expedito para projetar estruturas simples em aço enformado a frio. Este método designado de prescritivo, foi desenvolvido pela *American Iron and Steel Institute* (AISI). O método foi desenvolvido com a cooperação de comissão de investigadores, fabricantes, projetistas e construtores em *Light Steel Framing* (LSF).

Pretende-se mostrar nesta dissertação, através do estudo de caso, um método de trabalho que possibilite fazer a ligação entre o sistema construtivo *Light Steel Framing* (LSF) aos sistemas de gestão de informação como os *Building Information Model* (BIM).

Os conceitos *Building Information Model* (BIM) têm vindo a ganhar uma crescente importância na área da construção civil, este assenta na ideia de integrar toda a informação relacionada com um edifício ou projeto num único modelo digital.

Essa informação pode ser prévia ou ser associada durante a construção do edifício ou durante a sua vida útil. Estas ferramentas têm-se vindo a desenvolver, aumentando a possibilidade de gestão de informação na indústria da construção.

Recorrendo a um dos programas *Building Information Model* (BIM), neste caso concreto o *REVIT*. Realizou-se um estudo de caso real relativo a uma moradia unifamiliar, facilmente inserida em distintas localizações, e adaptada às necessidades básicas do atual quotidiano.

Palavras-Chave

Light Steel Framing (LSF); *Building Information Model* (BIM); Processo Construtivo; Prefabricados; Sustentabilidade; Método Prescritivo; Enformados a Frio; Aço Leve; Prazos de Execução; *REVIT*.

ABSTRACT

One of the alternative building systems to traditional construction is Light Steel Framing (LSF), used a bit worldwide.

Nowadays, we are looking for solutions for a more sustainable and environmentally friendly construction, this solution seeks to be a good alternative and competitive in terms of quality / cost both in the construction and maintenance phases.

The fast pace of today is also reflected in construction. Rational systems such as Light Steel Framing (LSF) allow for faster, more efficient construction and reduced waste. The quality of the construction of this type of buildings will be reflected in the quality of life of its occupants.

One of the ways of designing this constructive system is based on an expedient dimensioning process to design simple structures in cold formed steel. This so-called prescriptive method was developed by the American Iron and Steel Institute (AISI). The method was developed with the cooperation of commission of researchers, manufacturers, designers and builders in Light Steel Framing (LSF).

The aim of this dissertation is to present a working method that allows the connection between the Light Steel Framing (LSF) construction system and information management systems such as the Building Information Model (BIM).

Building Information Model (BIM) concepts are gaining increasing importance in the field of construction, based on the idea of integrating all information related to a building or project into a single digital model.

This information may be prior or associated during the construction of the building or during its lifetime. These tools have been developed, increasing the possibility of information management in the construction industry.

Using one of the Building Information Model (BIM) programs, in this case, the REVIT, a real case study was carried out on a detached house, easily inserted in different locations, and adapted to the basic necessities of the present day life.

Key-words

Light Steel Framing (LSF); Building Information Model (BIM); Construction Process; Prefabricated; Sustainability; Prescriptive method; Cold formed; Light Steel; Deadlines for Execution; REVIT.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos e Metodologia de Trabalho	2
1.3	Organização do Trabalho	3
2	ENQUADRAMENTO DO SISTEMA <i>LIGHT STEEL FRAMING</i> (LSF) NA CONSTRUÇÃO DE CASAS PREFABRICADAS	5
2.1	Enquadramento	5
2.3	Prefabricação na Reabilitação	7
2.4	Benefícios e Barreiras da Prefabricação	8
2.4.1	Vantagens	9
2.4.2	Desvantagens	10
2.5	Métodos Construtivos e Materiais Estruturais	11
2.5.1	Métodos Construtivos - Peça por Peça	11
2.5.2	Métodos Construtivos - Painelização	12
2.5.3	Métodos Construtivos – Construção Modular	14
2.5.4	Materiais Estruturais – Prefabricados de Betão	14
2.5.5	Materiais Estruturais – Prefabricados de Madeira	16
2.5.6	Materiais Estruturais – Prefabricados com Contentores Marítimos Reciclados	17
2.5.7	Materiais Estruturais – LSF	18
2.6	Sustentabilidade	19
2.7	Licenciamento	19
2.8	Exemplos de Casas Prefabricadas	20
2.8.1	“ <i>Moradia Sitio dos Quartos</i> ” – Portugal	20
2.8.2	“ <i>MIMA House</i> ” – Portugal	21
2.8.3	“ <i>TreeHouse Riga</i> ” – Portugal	22
2.8.4	“ <i>Spaceship Home</i> ” - Espanha	22
2.8.5	“ <i>Heijmans</i> ” – Holanda	23
2.8.6	“ <i>Heijmans</i> ” – Holanda	23

3	SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING (LSF)	25
3.1	Enquadramento	25
3.2	Características Técnicas do LSF	25
3.2.1	Desempenho Térmico	27
3.2.2	Desempenho Acústico.....	27
3.2.3	Desempenho Sísmico	28
3.2.4	Segurança ao Fogo	28
3.2.5	Homologação do Sistema.....	29
3.3	Processo Construtivo	30
3.3.1	Fundações.....	30
3.3.2	Estrutura Metálica	31
3.3.3	<i>Oriented Strand Board (OSB)</i>	33
3.3.4	Cobertura.....	34
3.3.5	Revestimento Exterior.....	35
3.3.6	Infraestruturas	35
3.3.7	Revestimentos Interiores.....	36
3.3.8	Acabamentos	37
3.4	Método Prescritivo	37
4	CONCEITOS BUILDING INFORMATION MODEL (BIM)	39
4.1	Enquadramento	39
4.2	Definição de <i>Building Information Model (BIM)</i>	39
4.3	História dos <i>Building Information Model (BIM)</i>	40
4.4	Vantagens / Benefícios BIM	41
4.5	Desvantagens dos BIM	42
4.6	Panorama Nacional e Internacional	43
4.7	<i>AUTODESK REVIT</i>	44
4.7.1	Organização da Informação	44
5	ESTUDO DE CASO	47
5.1	Enquadramento	47
5.2	Bases do Método Prescritivo	47
5.3	Iniciar o Projeto em <i>REVIT</i>	50
5.4	Inserir Levantamento Topográfico em <i>REVIT</i>	51
5.5	Modelação do Terreno	52
5.6	Criação de Plataforma de Implantação	53
5.7	Definição de Paredes e Vãos.....	54

5.8.3. Criar Paredes e Vãos no Modelo	60
5.8 Cobertura	68
5.9 Instalações, Mobiliário e Equipamentos.....	72
5.10 Tabelas de Quantidades	74
5.11 Compor e Imprimir Folhas	75
6 CONCLUSÕES GERAIS E TRABALHOS FUTUROS	77
6.1 Síntese do Trabalho e Conclusões Gerais	77
6.2 Prosseguimentos de Trabalhos Futuros	78
6.3 Considerações Finais	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Repartição dos tempos e tarefas na construção (Couto et al, 2010).	6
Figura 2.2 – Substituição de cobertura em Light Steel Framing (LSF) (esquerda) e ampliação vertical (direita) (Silvestre et al, 2013).....	8
Figura 2.3 – Exemplos de conceção de estrutura em Light Steel Framing (LSF) recorrendo ao método peça por peça (Futureng, 2003-2016)	12
Figura 2.4 – Conceção de painéis em fábrica recorrendo ao Sistema Light Steel Framing (LSF) (Gaspar, 2013).....	13
Figura 2.5 – Painel estrutural de parede revestido a madeira e com caixilharia instalada (Costa, 2013)	13
Figura 2.6 – Montagem de módulos prefabricados: a) Ligação às fundações; b) Ligação entre módulos (Costa, 2013).....	14
Figura 2.7 – Construção com recurso ao painel sandwiche de betão (DNN, 2016).....	15
Figura 2.8 – Exemplo de casa de troncos (Logdomus, 2016)	16
Figura 2.9 – Obra construída com recurso a contentores marítimos reciclados - fase de obra (Engenharia Civil Na Internet, 2013).....	17
Figura 2.10 – Obra construída com recurso a contentores marítimos reciclados - obra concluída (Engenharia Civil Na Internet, 2013).....	18
Figura 2.11 – Moradia construída em LSF em associação com o em aço laminado. Fase de obra (esquerda) e moradia concluída (direita) (Futureng, 2003-2016)	21
Figura 2.12 - Divisórias amovíveis (esquerda) e especto geral da moradia prefabricada (direita) (Dezeen, 2011)	21
Figura 2.13 – Vista exterior da TreeHouse (esquerda) e interior da habitação (direita) (Jular – Madeiras, 2016).....	22
Figura 2.14 - Implantação de módulo prefabricado da Spaceship Home (esquerda) e aspecto geral da moradia prefabricada concluída (direita) (Dezeen, 2011).....	22
Figura 2.15 - Transporte de módulo prefabricado (esquerda) e instalação de módulo prefabricado (direita) (Dezeen, 2011)	23
Figura 2.16 - Vista geral exterior da casa invisível (esquerda) e secções da fachada abertas (direita) (Dezeen, 2011)	24
Figura 3.1 - Componentes do custo de mão-de-obra e matéria-prima na construção LSF e tradicional (Silvestre et al, 2013).	26
Figura 3.2 – Ensoleiramento geral e laje aligeirada com caixa-de-ar (Silvestre et al, 2013).....	31
Figura 3.3 – Estrutura metálica antes da aplicação do revestimento estrutural. (Gaspar, 2013).....	32
Figura 3.4 – Estrutura metálica parcialmente revestida com placas estruturais OSB. (Gaspar, 2013).	33
Figura 3.5 – Estrutura de telhado com asnas (Futureng, 2003-2016).	34
Figura 3.6 – A utilização de perfis com perfuração permite a passagem de tubagens (Silvestre et al, 2013).	35

Figura 3.7 – Isolamento de paredes em lã de rocha (esquerda) e gesso cartonado como revestimento exterior (direita).....	36
Figura 4.1 – O ciclo do BIM (Cardoso et al, 2012).....	42
Figura 5.1 – Componentes da janela REVIT (Template).....	50
Figura 5.2 – Ligação do levantamento topográfico em formato CAD para a vista implantação.	51
Figura 5.3 – Vista geral do terreno.	51
Figura 5.4 – Vista segundo o norte de projeto.....	52
Figura 5.5 - Modelação final do terreno sob o levantamento topográfico.....	53
Figura 5.6 – Definição da plataforma de implantação.....	54
Figura 5.7 – Pormenor típico de uma parede resistente em LSF (Silvestre et al, 2013).....	55
Figura 5.9 – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 2,70 m de altura sujeita apenas a carga de teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 piso. Aço S235 (Silvestre et al, 2013).....	56
Figura 5.10 – Fixação dos painéis de OSB (ou de gesso cartonado) (Silvestre et al, 2013)	57
Figura 5.11 – Pormenor de esquina (forma de fixação do revestimento interior e exterior) (Silvestre et al, 2013).....	57
Figura 5.12 – Verga em dupla cantoneira. A cantoneira subrepõe-se aos montantes interrompidos e fixa-se aos mesmos, tornando-os assim estruturais Também se deverá sobrepor, pelo menos, ao primeiro montante de cada extremo do vão (Silvestre et al, 2013)	58
Figura 5.13 – Montantes necessários nos extremos de um vão (normais e de ombreira) (Silvestre et al, 2013).....	59
Figura 5.14 – Vãos admissíveis em verga em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 7,30m (Silvestre et al, 2013).....	59
Figura 5.15 – Altura máxima de paredes (m) em perfil C140 completamente revestidas a OSB (Silvestre et al, 2013).....	60
Figura 5.16 – Altura máxima de paredes não estruturais, contraventadas a ½ altura. (Silvestre et al, 2013).....	60
Figura 5.17 – Definição dos planos de referência.	61
Figura 5.18- Estrutura típica de parede exterior (Silvestre et al, 2013).....	62
Figura 5.19 - Definição da estrutura de camada de um tipo de parede.....	62
. Figura 5.20 - Definição das paredes interiores e exteriores.....	63
Figura 5.21 – Parâmetros relativos às propriedades de um tipo de parede cortina.....	64
Figura 5.22 – Lista dos perfis definidos num projeto (Explorador de projeto).	65
Figura 5.23 – Geometria das secções utilizadas no método prescritivo: Secção em C, U e L (Silvestre et al, 2013).....	66
Figura 5.24 – Designação e dimensões das secções em C e U utilizadas no método prescritivo (Silvestre et al, 2013).....	66
Figura 5.25 – Criação de família de perfis C140x42x0,9, a inserir nas paredes cortina	67
Figura 5.26 – Modelo tridimensional das paredes interiores e exteriores	67
Figura 5.27 – Definição da localização dos vãos	68
Figura 5.28 – Vãos máximos em vigas de teto de vão único com reforços de apoio, sótão inacessível (Silvestre et al, 2013).....	69

Figura 5.29 – Pormenor de ligação entre vigas no beirado, com reforço de apoio (Silvestre et al, 2013)	69
Figura 5.30 – Vãos máximos em planta, em vigas de cobertura (Silvestre et al, 2013).....	70
Figura 5.31 – Parâmetros relativos às propriedades da estrutura do teto	70
Figura 5.32 – Criação da cobertura, definição do perímetro de implantação e inclinação.	71
Figura 5.33 – Corte do modelo tridimensional (estrutura de teto e cobertura)	71
Figura 5.34 – Propriedades individuais da cobertura	72
Figura 5.35 – Exemplo de perfurações em perfis metálicos	73
Figura 5.36 – Equipamentos e mobiliário do estudo de caso	73
Figura 5.37 – Escolha dos parâmetros a constar na tabela de portas interiores criadas	74
Figura 5.38 – Folha com vistas inseridas.	75

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Possíveis aplicações da prefabricação em obras de reabilitação (Lopes & Amado)	7
Quadro 5.1 – Valores máximos de dimensões e ações (Silvestre et al,2013)	49

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

AISI – *American Iron and Steel Institute*

BIM – *Building Information Model*

CAD – *Computer Aided Design*

CMM – Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista

EIFS – *External Insulation and Finishing System*

EUA – Estados Unidos da América

LSF – *Light Steel Framing*

MEP – *Mechanical, Electrical and Plumbing*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

OSB – *Oriented Strand Board*

PCT – *Parametric Technologies Corporation*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A construção de estruturas em LSF, aço leve ou aço enformado a frio, tem a origem da sua designação no facto dos elementos estruturais serem fabricados a partir de chapa de aço dobrada que, por ser fina, confere à estrutura de aço um aspeto leve. Embora a aparência possa sugerir o contrário devido ao grande número de elementos estruturais, constata-se na prática que uma estrutura em LSF tem um peso final significativamente inferior às soluções em betão ou em alvenaria.

O mercado da construção de estruturas de aço enformado a frio tem vindo a crescer e, estabelece-se como uma alternativa a outras soluções construtivas. O mérito desta evolução deve-se às suas características específicas e diferenciadoras em relação a soluções tradicionais, como a construção em betão, alvenaria e madeira. A construção em LSF está frequentemente associada a períodos de execução mais reduzidos, uma boa eficiência térmica e acústica, e um excelente desempenho ambiental, entre outros fatores. É um facto que a construção LSF, em Portugal constitui uma novidade relativamente recente, este tipo de construção é tradicional nos EUA, onde foi originalmente proposto, e também na Austrália.

A presente dissertação pretende debruçar-se sobre o estudo da solução construtiva LSF, focando-se principalmente em novos edifícios habitacionais. Este estudo passará pela análise do sistema construtivo, respetivo método prescritivo associado e aplicação de conceitos BIM ao sistema construtivo em causa. Após esta análise, será apresentado um caso pratico, que consiste na criação de um modelo em *REVIT* de uma moradia unifamiliar.

Os sistemas BIM são sistemas de gestão de informação que têm associados o princípio da automatização e integração da informação. Uma gestão adequada da informação é significativamente importante, porque representa a base para comunicar. Os BIM surgem como uma solução para centralizar e integrar a informação do edifício num modelo virtual tridimensional, ou seja, permitem a elaboração de um modelo tridimensional de um edifício, contendo as várias disciplinas existentes num projeto, bem como a informação correspondente a cada componente e sobre o ciclo de vida da estrutura. Mesmo com a existência de algumas desvantagens e dificuldades de aplicação associadas a este tipo de tecnologias, há uma enorme potencialidade de aplicação das mesmas em variadas áreas do sector da construção. Associado aos BIM, está o princípio da automatização e integração da informação. O conceito de automatização é muito importante no contexto da análise de dados provenientes da monitorização de estruturas. A ausência de uma linguagem comum acarreta a reintrodução de

dados, falta de interação entre *softwares*, pouco entendimento entre agentes da construção e uma utilização pouco sustentável das tecnologias da informação. Logo, uma melhoria da comunicação, uma troca e integração da informação são desafios técnicos e organizacionais a ser implementados. Um dos desafios da atualidade passa pela padronização da informação na indústria da construção. Este modelo procura criar uma linguagem que possa ser comum e compatível com as várias aplicações BIM, que permita padronizar o processo construtivo, de modo a explorar ao máximo as vantagens da utilização dos BIM.

1.2 Objetivos e Metodologia de Trabalho

O tema principal desta dissertação vai de encontro à experiência profissional adquirida durante o estágio profissional na empresa Prefabricasa, empresa com vasta experiência em projetos de licenciamento das várias especialidades e respetiva medição, orçamentação e acompanhamento de obra, neste momento disposta a especializar-se na área das estruturas metálicas e construção LSF. No decorrer do estágio foram sentidas algumas dificuldades na ligação entre projetos de arquitetura e as várias especialidades. Através de uma consolidação geral das necessidades verificadas na empresa e de uma ampla pesquisa das várias soluções existentes no mercado e com potencial para colmatar esta dificuldade, surgiu a possibilidade do uso de ferramentas BIM associado ao sistema LSF.

Neste contexto, através da experiência profissional adquirida, análise de várias soluções e processos construtivos, partilha de conhecimentos com profissionais da área do LSF e do BIM, análise do método prescritivo desenvolvido pela AISI, acompanhamento em obras, visita a feiras de engenharia, análise de bibliografia e fichas técnicas disponíveis, participação em jornadas técnicas de engenharia, entre outras atividades e documentação ao alcance de todos os profissionais, propõe-se a análise do sistema LSF centralizado num modelo habitacional de pequena dimensão. Utilizando o método prescritivo para constituição do projeto em causa, indo de encontro a uma otimização e rentabilidade nos materiais empregues em obra e gestão dos prazos de execução, garantindo a qualidade da construção.

Esta dissertação tem como objetivo estabelecer um possível método de trabalho que faça a ligação entre o sistema construtivo LSF, com recurso ao respetivo método prescritivo e as ferramentas BIM. Este método de trabalho procura facilitar a execução de projetos, condução de obra, planeamento e controlo de custos de uma dada intervenção, facilitando o trabalho a todos os intervenientes do processo em causa. Apontam-se também as vantagens do sistema construtivo LSF e as suas limitações, bem como se faz uma descrição de todo o processo construtivo e evidenciam-se as suas características técnicas. Uma vez que se encontra na área computacional inovações tecnológicas que permitem um maior controlo, planeamento e rigor das obras e projetos, este trabalho mostra a sua colocação em prática. As ferramentas BIM, é uma das aplicações usadas para criação de estruturas em LSF, possibilitando uma maior rapidez na fase de projeto, execução da obra e manutenção para atingir os objetivos traçados, o *software* utilizado nesta dissertação é o *REVIT* do conjunto *AUTODESK*.

1.3 Organização do Trabalho

A pesquisa referente a este estudo consegue-se através da busca de vários tipos de soluções construtivas que permitem um alargado conhecimento do sistema LSF. Esta investigação é feita em plataformas *online*, pedidos de opinião a vários profissionais da área, contacto com um vasto leque de empresas relacionadas com o tema geral da dissertação, nomeadamente nas feiras de engenharia *CONCRETA* e *TEKTÓNICA*, bibliotecas académicas e livrarias, com o intuito de encontrar informação científica relevante ao tema em estudo. É feita também uma pesquisa de outros trabalhos relacionados com o tema, nomeadamente dissertações em repositórios *online*.

A fase de investigação desta dissertação, antes da criação do estudo de caso aqui apresentado, divide-se essencialmente em três partes. A primeira passa pela recolha de informação, e consequente organização e traçado geral do encadeamento de todo o documento. Na segunda parte é feito um estudo exaustivo, compreensão e criação de experiência na ferramenta *REVIT*. A terceira parte consiste na análise do método prescritivo criado pela AISI e sistematizado pela CMM. Por fim, feita a sistematização do método prescritivo e conhecendo as potencialidades da ferramenta *REVIT* conclui-se favorável a possibilidade de ligação entre os dois conceitos.

A dissertação é constituída por seis capítulos e uma apêndice, cuja organização e conteúdo se sistematizam neste subcapítulo. Neste primeiro capítulo introdutório é feito o enquadramento do trabalho, sendo referidos os aspetos gerais relativos ao tema tratado. São ainda definidos os objetivos, a metodologia empregue para os atingir e finalmente uma breve descrição da organização do trabalho.

O segundo capítulo é refere-se à contextualização e evolução dos vários sistemas construtivos. Neste capítulo é apresentada uma pequena contextualização do tema casas prefabricadas, passando por descrever o mercado atual, aplicação da prefabricação na reabilitação, vantagens e desvantagens, os vários métodos construtivos, materiais estruturais e por fim alguns exemplos de casas prefabricadas.

O terceiro capítulo apresenta o sistema construtivo, em que este estudo se foca, o LSF. O capítulo começa por fazer uma descrição do sistema construtivo, exposição das suas características técnicas e o seu processo construtivo. São mencionados em paralelo os materiais mais utilizados na construção de LSF e as suas características. De seguida é apresentado o método prescritivo e sintetização das condições em que este pode ser aplicado.

No quarto capítulo é descrito o conceito dos BIM, a sua referência histórica, vantagens, desvantagens e sua metodologia de implementação.

O quinto capítulo corresponde ao estudo de caso em questão, onde se apresenta um exemplo de aplicação dos conceitos BIM ao sistema LSF, com recurso ao referido método prescritivo. Neste capítulo, são apresentadas as várias fases de criação do modelo tridimensional, mostradas sequencialmente as várias formas de parametrização e criação de famílias. Esta conceção baseia-se nos elementos essenciais para a realização de peças desenhadas de

arquitetura, apresentação da estrutura, respetivo processo construtivo, medição e orçamentação.

O sexto capítulo faz uma síntese do trabalho desenvolvido, resumindo as principais conclusões obtidas, e referem-se sugestões para a realização de possíveis trabalhos futuros que possam aprofundar o estudo desenvolvido no âmbito da presente dissertação.

Além dos seis capítulos que constituem o corpo da dissertação, esta inclui ainda uma apêndice, a qual contém o resultado obtido do modelo tridimensional desenvolvido.

2 ENQUADRAMENTO DO SISTEMA *LIGHT STEEL FRAMING* (LSF) NA CONSTRUÇÃO DE CASAS PREFABRICADAS

2.1 Enquadramento

Com o apoio de uma análise de mercado, referenciada mais à frente neste capítulo, torna-se evidente o crescimento da construção prefabricada no mercado da construção civil, daí a criação deste capítulo, que constrói uma análise geral e contextualização do tema que são as casas prefabricadas, abordando vários assuntos que às mesmas estão associados.

Este capítulo começa por enquadrar a construção de casas prefabricadas no mercado, num contexto específico que é a reabilitação, mostra também as vantagens e desvantagens da implementação da prefabricação.

Com base na vasta gama de materiais existentes no mercado e nas suas técnicas de aplicação, surgem diversos métodos de construção prefabricada e de material predominante, este é também um assunto presente neste capítulo.

Uma vez que os sistemas ecológicos estão cada vez mais presentes em todo o tipo de construção, faz-se aqui referência a alguns dos que podem ser aplicados à construção de casas prefabricada.

Tendo em conta que para a instalação de qualquer casa prefabricada existe legislação a cumprir, aborda-se aqui o tema de como proceder ao processo de licenciamento de uma casa prefabricada.

Por fim mostram-se vários exemplos de casas prefabricadas, edificadas com recurso a diferentes métodos construtivos e materiais.

Deste modo fica assim enquadrado o sistema LSF, tema principal deste documento, nos restantes exemplos, métodos, técnicas e materiais usados na construção prefabricada.

2.2 Prefabricação no Mercado

Prefabricação é o termo utilizado para designar um conjunto de técnicas que têm como princípio a produção de elementos construtivos fora do seu local de implantação, com posterior ligação e montagem em obra (Costa, 2013).

As casas prefabricadas representam uma parte do mercado da construção, que tem desenvolvido de ano para ano, com tendência ao aparecimento de empresas especializadas neste tipo de construção (Group, 2015).

O ritmo e as exigências da indústria da construção impulsionam o desenvolvimento de novas soluções construtivas, que permitem uma redução dos tempos de execução das soluções em causa, conduzindo a uma economia global, garantindo simultaneamente as condições de segurança dos seus executantes e utilizadores e minimizando sempre que possível os impactos ambientais (Group, 2015).

A industrialização do sector da construção, através da prefabricação, apresenta-se como uma solução possível para atingir algumas melhorias no sector, no entanto, esta solução implica conhecimentos das tecnologias existentes no mercado e em desenvolvimento. É importante para a rentabilidade do setor reduzir o tempo de construção, procurando diminuir os seus custos de mão-de-obra e, simultaneamente, garantir a eficiência do processo de produção e assegurar a qualidade do produto final.

A metodologia construtiva convencional pode ser posta em causa, devido à dificuldade de controlo de produção e de desperdícios. Daí advém a possibilidade de se adotarem diferentes métodos de construção, utilizar novos produtos, materiais e tecnologias. Tudo no sentido do processo construtivo se tornar mais sustentável e eficaz.

Uma das alternativas que pode contribuir para a resolução de alguns dos problemas do sector da construção convencional, é o recurso aos métodos de prefabricação, uma vez que tem a capacidade de reduzir o tempo em obra e a segurança no estaleiro. Proporciona assim um ambiente limpo e reduz os desperdícios em obra.

Assim sendo, espera-se que ao nível dos processos construtivos e tecnologias que ocorra uma industrialização crescente do sector, com o aumento das tarefas a realizar em fábrica e diminuição das tarefas em obra ou estaleiro (Figura 2.1).

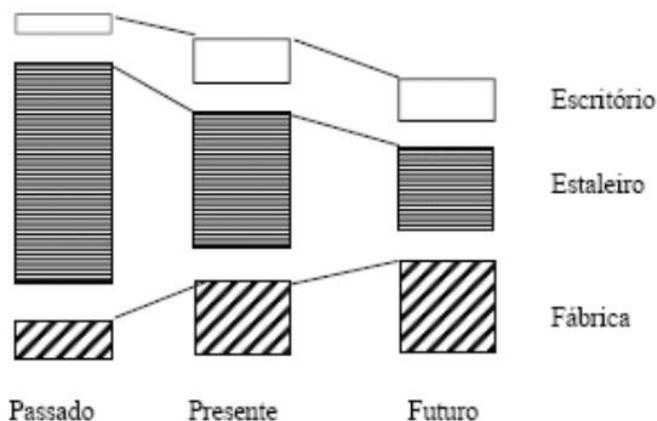


Figura 2.1 - Repartição dos tempos e tarefas na construção (Couto et al, 2010).

2.3 Prefabricação na Reabilitação

O sector da construção civil está a alterar o direcionamento da sua atividade. Devido à atual crise, daí o reduzido número de construções novas. A reabilitação é necessária para a ereção e melhoria das deficientes condições do parque habitacional, pode constituir a maior falta deste ramo de atividade (Lopes & Amado).

Assim, a adoção da prefabricação em projetos de reabilitação vem auxiliar as empresas deste ramo de atividade a tornarem o setor mais competitivo.

É importante analisar quais os problemas dos edifícios existentes a fim de definir quais as ações de reabilitação mais comuns. Parte das edificações mais antigas a intervir apresentam um estado de deterioração física e estrutural acentuado e uma inadequação funcional aos padrões atuais de salubridade, conforto e segurança. Nos edifícios mais recentes são identificadas opções tipológicas e soluções arquitetónicas desajustadas às necessidades dos utilizadores, deficiente qualidade do espaço, mau estado de conservação e degradação, utilização de materiais de fraca qualidade, presença de humidades de diversas naturezas, insuficiente isolamento térmico e acústico e consumo excessivo de energia e água (Lopes & Amado).

A prefabricação pode ser uma solução viável a alguns destes tipos de anomalias, no Quadro 2.1 apresentam-se um conjunto das principais ações de reabilitação às quais o sistema de prefabricação pode apresentar uma solução competitiva.

Quadro 2.1 - Possíveis aplicações da prefabricação em obras de reabilitação (Lopes & Amado)

Ações de Reabilitação	Sistema de Prefabricação
Problemas estruturais que levam à demolição de paredes	<ul style="list-style-type: none"> • Paredes constituídas por uma estrutura à qual é fixa o sistema capoto auxiliado por painéis <i>Oriented Strand Board</i> (OSB). • Paredes prefabricadas de betão armado com ou sem isolamento térmico.
Reforço térmico das paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> • Revestimento pelo interior com isolamento e placas de gesso cartonado. • Revestimento pelo exterior com painéis térmicos prefabricados.
Reabilitação e isolamento de coberturas	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura exterior inclinada constituída por painel <i>sandwich</i> com imitação de telha fixo a uma estrutura base. • Teto falso fixo á estrutura existente constituído por isolamento térmico e placas de gesso cartonado.
Melhoria da Organização do Espaço	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de paredes leves em painéis de gesso cartonado.

O sistema construtivo LSF, tema principal deste documento, é uma boa solução para aplicação em reabilitação de estruturas, pode ser aplicado para reabilitar edifícios degradados, mantendo o traço original com o máximo de segurança e minimizando os esforços na estrutura existente. Como o aço leve é um material extremamente versátil e transportável, permite erguer estruturas completamente novas sobre outras que, pelo seu estado de degradação, não permitem cargas excessivas (Silvestre et al, 2013).

Neste contexto, as principais aplicações destes produtos são (Silvestre et al, 2013):

- Compartimentação interior;
- Subestruturas sobrepostas a paredes preexistentes, para suporte de revestimento de fachada;
- Sobreposição ou substituição de coberturas;
- Ampliação vertical de edifícios;
- Compartimentação vertical (introdução de pisos intermédios) onde exista pé-direito adequado;
- Ampliação horizontal de edifícios.



Figura 2.2 – Substituição de cobertura em Light Steel Framing (LSF) (esquerda) e ampliação vertical (direita) (Silvestre et al, 2013)

2.4 Benefícios e Barreiras da Prefabricação

Existem diversos fatores que estão na base da seleção das técnicas e métodos de prefabricação a serem preferidos, nomeadamente, o custo, a qualidade e prazos de execução. O custo de uma construção está relacionado com os materiais utilizados, mão-de-obra especializada, equipamento e maquinaria. A qualidade está relacionada com o desempenho e fiabilidade, as quais são mais difíceis de quantificar do que os custos. O prazo de execução está diretamente ligado ao custo via custo de mão-de-obra (Silvestre et al, 2013).

No entanto, uma série de benefícios e barreiras têm sido identificados na utilização de técnicas de prefabricação. Embora seja uma tecnologia com diversas vantagens inerentes à industrialização do sector da construção civil tem ainda inconvenientes que por ventura estão na base de em Portugal continuar a ser mais comum a tecnologia tradicional.

Em seguida apresenta-se uma análise mais detalhada das vantagens e desvantagens inerentes á implementação de técnicas e métodos de prefabricação em casas de pequena/média dimensão.

2.4.1 Vantagens

Muitos foram já os intervenientes que se debruçaram sobre as vantagens e desvantagens da adoção de materiais e técnicas de prefabricação, sendo algumas das vantagens são as seguintes (Lopes & Amado):

- Projeto com reduzido número de erros e incongruências antes do início da produção devido a uma maior interação entre projetistas e outros intervenientes;
- Envolvimento dos fornecedores no processo de conceção, o que melhora o projeto e posteriormente beneficia o fluxo de entregas, o que pode resultar numa redução de custos;
- Maior coerência e correspondência entre o projeto do edifício e a construção, uma vez que os pormenores construtivos irão coincidir mais com os elementos reais a aplicar e a forma de aplicação em obra dos elementos prefabricados é mais específica não estando sujeita às opções alternativas do técnico executante;
- Produção em unidades industriais, com rotinas de produção que possibilitam e facilitam um controlo de qualidade ao longo de todo o ciclo produtivo, desde as matérias-primas aos ensaios do produto final;
- Rapidez de execução dos elementos em obra, em resultado dos elevados ritmos de montagem conseguidos pelo planeamento e sistematização das operações a realizar em obra. O ritmo de execução dos elementos torna-se ainda menos dependente das condições atmosféricas, sendo por isso mais fácil de cumprir prazos e controlar os programas estabelecidos;
- Redução da necessidade de andaimes com consequente redução de custos e tempo associados;
- Redução da probabilidade de acidentes diretamente relacionados com o número de horas de trabalho em estaleiro, que decorre dos elementos prefabricados serem aplicados em menor tempo;
- Reaproveitamento, em fábrica dos elementos de montagem, pela quantidade de elementos iguais que se fabricam e pelas mesas de produção que a maioria das empresas possui;

- Possibilidade de conceber com maior facilidade um projeto mais eficiente ao nível do seu processo de desmontagem e consequente reaproveitamento dos elementos, uma vez que é comum as ligações de elementos prefabricados permitirem desmontagem sem danos dos materiais;
- Possibilidade de redução da área de estaleiro, caso não haja necessidade de armazenar os elementos prefabricados;
- Maior facilidade de gestão e fiscalização sobre a qualidade dos produtos prefabricados e construção final;
- Redução dos resíduos de construção e demolição produzidos em obra, e consequente redução dos custos na sua gestão.

Pode assim concluir-se que a prefabricação competitiva e eficiente, contudo, quando confrontada com a construção convencional ainda enfrenta alguns obstáculos, mas que devem ser encarados como desafios a ultrapassar.

2.4.2 Desvantagens

Embora a prefabricação seja usada com maior frequência em projetos onde a repetitividade predomina, a sua implementação não apresenta um entrave tão significativo, no entanto, quando se considera a utilização de sistemas prefabricados, as principais razões para a sua ainda limitada aplicação são aqui sistematizadas (Lopes & Amado).

- Aumento do custo inicial da obra;
- Aumento do tempo que é necessário afetar à fase de conceção, em resultado na necessidade de um maior rigor no estudo do projeto e pormenorização;
- Possíveis limitações de espaço para colocação de componentes de construção prefabricada em estaleiro;
- Reduzida experiência neste tipo de processos;
- Reduzida procura de componentes prefabricados e projetos pouco padronizados;
- Necessidade de equipamentos de transporte e meios de elevação;
- Necessidade de grande rigor e controlo nas ligações;
- Dependência das tecnologias de construção convencional.

Este conjunto de situações conduz a que ainda se mantenha a predominância dos trabalhos *in-situ*.

2.5 Métodos Construtivos e Materiais Estruturais

O objetivo deste subcapítulo é abordar os vários tipos de conceção, referentes aos vários métodos construtivos e materiais usados, sintetizando-os e alcançando os aspetos comuns em cada um deles. Em Portugal, a designação Construção Prefabricada ainda está muito conotada, nomeadamente a edifícios industriais, ou então à construção modular, que tem por base módulos tridimensionais, com maior ou menor grau de acabamento em fábrica (Costa, 2013).

Analisando a designação de cada um destes métodos, conclui-se facilmente que todos têm a mesma ideologia em comum – sistemas e métodos construtivos baseados em elementos ou componentes produzidas em fábrica e posteriormente montadas no local de implantação.

Uma das dificuldades em estudar este tema é, por vezes, a clarificação e organização dos vários conceitos a esta associados. É de salientar que existem diversas formas de caracterizar e dividir os vários métodos construtivos.

A classificação apresentada neste documento faz uma caracterização e divisão bastante intuitiva, assim como é uma designação usada pelas empresas Portuguesas (Futureng, 2003-2016). Apesar de, país para país, variarem um pouco as definições ou os materiais utilizados, mas a base do conceito mantem-se (Costa, 2013). Procurou-se então de uma forma abrangente, simples e clara agrupar em dois temas os vários tipos de casas prefabricadas, sendo eles:

- Métodos Construtivos
- Materiais Estruturais

2.5.1 Métodos Construtivos - Peça por Peça

Este método consiste na montagem da estrutura peça por peça no local da obra. Neste método construtivo a estrutura constituída por perfis é concebida em obra, os elementos prefabricados podem seguir das instalações fabris prontos a colocar ou podem ter sofrer ainda algum tipo de alterações em obra. Quando existe a necessidade de furações para a instalação das várias infraestruturas, desde abastecimento de águas, drenagem de esgotos e águas pluviais, abastecimento de gás, eletricidade, telecomunicações, aspiração central, entre outras instalações possíveis de serem aplicadas, podem estas ser executadas em obra ou eficazmente perfuradas de fábrica, mas toda a montagem de paredes, lajes e cobertura é feita em obra. Este método tem duas grandes vantagens, nomeadamente o transporte dos materiais necessários para a obra é mais simples devido á dimensão reduzida das peças a transportar, bem como não necessita de um local exclusivo fora do estaleiro da obra para a pré montagem dos vários painéis ou módulos (Gaspar, 2013).



Figura 2.3 – Exemplos de conceção de estrutura em Light Steel Framing (LSF) recorrendo ao método peça por peça (Futureng, 2003-2016)

2.5.2 Métodos Construtivos - Painelização

O termo painelização designa o processo em que as paredes ou pisos são fabricados em unidades fabris e posteriormente transportados até ao local da obra, sendo aí ligados entre si. Quando se considera conveniente, e o método e materiais assim o permite, estes painéis são revestidos ainda em fábrica. Visto que todos os painéis são manuseados em fábrica, armazenados, transportados e finalmente fixos a uma base estrutural existente e entre si, o método de fixação e travamento é estudado previamente deformações ou desagregação das peças. A engenharia tem vindo a adaptar-se no sentido de garantir uma solidez nos diversos pontos onde os painéis são ligados aos adjacentes, este assunto é particularmente importante quando os painéis são revestidos em fábrica, visto que o revestimento estrutural não é contínuo (Futureng, 2003-2016).

A painelização reduz os desperdícios de material e permite acelerar o processo construtivo, garantindo que elementos externos, tais como o clima, tenham pouco impacto no desenvolvimento dos trabalhos. No entanto, implica a existência de instalações fabris, locais de armazenamento, e por vezes métodos especiais de transporte e elevação (Futureng, 2003-2016).

A vantagem da construção em LSF, tema principal deste documento, é a facilidade com que se montam os painéis de estrutura metálica, seja para utilização em elementos verticais ou elementos horizontais. O processo de montagem de painéis metálicos, painelização, requer um rigoroso controlo de montagem dos primeiros painéis para evitar defeitos, imperfeições e excentricidades no elemento estrutural. No entanto, ultrapassada esta primeira fase, a painelização constitui uma forma de produção em série bastante vantajosa para a construção em LSF. Por um lado, são necessários poucos operários para executar um painel. Por outro lado, a montagem de centenas de painéis iguais não requer conhecimentos adicionais aos requeridos na montagem do primeiro. A colocação e montagem destes painéis para formar a

estrutura metálica definitiva é bastante simples e rápida. Tal facto permite evitar elevados custos de mão-de-obra e reduzir prazos de execução sem paralelo nos métodos de construção tradicionais.



Figura 2.4 – Conceção de painéis em fábrica recorrendo ao Sistema Light Steel Framing (LSF) (Gaspar, 2013)



Figura 2.5 – Painel estrutural de parede revestido a madeira e com caixilharia instalada (Costa, 2013)

2.5.3 Métodos Construtivos – Construção Modular

A construção modular consiste na produção de vários módulos em fábrica, posteriormente transportados para o local da obra e aí ligados entre si constituindo um único edifício, este processo é executado com recurso a gruas ou outros meios de elevação. Usualmente, após a montagem dos módulos, a casa permanece definitivamente no mesmo local, tal como qualquer outro edifício, não se tratando portanto casas móveis ou caravanas (Futureng, 2003-2016).

Visto que a construção modular é um processo industrializado, que normalmente implica montagem em fábrica e transporte, os materiais que constituem a estrutura devem ser resistentes mas leves (Futureng, 2003-2016).

A construção modular permite fazer a ligação entre paredes, pisos, tetos e coberturas em fábrica. Este processo é vantajoso na medida em que na construção em obra, cada uma destas fases só pode ser iniciada depois de concluída a anterior. Na construção modular a montagem é executada em fábrica e transportada posteriormente para o local definitivo, este processo permite reduzir substancialmente o tempo dos trabalhos em obra (Futureng, 2003-2016).

Este tipo de construção permite executar em fábrica a maior parte das tarefas da obra, incluindo redes de águas, esgotos, eletricidade, isolamentos, caixilharias e até os revestimentos interiores e exteriores. Naturalmente, para que se tire partido de todo o potencial deste método de construção industrializada, é comum que o cliente opte por uma arquitetura já estudada. Ainda assim, é possível adaptar a casa aos desejos do cliente, podendo assim optar por diferentes módulos e configurações (Futureng, 2003-2016).



Figura 2.6 – Montagem de módulos prefabricados: a) Ligação às fundações; b) Ligação entre módulos (Costa, 2013)

2.5.4 Materiais Estruturais – Prefabricados de Betão

Na construção prefabricada de betão existem diversos sistemas e soluções técnicas aplicáveis, todos eles fazem parte de sistemas estruturais básicos, onde os princípios de projeto são

semelhantes. Os tipos mais comuns de sistemas estruturais de prefabricados de betão são: (Acker &Pereira, 2002)

- **Estruturas Porticadas** - Constituídas por pilares e vigas, que são utilizadas principalmente em construções industriais, armazéns ou construções industriais;
- **Estruturas em Painéis Estruturais** - Constituindo as componentes de paredes e lajes, as quais usadas maioritariamente na construção de casas, apartamentos, hotéis, escolas;
- **Sistemas para Fachadas** - Constituindo painéis maciços ou painéis *sandwich*, apresentados em todo o tipo de formatos e execução, desde o mais simples fechamento até aos mais requintados painéis em betão arquitetónico para fachadas com grande visibilidade;
- **Sistemas Modulares** - constituídos por células em betão prefabricado, algumas vezes utilizados para módulos de casas de banho independentes ou para a constituição do sistema de construção modular anteriormente apresentado neste documento.

A solução mais comum na construção de casa prefabricadas de betão é o sistema de construção misto, sendo a estrutura os painéis prefabricadas de betão com isolamento térmico e acústico, painéis estes executados em fábrica, correspondente ao método por painelização referido neste documento. As moradias ou outro tipo de casas de dimensão semelhante têm como base a utilização de elementos *standard* prefabricados na construção da superestrutura da edificação, que contribuem para os ganhos de eficiência ao nível de custos e prazos de execução da obra. Os acabamentos interiores, exteriores e os vários tipos de instalações necessárias para o bom funcionamento da edificação são executados em obra (Mudastone,2013).



Figura 2.7 – Construção com recurso ao painel sandwiche de betão (DNN, 2016)

2.5.5 Materiais Estruturais – Prefabricados de Madeira

A construção de casas prefabricada em madeira tem vindo a assumir um crescente desenvolvimento na arquitetura moderna, quer seja em habitação, em projetos de lazer e/ou entretenimento ou infraestruturas de turismo (Jular – Madeiras, 2016).

São vários os tipos de casas prefabricadas de madeira, neste documento são apresentados três deles: casas de troncos; casas com estrutura de madeira pesadas; casas com estrutura em madeira leves (Vaz, 2008).

- Casas de Troncos – Tal como o nome indica a construção é à base de troncos e pode-se assemelhar á construção em alvenaria visto que estruturalmente funciona da mesma forma. O sistema clássico coloca os troncos horizontalmente, a disposição vertical, embora muito menos frequente, também ocorre em algumas situações particulares. A estabilidade do conjunto é assegurada pela união das paredes nos cantos e pelo travamento providenciado pela ligação com os muros interiores. Neste sistema construtivo a madeira condiciona aqui o aspeto final da casa.



Figura 2.8 – Exemplo de casa de troncos (Logdomus, 2016)

- Casa com Estrutura em Madeira Pesada – Este tipo de edificação pressupõe um passo em frente em relação ao sistema de troncos, tanto na conceção arquitetónica como na complexidade estrutural. A madeira é utilizada como elemento estrutural puro, a estrutura é independente do revestimento exterior e os esforços principais, em geral, atuam na direção paralela às fibras. Podem considerar-se dois tipos diferentes de estruturas, o sistema porticado e o sistema entramado, ambos têm em comum a utilização de estruturas de grandes elementos de madeira com elevado peso próprio, as principais diferenças entre eles relacionam-se são os pés direitos que são mais

reduzidos no entramado e os elementos diagonais de travamento que cobrem planos completos funcionando como muros ao invés do sistema porticado.

- Casas com Estrutura de Madeira Leve – Este sistema representa a evolução mais recente da madeira como material estrutural de construção. Utiliza-se um grande número de elementos, pois a carga é distribuída e conduzida através de muitos elementos. As peças são usualmente normalizadas, certificadas e com uniões simples o que permite o intercâmbio, a modulação e a prefabricação. Para além disso, também têm uma geometria simples, o que permite obter uma construção mais económica. Por outro lado perde-se bastante a “arte” da carpintaria, no entanto permite ganhos importantes em produtividade. É fácil de isolar e impermeabilizar, as cavidades entre os elementos estruturais permitem a passagem das instalações e o preenchimento com isolamento. Do ponto de vista estético as estruturas leves exigem ser “escondidas”. Uma estrutura leve não revestida é uma solução esteticamente inaceitável.

2.5.6 Materiais Estruturais – Prefabricados com Contentores Marítimos Reciclados

A utilização de contentores na construção de edifícios tem vindo a ser cada vez mais comum, existem conceitos e processos de dimensionamento através dos quais é possível construir casas com diferentes configurações, não revelando do exterior, a estrutura executada em contentores (Engenharia Civil Na Internet, 2013).



Figura 2.9 – Obra construída com recurso a contentores marítimos reciclados - fase de obra (Engenharia Civil Na Internet, 2013)

É necessário adaptar os contentores, antes que estes possam ser utilizados como casas. Assim, a sua estrutura característica realizada em chapa canelada de aço é autoportante, a chapa é fechada sobre as longarinas superiores e inferiores e ainda sobre os pilares de canto (Sarabanda, 2013). Desta forma, não basta juntá-los para que se tornem habitáveis, mas também não é necessário contruir tudo de novo, pelo que esta solução constitui um compromisso entre os contentores de carga e a construção ligeira. A utilização deste sistema modular permite uma rápida montagem e adaptação do edifício (Macedo, 2014). As Figuras 2.8 e 2.9 mostram o exemplo de uma habitação contruída com o recurso de contentores marítimos.



Figura 2.10 – Obra construída com recurso a contentores marítimos reciclados - obra concluída (Engenharia Civil Na Internet, 2013)

2.5.7 Materiais Estruturais – LSF

A construção de estruturas em LSF, tem origem em elementos estruturais fabricados a partir de chapa de aço enformado a frio, que por ser fina, confere à estrutura de aço um aspeto leve. Este processo construtivo está normalmente baseado num processo de dimensionamento expedito para projetar estruturas simples, bem como a sua logística e programação em fase de obra seguem determinado faseamento construtivo padrão (Silvestre et al, 2013). O Capítulo 3 do presente documento aborda com grande detalhe o faseamento construtivo e conceção de estruturas em LSF.

2.6 Sustentabilidade

A construção é um dos domínios industriais que utiliza mais recursos naturais e quantidade de material. Por isso é necessário minimizar o impacto no meio ambiente. Na construção prefabricada existe a possibilidade de determinados elementos serem removidos para utilização noutra local ou noutra tipo de utilização (Silvestre et al, 2013).

A logica de sustentabilidade de um edifício pode ser aplicada em todas as fases, desde a fase de projeto, conceção, utilização e fim de uso. Cada vez mais este é um fator preponderante na escolha do método construtivo de uma casa. Existem diversos parâmetros que influenciam o desempenho ecológico de uma construção, tais como (Silvestre et al, 2013):

- Materiais e Recursos;
- Desperdícios;
- Energia;
- Transporte;
- Poluição;
- Desempenho e Qualidade;
- Saúde e Bem-Estar.

No contexto de edifícios de habitação e residenciais, as principais questões de sustentabilidade prendem-se na forma de minimizar os gastos de energia, principalmente no aquecimento/arrefecimento e nos sistemas de iluminação, e os requisitos específicos de planeamento para sistemas de energias renováveis (Silvestre et al, 2013).

É cada vez mais necessário cumprir com a legislação ambiental ao contruir uma habitação. Não só por via do desempenho térmico, ao qual é associada uma classificação energética e um dado consumo energético e volume anual de emissões, supondo que se mantêm as condições de conforto térmico no interior, mas também por via dos materiais empregues e do ciclo de vida da construção (Silvestre et al, 2013).

No que diz respeito a resíduos, em Portugal o único requisito baseia-se no facto dos resíduos de construção e demolição terem de ser conduzidos a um operador licenciado. Dado que são cobradas taxas pelo processamento dos mesmos, tanto mais altas quanto maior a dificuldade de os processar. É obrigatório apresentar uma estimativa prévia do volume de resíduos a gerar, e guardar as guias de transporte autenticadas pelo operador (Silvestre et al, 2013).

2.7 Licenciamento

O licenciamento deve ser efetuado junto da Câmara Municipal onde se insere o terreno, quer se trate de uma casa de férias, residência permanente, prefabricada ou de construção tradicional, o licenciamento é obrigatório e as leis comuns, diferenciando apenas o método de construção (Group, 2015).

Assim, a verificação do enquadramento legislativo e urbano deve ser realizada junto da Câmara Municipal da zona onde se insere o terreno, devendo ser consultado o Plano Diretor Municipal, para verificar a classificação da zona onde está localizado o terreno. Consoante essa classificação irá verificar-se se é possível construir nesse terreno e quais os condicionantes a essa construção. Caso o terreno se encontre inserido num loteamento deverá ainda ser consultado o alvará do loteamento onde se encontrará o respetivo Regulamento, para verificar os condicionamentos específicos para o terreno, normalmente identificado com um número de lote. O terreno poderá ainda estar inserido numa área que tenha sido alvo de um Plano de Pormenor, o que significa que também existem medidas específicas a verificar, neste documento Municipal. Deve também ser consultada a Lei 60/2007 de 4 de Setembro, que define o Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação. Após a verificação destes documentos, conclui-se a viabilidade construtiva do terreno (Design, 2016).

A documentação e os projetos para licenciamento ou comunicação prévia a entregar junto da Câmara Municipal estão definidos na Portaria 232/2008 de 12 de Março. Muitas vezes as Câmaras Municipais têm uma listagem dos elementos a entregar, que poderá servir de guião na preparação do processo. De um modo geral o processo a entregar reparte-se entre (Design, 2016):

- Documentos de identificação do proprietário e comprovação do direito de propriedade sobre o terreno;
- Levantamento Topográfico do terreno;
- Projetos de Arquitetura e Especialidades e documentos relativos aos autores dos projetos.

2.8 Exemplos de Casas Prefabricadas

Quando se trata o assunto de casas prefabricadas existem diversos sistemas construtivos e materiais que as podem caracterizar, este Sub-Capítulo mostra alguns exemplos destas casas prefabricadas, todas elas construídas parcialmente em fábrica, com maior ou menor grau de industrialização e instaladas em obra. Os casos concretos revelados têm diversas localizações a nível europeu, vários métodos construtivos e materiais estruturais, tratando-se de projetos criativos com diversos tipos de acabamentos e tecnologias que proporcionam o desenvolvimento deste tipo de construção.

2.8.1 “Moradia Sítio dos Quartos” – Portugal

Moradia localizada em Almancil, com uma arquitetura original e arrojada. A estrutura metálica foi a solução de engenharia encontrada para resolver as dificuldades do projeto, que alia ângulos e curvas, junto com vãos amplos. As fachadas são revestidas em vidro, e a cobertura e aba da pala na face interior são acabadas em zinco. É um excelente exemplo do uso do LSF em associação com as estruturas em aço laminado. Devido à surpreendente

arquitetura, bem como os processos e materiais aplicados esta moradia torna-se um exemplo atraiendo a atenção do público e dos técnicos (Futureng, 2003-2016).



Figura 2.11 – Moradia construída em LSF em associação com o em aço laminado. Fase de obra (esquerda) e moradia concluída (direita) (Futureng, 2003-2016)

2.8.2 “MIMA House” – Portugal

A “MIMA House” é das mais recentes casas prefabricadas portuguesas, localizada em Viana do Castelo e projetada por *MIMA Architects*. A prefabricação foi baseado em espaçamentos entre colunas regulares, por forma a que o seu enchimento seja padronizado, esta pode ser dividida em salas com divisórias amovíveis, adaptando-se às mudanças de vida rápidas. As janelas são de abrir e em madeira, podendo ser colocados painéis de contraplacado transformando as janelas em paredes por forma a criar maior privacidade quando necessário (Dezeen, 2011).



Figura 2.12 - Divisórias amovíveis (esquerda) e especto geral da moradia prefabricada (direita) (Dezeen, 2011)

2.8.3 “TreeHouse Riga” – Portugal

A Jular, empresa portuguesa, desenvolve o sistema de construção modular *TreeHouse*, que surge adaptada a uma nova tipologia compacta e flexível. Criada numa linha arquitetónica minimalista, a construção é simples e compatível com a beleza exterior, visando responder à procura de habitações de área reduzida. É constituída por dois módulos de 22 m², reduzida área de habitação, no entanto dispõe de uma sala com *kitchenette*, dois pequenos quartos e uma casa de banho. O pátio, vedado, permitem a extensão da casa para o exterior (Jular – Madeiras, 2016) (Mola, 2014).



Figura 2.13 – Vista exterior da TreeHouse (esquerda) e interior da habitação (direita) (Jular – Madeiras, 2016)

2.8.4 “Spaceship Home” - Espanha

A *Spaceship Home* está localizada no bairro da *La Moraleja*, a norte da capital espanhola e foi projetada por NEON. A construção prefabricada compreende três módulos de madeira ligados a uma armação metálica montada quatro metros acima do solo, permitindo que a nave inicial fosse construída em fábrica e montada no local da obra em dois meses.



Figura 2.14 - Implantação de módulo prefabricado da Spaceship Home (esquerda) e aspecto geral da moradia prefabricada concluída (direita) (Dezeen, 2011)

O revestimento exterior é feito em chapas de aço galvanizado lacado melhorando a estética e acabamento do edifício, enquanto a estrutura de madeira garante um excelente desempenho térmico (Dezeen, 2011).

2.8.5 “Heijmans” – Holanda

A empresa de construção civil holandesa Heijmans desenvolveu uma casa prefabricada que pode ser instalada em menos de 24 horas. A solução proposta é uma casa prefabricada em madeira constituída por dois pisos que pode ser facilmente deslocada para outro local. Esta solução resolve a questão dos sítios urbanos com escassez de casas a preços acessíveis (Dezeen, 2011).



Figura 2.15 - Transporte de módulo prefabricado (esquerda) e instalação de módulo prefabricado (direita) (Dezeen, 2011)

2.8.6 “Heijmans” – Holanda

Trata-se de uma unidade habitacional da Eslovénia e é marcada pelas suas superfícies espelhadas, misturando-se com a paisagem circundante. A casa tem dimensões de 14,5 m de comprimento e 3,50 m de largura, tornando-se possível transportá-lo desde a fábrica até ao local da sua instalação num camião. Esta é fabricada usando uma estrutura prefabricada em madeira que reduz os custos e permite ser construída usando uma solução pronta para uso. Secções na fachada podem ser puxadas para o lado como cortinas para revelar as portas de vidro de altura completa (Dezeen, 2011).

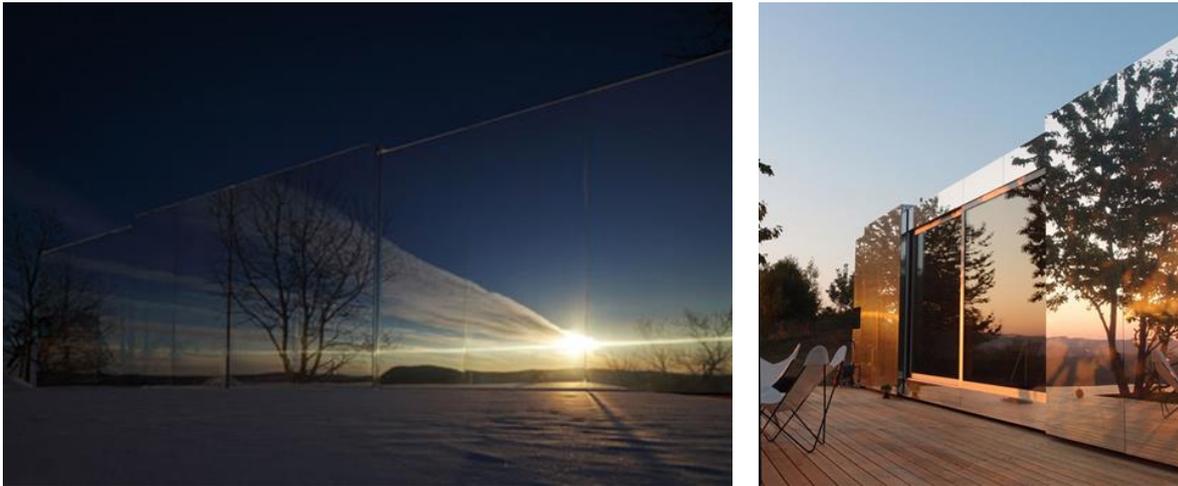


Figura 2.16 - Vista geral exterior da casa invisível (esquerda) e secções da fachada abertas (direita) (Dezeen, 2011)

3 SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING (LSF)

3.1 Enquadramento

A construção de estruturas em LSF, designadas de aço leve ou aço enformado a frio, tem a origem da sua designação no facto dos elementos estruturais serem fabricados a partir de chapa de aço dobrada que, por ser fina, confere à estrutura de aço um aspeto leve (Silvestre et al, 2013).

Na última década, o mercado da construção de estruturas em aço enformado a frio tem vindo a crescer, estabelecendo-se como uma alternativa a outras soluções construtivas. A construção em LSF está frequentemente associada a períodos de execução mais reduzidos, uma boa eficiência térmica e acústica, maior sustentabilidade, entre outros fatores, todos eles tratados com mais detalhe no presente capítulo (Silvestre et al, 2013). É com base nestes aspetos que se elege o sistema LSF como tema principal deste documento e a ele se procura aplicar conceitos BIM, tema a abordar com maior detalhe nos próximos capítulos.

O processo construtivo de edifícios simples em LSF, está baseado num processo de dimensionamento expedito para projetar estruturas simples, em aço enformado a frio. Este capítulo começa por descrever as características técnicas deste sistema, descrever o processo construtivo e o seu faseamento, uma vez que para proceder ao seu dimensionamento é necessário conhecer bem o sistema, por fim descrever o método prescritivo que vai servir de base ao dimensionamento do caso do estudo presente no Capítulo 5 do presente documento.

3.2 Características Técnicas do LSF

Dissecando a expressão Light Steel Framing pelas suas palavras constituintes, em que Light corresponde a Leve, Steel corresponde a Aço e Framing a Estrutura, podemos sistematizar então como este sistema funciona (Gaspar, 2013).

- *Light* (Leve) – É um tipo de estrutura leve, constituída por perfis de baixo peso. Esses perfis são feitos á partir de chapas de aço de baixa espessura e moldados a frio, com o intuito de lhes dar uma forma que permite sustentar cargas. Os perfis dai resultantes vão ser os elementos resistentes da estrutura do edifício.
- *Steel* (Aço) – Aço é o material que compõe os perfis deste sistema construtivo, concedendo a este uma versatilidade e facilidade de produção. O aço usado neste sistema possui características próprias e especificas a este tipo de estrutura, como por

exemplo o de passar por um processo de galvanização que lhe confere proteção contra a corrosão e conseqüentemente um longo tempo de vida.

- *Framing* (Estrutura) – A palavra *Framing* é utilizada na língua inglesa para definir o tipo de estrutura usada neste género de construção. Este tipo de estrutura os perfis leves em aço galvanizado são unidos e usados em conjunto para criar um género de esqueleto do edifício, definindo a sua forma e suportando o edifício.

Estruturas em aço leve, estão cada vez mais a ser uma alternativa procurada no mercado da construção (Engenharia e Construção, 2011). Neste tipo de sistema construtivo o aço é o elemento mais representativo da estrutura, daí os principais fatores que influenciam a utilização do aço leve na construção de casas são, o custo, a qualidade e prazos de execução (Silvestre et al, 2013).

O custo e a qualidade estão relacionados com duas componentes essenciais, os materiais utilizados e mão-de-obra, porém também dependem de outros fatores como os níveis de acabamento, da qualidade e quantidade dos equipamentos instalados. Regra geral, uma habitação construída em LSF é comercializada sensivelmente ao mesmo preço de uma habitação construída pelo método tradicional (Silvestre et al, 2013). A vantagem do sistema construtivo LSF não reside no custo unitário por metro quadrado mas nas características da construção, como por exemplo prazos de execução reduzidos, o conforto térmico e acústico, e segurança antissísmica.

Os prazos de execução estão relacionados com os níveis de prefabricação e rapidez de montagem em obra. Em termos gerais o prazo de execução do sistema LSF é cerca de 1/3 da construção tradicional. O reduzido peso dos elementos estruturais permite o seu manuseamento em obra pelos operários, evitando as operações com grua. Adicionalmente, a utilização de sistemas de fixação mecânica, a aplicação de argamassas de secagem rápida para rebocos exteriores, a simplicidade na colocação de tubagens e condutores elétricos devido a não ser necessária a abertura de roços e ainda muitas outras técnicas fáceis e rápidas utilizadas nos edifícios em aço leve, diminuem consideravelmente a mão-de-obra e, conseqüentemente, o tempo necessário para a conclusão dos trabalhos.

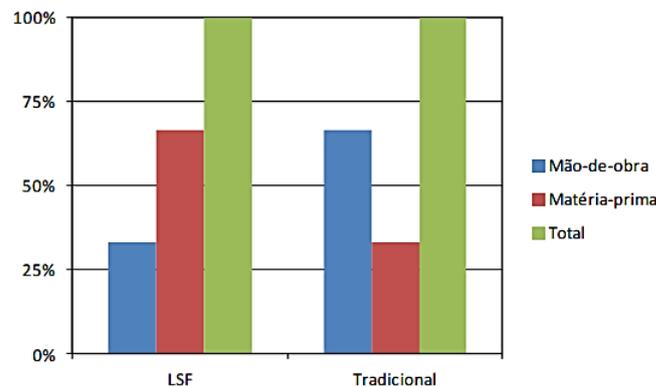


Figura 3.1 - Componentes do custo de mão-de-obra e matéria-prima na construção LSF e tradicional (Silvestre et al, 2013).

Qualquer tipo de habitação projetada para construção tradicional pode ser convertida para o sistema em LSF sem alterar em nada o projeto de arquitetura bem como o aspeto final da habitação. Os vários métodos construtivos, descritos no Capítulo 2.5.1 do presente documento, apresentam diferentes prazos de execução, consta-se que o método de construção modular constitui a solução que leva a maior redução dos prazos de execução (Silvestre et al, 2013).

Após se ter definido o sistema, apresentado os fatores preponderantes na escolha de um método construtivo e referindo algumas vantagens da construção em aço leve, procede-se de seguida à apresentação específica das características técnicas da construção em Light Steel Framing (LSF).

3.2.1 Desempenho Térmico

A inércia térmica de um edifício é a sua capacidade de contrariar as variações de temperatura no seu interior, ou seja, de reduzir a transferência ou transmissão de calor. Isto acontece devido à sua capacidade de acumular calor nos elementos construtivos. A velocidade de absorção e a quantidade de calor absorvida determina a inércia térmica de um edifício (Futureng, 2003-2016).

A inércia térmica influi sobre o comportamento do edifício tanto de Inverno ao determinar a capacidade de utilização dos ganhos solares, como de Verão ao influenciar a capacidade do edifício absorver os picos de temperatura (Futureng, 2003-2016).

O isolamento térmico constitui uma das características mais valorizadas no conforto de uma habitação. Os materiais de construção deveriam conferir à habitação uma defesa contra as variações de temperatura e de humidade sentidas no exterior. Como é reconhecido, o aço não tem qualquer propriedade como isolante térmico. No entanto, a esmagadora maioria da superfície de uma parede em LSF não tem aço, limitando as pontes térmicas. Note-se que o isolamento está na espessura dos elementos estruturais (paredes) e não numa caixa-de-ar à parte. Consegue-se assim simultaneamente melhor o desempenho térmico em menor espessura das paredes. Esta redução na espessura das paredes, comparativamente a outras soluções estruturais, conduzirá a um melhor aproveitamento da área bruta de implantação e a um aumento da área útil da habitação (Silvestre et al, 2013).

3.2.2 Desempenho Acústico

Na maior parte das edificações, torna-se difícil isolar o som produzido em outros compartimentos da casa, de diferentes pisos, ou mesmo o ruído proveniente do exterior. Muitas vezes, a forma de evitar a propagação do ruído é aumentar a largura das paredes, ou seja, através da massa. No entanto, poderia alcançar-se um bom resultado por utilizar materiais que comprovadamente revelam ser maus transmissores de som, ao contrário do que acontece com o tijolo e o betão (Futureng, 2003-2016).

As lãs minerais, utilizadas na cavidade interior das paredes, são eficazes devido à sua composição e estrutura, sendo consideradas por testes laboratoriais como possuindo alto poder de isolamento acústico. Nas paredes interiores, a utilização das placas de gesso laminado contribui para reduzir a transmissão do som. Nas exteriores, além do gesso numa das faces, há ainda que contar com o *Oriented Strand Board* (OSB) e o poliestireno expandido, no caso de se aplicar um sistema capôto (Futureng, 2003-2016).

Até aqui mencionou-se o que acontece com a propagação dos chamados ruídos aéreos, ou seja, aqueles que são provocados pela conversação normal ou por aparelhos, tal como a televisão. Quanto a ruídos de impacto, tal como a queda ou o arrastar de objetos ou os simples passos num piso superior, as lãs minerais colocadas no espaço entre as vigas de piso, poderão minimizar este efeito de transmissão sonora (Futureng, 2003-2016).

3.2.3 Desempenho Sísmico

As construções metálicas são mais dúcteis que o sistema tradicional em betão ou alvenaria, essencialmente devido ao comportamento mecânico do aço e ao carácter dissipativo das ligações aparafusadas. Por este motivo, as estruturas metálicas constituídas por elementos de aço laminado são aconselhadas para utilização em zonas sísmicas. No entanto, e embora a construção em LSF utilize perfis metálicos, estes são fabricados a partir de chapas finas que permitem a ocorrência de deformação local das secções quando submetidas a esforços significativos. Por este motivo, os perfis de aço enformado a frio não exibem a mesma ductilidade dos perfis de aço laminado, os quais têm espessuras bem superiores. Daí os perfis laminados a quente são mais aplicáveis em zonas sísmicas, que os perfis de aço enformados a frio. Consequentemente, e para o mesmo nível de forças sísmicas, o comportamento das estruturas em LSF não é tão bom quanto o das estruturas em aço laminado. Como consequência dos materiais utilizados na estrutura, paredes e pavimentos, os edifícios em LSF têm muito menor massa e menor rigidez que edifícios em betão armado com volumetria e altura semelhantes. Assim, os edifícios em LSF apresentam frequências próprias distintas dos edifícios de construção tradicional. Por outro lado, e como as forças sísmicas equivalentes (de inércia) nos pisos são proporcionais à massa do piso, facilmente se conclui que as forças sísmicas exercidas numa estrutura em LSF serão sempre menos severas que as forças atuantes numa estrutura em betão armado. Por outro lado, os painéis de OSB permitem ainda conferir alguma rigidez e resistência às forças horizontais, tais como à ação do vento e sismo. Esta resistência dependerá muito do espaçamento dos parafusos de ligação entre o OSB e os perfis de aço leve, tendendo a aumentar para menores espaçamento entre parafusos (Silvestre et al, 2013).

3.2.4 Segurança ao Fogo

A resistência mecânica do aço diminui com altas temperaturas, como é o caso quando ocorrem situações de incêndio.

A segurança contra incêndios constitui um fator importante em edifícios residenciais, sendo caracterizado por (Silvestre et al, 2013):

- Meios para uma fuga rápida e segura do edifício em caso de incêndio, envolvendo percursos de fuga alternativos e zonas de proteção ao fogo;
- Medidas para controlar o risco e a gravidade do incêndio, tais como detetores de fumo e “sprinklers”;
- Período adequado de resistência ao fogo para permitir o combate ao incêndio e colapso estrutural prematuro.

É importante referir que um pequeno incêndio não deverá causar danos desproporcionados e a construção deverá ser facilmente reparável. A construção em LSF é bastante sensível à ação do fogo se considerarmos apenas o aço, pois o fator de massividade dos perfis de aço enformados a frio é geralmente baixo devido à reduzida espessura dos perfis (Silvestre et al, 2013). Pela mesma razão, a proteção ao fogo com pintura intumescente, ou pela projeção de rebocos de base cimentícia, gesso, muito eficientes em outras aplicações, não são uma boa solução no caso de estruturas galvanizadas em LSF (Futureng, 2003-2016).

No entanto, as estruturas LSF podem ser protegidas pela aplicação de um sistema adequado, revestindo na vertical os elementos estruturais ou aplicados sob a forma de tetos falsos suspensos, a utilização de mantas ou painéis de fibra de vidro ou lã mineral contribui também para a resistência ao fogo da estrutura (Futureng, 2003-2016).

3.2.5 Homologação do Sistema

O sistema LSF não possui patente como uma invenção exclusiva que deva ser protegido por direitos de autor. Trata-se simplesmente de uma forma de construir como a construção de estrutura em betão armado e paredes em tijolo. O que existe é uma regulamentação baseada em códigos legislativos, tais como os Eurocódigos. Esses documentos, de aplicação obrigatória, definem quais as capacidades que um determinado produto ou processo deve possuir. No caso da construção civil, a lei determina que a estrutura deve resistir a um determinado valor de carga, a uma determinada força do vento ou sismo, ação do fogo, etc. Também define qual o comportamento térmico ou acústico do interior dos edifícios etc. Assim, o técnico responsável pelo projeto, responsabiliza-se pelo funcionamento estrutural dos elementos a usar no edifício (Futureng, 2003-2016).

A forma como os perfis metálicas são colocadas e distribuídas na estrutura, tem de ser dimensionada por um técnico creditado que se responsabiliza pela segurança estrutural. Portanto, as estruturas em aço não são passíveis de ser homologadas tal como as estruturas de betão armado (Futureng, 2003-2016).

3.3 Processo Construtivo

A logística e a programação da obra constitui uma das componentes mais importantes para o sucesso da mesma. Sem um faseamento das etapas de construção bem programado, facilmente se incorre no incumprimento de prazos de execução. Devem ser contabilizadas com rigor e sem desperdícios as quantidades de materiais a encomendar e calendarizar a mão-de-obra específica de cada fase construtiva.

Trata-se de um processo contínuo e com trabalhos a realizar em simultâneo. O faseamento típico de uma construção em *Light Steel Framing* engloba as seguintes fases do processo:

- Fundações;
- Estrutura metálica;
- Revestimento exterior – OSB;
- Revestimento interior – Lã de rocha;
- Instalações;
- Cobertura;
- Revestimento exterior;
- Gesso cartonado;
- Caixilharias;
- Acabamentos interiores.

3.3.1 Fundações

As fundações têm como responsabilidade transmitir a carga da estrutura ao terreno e delimitar a barreira entre o interior do edifício e o terreno. Dai, estas devem ser bem isoladas, por forma a reduzir os consumos energéticos e evitar humidades relativas a infiltrações provenientes do solo (Gaspar, 2013).

As fundações com objetivo de receber estruturas LSF são realizadas da mesma forma que na construção tradicional, uma vez que este tipo de estruturas possuem reduzido peso próprio, comparado com soluções de construção tradicional, as fundações são também menos solicitadas. Assim, são habitualmente usadas sapatas contínuas ou ensoleiramento geral (Gaspar, 2013).

- Sapata Contínua - Este tipo de fundação é constituída por dois elementos, a sapata e o muro fundação. Este muro percorre todo o perímetro da implantação do edifício e também o alinhamento das paredes estruturais interiores do edifício. Os muros de fundação sofrem diferentes cargas caso estejam no perímetro ou no interior da implantação. Aos muros que percorrem o perímetro é-lhes exigido que suportem tanto as cargas verticais do edifício como as cargas laterais, provenientes dos impulsos do

terreno, enquanto os muros de fundação do interior apenas têm que suportar as cargas verticais do edifício. A grande vantagem deste tipo de fundação é a de permitir a circulação de ar na face inferior do edifício e assim melhorar o seu isolamento, já que este não está em contacto direto com o solo.

- Ensoleiramento Geral - Passa por criar uma laje única sobre toda a área de implantação do edifício. Para dar estabilidade e rigidez à laje esta possui vigas em todo o seu contorno e no alinhamento inferior das paredes estruturais do edifício. O correto isolamento neste tipo de laje é muito importante já que esta está em contacto direto com o terreno e tem a função de laje de piso do rés-do-chão. Usar este tipo de fundação implica instalar as infraestruturas que circulam na laje antes da sua betonagem.

A ancoragem da laje à estrutura metálica é realizada através de buchas químicas de resistência antissísmica. Com um espaçamento de 1.20 m, existirá uma fixação de aperto mecânico com varão roscado com um mínimo de 16mm, e nas esquinas existirão obrigatoriamente 3 buchas, uma ao centro e as outras em cada um dos lados. O varão deverá entrar 20 cm a 30 cm em orifício devidamente aspirado/limpo, cuja cavidade irá receber a componente química que irá constituir a ancoragem com um aperto que comprometa todas as peças, incluindo um reforço adicional, afim de otimizar a área de resistência à solicitação das cargas de arranque.



Figura 3.2 – Ensoleiramento geral e laje aligeirada com caixa-de-ar (Silvestre et al, 2013)

3.3.2 Estrutura Metálica

As paredes constituem a estrutura do edifício, evitando-se concentrar as cargas em pilares. Raramente se utiliza o sistema de pórtico com cargas concentradas em pilares. Todo o peso das lajes, pavimentos e restantes sobrecargas, em função da edificação em causa, são distribuídas uniformemente pelas paredes. O conceito é simples: a cada elemento horizontal (viga) corresponde um elemento vertical (montante), os quais são devidamente aparafusados de acordo com o projeto de estabilidade utilizando parafusos galvanizados, dúcteis e

suficientemente distribuídos, para garantir alguma dissipação de energia no caso de um sismo. A ligação entre elementos perpendiculares deve ser assegurada por um terceiro elemento de junção com capacidades efetivas de comportamento/efeito de rótula. Todos os elementos são colocados com um espaçamento regular e constante, entre 40 cm a 60 cm, conforme a exigência de utilização prevista no projeto de execução. Depois dos diversos elementos estarem ligados entre si, a estrutura do edifício assemelha-se a uma “grelha de aço tridimensional”. É de notar que a estrutura deve estar provisoriamente escorada através de perfis na diagonal, fixando com parafusos todos os montantes verticais, com o objetivo de garantir que a estrutura se mantenha nivelada na vertical durante a execução da obra. Estas diagonais só serão retiradas após a colocação dos painéis estruturais de OSB, os quais se comportam simultaneamente como uma cofragem perdida/definitiva e um diafragma estrutural que liga os perfis entre si na direção horizontal (uma vez que os perfis só estão ligados nas extremidades) e assegura a rigidez das paredes relativamente às cargas horizontais (vento e sismo) (Silvestre et al, 2013).

As ligações entre todas as peças metálicas (ligação perfil-perfil, ligação perfil-canal e ligação aço-OSB) são muito importantes e assumem uma função relevante na interligação de peças e distribuição de cargas e esforços. Existem regras previstas no método prescritivo, tratado no próximo subcapítulo, nomeadamente quanto às distâncias mínimas admissíveis por forma a se respeitarem as tolerâncias regulamentares e também quanto à resistência dos parafusos. É muito importante que se respeitem essas regras para que a estrutura metálica cumpra com as regras de segurança consagradas nas normas europeias e portuguesas vigentes (Silvestre et al, 2013).



Figura 3.3 – Estrutura metálica antes da aplicação do revestimento estrutural. (Gaspar, 2013).

3.3.3 Oriented Strand Board (OSB)

As paredes, pisos e coberturas são revestidos com placas estruturais de OSB, estas são produzidas através de processos tecnológicos e maquinaria sofisticada: as partículas de madeira são cruzadas e orientadas em diferentes direções e são impregnadas/coladas com resinas especiais a altas temperaturas e em várias camadas (Silvestre et al, 2013).

Tal como referido acima, as placas OSB têm como função o revestimento estrutural no sistema LSF. Ao desempenhar essa função, não servem apenas para revestir a estrutura pelo exterior. Elas contribuem para a resistência estrutural do edifício e, assim, as suas características são consideradas no dimensionamento da obra de engenharia (Futureng, 2003-2016).

Em obra, as placas de OSB mostram ser bastante versáteis sendo fáceis de cortar e de fixar. Além disso, as placas estão preparadas para resistir às intempéries durante o processo de construção. O seu baixo peso torna fácil o seu transporte durante o período de construção. Apesar de ser basicamente um revestimento estrutural, as placas OSB contribuem também para os excelentes níveis de isolamento térmico do edifício. Depois de colocadas, o revestimento serve também de base para a fixação dos materiais de acabamento das fachadas (Futureng, 2003-2016).



Figura 3.4 – Estrutura metálica parcialmente revestida com placas estruturais OSB. (Gaspar, 2013).

3.3.4 Cobertura

No caso de coberturas inclinadas e o sótão não seja habitável, o projeto de engenharia pode contemplar asnas. Estes elementos de configuração triangular e com geometria adaptada à configuração pretendida, são usualmente construídos por diversos perfis. Os diversos segmentos que constituem cada asna são unidos entre si por parafusos, sendo que a sua quantidade, espessura e comprimento, bem como espaçamento, são objetos de dimensionamento. Estas asnas podem repetir-se em modulações de 60 cm ou em espaçamentos superiores sendo posteriormente conectadas por madres metálicas. Caso o sótão seja habitável, haverá necessidade de executar uma laje de piso e as asnas não poderão impedir o uso do sótão (Futureng, 2003-2016).

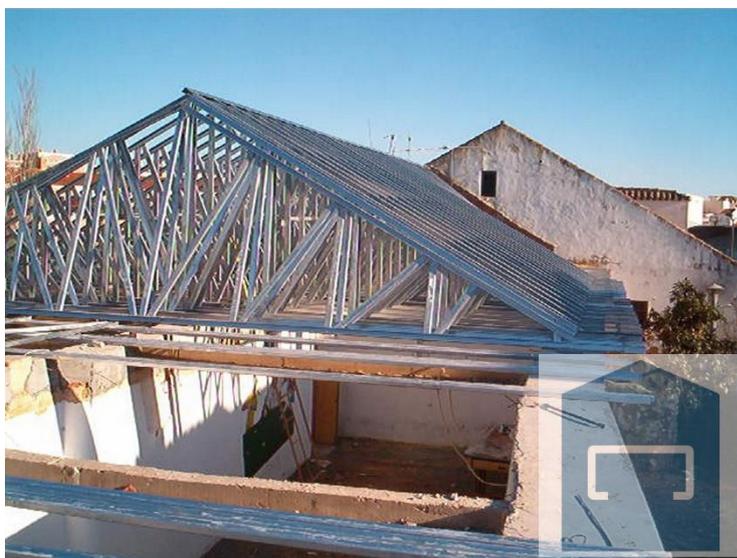


Figura 3.5 – Estrutura de telhado com asnas (Futureng, 2003-2016).

A estrutura metálica, seja em asnas ou em vigas, pode então receber um revestimento estrutural em OSB, caso isso se considere necessário. Posteriormente aplicam-se materiais de isolamento térmico e acústico, tal como painéis de placas de XPS ou EPS, bem como produtos de impermeabilização, como por exemplo uma subtelha. Finalmente, poderá ser aplicado um ripado metálico ou plástico para suporte das telhas cerâmicas (Futureng, 2003-2016).

No entanto, a cobertura pode ser executada com qualquer material usualmente empregue nas construções convencionais. Desde a telha cerâmica tradicional, às telas asfálticas ou metálicas, qualquer material pode ser aplicado sobre a estrutura metálica provida ou não de forro em OSB, isolamento térmico ou impermeabilização. A cobertura pode ser inclinada ou plana, visitável ou não, conforme o delineado no projeto de arquitetura (Futureng, 2003-2016).

3.3.5 Revestimento Exterior

Sobre as placas de OSB que revestem exteriormente a estrutura metálica é habitual aplicar o sistema *External Insulation and Finishing System* (EIFS), composto por placas de poliestireno expandido que eliminam as pontes térmicas e perfazem um reboco com acabamento final impercetível. Como revestimento final, as fachadas são pintadas com textura própria impermeável e/ou com uma membranas flexíveis, e no qual as marcas mais tradicionais existentes no mercado já adotaram estes sistemas também na alvenaria comum. Este sistema de isolamento térmico pelo exterior e de acabamento de fachadas é completamente eficaz na proteção dos edifícios contra infiltrações, fissuras estruturais e das variações resultantes das amplitudes térmicas.

Existem várias combinações que as estruturas permitem receber, com as mais variadas soluções de acabamentos exteriores, desde a recorrência a situações mais provisórias até situações definitivas, duradouras e com coeficientes de rentabilidade construtiva muito mais eficientes que na construção tradicional, tendo em conta o curto prazo de execução.

As fachadas ventiladas, asseguram a possibilidade de aplicação de todos os produtos disponíveis no mercado, tais como os painéis fenólicos, pedras ou outros porcelânicos que já tem incluído a componente de captação energética para benefício do próprio edifício. Convém salientar que todos os materiais vêm diretamente dos fornecedores para a obra sem haver a necessidade de estaleiro, o que se traduz em redução de custos, incluindo a ausência de guas, a redução de mão-de-obra, dependência de água no local (dado que os materiais são trabalhados a seco) e permite a elaboração de uma programação e logística rigorosa. Assim, com menos custos, consegue-se mais área de construção efetiva.

3.3.6 Infraestruturas



Figura 3.6 – A utilização de perfis com perfuração permite a passagem de tubagens (Silvestre et al, 2013).

O facto das estruturas em LSF possuírem um espaço vazio, entre perfis, no interior das paredes, vai facilitar a instalação das várias infraestruturas, como águas, eletricidade,

telecomunicações, etc. Em comparação, nas paredes de tijolo vazado há a necessidade de abrir roços na alvenaria para colocar os vários tipos de infraestruturas, danificando-a, sendo depois os roços selados com argamassa, duplicando assim o trabalho com a construção e posteriori reconstrução, total ou parcial, da parede (Gaspar, 2013).

No caso de uma parede em LSF, se houver a necessidade de intervir nas infraestruturas, durante a vida útil do edifício, é muito simples fazer a reparação ou substituição das infraestruturas, já que apenas é necessário retirar a placa de revestimento da parede, parcial o totalmente, e realizar os devidos trabalhos. Os cuidados a ter com as infraestruturas é o destas não entrarem em contacto direto com os perfis das paredes, usando ligações próprias, para evitar qualquer transmissão sonora das infraestruturas para a parede (Gaspar, 2013).

3.3.7 Revestimentos Interiores

Após a instalação das tubagens procede-se ao isolamento das paredes interiores com lã-de-rocha. Este material é formado por fibras minerais de rocha vulcânica, apresentado em forma de painel ou manta. Insere-se este material no espaço entre montantes e vigas metálicas, sendo totalmente imune à ação do fogo e com excelentes propriedades de isolamento térmico e sobretudo acústico. Este material não provoca alergias, não absorve água e permite a passagem de ar, garantindo grande durabilidade (Silvestre et al, 2013).



Figura 3.7 – Isolamento de paredes em lã de rocha (esquerda) e gesso cartonado como revestimento exterior (direita).

Posteriormente são aplicadas as placas de gesso cartonado. Devido à sua estrutura contínua e ao baixo coeficiente de condutibilidade térmica, as placas de gesso cartonado garantem um ambiente confortável no interior da habitação. Sendo o gesso cartonado um material isolante, evita-se a condensação de vapor de água, impedindo a formação de fungos, este é um material de fácil manuseamento e aplicação, permitindo um bom acabamento final. Existem vários tipos de gesso consoante a exigências dos espaços a utilizar, ignífugos, hidrófugos e normais com maior ou menor resistência mecânica. O revestimento interior em gesso cartonado recebe

qualquer tipo de acabamento e, dada a sua porosidade, trabalha facilmente com os excessos de humidade relativa e, por isso, não permite a existência de condensações. Por outro lado, tem uma elevada tolerância à fissuração e uma flexibilidade arquitetónica para linhas retas e estruturas curvas de dificuldade arrojada (Silvestre et al, 2013).

3.3.8 Acabamentos

Assim como na construção tradicional, existem diversos tipos de acabamentos exteriores e interiores que podem ser aplicados a estruturas LSF, nomeadamente, revestimentos de pavimentos, paredes e tetos, carpintarias, caixilharias, mobiliário, entre outros (Silvestre et al, 2013).

Quando se trata da reabilitação de edifícios antigos, tem que se manter a mesma traça das fachadas do edifício nas ampliações, o que é perfeitamente executável. Em muitos casos, dada a distribuição de cargas sobre o edifício antigo, só é possível a utilização dos enformados a frio, respeitando-se os mesmos materiais e portanto a mesma arquitetura do património em causa (Silvestre et al, 2013).

3.4 Método Prescritivo

O método prescritivo da construção em aço leve, ou LSF, constitui um processo de dimensionamento expedito para projetar estruturas simples (um ou dois pisos) em aço enformado a frio, baseado no princípio de que a segurança estrutural é satisfeita se forem cumpridos um conjunto de requisitos (condições) relativos às dimensões e espaçamentos dos elementos metálicos e suas ligações, tendo por base as dimensões da edificação, sua localização e as suas cargas. O método foi desenvolvido pelo AISI, estando de acordo com os regulamentos estruturais existentes, e publicado pela primeira vez em 1997. Este método foi desenvolvido com a cooperação de comissões de investigadores, fabricantes, projetistas e construtores em LSF. Ao facilitar a construção de habitações com estrutura de aço leve, este método permite a utilização de novos materiais para utilizações não estruturais, oferecendo requisitos padronizados e consistentes aos fornecedores e consumidores de aço enformado a frio. Por outro lado, o método está de acordo com os regulamentos existentes e permite a unificação de procedimentos e regras de execução aos construtores, contribuindo para melhorar a aceitação do mercado e promover a aplicação do sistema construtivo em LSF (Silvestre et al, 2013). Este assunto é abordado com mais detalhe no Capítulo 5 do presente documento.

4 CONCEITOS BUILDING INFORMATION MODEL (BIM)

4.1 Enquadramento

O BIM é um conceito inovador com aplicabilidade na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção que assenta numa metodologia de partilha de informação entre todos os intervenientes, durante as diversas fases do ciclo de vida de um edifício.

O BIM materializa-se usualmente num modelo digital tridimensional, acessível através de *software*, que contém dados sobre as suas características geométricas, propriedades e atributos. Daí advêm várias vantagens para as fases de conceção, projeto e construção, em que são criados novos desafios nas formas de relação entre intervenientes e nas trocas de informação.

4.2 Definição de *Building Information Model* (BIM)

A plataforma BIM tem uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, o qual gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como informação necessária para orçamento, cálculo energético e previsão das fases da construção, entre outras atividades (Menezes, 2012).

Inicialmente, analisando a grande diferença entre um simples software de modelagem 3D e um software BIM, verifica-se, para este último, a sua capacidade de gerar objetos paramétricos. É a parametricidade que garante gerar objetos editáveis que podem ser alterados automaticamente e dar o suporte à plataforma BIM. Sem essa capacidade, o software é só mais um modelador de objetos tridimensionais. Além disso, nos softwares BIM, atribui-se propriedades ao desenho, como, por exemplo, o tipo de blocos que constitui uma parede, suas dimensões, tipo de revestimento, fabricantes, entre outras atribuições, que são salvas no banco de dados, e que, por sua vez, gera a legenda do desenho (Menezes, 2012).

Avançando na investigação, quando a base de dados é alimentada com o parâmetro “tempo”, essa nova proposta é capaz de gerar, o que agora tem sido denominado, um projeto 4D (análise das fases da construção do edifício) (Menezes, 2012).

Além do 3D e 4D-BIM, o 5D-BIM (em que se adiciona o parâmetro custo ao projeto) e o 6D-BIM (Menezes, 2012).

O 5D-BIM, refere-se ao facto da plataforma fornecer potencialidades como: cronograma de custos; mostrar ao proprietário o que acontece com o cronograma e o orçamento quando é feita uma alteração no projeto; organizar o banco de dados com custos e preços de

informação, taxas de produtividade do trabalho, dados de composição da equipa; proporcionar múltiplas e iterativas evoluções de estimativas, para que o proprietário possa rapidamente fazer comparações com o custo-alvo (Menezes, 2012).

Para a implementação 6D, observa-se que o BIM também acomoda muitas das funções necessárias à modelagem do ciclo de vida de uma edificação, permitindo determinar as intervenções de manutenção preventiva ao longo da vida útil do imóvel. Por exemplo, numa determinada edificação projetada em BIM, obteve-se uma estimativa de 10 anos para as instalações elétricas e 15 anos para a parte hidráulica (Menezes, 2012).

4.3 História dos *Building Information Model* (BIM)

Os BIM apareceram devido à necessidade de uma representação mais rigorosa e detalhada dos pontos de construção de uma obra substituindo os projetos bidimensionais em *Computer Aided Design* (CAD) por modelos em 3D. De início não havia colaboração entre os diferentes profissionais envolvidos num projeto, sendo um processo individual reservado a projetistas. Nos últimos anos a computação gráfica tem evoluído constantemente, proporcionando novas ferramentas que aperfeiçoaram os métodos de elaboração dos projetos. Apenas no final da década de 70 início da década de 80 passaram a ser comercializados alguns *softwares*, como por exemplo o *AutoCAD* da *AUTODESK*, atingindo apenas os profissionais da área técnica (Cardoso et al, 2012).

Durante essa década, a forma de projetar, utilizando computação gráfica, limitava-se ao 2D. No início dos anos 90 iniciou-se o uso de *softwares* que possibilitavam a elaboração de projetos em 3D, porém apenas com o uso de objetos vetoriais, sem a inserção de informações pertinentes ao projeto (Cardoso et al, 2012).

Na década de 90, decorreram vários estudos com o intuito de aperfeiçoar os projetos a 3D. Em 1997, depois de um grande investimento, um grupo de formandos do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) em conjunto com um grupo de ex-funcionários da empresa de softwares *Parametric Technologies Corporation* (PCT) e alguns investidores fundaram a empresa *REVIT Technologies Corporation* e colocaram no mercado o *REVIT* que revolucionou a indústria de *softwares* para a construção por ser o primeiro *software* de modelagem de edifício paramétricos no mercado. A *REVIT Technologies Corporation* foi comprada pela *AUTODESK* em 2002 (Cardoso et al, 2012).

Com o passar do tempo e com as novas pesquisas, aumentaram as funcionalidades dos *softwares* para modelagem, entre elas, o aumento das informações obtidas durante a execução da modelagem (Cardoso et al, 2012).

Começa a utilização dos BIM por parte de outros profissionais além dos projetistas. Inicia-se a cooperação entre todos os intervenientes num projeto, trocando informações vitais, possibilitando a interoperabilidade, mas com algumas restrições porque cada perito utiliza programas diferentes que vão dar origem a ficheiros incompatíveis. Dados, tais como tempo e custos, começam a ser associados aos modelos (Cardoso et al, 2012).

No final do ano de 2004, os simuladores de projetos foram lançados. Neles a integração se estende além das plataformas CAD, utilizando-se *softwares* de gestão, como *Microsoft Project*, *Primavera* e similares. Ou seja, além da modelagem em 3D, pode-se integrar também ao modelo um cronograma das atividades, possibilitando a simulação do projeto antes da execução. Desta forma é possível visualizar e compatibilizar todos os projetos de uma construção, transformando-os em um único modelo interativo que permite a aplicação de um cronograma, onde pode-se visualizar com precisão qualquer estágio da obra, tornando possível a detecção de interferências e análise de pontos críticos durante execução de forma visual. Atualmente, a forma mais usual de aplicação do BIM é o 4D, o termo 4D refere-se ao tempo de construção do projeto, ou seja, o modelo 3D + agendamento (tempo/ datas). Porém há uma forma mais completa de aplicação que engloba os custos de todo o projeto, esta designa-se de 5D (Cardoso et al, 2012).

4.4 Vantagens / Benefícios BIM

As vantagens e mais-valias que se podem encontrar nesse sistema, são as seguintes: (Engenharia Civil Diária, 2015)

- Visualização 3D da estrutura e melhor compreensão visual do projeto;
- Melhor planeamento do projeto;
- Modelação por objetos com definição das suas propriedades físicas;
- Base de dados e informação integrada e coordenada, reduzindo erros ligados à falta de coordenação interdisciplinar;
- Informação interligada por via de relações paramétricas e, portanto as alterações são processadas em tempo real em todo o modelo;
- Capacidade de detecção de incompatibilidades;
- A estrutura apenas é modelada uma única vez, podendo ser utilizada nas várias especialidades e fases do projeto;
- Unificação da informação do projeto em apenas um modelo BIM e conseqüentemente em apenas um arquivo informático;
- Aumento da produtividade;
- Facilidade de conceção e perceção das várias fases de construção;
- Calendarização das fases de construção em 5D (tempo e custo);
- Facilidade de intervenções futuras ao projeto.

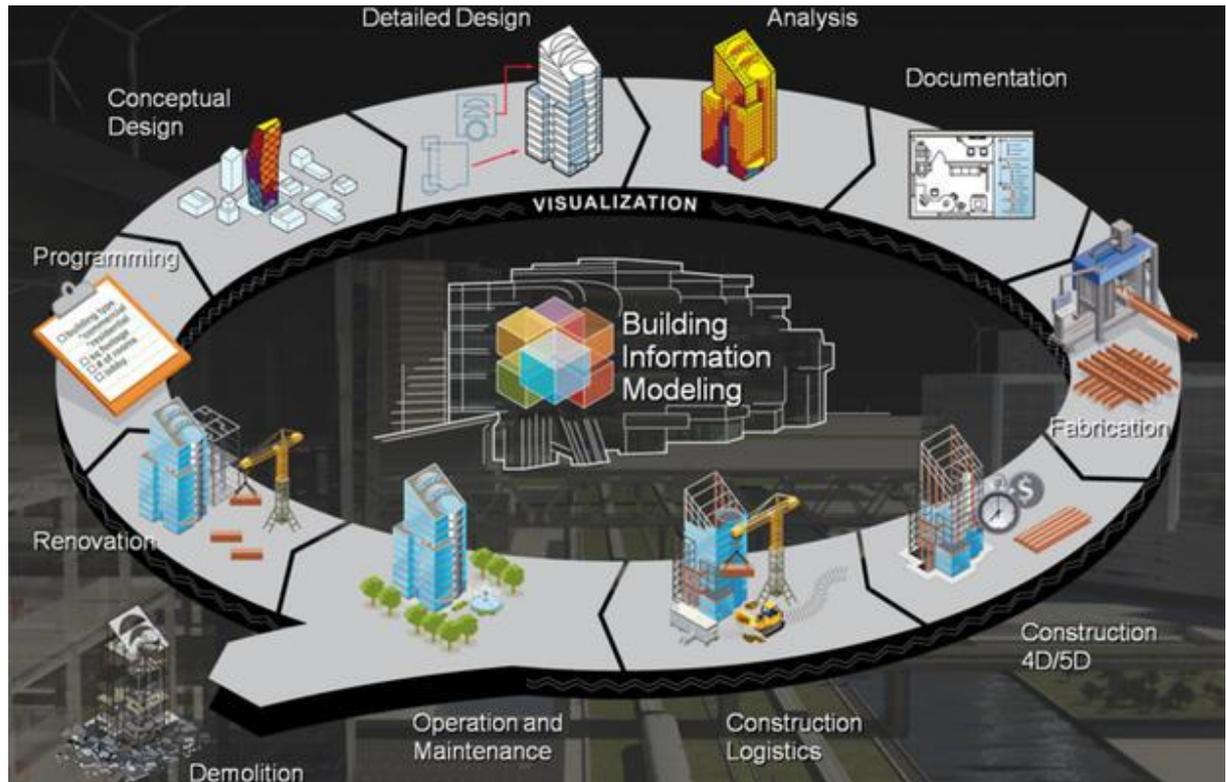


Figura 4.1 – O ciclo do BIM (Cardoso et al, 2012)

4.5 Desvantagens dos BIM

E os aspectos que mais se destacam como barreiras e limitações para a adoção do uso da tecnologia BIM na prática profissional são:

- A necessidade de um investimento inicial com a aquisição de um novo *software* bem como com a sua amortização, com custos adicionais de aprendizagem inicial;
- Além da natural complexidade do *software* e das múltiplas opções que este representa, talvez seja na alteração de conceitos e no novo modo de olhar para o modelo, que se exige mais investimento pessoal;
- Ainda é escassa, no nosso país, a proliferação desta metodologia entre equipas que conseguem o envolvimento de todos os projetistas. Assim, ao se reduzir logo à partida, o âmbito possível de uma das maiores potencialidades do BIM que é a interação colaborativa, a qual permite lidar com alterações e com incompatibilidades entre especialidades de modo imediato, está-se, naturalmente, a contribuir para a redução da sua relevância e do retorno do investimento;
- Caso seja necessária a comunicação entre entidades que usam diferentes plataformas tecnológicas, a exportação/importação entre sistemas ainda não é isenta de falhas;
- A necessidade de definir explicitamente novos modos de comunicar e partilhar o modelo entre os diversos projetistas e entre estes e o construtor, passará por uma

contratualização que, baseada na confiança e delegação, permita a partilha, sem comprometer os direitos do autor e responsabilização de cada interveniente.

4.6 Panorama Nacional e Internacional

Em Portugal a implementação de metodologias e ferramentas BIM está numa fase relativamente atrasada em comparação com o resto da Europa. Este atraso deve-se maioritariamente à forte crise económica que se faz sentir no nosso país nestes últimos anos, na falta de conhecimento por parte dos especialistas envolvidos no projeto. Contudo, já existem alguns escritórios a trabalhar com programas muito parecidos com os BIM, ou seja, algo que aparenta ser BIM mas que pouco mais são que uns modelos tridimensionais de plantas e projetos (Cardoso et al, 2012).

A Noruega é um caso onde o BIM foi um sucesso. É essencial para o projetos de grandes e complexas infraestruturas e de edifícios governamentais. Até já é ensinado em algumas escolas (Cardoso et al, 2012).

Na Finlândia a utilização do BIM é a mais avançada em todo o mundo. A Finlândia é um país muito avançado tecnologicamente e “aberto” a novas tecnologias, estes fatores fazem da Finlândia o país ideal para a prospeção do BIM (Cardoso et al, 2012).

A Suécia está a aproximar-se ao nível de utilização dos BIM às grandes potências, nomeadamente a Finlândia e a Noruega. Os BIM são utilizados principalmente em grandes estruturas (Cardoso et al, 2012).

Nos Estados Unidos da América, apesar de muitas empresas estarem à frente na utilização dos BIM, a maior parte da indústria da construção não segue esse exemplo, dificultando a implementação universal dos BIM. Isto deve-se ao elevado número de empresas existentes e ao receio destas serem processadas, caso aconteça algum erro devido aos softwares (Cardoso et al, 2012).

Na África do Sul, com uma indústria pouco desenvolvida, em termos de construção, está disposta a aceitar novas tecnologias, o que os torna um país em que o BIM pode ter um forte impacto. Uma amostra do impacto que o BIM já teve neste país foi a construção de novos estádios para o campeonato mundial de futebol de 2010 (Cardoso et al, 2012).

No Reino Unido, ao contrário da maior parte dos países, a utilização destes *softwares* vai passar a ser obrigatória na realização de projetos. Um despacho realizado em 2001 pelo governo inglês indica que será necessário tornar universal a utilização de 3D BIM em todos os projetos até 2016. Graças a esta medida, a maior parte dos escritórios de construção no Reino Unido já usufruem destas tecnologias, apesar de haver um sentimento de ceticismo de até que ponto se deve confiar nestes *softwares* (Cardoso et al, 2012).

Na China, graças ao forte investimento e ao grande ritmo que tem a indústria da construção chinesa, é o local ideal para uma rápida e eficaz implementação dos BIM (Cardoso et al, 2012).

4.7 AUTODESK REVIT

O *REVIT* é um *software* BIM, desenvolvido especificamente para o Modelo da Informação da Construção (BIM), incluindo funcionalidades para projeto de arquitetura, *Mechanical, Electrical and Plumbing* (MEP), engenharia de estruturas e construção (Autodesk, 2016). Este é o programa usado para a realização do estudo de caso presente nesta dissertação.

A finalidade deste programa não é a produção de desenhos, como no ambiente CAD, mas a criação de um modelo tridimensional que representa o edifício, não só do ponto de vista gráfico, mas também do ponto de vista da caracterização de todos os aspetos que possam ser relevantes para a sua construção e gestão (Autodesk, 2016).

A partir de um tal modelo, podem ser extraídas todas as peças desenhadas que estão, normalmente, associadas à representação de um edifício (plantas, cortes e alçados), mas também podem ser obtidas todas as listagens de componentes que possam vir a ser necessárias para a avaliação/quantificação dos trabalhos. Para além de tudo isto, a existência de um modelo gráfico 3D permite uma melhor avaliação dos espaços por parte dos projetistas, o que facilita a análise de soluções alternativas e permite também uma melhor comunicação do projeto a todos os que possam ter um papel na sua apreciação (cliente, autoridades licenciadoras, etc.) (Autodesk, 2016).

4.7.1 Organização da Informação

Neste capítulo mostra-se a organização de toda a informação no *REVIT*, que pode ser registada na base de dados do modelo do edifício. Conhecer a forma como esta informação é articulada é fundamental para poder usar o programa corretamente (Garcia, 2014).

- Projeto – Toda a informação é registada num único ficheiro de extensão RVT, designado de projeto. Quando se trata de projetos complexos estes podem ser desenvolvidos em diferentes ficheiros RVT e posteriormente agrupados num único ficheiro que coordena a relação entre as partes.
- Categorias – As categorias permitem classificar/separar os diferentes géneros de objetos. As categorias estão para o *REVIT* assim como as *layers* estão para um programa de CAD. No entanto, o “arrumar” dos objetos por categorias é feito automaticamente, ao contrário do que acontece no CAD, isto porque cada objeto inserido num projeto já “sabe” antecipadamente qual o “papel” que aí desempenhará, ou seja, qual a categoria a que pertence. Dessa forma, nunca existirão objetos localizados fora da sua categoria, visto que essa gestão não é realizada manualmente pelo utilizador.
- Famílias – As famílias correspondem a divisões das categorias, sendo que cada uma estabelece a geometria e os parâmetros que definem os objetos pertencentes à família. Os parâmetros são usados para registar todo o tipo de dados que caracterizam os objetos, tais como: altura, largura, comprimento, material, fabricante, identificação, custo, etc.

- Tipos – As famílias dividem-se em tipos correspondentes a variações que têm por base a alteração de um ou mais parâmetros das propriedades do tipo. A definição de uma família pode conter um ou mais tipos e, em qualquer momento, podem ser criados novos tipos num projeto, por duplicação e modificação de um tipo existente.
- Objetos – A identificação dos objetos apresentados num projeto é composta pela identificação da respetiva categoria, família e tipo. Essa informação é mostrada na legenda afixada junto do cursor e na barra de estados sempre que um objeto é apontado.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Enquadramento

Este capítulo descreve a criação de um projeto de uma moradia unifamiliar mostrando as principais potencialidades do *REVIT* aplicáveis ao sistema LSF, usando o método prescritivo anteriormente apresentado. A criação de um novo projeto tem sempre por base o uso de um modelo de projeto (*Template*) que define um conjunto de configurações que servem de base à criação e representação dos objetos que são usados pelo *REVIT*.

Este é o principal trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação, onde se descreve detalhadamente a criação de um modelo tridimensional e paralelamente o uso do método prescritivo para estruturas em LSF, do qual resultam as respetivas peças desenhadas e algumas medições.

Começa-se por analisar as condições e bases do método prescritivo definindo-se as características principais do caso a estudar, inicia-se de seguida a criação do modelo a partir de um caso real, em que a definição do modelo e respetivo processo construtivo é criado com base no método prescritivo e com o auxílio do “Manual de Conceção de Estruturas e Edifícios em LSF” (Silvestre et al, 2013). Definindo-se assim como objetivo principal deste capítulo a criação de um método de trabalho, simples e prático, capaz de adaptar conceitos BIM ao sistema construtivo LSF, rentabilizando tempos e facilidade de ligação entre as várias especialidades na base de projeto, bem como uma ferramenta de trabalho em base de obra ou até mesmo em fase de manutenção.

5.2 Bases do Método Prescritivo

O método aqui empregado aplica-se a edifícios de um ou dois pisos. Excluem-se construções mais elevadas, subterrâneas ou com outros fins que não o residencial e/ou comercial ligeiro. Os limites de aplicação do método prescritivo estão expressos quantitativamente no Quadro 5.1., no qual constam os valores máximos dimensionais e valores limite das ações atuantes na estrutura. Em termos gerais, bem como especificamente ao nível dos pavimentos, paredes e cobertura.

Apresentando-se de seguida um exemplo detalhado da aplicação do método prescritivo, primeiramente definem-se os dados gerais da moradia a analisar, depois apresentam-se as dimensões dos elementos estruturais (vigas, montantes, vergas).

Neste exemplo pretende-se integrar o dimensionamento prescritivo para o tipo de estruturas em LSF nos objetos que serão usados para projetar a estrutura em *REVIT*. O exemplo dirá respeito a uma moradia de um piso, assente sobre uma laje térrea.

- Dados Gerais:

Dimensões da moradia: 12,20m x 4,25m < 18,00 x 11,00m

Número de pisos: 1 < 2+1(cave)

Velocidade do vento: Considera-se a moradia localizada no concelho de Montemor-o-Velho. Segundo o Artigo 20º do RSA, (Decreto-Lei n.º235/83, de 31 de Maio, 1983) está-se perante a Zona A (a generalidade do território, expeto zonas pertencentes aos arquipélagos dos Açores e da Madeira e as regiões do continente situadas numa faixa costeira 5km de largura ou a altitude superior a 600m). Segundo o Artigo 21º do RSA, (Decreto-Lei n.º235/83, de 31 de Maio, 1983) para ter em conta a variação do vento com a altura acima do solo consideram-se dois tipos de rugosidade aerodinâmica, neste caso está-se perante rugosidade de tipo II, uma vez que se considera que a moradia está situada numa zona rural ou na periferia de uma zona urbana. Segundo o Artigo 22º do RSA (Decreto-Lei n.º235/83, de 31 de Maio, 1983), a ação do vento resulta da interação entre o ar em movimento e as construções, exercendo-se sobre a forma de pressões aplicadas nas duas superfícies, no Artigo 24º do mesmo documento apresentam-se elementos para a definição das velocidades do vento em função da altura acima do solo. Para a Zona A e rugosidade tipo II, com altura limitada a um valor mínimo de 10,00m tem-se para a velocidade média, em m/s⁻¹:

$$v_{med} = 25 \left(\frac{h}{10} \right)^{0.2} \quad (1)$$

Para a velocidade de rajada, também em m/s⁻¹:

$$v_{raj} = 25 \left(\frac{h}{10} \right)^{0.2} + 14 \quad (2)$$

De acordo com o número Artigo 24º, estas velocidades traduzem-se em pressões características através da equação (3), em que Wk é a pressão em N/m² e v uma velocidade em ms⁻¹.

$$Wk = 0.613 v^2 \quad (3)$$

Para efeitos de dimensionamento, estas pressões devem ser majoradas por um coeficiente de 1,5, o que permite determinar as velocidades equivalentes de projeto que são utilizadas com o RSA (Decreto-Lei n.º235/83, de 31 de Maio, 1983):

$$v_d = \sqrt{\frac{1.5Wk}{\frac{0.6}{3}}} \quad (4)$$

Então,

$$v_{d,med} = 30,6 \text{ m.s}^{-1} = 110 \text{ km/h} < 177 \text{ km/h}$$

$$v_{d,raj} = 47,8 \text{ m.s}^{-1} = 172 \text{ km/h} < 209 \text{ km/h}$$

Demonstrando assim a verificação do limite de velocidade do vento presente no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Valores máximos de dimensões e ações (Silvestre et al, 2013)

Categoria / Artigo	Limite
Geral	
Dimensões do edifício	18,00 x 11,00 m
Número de pisos	2+1 (cave)
Velocidade do vento	177 km/h (209 km/h, em rajadas de 3s)
Exposição ao vento	A-B urbana /arborizada C em campo aberto
Neve	3,35 kN/m ²
Zonas sísmicas	A,B,C e D
Pavimento dos Pisos	
Peso próprio	0,48 kN/m ²
Sobrecarga	1,92 kN/m ² no piso térreo 1,44 kN/m ² no 1º piso
Extensão máxima em consola	0,61m
Paredes	
Peso próprio – paredes exteriores em aço leve	0,48 kN/m ²
Peso próprio – paredes interiores em aço leve	0,24 kN/m ²
Pé direito	3,00 m
Cobertura	
Peso próprio	0,72 kN/m ²
Peso próprio (apenas revestimento)	0,34 kN/m ² (zonas sísmicas 1,2,3) 0,43 kN/m ² (zona sísmica 4)
Sobrecarga	3,35 kN/m ²
Peso Próprio do teto	0,24 kN/m ²
Neve	3,35 kN/m ²
Inclinação da Cobertura	1:4 – 1:1 (14° – 45°)
Consola do beirado	0,61 m paralelo ao declive 0,31 m perpendicular ao declive
Consola do beirado (peso próprio apenas do revestimento)	0,34 kN/m ² (zonas sísmicas 1,2,3) 0,43 kN/m ² (zona sísmica 4)
Sobrecarga no sótão	0,96 kN/m ² sótão habitável 0,43 kN/m ² sótão não habitável

Neve: Segundo o artigo 26º do RSA, (Decreto-Lei n.º235/83, de 31 de Maio, 1983) a ação da neve deve ser tida em conta nos locais com altitude igual ou superior a 200m, uma vez que todo o concelho de Montemor-o-Velho se encontra a uma altitude inferior a 200m, não se considera necessário ser tida em conta a ação da neve. Adota-se uma carga de 0 kN/m², logo inferior a 3,35 kN/m².

Zona Sísmica: Segundo o Quadro 5.1, o método prescritivo é adaptado a todas as zonas do território nacional. Neste caso Montemor-o-Velho encontra-se na Zona C.

5.3 Iniciar o Projeto em REVIT

Descreve-se aqui a forma de iniciar o projeto em *REVIT* e a base de algumas das tarefas de preparação do ficheiro para construção de qualquer modelo.

A criação deste projeto tem por base o uso de um modelo que define o conjunto das configurações que serve de base à criação e à representação dos objetos usados pelo *REVIT*. Procura-se aqui, para além da criação de um novo projeto em modelo tridimensional, personalizar o modelo de forma, a que este seja adaptado ao uso na construção do tipo LSF. Só desta forma se conseguirá otimizar a forma de trabalhar com o *REVIT*. Mesmo que este modelo não contemple a configuração de todos os elementos necessários, este poderá sempre ser aperfeiçoado e alargado à medida que o conhecimento acerca do programa e a experiência aumentam.

O ficheiro de projeto não deve contemplar as famílias que habitualmente não são usadas, o que permite otimizar o tamanho do ficheiro e, conseqüentemente, a sua manipulação. Assim, é necessário saber gerir eficazmente todas as famílias e usufruir rapidamente de qualquer uma delas, quando tal se revele necessário.

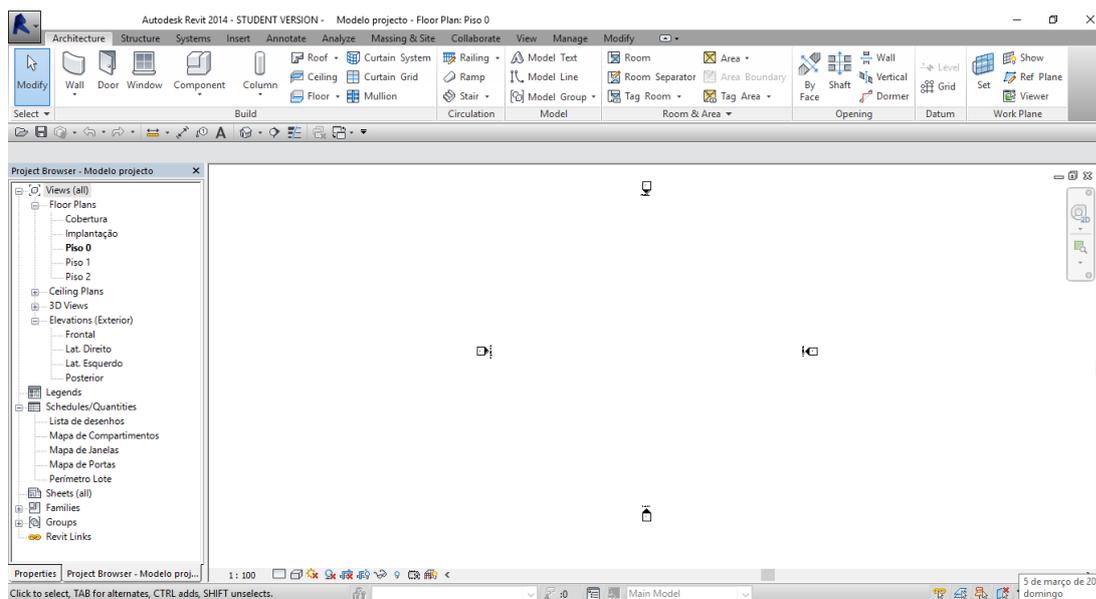


Figura 5.1 – Componentes da janela REVIT (Template)

5.4 Inserir Levantamento Topográfico em REVIT

No exemplo de aplicação apresentado nesta dissertação inicia-se o projeto pela inserção do levantamento topográfico através do *Link CAD* no ficheiro de *REVIT*. Assim, o conteúdo dos ficheiros ligados mantém uma relação dinâmica, sendo atualizados sempre que o projeto for aberto ou quando a ligação for manualmente recarregada.

Nesta fase cria-se a ligação ao desenho de topografia no formato DWG, executado por um topógrafo, através do botão *Link CAD* para a vista Implantação

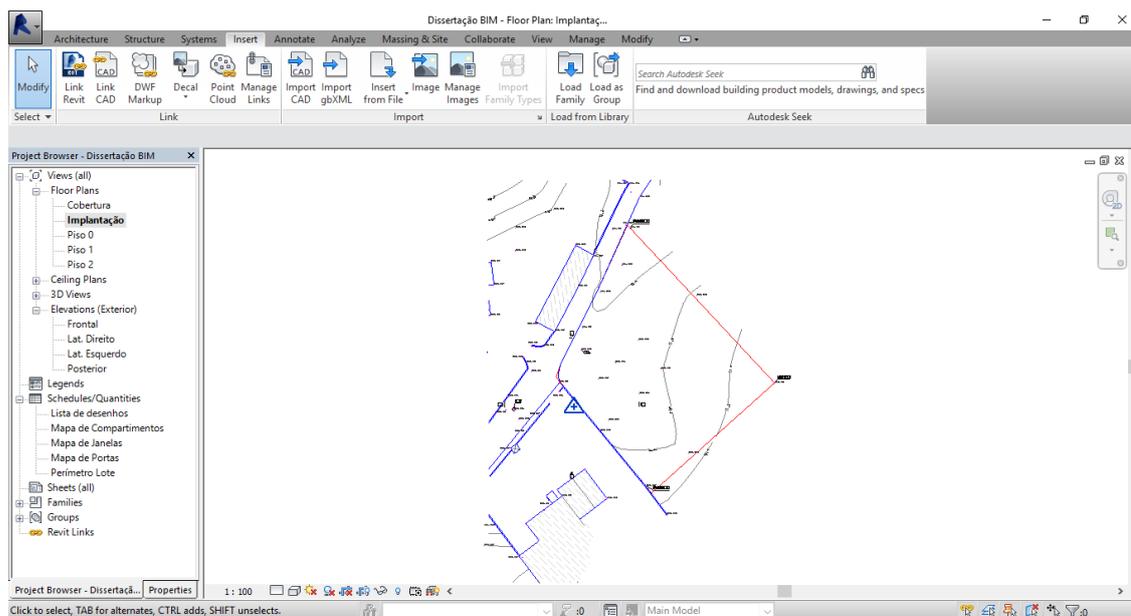


Figura 5.2 – Ligação do levantamento topográfico em formato CAD para a vista implantação.



Figura 5.3 – Vista geral do terreno.

5.5 Modelação do Terreno

Este projeto irá contemplar não só a conceção de uma habitação em LSF, mas também a modelação do terreno em que o edifício se implanta e o arranjo dos espaços exteriores que a envolvem. Para tal, segue-se o procedimento de modelação do terreno existente com base no levantamento topográfico.

Como ponto de partida de cada novo projeto, o norte real é considerado equivalente ao norte de projeto e ambos estão orientados segundo a direção vertical do ecrã. Após o início de um projeto, o utilizador deverá assumir como correta, na maioria das situações, a orientação do norte real e necessitará apenas de corrigir a orientação do norte de projeto. Nesta altura será necessário indicar ao programa a direção do norte de projeto (esta orientação deverá corresponder à perpendicular da fachada principal do edifício, com sentido de baixo para cima; a escolha deste norte, como orientação das vistas correspondentes a plantas, permite que a apresentação desses desenhos na área gráfica seja a mais conveniente à construção do modelo, independentemente do norte geodésico), uma vez que este é naturalmente diferente do norte real (geodésico).

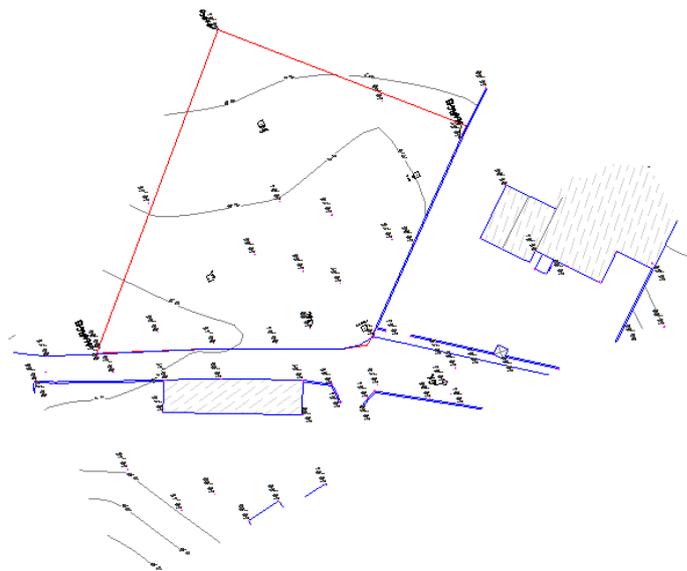


Figura 5.4 – Vista segundo o norte de projeto.

O *REVIT* disponibiliza também um sistema de coordenadas que representa as coordenadas do território. Para que o modelo do terreno possa apresentar as coordenadas corretas, após o norte real estar devidamente orientado, é necessário deslocar esse sistema, de modo a que uma das suas coordenadas coincida com o ponto do terreno correspondente. Tendo em conta que não é o terreno que necessita de ser deslocado, mas o sistema de coordenadas que deverá ser ajustado à posição do terreno. Daí, não ser importante que a geometria topográfica importada, se posicione, logo no próprio processo de importação, nas coordenadas que apresentava originalmente na aplicação de CAD. No estudo deste caso em particular não são conhecidas as coordenadas da propriedade em questão, daí a sua não georreferenciação.

A modelação do terreno onde será implantado o edifício (criação de uma superfície topográfica) será o ponto de partida para a criação do modelo 3D. Começa-se por construir o modelo do edifício a partir da cota de implantação adequada. A superfície topográfica do terreno é definida através de um conjunto de pontos e podem ser criadas através dos seguintes métodos:

- A extração dos pontos das curvas de nível constantes de desenhos de CAD importados (para tal, as curvas de nível deverão estar desenhadas na altimetria correta). A extração de dados de desenhos de CAD importados deverá ter por base apenas a geometria das curvas de nível da superfície do terreno a gerar. Mas, na maioria dos casos, os desenhos a importar contém também outros dados. Por isso, toda a informação importada deverá encontrar-se devidamente separada por *layers*, de forma a poder ser possível isolar apenas curvas de nível.
- Utilização da informação constante de um ficheiro de pontos que contenha as coordenadas x, y e z dos pontos da superfície.
- Especificação manual dos pontos. Este método é o mais moroso e deverá ser usado apenas quando não é possível usufruir de nenhum dos outros dois ou como complemento de um deles.

Nesta dissertação, irá criar-se uma superfície topográfica com recurso à especificação manual de pontos, uma vez que as curvas de nível constantes do desenho de CAD não estão desenhadas em altimetria. A Figura 5 mostra a modelação final do terreno sob o levantamento topográfico.

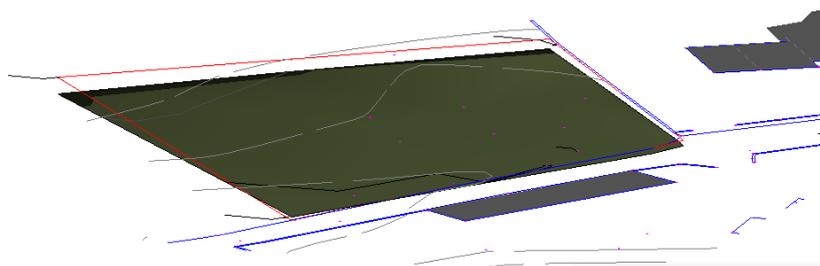


Figura 5.5 - Modelação final do terreno sob o levantamento topográfico.

5.6 Criação de Plataforma de Implantação

As fundações deverão ser executadas de modo idêntico à construção tradicional, e são sujeitas a cálculos fora do âmbito deste método. De um modo geral, as cargas transmitidas pela estrutura às fundações são menores e estas são conseqüentemente mais ligeiras que as tradicionais.

Na aplicação *REVIT* a plataforma de implantação é um elemento semelhante a um pavimento, mas destinado à implantação de edifícios, pois tem uma relação especial com a superfície topográfica, o que faz com que esta seja automaticamente recortada por esta plataforma. Como definido anteriormente, a dimensão do edifício é de 12.20m x 4.25m, logo irá definir-se a plataforma de implantação com estas dimensões. À semelhança dos tipos de paredes, pavimentos e coberturas, cada tipo de plataforma depende, sobretudo, da definição de uma estrutura de camada de materiais, como se mostra na figura abaixo, a laje térrea é constituída por uma camada de 0,10m de betonilha de regularização, 0,25m de betão e com revestimento final em pedra polida.

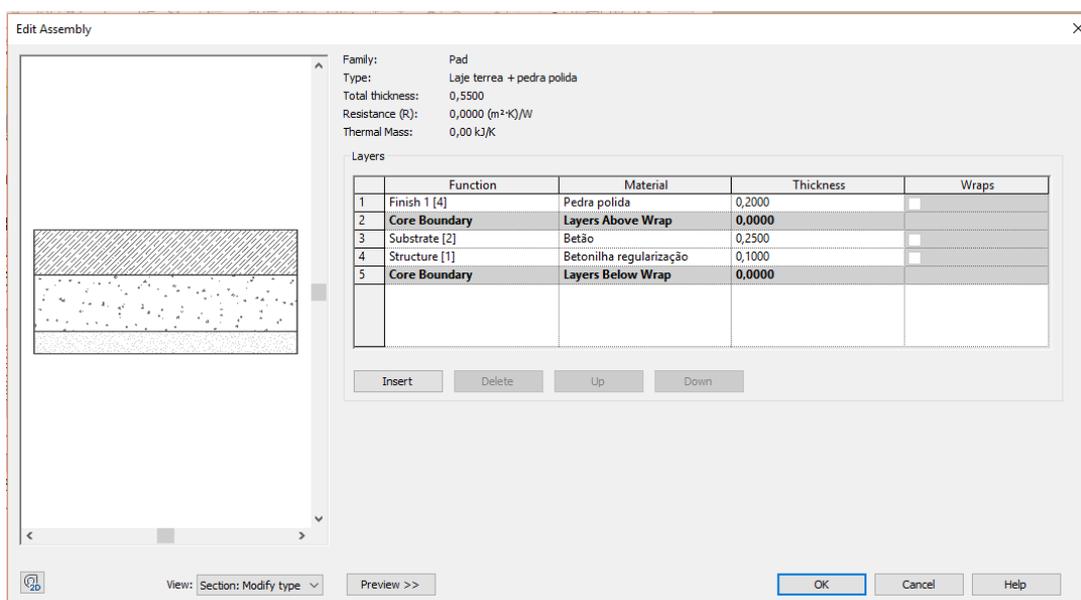


Figura 5.6 – Definição da plataforma de implantação.

5.7 Definição de Paredes e Vãos

De acordo com os princípios básicos do LSF as paredes deverão obter um aspeto final semelhante ao apresentado na Figura 5.7.

Os canais e montantes deverão cumprir determinadas regras gerais, nomeadamente os montantes das paredes deverão alinhar-se com as vigas de teto do piso superior, este alinhamento tem uma tolerância de 2 cm. A ligação entre a fundação e o canal inferior deve ser feita com parafusos.

A espessura mínima dos montantes terá em conta o seu espaçamento, a dimensão global do edifício (largura) e sobrecarga da neve (havendo uma equivalência entre esta e a sobrecarga do vento), e será obtido segundo as tabelas presentes no método prescritivo (Silvestre et al, 2013).

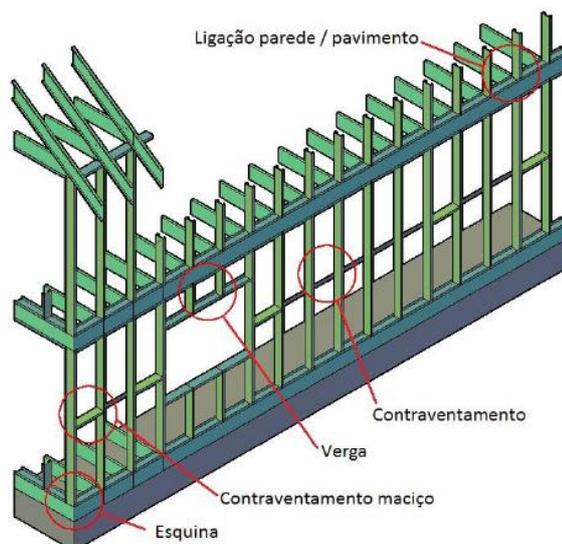


Figura 5.7 – Pormenor típico de uma parede resistente em LSF (Silvestre et al, 2013)

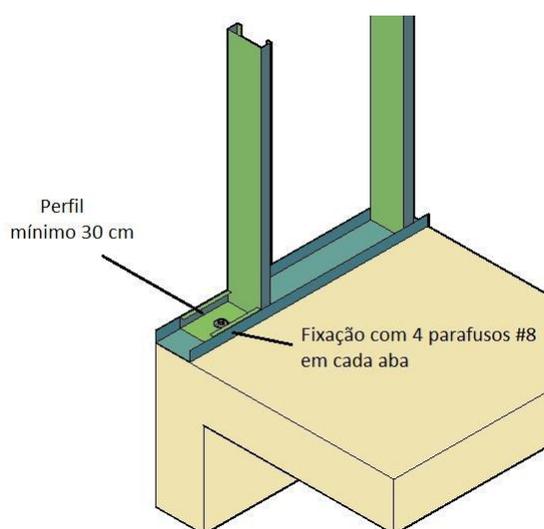


Figura 5.8 – Pormenor de ligação entre parede e fundação (Silvestre et al, 2013)

No estudo de caso em questão define-se o pé direito de 2,50m, logo inferior a 3,00, valor limite definido pelo método prescritivo. A Figura 5.9 apresenta um excerto da tabela de dimensionamento da espessura mínima dos montantes, onde terá em conta o ser espaçamento, a dimensão global do edifício (largura) e sobrecarga da neve, tabela esta adequada ao estudo de caso em questão. Assim, admitindo que se está perante a classe de exposição ao vento B – arborizada (a mais desfavorável neste método), a velocidade do vento de $113\text{Km/h} > 110\text{Km/h}$, largura do edifício de $7,30\text{m} > 4,25\text{m}$ e sobrecarga da neve de $1,0\text{ kN/m}^2$, uma vez que o edifício se localiza numa zona onde não se considera a ação da neve. Adotando o perfil dos montantes C140 afastados de 0,60m, por razões que facilitam o processo construtivo, conclui-se que a sua espessura mínima é de 0,8mm.

Velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
Exp A	Exp B			7,3				8,5				9,8				11,0			
				Neve (kN/m ²)				Neve (kN/m ²)				Neve (kN/m ²)				Neve (kN/m ²)			
		1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4		
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
161	145	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1

Figura 5.9 – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 2,70 m de altura sujeita apenas a carga de teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 piso. Aço S235 (Silvestre et al, 2013)

O contraventamento destas paredes deverá ser obtido de uma das seguintes formas:

- Gesso cartonado ou OSB, em ambas as faces.
- Fitas metálicas em ambas as faces a 1/2 da altura, para altura dos montantes até 2,40m, e a 1/3 e 2/3 da altura, até 3,00m, deverão ainda ser utilizados parafusos #8 e acrescentado travamento com o próprio perfil metálico a cada 3,60m.
- Gessa cartonado ou OSB numa face e fita metálica na outra, incluindo travamento idêntico ao do caso anterior.

Neste estudo em particular o contraventamento será obtido através de OSB na fece exterior e gesso cartonado na face interior, como mostra a Figura 5.10 Importa salientar que ao executar vãos de portas e janelas, os montantes não devem ser interrompidos. As interrupções devem ser executadas em canais e devidamente emendadas com um perfil de dimensão mínima de 0,30m. É importante salientar que as paredes não estruturais dispensam a construção de

vergas resistentes sobre as portas (normalmente são paredes interiores), bem como o uso de montantes extra, normais ou de ombreira.

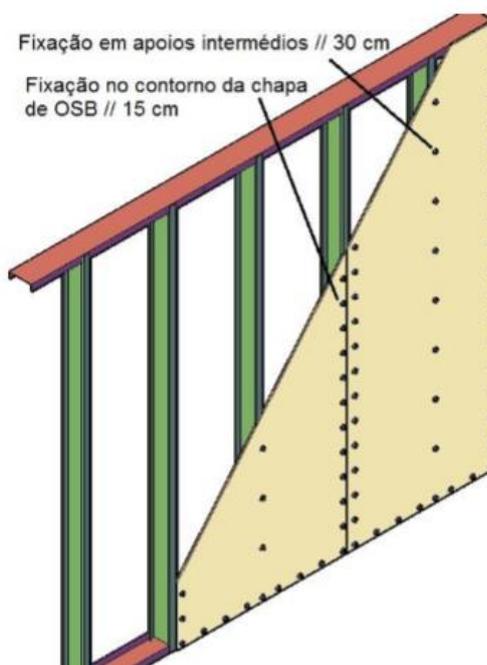


Figura 5.10 – Fixação dos painéis de OSB (ou de gesso cartonado) (Silvestre et al, 2013)

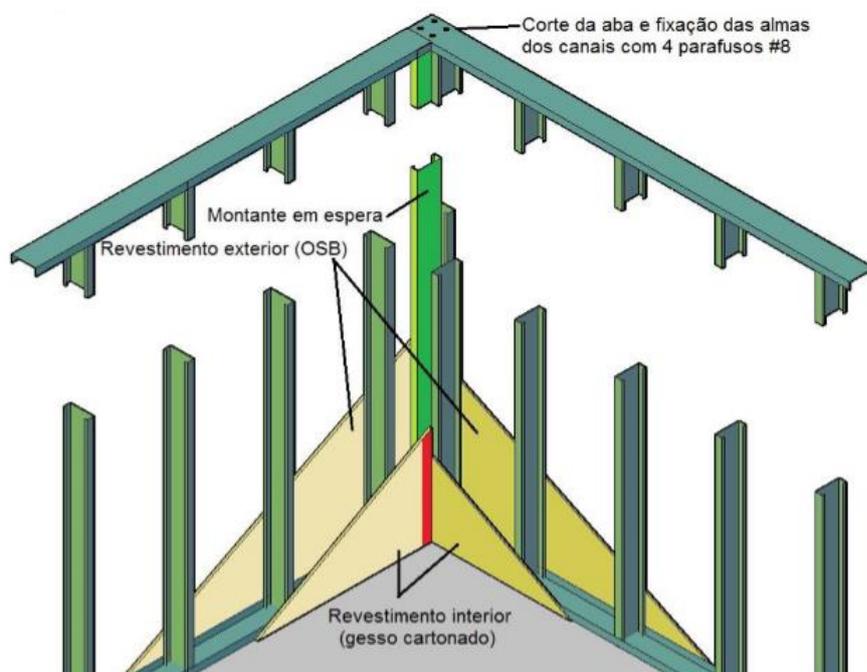


Figura 5.11 – Pormenor de esquina (forma de fixação do revestimento interior e exterior) (Silvestre et al, 2013)

O método prescritivo estabelece os valores máximos para o comprimento dos vãos em função da sobrecarga da neve. Uma das formas de executar as vergas é em cantoneira assimétrica em L, estas deverão ser executadas conforme a Figura 5.12. Embora a cantoneira seja mais suscetível de fletir que os perfis C e U, neste caso está fixa aos perfis interrompidos, mobilizando assim alguma resistência. Independentemente do tipo de verga, esta deverá ser solidarizada com os montantes nos extremos, conforme a Figura 5.13. Neste estudo de caso em particular opta-se por vãos de 2,00m, logo entre 1,69m e 2,44 m, assim para montantes espaçados de 0,60m os montantes necessários para ombreira é 1 e normais são 2. Com o objetivo de dimensionar a cantoneira assimétrica dos vãos usa-se a Figura 5.14, concluindo-se assim que para vãos submetidos apenas a cargas de teto e cobertura, edifícios com largura inferior a 7,30m, sobrecarga da neve $0,80 \text{ KN/m}^2$ e vãos inferiores a 2,21m usam-se duas cantoneiras L200x40 / 1,4.

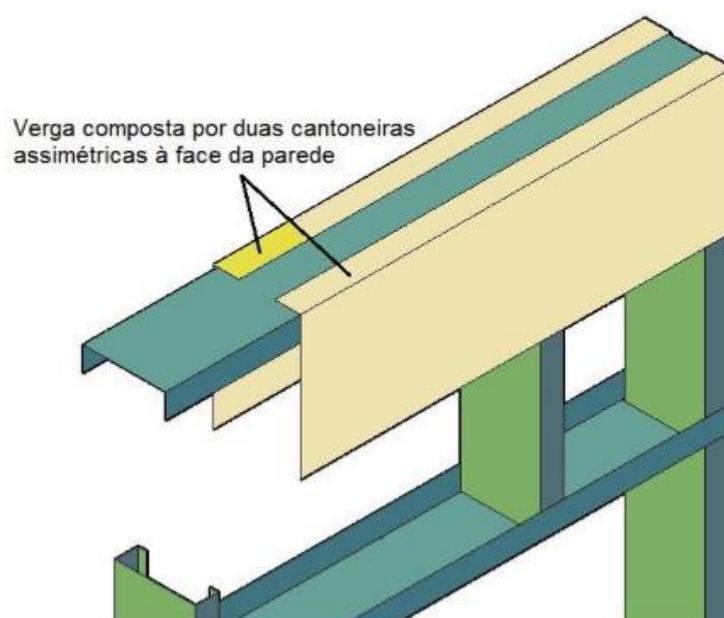


Figura 5.12 – Verga em dupla cantoneira. A cantoneira subrepõe-se aos montantes interrompidos e fixa-se aos mesmos, tornando-os assim estruturais Também se deverá sobrepor, pelo menos, ao primeiro montante de cada extremo do vão (Silvestre et al, 2013)

Todos os montantes, independente do tipo, deverão ser fixos ao diagrama de gesso cartonado e OSB . A fixação às vergas é idêntica, embora não abranja todo o pé-direito.

O revestimento estrutural em OSB, deverá ser aplicado numa área de pelo menos 20% de todas as paredes contraventadas. No cálculo desta área apenas serão considerados os troços interrompidos com mais de 1,10m de comprimento. Adicionalmente, o OSB deverá ser disposto com a maior dimensão ao longo da altura vertical, e com peças de pelo menos 1,10m de comprimento em cada canto.

Vão	Espaçamento 60 cm		Espaçamento 40 cm	
	Ombreira	Normais	Ombreira	Normais
Até 1,07 m	1	1	1	1
De 1,08 até 1,52 m	1	2	1	2
De 1,53 até 1,68 m	1	2	2	2
De 1,69 até 2,44 m	1	2	2	2
De 2,45 até 3,2 m	2	2	2	3
De 3,21 até 3,66 m	2	2	3	3
De 3,67 até 3,96 m	2	3	3	3

Figura 5.13 – Montantes necessários nos extremos de um vão (normais e de ombreira) (Silvestre et al, 2013)

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m ²)						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	1,47	1,42	1,32	1,22	1,12	1,04	0,97
2 x L150x40 / 1,4	1,68	1,63	1,47	1,37	1,27	1,17	1,12
2 x L150x40 / 1,7	1,91	1,85	1,70	1,55	1,45	1,35	1,27
2 x L200x40 / 1,1	1,93	1,88	1,63	1,57	1,45	1,35	1,27
2 x L200x40 / 1,4	2,21	2,11	2,03	1,80	1,65	1,55	1,45
2 x L200x40 / 1,7	2,49	2,41	2,21	2,03	1,88	1,75	1,65
2 x L250x40 / 1,1	2,13	2,06	1,88	1,75	1,60	1,50	1,40
2 x L250x40 / 1,4	2,72	2,62	2,13	1,98	1,83	1,70	1,60
2 x L250x40 / 1,7	3,07	2,95	2,72	2,24	2,06	1,93	1,80

Figura 5.14 – Vãos admissíveis em verga em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 7,30m (Silvestre et al, 2013)

No caso do OSB ou outros derivados de madeira, e quando seja usado o espaçamento de 0,60m entre montantes, os painéis deverão ter no mínimo 15 mm de espessura.

As paredes não estruturais revestidas a gesso cartonado são comuns à construção em LSF, bem como a outros tipos de construção, pelo que sempre que possível devem ser usadas as fichas técnicas do fabricante. No caso da ausência das referidas fichas, os perfis metálicos de paredes não estruturais deverão ter uma espessura mínima de 0,4 mm. Na Figura 5.16 mostra-se as alturas máximas das paredes, em função do perfil escolhido, considerando uma carga lateral de 0,24kN/m². Neste caso de estudo em particular, para um afastamento de 0,60m use-se o perfil C90 / 0,8mm.

Velocidade do vento (km/h)		Espaçamento (cm)	Espessura dos perfis (mm)				
			0,8	1,1	1,4	1,7	2,5
Exp A	Exp B	Perfil simples					
129	113	40	4,50	5,05	5,44	5,82	6,43
		60	3,00	4,42	4,72	5,08	5,61
145	129	40	3,61	4,70	5,03	5,38	5,97
		60	2,39	4,09	4,39	4,70	5,21
161	145	40	2,82	4,32	4,62	4,95	5,49
		60	1,88	3,71	4,04	4,34	4,80
177	161	40	2,08	3,91	4,19	4,50	4,98
		60	1,40	2,77	3,66	3,94	4,34
	177	40	1,73	3,43	3,94	4,22	4,67
		60	1,14	2,29	3,38	3,68	4,06

Figura 5.15 – Altura máxima de paredes (m) em perfil C140 completamente revestidas a OSB (Silvestre et al, 2013)

Perfil	Espaçamento	
	40 cm	60 cm
C90 / 0,4 mm	3,25	2,34
C90 / 0,6 mm	3,76	3,33
C90 / 0,8 mm	3,96	3,86

Figura 5.16 – Altura máxima de paredes não estruturais, contraventadas a ½ altura. (Silvestre et al, 2013)

5.8.3. Criar Paredes e Vãos no Modelo

Trata-se aqui o modo de criação das paredes exteriores (estruturais) e interiores (não estruturais). Estes dois tipos de paredes são constituídos pela sua parte resistente (estrutura/perfis) e pelo seu revestimento em ambas as faces. Apresenta-se aqui o método que se considera mais rápido e prático para a sua representação.

Inicia-se pela criação de planos de referência, são objetos representados por um segmento de reta, mas na realidade, correspondem a um plano perpendicular à vista onde são criados.

Os planos de referência substituem, com grande vantagem, o uso de linhas auxiliares 2D, pois, apesar de serem objetos de anotação, não só são mostrados na vista em que são criados, mas também em todas as vistas que lhe sejam perpendiculares. Uma das grandes vantagens do uso de planos de referência diz respeito à possibilidade do traçado de paredes e de linhas

poder ser bloqueado aos alinhamentos estabelecidos por esses planos, permitindo que o plano seja rapidamente alterado pela deslocação dos planos de referência a que se encontra associado. Neste caso de estudo, são traçados dois planos de referência coincidentes com dois dos limites das paredes, de forma a servir de guia ao traçado das mesmas, nomeadamente plano da cota soleira e de teto, assim a distancia entre eles corresponde ao pé direito, como se mostra na Figura 5.17. O Quadro 5.1 do presente documento estabelece o limite para o pé direito de 3,00m, define-se neste caso 2,50m, logo verifica-se as condições do método prescritivo.

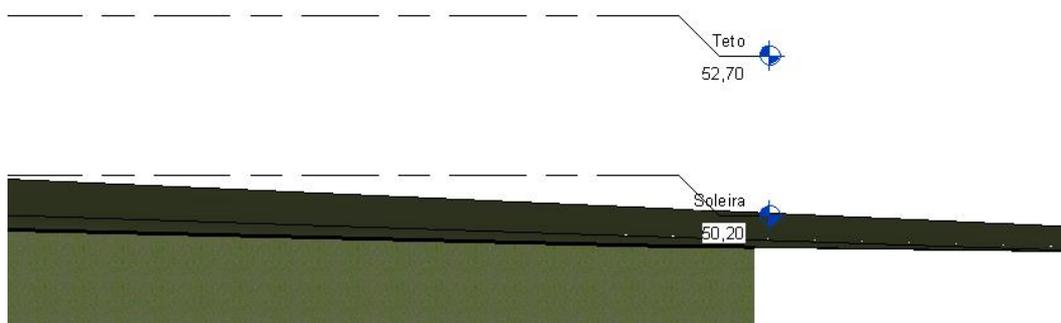


Figura 5.17 – Definição dos planos de referência.

Após a definição dos planos de referência está-se assim em condições de traçar as paredes, os tipos de paredes que o *REVIT* dispõe dividem-se em três famílias de sistema, parede básica, parede cortina e parede composta. O método de representação proposto para a criação de paredes em LSF neste estudo de caso é constituído simultaneamente por paredes básicas e paredes cortina.

Paredes básicas são definidas por um único material ou várias camadas de materiais. A espessura de uma parede corresponde à soma das espessuras das camadas que a compõem. A aparência das superfícies de uma parede depende dos materiais aplicados às camadas de acabamento.

Paredes cortina são famílias de paredes que correspondem a uma estrutura reticulada de perfis preenchida com painéis.

A Figura 5.18 mostra a estrutura típica de uma parede exterior em LSF, para a sua criação no modelo é importante estabelecer um critério sobre o modo de designação dos tipos de parede, com o objetivo de facilitar a gestão de uma biblioteca de tipos de paredes. Recomenda-se que o nome das paredes faça referência às camadas que definem a sua estrutura construtiva e às dimensões destas.

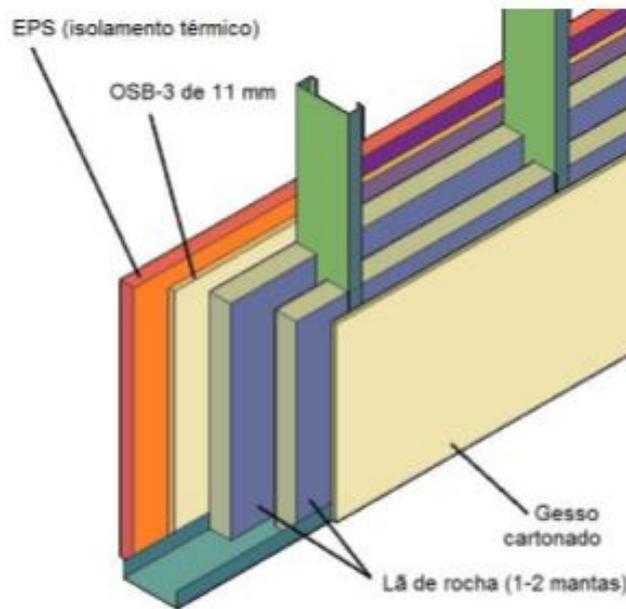


Figura 5.18- Estrutura típica de parede exterior (Silvestre et al, 2013)

Cada tipo de parede, interiores e exteriores, dispõe de várias camadas, as quais terão de se situar dentro dos limites do núcleo da estrutura (*Core Boundary*). Tanto as camadas como os limites do núcleo (exterior e interior) são representados e numerados por ordem ascendente do exterior para o interior da parede, como mostra a Figura 5.19.

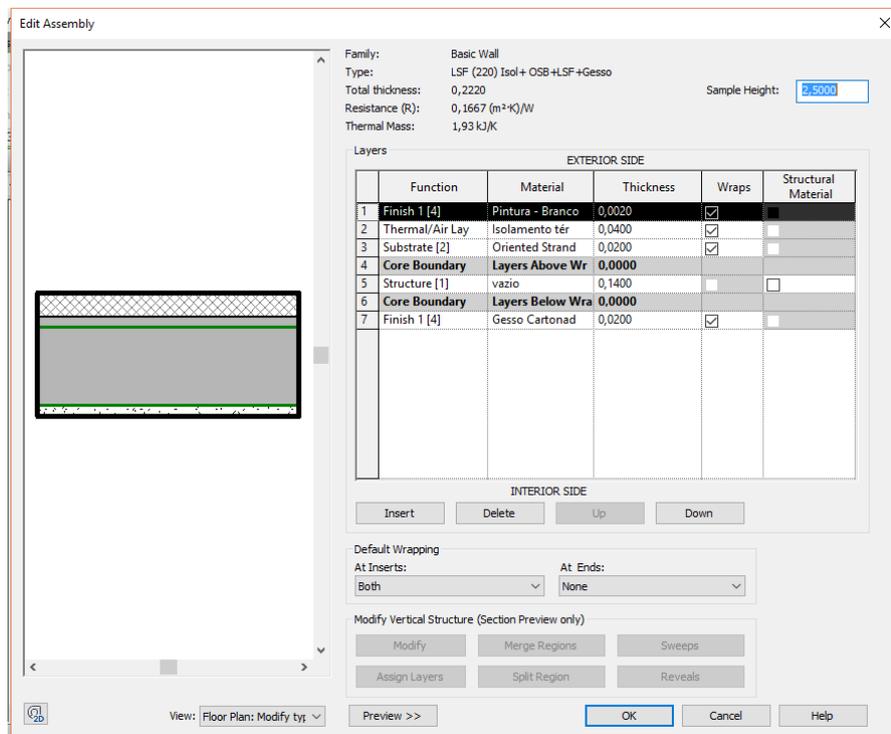
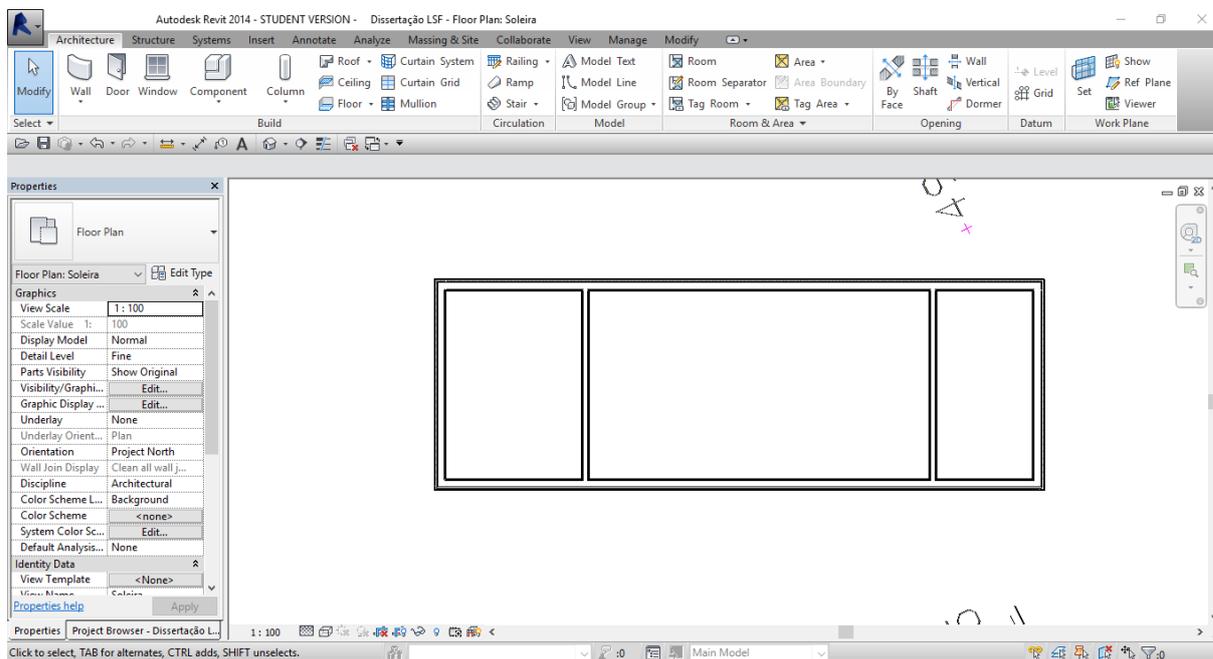


Figura 5.19 - Definição da estrutura de camada de um tipo de parede.

Após a definição transversal da parede exterior e interior, estas são representadas no modelo do caso de estudo, como mostra a Figura 5.20.



. Figura 5.20 - Definição das paredes interiores e exteriores.

Prossegue-se com a criação da parede cortina, designação esta que deve ser entendida num sentido mais lato, pois este género de objetos permite a criação de um conjunto de painéis divididos por uma grelha de perfis.

Este tipo de paredes é criado com base em tipos de famílias de paredes, *Curtin Wall* (família de sistema). A grelha de uma parede cortina corresponde a uma malha de linhas que divide a sua superfície em painéis. Os perfis são colocados sobre as linhas de grelha e têm por base várias famílias de sistema. Os tipos de famílias correspondentes a perfis assentam em perfis predefinidos pelo programa ou pelo utilizador.

A Figura 5.21 mostra a caixa de diálogo *Type Properties*, da parede cortina “Estrutura LSF – C140x42x0,9mm //0,60m” que lista todos os parâmetros que definem esta parede cortina. Devem ser criados tantos tipos de paredes quantos os usados em cada modelo de projeto, ou mesmo inserir no template os tipo de estrutura LSF mais usados de forma a não se revelar necessário a sua criação sempre que seja necessário a sua utilização, de modo a criar um método de trabalho rentável.

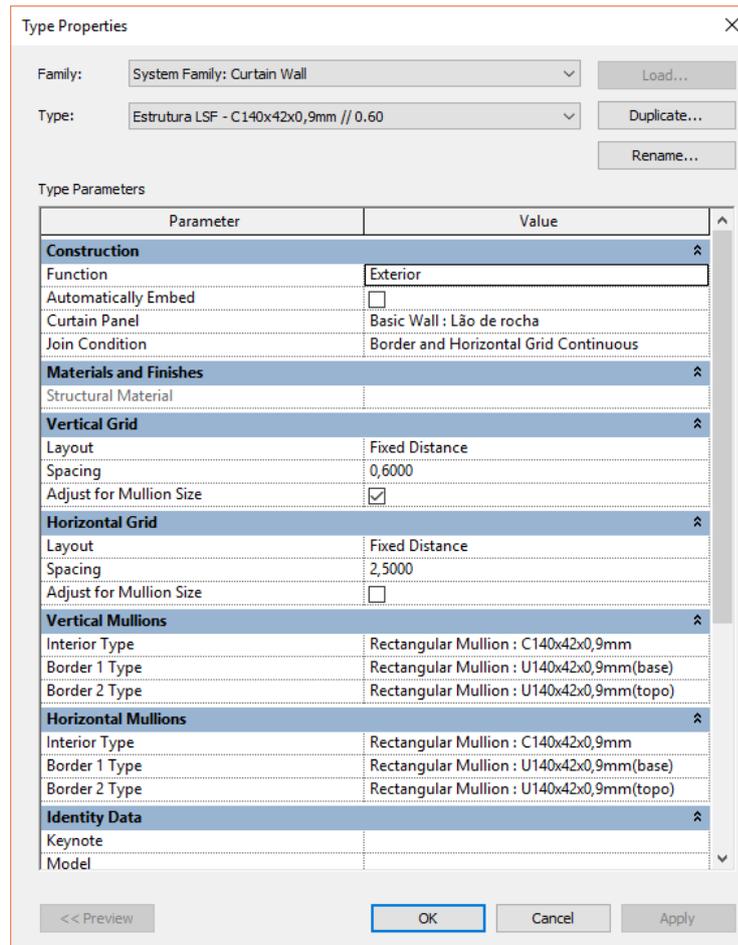


Figura 5.21 – Parâmetros relativos às propriedades de um tipo de parede cortina.

Para criar um novo tipo, basta duplicar um tipo de parede cortina existente e atribuir o nome adequado. Para configurar o tipo de parede cortina, basta ajustar o valor dos parâmetros, nomeadamente:

- *Function* - Função da parede (interior ou exterior), neste caso trata-se de uma parede exterior.
- *Automatically Embed* – Automaticamente encastráveis em paredes (família *Basic Wall*), sem necessidade de previamente ser criada a abertura correspondente à forma da parede cortina, neste caso não é necessário esta opção ativada.
- *Curtain Panel* – Tipo de painel predefinido, neste caso opta-se pela colocação de lã de rocha entre os perfis.
- *Join Condition* – Modo de união dos perfis, neste caso seleciona-se perfis horizontais contínuos (*Horizontal Grid Continuous*), uma vez que em termos de representação em alçado é o mais próximo da realidade,
- *Layout* – Modo de espaçamento dos perfis, neste caso usam-se distâncias fixas.
- *Spacing* Valor do espaçamento, neste caso 0,60m na vertical e 2,5m na horizontal.

- *Ajust for Mullion Size* . Consiste no ajuste do espaçamento das divisões da grelha, de modo a ter em conta a espessura dos perfis. Este ajuste é necessário para que os painéis periféricos não sejam mais pequenos do que os outros, em virtude das linhas periféricas da grelha estarem situadas por fora dos perfis periféricos e não no seu eixo, daí a necessidade de selecionar esta opção nos perfis verticais.
- *Vertical Mullions* (Perfis verticais)
 - *Interior Type*- Tipo de perfis interiores verticais.
 - *Border 1 Type* – Tipo de perfis verticais no extremo inicial da parede.
 - *Border 2 Type* – Tipo de perfis verticais no extremo final da parede.
- *Horizontal Mullions* (Perfis horizontais)
 - *Interior Type*- Tipo de perfis interiores horizontais.
 - *Border 1 Type* – Tipo de perfis horizontais na base da parede.
 - *Border 2 Type* – Tipo de perfis horizontais no topo da parede.

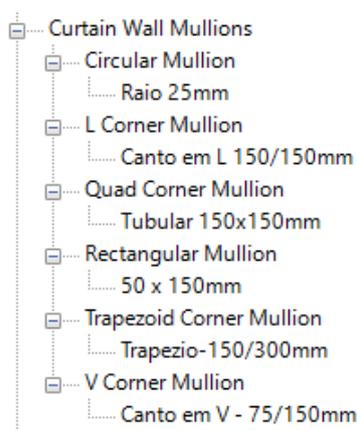


Figura 5.22 – Lista dos perfis definidos num projeto (Explorador de projeto).

Os tipos de perfis que podem ser aplicados numa parede cortina têm origem em seis famílias de sistema que podem ser visualizados no ramo *Curtin Wall Mullions* do Explorador de projeto, como mostra a Figura 5.22. Duplicando qualquer um desses tipos, poderá criar-se um novo tipo.

A forma dos perfis destes tipos é predefinida, sendo que o utilizador apenas pode controlar as suas dimensões, o que é feito através de parâmetros disponíveis na definição do tipo. Ou seja, na caixa de diálogo *Type Proprietes*, altera-se os parâmetros de acordo com a necessidade (tendo em conta que a lista de parâmetros que define um tipo de perfil varia consoante a família). No entanto, nenhuma destas famílias permite a criação de perfis em C, revelando-se assim necessário a criação de uma família de perfis personalizada pelo utilizador tendo por

base uma família *Standard* (ficheiros RFA) que são criados através do *Template Metric Profile-Mullion.rfa*. Depois da sua criação, esta família necessita de ser carregada para o projeto onde se encontra a modelação geral do caso de estudo. Quanto ao tipo de perfis, o método prescritivo tem uma designação muito própria para os montantes e canais, nomeadamente uma secção com a designação C140x42x0,9. Trata-se de uma secção em C, com alma de $D=140\text{mm}$, banzo de $B=42\text{mm}$, e espessura de $t=0,9\text{mm}$. A Figura 5.23 e a Figura 5.24 mostram as geometrias das secções e as suas dimensões usuais.

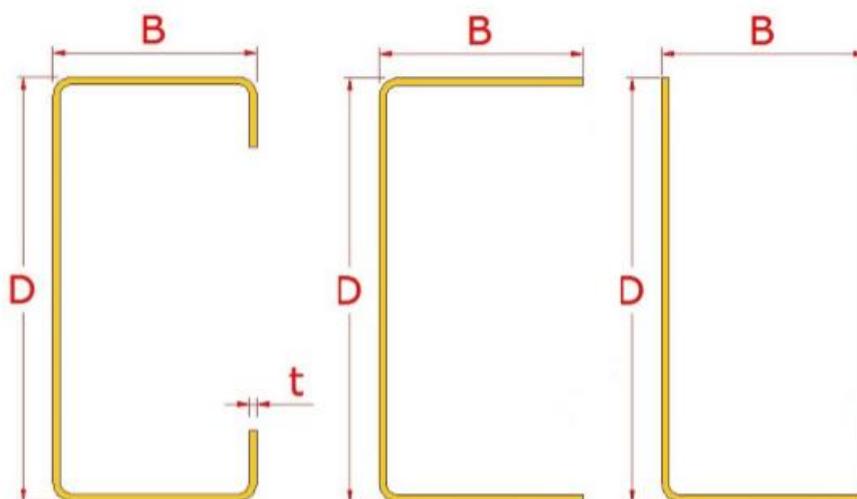


Figura 5.23 – Geometria das secções utilizadas no método prescritivo: Secção em C, U e L (Silvestre et al, 2013)

Perfil	Designação	D [mm]	B [mm]	t [mm]	Min d [mm]
C	C90	90	42-50	0.9; 1.1; 1.4; 1.7; 2.5	13
	C140	140		0.9; 1.1; 1.4; 1.7; 2.5	
	C200	200		0.9; 1.1; 1.4; 1.7; 2.5	
	C250	250		1.1; 1.4; 1.7; 2.5	
	C300	300		1.1; 1.4; 1.7; 2.5	
U	U90	93	Min 32	≥ espessura C	-
	U140	143			
	U200	204			
	U250	255			
	U300	305			

Figura 5.24 – Designação e dimensões das secções em C e U utilizadas no método prescritivo (Silvestre et al, 2013)

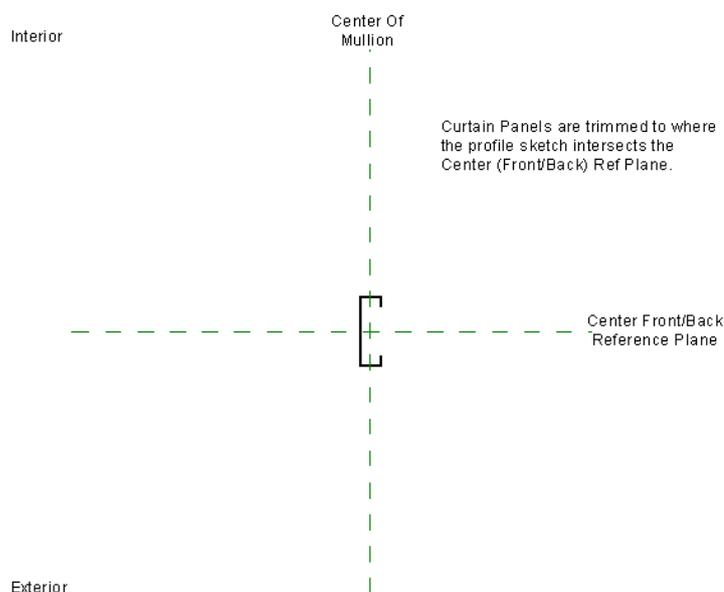


Figura 5.25 – Criação de família de perfis C140x42x0,9, a inserir nas paredes cortina

A Figura 5.25 mostra a criação da família de perfis C140x42x0,9. À semelhança deste perfil devem ser criados tantos quantos os necessários no uso de paredes cortina.

O tipo de painel, neste caso lá de rocha, e os tipos de perfis aplicados à construção de uma parede cortina, contemplam a especificação dos seus componentes, bem como as regras de divisão, para que a estrutura da parede cortina fique automaticamente traçada, devendo ser criados tantos tipos de paredes quantos os usados no modelo. No entanto, isso não implica que essa estrutura possa ser alterada manualmente, em qualquer momento posterior.

Após esta definição, são traçadas as paredes cortina sobre as paredes simples, na zona predefinida como vazio, gerando o modelo tridimensional que mostra a Figura 5.26.

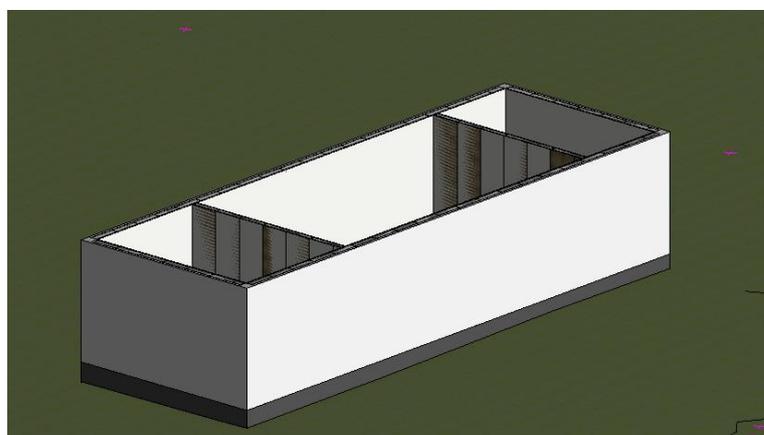


Figura 5.26 – Modelo tridimensional das paredes interiores e exteriores

Uma vez representadas as paredes é necessário definir os vãos. Estes têm origem em famílias *Standard* (ficheiros RFA). A utilizar estas famílias, deve-se ter em consideração que a definição de cada uma depende da forma como esta foi criada e parametrizada, alguns modelos podem permitir o controlo de parâmetros que outros não contemplam e o grafismo e o nível de detalhe também podem variar de família para família.

As caixilharias usadas neste método prescritivo estão preparadas para serem aplicadas apenas a paredes e, por isso, não podem ser colocadas noutros locais. Estes acompanham a deslocação ou a cópia das paredes em que se integram e os seus componentes adaptam-se automaticamente a qualquer parede, como mostra a Figura 5.27.



Figura 5.27 – Definição da localização dos vãos

O tipo de paredes cortina anteriormente traçadas através da definição de parâmetros relativos à disposição da grelha, regulados através da caixa de diálogo das propriedades da parede, podem ser diretamente controlados na área gráfica, uma vez que não contemplam a definição dos vãos. É assim necessário, posteriormente, reajustar a grelha e os painéis, nomeadamente alterar a disposição dos perfis e eliminar a lâ de rocha na zona dos vãos.

5.8 Cobertura

Relativamente a vigas de teto, estas deverão ter no mínimo 4 cm de largura apoiada nos montantes, e para apoio das vigas da cobertura. Quando existem apoios intermédios, estes deverão ser situar-se a um máximo de 60cm do $\frac{1}{2}$ vão, devendo cada um dos vãos individuais cumprir os limites estabelecidos para o vão único. Para cada apoio, e sempre que assim seja considerado nas tabelas, deverão ser aplicados reforços de apoio com o objetivo de evitar o esmagamento da alma das vigas, conforme se mostra na Figura 5.29. O contraventamento está garantido pela aplicação de gesso cartonado, na face superior deverá ser usada fita metálica.(1) Na Figura 5.28 define-se para vigas de teto o perfil C140/1.4 // 0.60, com contraventamento lateral da aba superior a $\frac{1}{2}$ vão, com fita metálica.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior:					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	2,79	2,51	3,58	3,07	3,58	3,15
C90 / 1,1	3,02	2,69	3,91	3,40	3,91	3,40
C90 / 1,4	3,25	2,90	4,19	3,66	4,19	3,66
C90 / 1,7	3,53	3,15	4,47	3,91	4,47	3,91
C90 / 2,5	4,14	3,66	4,93	4,29	4,93	4,29
C140 / 0,8	3,18	2,87	4,39	3,86	4,98	4,22
C140 / 1,1	3,40	3,07	4,75	4,22	5,49	4,70
C140 / 1,4	3,66	3,28	5,05	4,50	5,92	5,08
C140 / 1,7	3,94	3,53	5,38	4,83	6,38	5,51
C140 / 2,5	4,55	4,01	6,05	5,38	7,06	6,17

Figura 5.28 – Vãos máximos em vigas de teto de vão único com reforços de apoio, sótão inacessível (Silvestre et al, 2013)

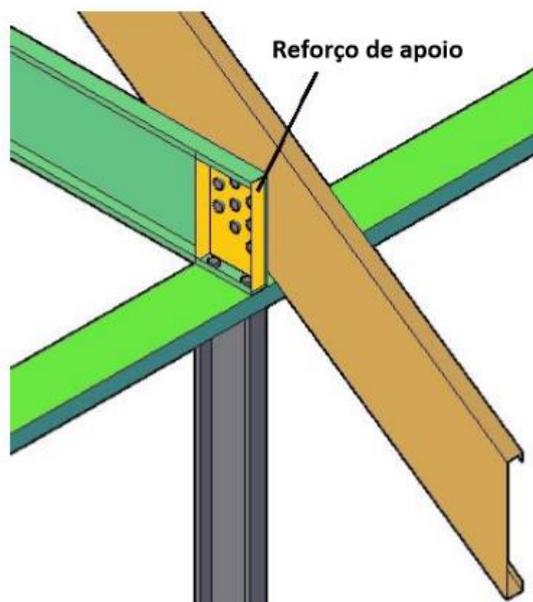


Figura 5.29 – Pormenor de ligação entre vigas no beirado, com reforço de apoio (Silvestre et al, 2013)

Os vãos admissíveis em vigas de cobertura são considerados na projeção horizontal, definindo assim o perfil através da Figura 5.30, adota-se assim C140/1.4//0.60m. O beirado não deverá exceder 0.60m em consola.

Perfil	Sobrecarga de neve (kN/m ²)							
	1,0		1,4		2,4		3,4	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C140 / 0,8	3,86	3,15	3,58	2,92	3,02	2,46	2,69	2,18
C140 / 1,1	4,70	3,84	4,34	3,56	3,68	3,00	3,25	2,67
C140 / 1,4	3,96	4,32	4,90	3,99	4,17	3,40	3,68	3,00
C140 / 1,7	5,51	4,83	5,26	4,50	4,67	3,81	4,11	3,38
C140 / 2,5	6,12	5,33	5,82	5,08	5,21	4,27	4,75	4,01

Figura 5.30 – Vãos máximos em planta, em vigas de cobertura (Silvestre et al, 2013)

Tal como os pavimentos, as coberturas têm origem numa família de sistema (*Basic Roof*), os quais podem ser desdobradas em tipos correspondentes a diferentes estruturas de camadas. No estudo de caso em questão são usadas as *Sloped Glazing* e *Basic Roof*, como forma de representação da estrutura e revestimento, respetivamente. A criação deste tipo de coberturas é traçada com base no traçado do seu perímetro de implantação, este método é o ideal para criar uma cobertura formada por águas.

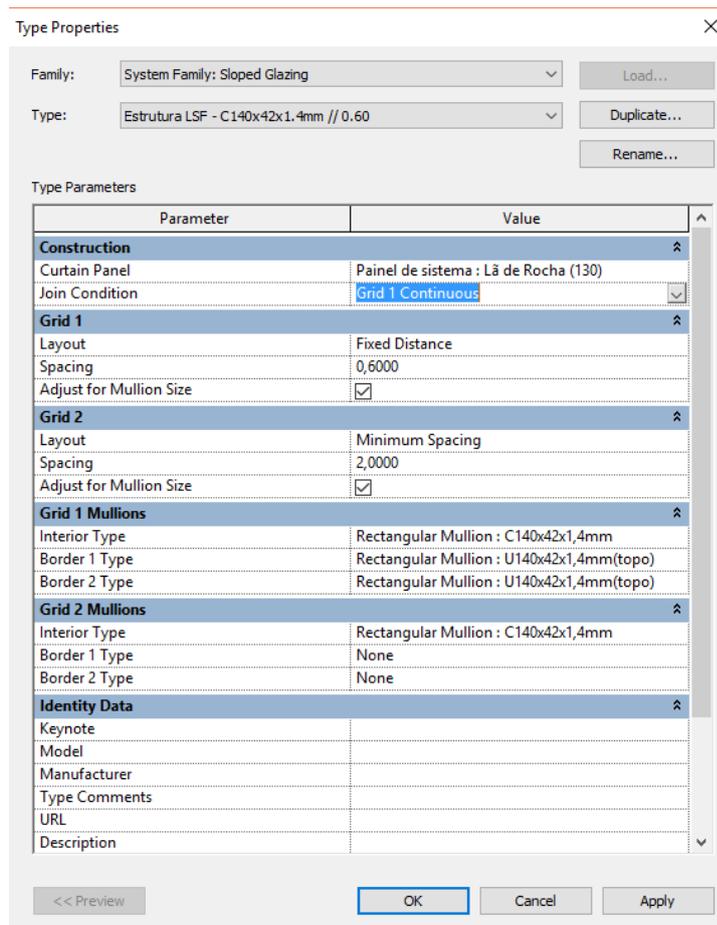


Figura 5.31 – Parâmetros relativos às propriedades da estrutura do teto

Reunidas as condições de modelar a laje de teto e cobertura, à semelhança das paredes, estas são constituídas pela parte estrutural e seu revestimento. São definidos os parâmetros da estrutura do teto e cobertura onde se inclui o preenchimento entre perfis em lã de rocha, à semelhança das paredes cortina, aqui designado por *Sloped Glazing*. As vigas de teto são revestidas por um teto falso e as vigas de cobertura por OSB e painel *sandwich*. A Figura 5.31 mostra os parâmetros relativos às propriedades da estrutura do teto e cobertura, com isolamento em lã de rocha. A Figura 5.32 expõe o seu poder de criação, através da definição do seu perímetro, mostrando a definição da inclinação da cobertura com 30°, cumprindo assim a exigência do Quadro 5.1.

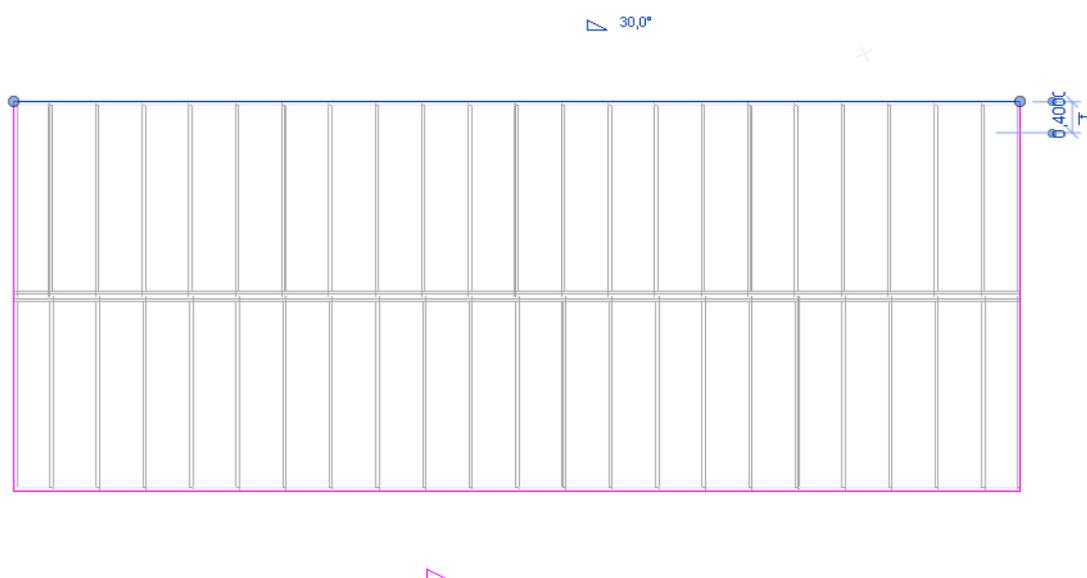


Figura 5.32 – Criação da cobertura, definição do perímetro de implantação e inclinação.

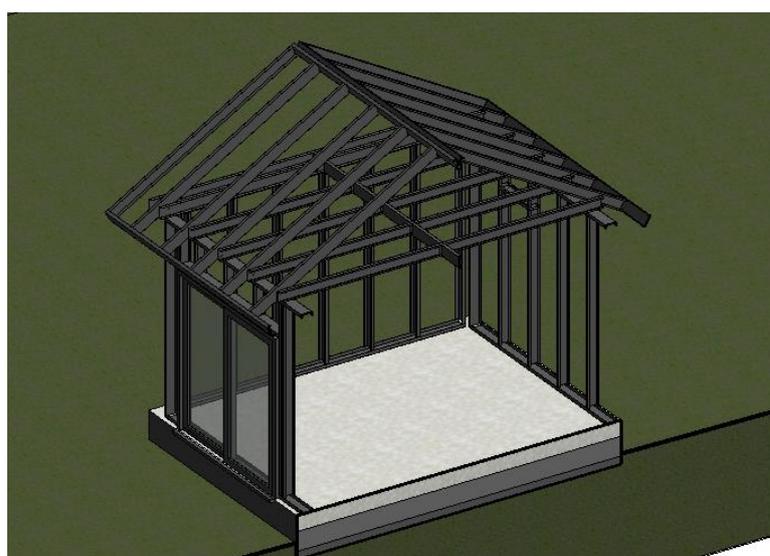


Figura 5.33 – Corte do modelo tridimensional (estrutura de teto e cobertura)

Os tetos falsos têm origem na família *Compound Ceiling*, com possibilidade de estrutura de camadas personalizável (como as paredes, os pavimentos e as coberturas). Tal como os pavimentos, os tetos falsos podem ser criados com base no desenho do seu perímetro, mas, ao contrário dos primeiros, também podem ser gerados através da indicação do interior de cada compartimento onde devem ser aplicados. Neste estudo de caso em questão existem três compartimentos e os tetos são desenhados através da criação do seu perímetro e localizados junto da base inferior da estrutura de teto.

Por fim cria-se o revestimento final da estrutura da cobertura, com recurso à família de sistema *Basic Roof*, esta representa o método básico da criação de coberturas e revela-se adequado à grande maioria de edifícios. Neste estudo de caso criou-se uma cobertura baseada no seu perímetro de implantação que envolve a estrutura da cobertura anteriormente modelada.

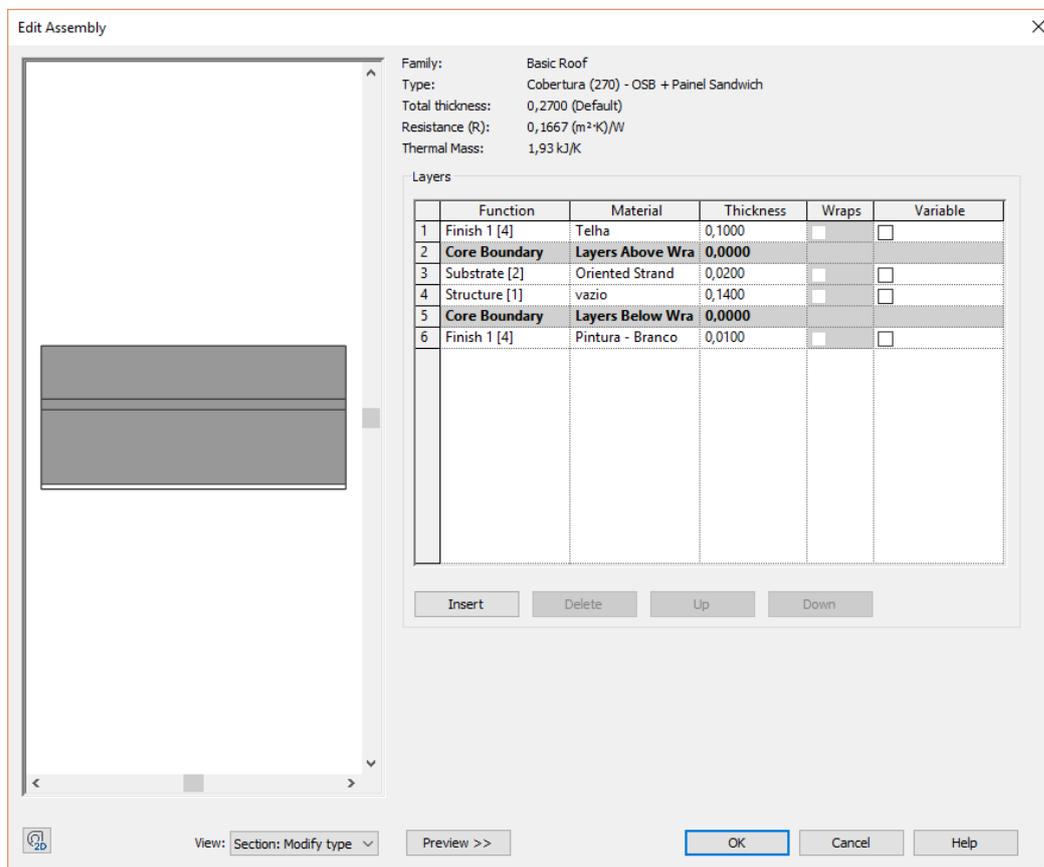


Figura 5.34 – Propriedades individuais da cobertura

5.9 Instalações, Mobiliário e Equipamentos

Nas canalizações a maior parte dos materiais utilizados são PEAD, PEX ou PVC, qualquer um destes materiais é compatível com a construção em LSF. Nas canalizações metálicas devem ser tomadas precauções adicionais, para que os metais das canalizações e estrutura não

entrem em contacto, utilizando as aberturas dos próprios perfis. Estas perfurações nos perfis metálicos são indispensáveis para a passagem de cabos e tubagens, todas as perfurações devem ser executadas nas almas e nunca nos banzos.

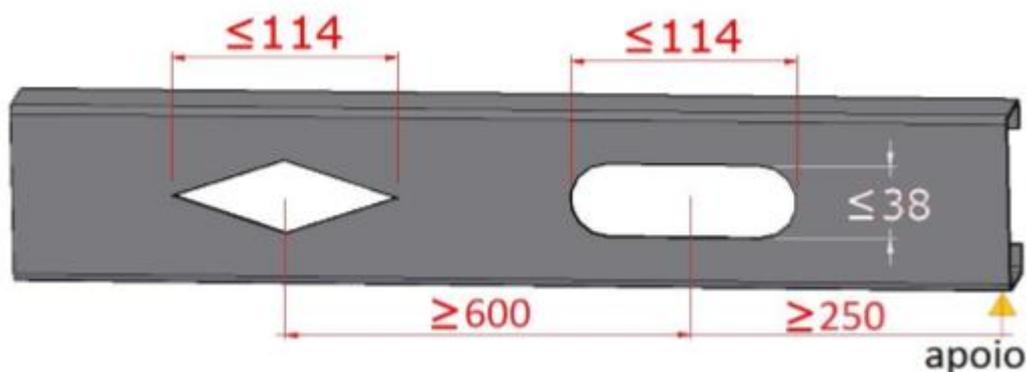


Figura 5.35 – Exemplo de perfurações em perfis metálicos

As instalações elétricas deverão ser incluídas em tubo plástico. Os quadros elétricos devem ser fixados lateralmente, nos montantes adjacentes, para evitar que o peso se transmita ao revestimento de gesso cartonado.

A representação tridimensional das instalações de canalização e instalações elétricas não estão representadas no estudo de caso em questão.

Os objetos de mobiliário e de equipamentos correspondem a famílias *Standard* que podem ser criadas de modo a que a sua disposição no projeto não dependa de outros elementos arquitetónicos ou que tenham de ser associadas a paredes, a lajes, a tetos falsos ou a coberturas. Tudo isto dependendo do *Template* que serviu de modelo à criação da família do objeto. Neste estudo de caso em questão entende-se por mobiliário e equipamentos louças de casas de banho, mobiliário de cozinha, televisão, sofás, cama, plantas e carro.



Figura 5.36 – Equipamentos e mobiliário do estudo de caso

5.10 Tabelas de Quantidades

Para além da representação do modelo de um edifício, os desenhos de arquitetura necessitam, normalmente, de ser complementados com tabelas de quantidades de elementos arquitetónicos. As tabelas de quantidades, permitem a fixação dinâmica de dados de projeto. Estas tabelas podem listar os componentes ou os materiais que compõem um modelo.

Na medida em que o *REVIT* assenta na utilização de objetos paramétricos, todos os elementos que fazem parte de um projeto possuem parâmetros que definem as suas propriedades. Os valores destes parâmetros podem ser extraídos para tabelas de quantidades que permitem a criação de vários tipos de mapas (de áreas, vãos, acabamentos, etc.) e, conseqüentemente, podem servir de base para a medição / orçamentação do projeto.

Para além dos parâmetros predefinidos em cada categoria de objetos, é possível associar parâmetros personalizados pelo utilizador, de forma a que seja possível registar e, posteriormente, extrair qualquer tipo de dado necessário à caracterização dos elementos constituintes do projeto.

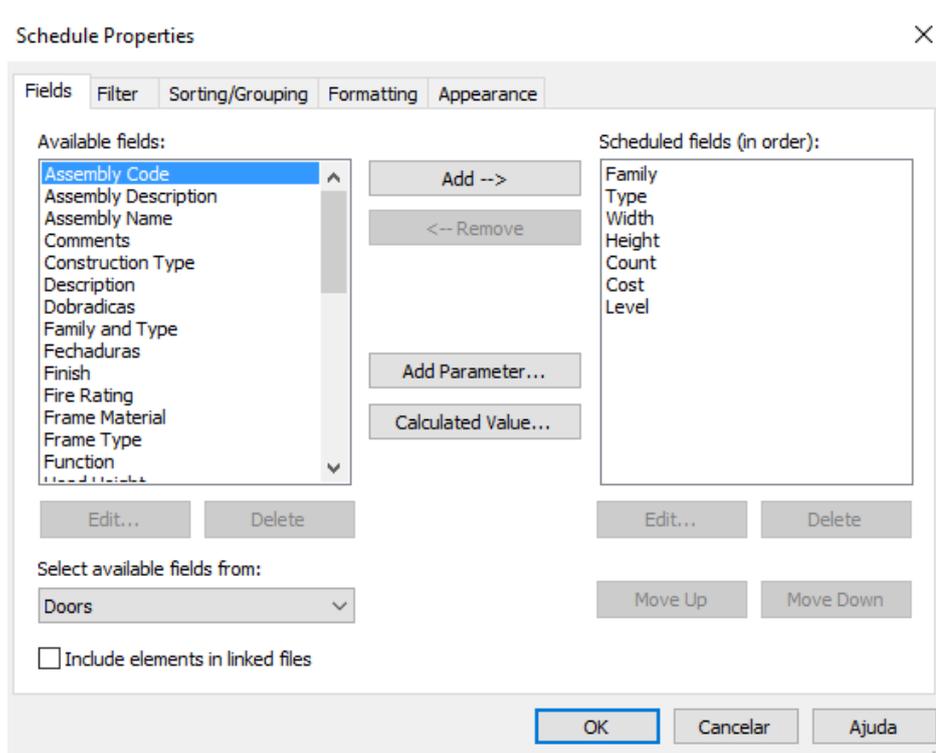


Figura 5.37 – Escolha dos parâmetros a constar na tabela de portas interiores criadas

Como as tabelas de quantidades possuem uma relação dinâmica com os elementos a que se referem, qualquer alteração efetuada sobre esses elementos é imediatamente refletida sobre a tabela ou tabelas respetivas. Qualquer alteração realizada diretamente numa tabela aos dados aí listados afeta automaticamente os elementos correspondentes.

As tabelas de quantidades deste estudo de caso incidem apenas em paredes, nomeadamente, mapa de perfis, mapa de lâ de rocha entre perfis, mapa de revestimento interior e exterior de perfis, mapa de portas interiores e mapa de portas exteriores, julga-se que a apresentação limitada a estes elementos é suficiente para demonstrar as capacidades do procedimento. Mostra-se em apêndice as respetivas tabelas.

5.11 Compor e Imprimir Folhas

Um projeto não pode, normalmente, ser dado por concluído sem que sejam compostas e impressas as folhas que se destinam a apresentá-lo a terceiros. Este capítulo aborda a adição de folhas ao projeto, preenchimento das respetivas legendas, composição e manipulação de vistas nas folhas.

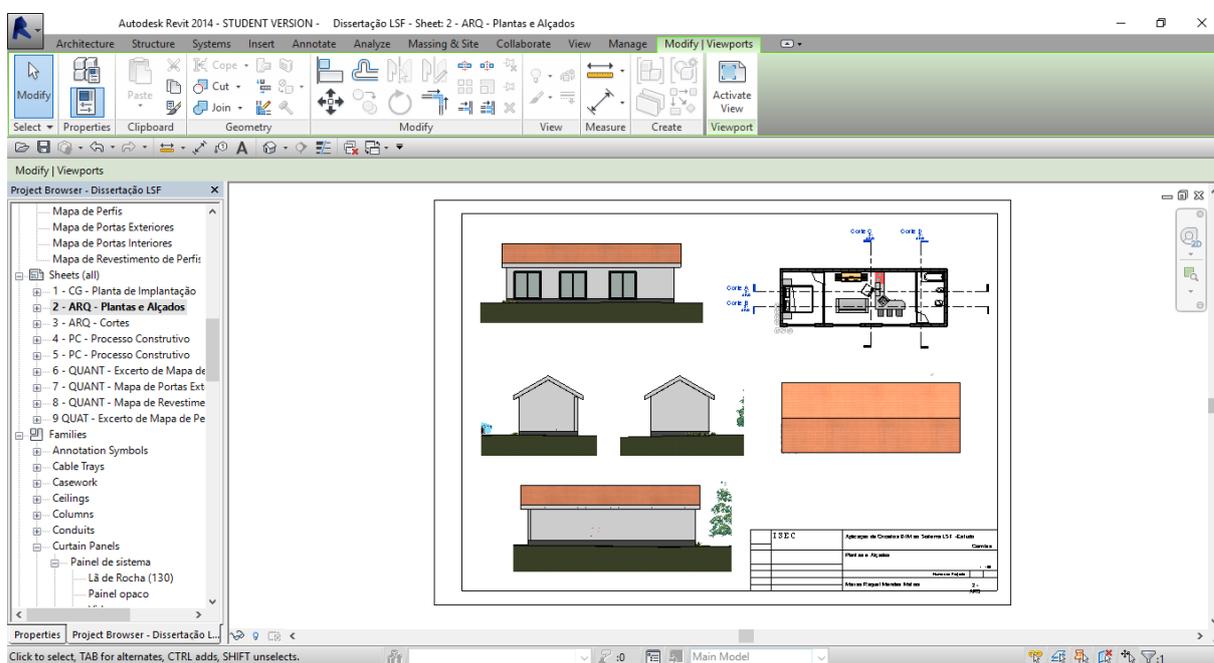


Figura 5.38 – Folha com vistas inseridas.

A composição de uma nova folha de desenho passa pela adição de uma folha em branco (família) pelo preenchimento da sua legenda e pela inserção e manipulação das vistas que devem constar dessa folha. A Figura 5.38 ilustra uma folha com vista já inserida. Em apêndice do presente documento mostra-se as peças desenhadas essenciais para a caracterização do presente estudo de caso.

6 CONCLUSÕES GERAIS E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Síntese do Trabalho e Conclusões Gerais

Apresentado o sistema de *Light Steel Framing*, o seu processo construtivo convencional, e uma das formas de dimensionamento através de um método prescritivo, as suas funções de cada uma das suas partes constituintes dentro do sistema, a ligação e interação entre os vários materiais e as suas vantagens e desvantagem. Todos estes fatores são relevantes para a sua compreensão.

Tendo em conta o esclarecimento que se fez em torno do sistema de LSF, achou-se fundamental colocá-lo em prática através de um caso prático onde se aplicam conceitos BIM. Este caso prático serviu para exemplificar de uma forma clara e concisa todos os conceitos adquiridos durante o estudo da presente dissertação. Este foi um passo fundamental para a compreensão do sistema e para tentar provar que realmente pode ser transposto para a realidade os conceitos BIM aplicados ao LSF.

No âmbito do método prescritivo aplicado, conclui-se que em alguns casos o método prescritivo não é aplicável, nomeadamente em edifícios que excedem os dois pisos e têm um ou mais pisos subterrâneos, e mesmo entre as moradias é frequente construir garagens ou arrecadações subterrâneas, por imposição do PDM e outros regulamentos que limitam a construção à superfície, por outro lado, o pé-direito excede por vezes os 3 m, principalmente no piso térreo quando dedicado ao comércio ou escritórios. A geminação ou construção em banda também não ajuda, dado que as dimensões máximas abrangidas são 18,3 x 11 m, e portanto 201 m² de área bruta, duas moradias geminadas, mesmo com áreas modestas, podem exceder este valor. Mesmo no caso de obras de ampliação e reabilitação, onde é comum, por exemplo, acrescentar-se um ou dois pisos a edifícios existentes, é frequente esses edifícios terem os 15 m de largura permitidos por lei entre fachadas, excedendo assim os 11 m que limita o método prescritivo. Terá de se recorrer forçosamente ao cálculo, e eventualmente, ao betão e/ou perfis pesados.

É possível que possam ser construídos edifícios com mais de 18,3 m de fachada, mais de 11 m de largura, mais de 3 m de pé-direito, e com 3 ou mais pisos, exclusivamente em aço leve, mas quanto mais longe do âmbito do método, menos provável é que seja essa a solução mais económica.

A abordagem realizada com o objetivo de analisar as potencialidades dos BIM na gestão de informação, conclui-se que no mundo da construção, seria ideal existir uma capacidade de troca de informações sobre os modelos de construção entre os vários intervenientes de forma

contínua, uma vez que uma parte significativa dos desperdícios são resultantes de fluxos de informação pouco operacionais, bem como da consequente existência de várias versões de trabalho. Para resolver tal disfuncionalidade, pode-se recorrer a ferramentas de enorme potencialidade como os BIM. Estas ferramentas têm tido um rápido desenvolvimento, aumentando as suas possibilidades de gestão de informação. Este modelo assenta na ideia de integrar toda a informação relacionada com um edifício ou projeto num único modelo digital. A sua implementação tem vindo a crescer e os seus benefícios tornaram-se mais evidentes, com vantagens extensíveis à totalidade do processo construtivo, tendo maior impacto na fase de projeto. No entanto, os BIM requerem um enorme esforço para serem implementados e nem todas as empresas ou utilizadores têm capacidade para tal.

6.2 Prosseguimentos de Trabalhos Futuros

No âmbito do sistema LSF existem variadíssimos assuntos que podem vir a ser tratados, no entanto referencio aqui alguns, nomeadamente, desenvolvimento de tabelas para pré dimensionamento, quando o método prescritivo não pode ser aplicado, estudo de custos diretos e indiretos e do planeamento em obra comparado com o processo construtivo tradicional, identificação de patologias associadas ao sistema LSF, entre outros assuntos.

O presente trabalho pretende também dar um primeiro avanço e uma visão global das potencialidades do BIM, desta possibilidade de partilha de informação, deixando em aberto a possibilidade de desenvolvimentos futuros. Para tal, é essencial uma ampliação do modelo IFC. Seria de elevado interesse a automatização do processo, sendo que para tal seria necessário a elaboração de conversores capazes de receber os dados da monitorização estrutural e escrevê-los no ficheiro IFC resultante do modelo do edifício em causa. Seria ainda relevante a correcção de determinados elementos de conversão para se poderem integrar os softwares de análise estrutural neste ciclo. Considera-se também interessante a criação de uma base de dados robusta que possa servir de suporte ao modelo. A utilização de informações por equipas multidisciplinares, verificando a forma de disponibilização dos dados nos diversos meios, pode levar a um melhor aproveitamento das informações pelas diversas equipas de trabalho, à hierarquização dos acessos, ao controlo e desenvolvimento das informações. Este facto poderá ter um interesse acrescido, devendo, no entanto, ser feito um estudo para verificar a viabilidade da aplicação ao sector da construção, uma vez que este é bastante litigioso e será de todo o interesse a limitação de acesso da informação a determinados intervenientes.

6.3 Considerações Finais

Finalmente, tendo em conta os conhecimentos adquiridos durante o estudo efetuado e os resultados alcançados, pode considerar-se que os objetivos propostos foram atingidos. Inicialmente foi realizada uma síntese sobre a contextualização de casas prefabricadas,

revelados os aspetos mais importantes associados à incorporação deste tipo de construção no mercado atual. Seguidamente foi feita uma análise do sistema LSF e o seu método prescritivo, que permitiram uma síntese de conhecimentos sobre este tema. Continuamente abordou-se o assunto das potencialidades das ferramentas BIM e por fim concebeu-se um caso de estudo que mostra a possibilidade de ligação entre os conceitos BIM e o sistema LSF. Embora muito haja por investigar neste âmbito, pode-se concluir que este tema tem potencial para futuramente constituir um exemplo de metodologia de trabalho a implementar nas empresas.

A presente dissertação pretende também contribuir, mesmo que de forma modesta, para o aumento do interesse de futuros trabalhos nesta área, assim como para a inclusão de critérios económicos, tecnológicos e de promoção da sustentabilidade no desenvolvimento da construção prefabricada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acker, A.V., Pereira, M.A (2002). “Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto”. Brasil: FtUnicamp.

Autodesk (2016). “Revit”. Disponível em: <http://www.autodesk.pt/products/revit-family/overview> (consultado em 13 de janeiro de 2017)

Cardoso, A., Maia, B., Santos, D., Neves, J., Martins, M (2012). “BIM: o que é?”. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Costa, J. A (2013). “Construção Prefabricada - Análise da Utilização da Prefabricação nas Várias Etapas do Processo Construtivo”. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, pp. 5-16.

Couto, A.B., Couto, J.P (2013). “Vantagens Produtivas e Ambientais da Pré-Fabricação”, pp 1-5.

Decreto-Lei n.º235/83, de 31 de Maio (1983). “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes”. Porto: Porto Editora.

DDN (2016). “Gestão Coordenação e Fiscalização”. Disponível em: <http://www.ddn.pt/>. (consultado em 6 de maio de 2016).

Dezeen, M (2011). “Dezeen”. Disponível em: <https://www.dezeen.com/> (consultado em 25 de outubro de 2015).

Design, C.A (2016). “Projectos”. Disponível em: <http://planetacad.com/projectos/> (consultado em 10 de maio de 2016).

Engenharia Civil Diária (2015). “Engenharia Civil Diária”. Disponível em: <https://enghariacivildiaria.com/> (consultado em 20 de maio de 2016).

Engenharia Civil Na Internet (2013). “Engenharia Civil Na Internet”. Disponível em: <https://www.enghariacivil.com/> (consultado em 8 de maio de 2016).

Engenharia e Construção (2011). “Engenharia e Construção”. Disponível em: <http://www.engenhariaeconstrucao.com/> (consultado em 12 de maio de 2016).

Futureng (2003-2016). “Light Steel Framing – Engineering and Design”. <http://www.futureng.pt/processo-construtivo> (consultado em 21 de abril de 2016).

Gaspar, A.P (2013). “Construção de Edifícios de Habitação em Light Steel Framing – Alternativa Viável à Construção Tradicional”. Porto: Universidade Lusófona do Porto.

Group, G.M (2015). Casas Modulares. Zoom – Especial Casas Modulares.

Jular – Madeiras (2016). “Casas Modulares Treehouse Riga”. Disponível em: <http://jular.pt/produtos/casas-pre-fabricadas/casas-modulares-treehouse-riga> (consultado em 15 de maio de 2016).

Logdomus (2016). “Casas – Arquitetura Moderna”. Disponível em: http://logdomus.pt/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=16&Itemid=68 (consultado em 6 de abril de 2016).

Lopes, T., Amado, M. “Pré-fabricação Aplicada ao Contexto da Reabilitação de Edifícios”. Disponível em: http://recil.ulusofona.pt/bitstream/handle/10437/4947/prefabricacao_aplicada_ao_contexto_da_reabilitacao.pdf?sequence=2 (consultado em 3 de maio de 2016).

Macedo, V.C.L (2014). “A reutilização de contentores”. Escola Superior de Artes e Design.

Menezes, G.L.B.B (2012). Breve histórico de implantação da plataforma BIM. “Cadernos de Arquitetura E Urbanismo”. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/P.23161752.2011v18n22p152> (consultado em 12 maio de 2016).

Mola, F.Z (2014). “A House in a Week”. Paris: Éditions Place des Victories.

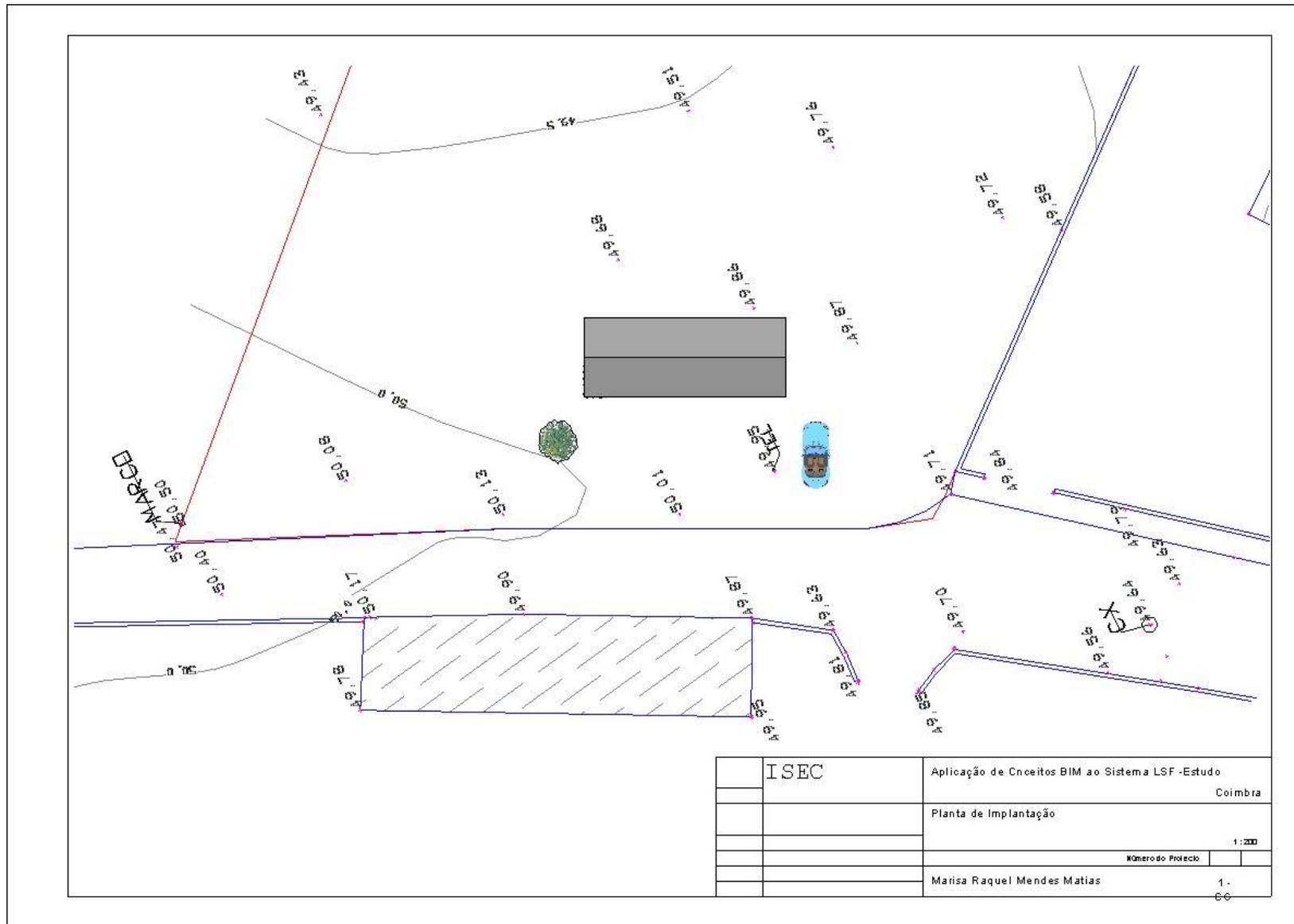
Mudastone (2016). “Construção Modular”. Disponível em: <http://www.mudastone.pt/areas-de-negocio/construcao-modular-conceito/> (consultado em 14 de maio de 2016).

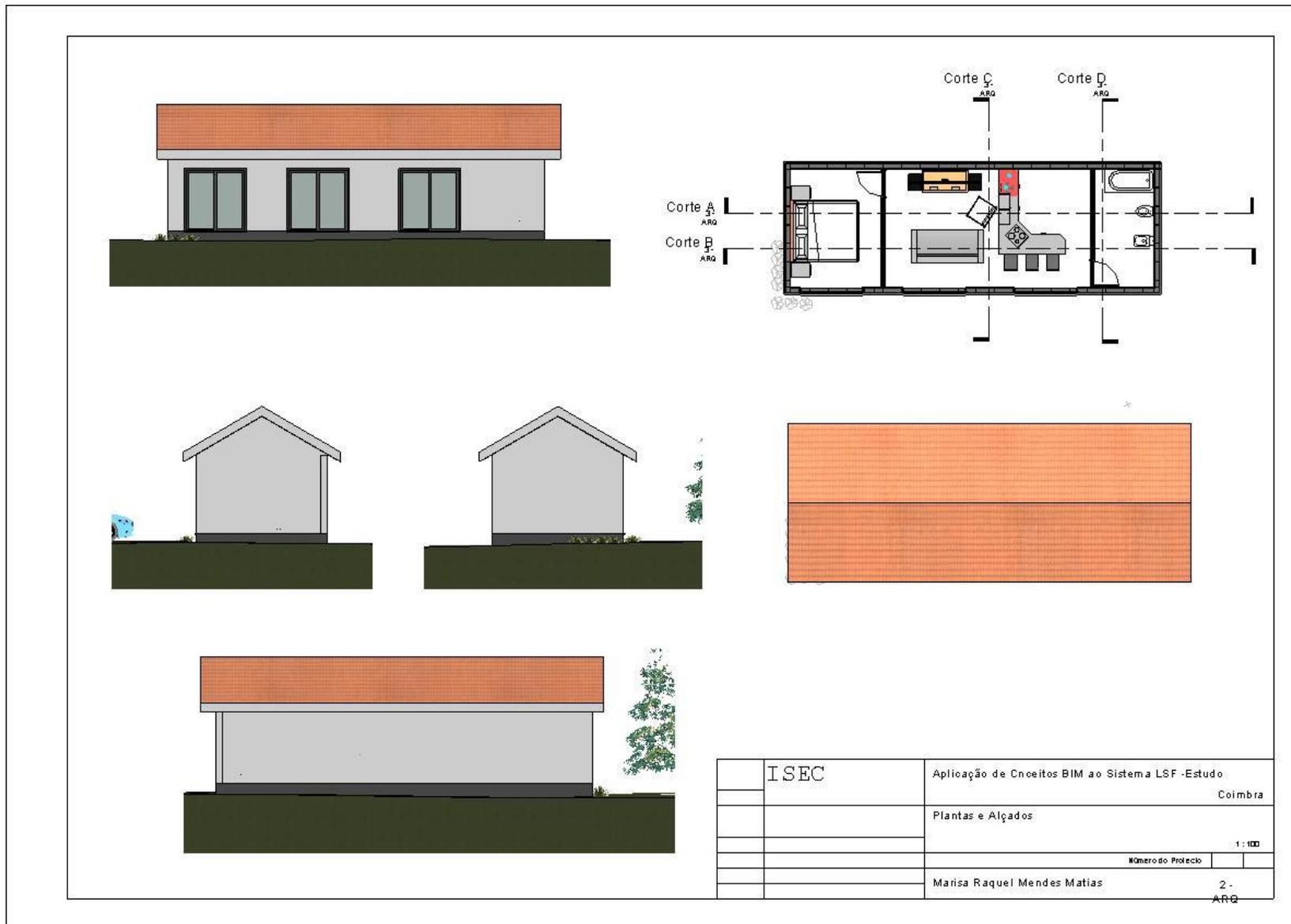
Sarabanda, C.I.M (2013). “Habitação Modular Evolutiva”. Mestrado em Engenharia Civil – Construções. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Silvestre, N., Pires, J., Santos, A (2013). “Manual de Conceção de Estruturas e Edifícios em LSF – Light Steel Framing”. CMM – Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista.

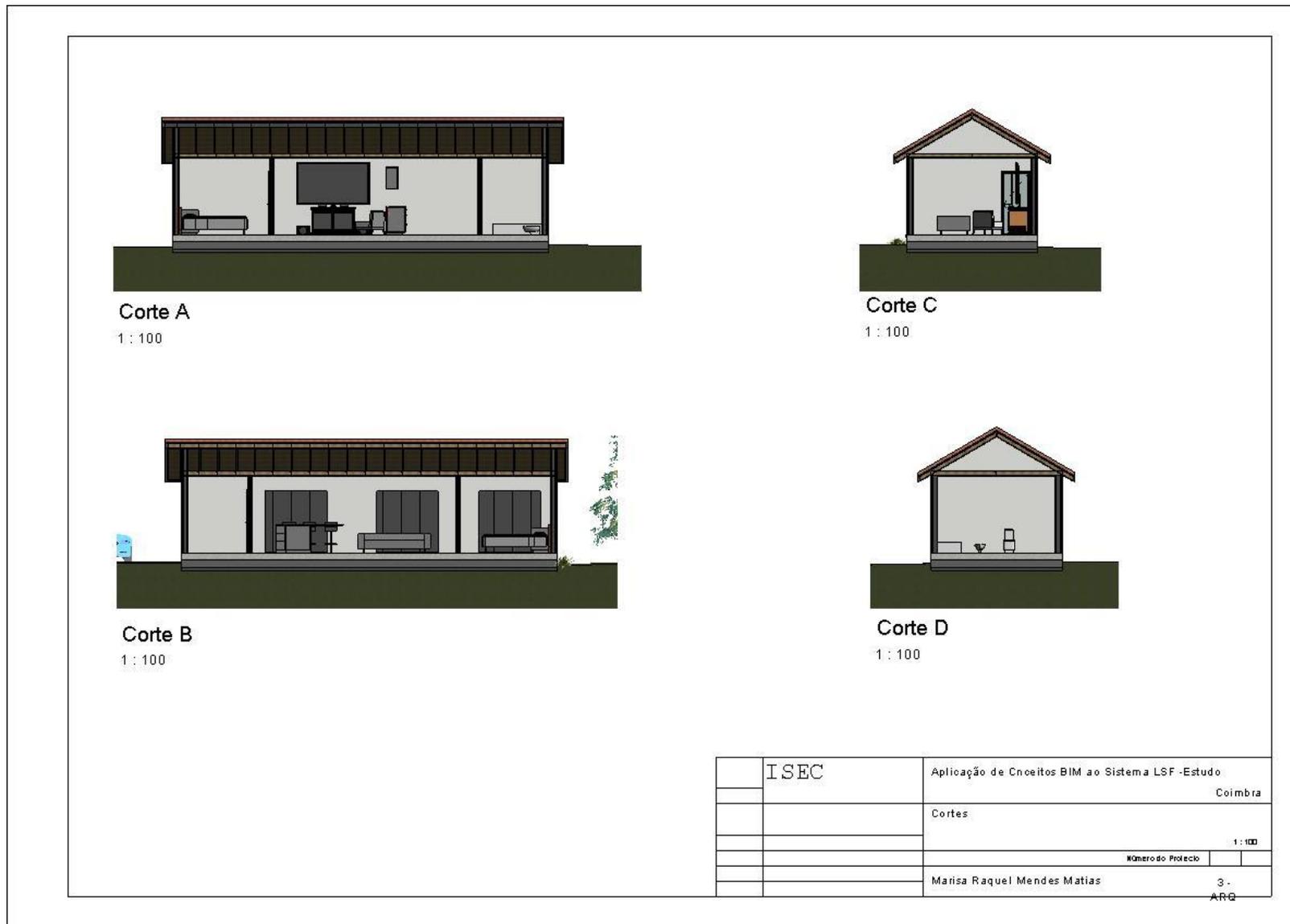
Vaz, S.M. (2008). “Avaliação teórica e económica de casas prefabricadas em madeira maciça”. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto.

APÊNDICE



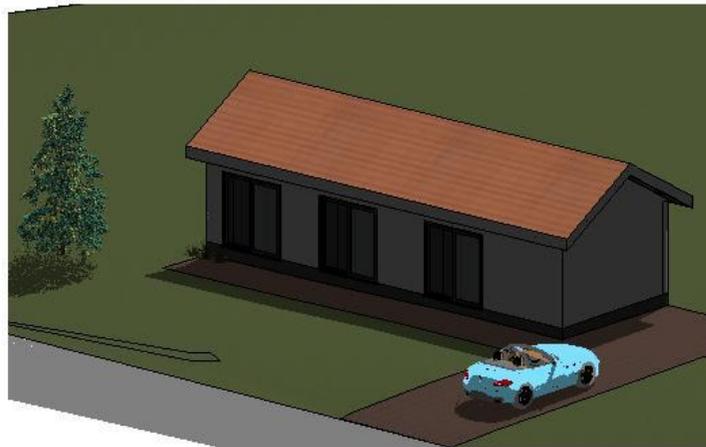
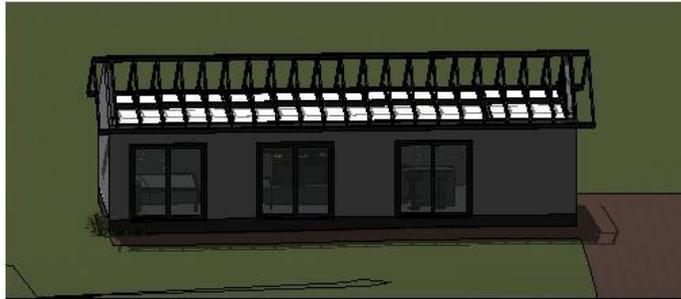


ISEC	Aplicação de Conceitos BIM ao Sistema LSF -Estudo	
		Coimbra
	Plantas e Alçados	
		1:100
	Número do Projeto	
	Marisa Raquel Mendes Matias	2 -
		ARG



3D7

ISEC	Aplicação de Conceitos BIM ao Sistema LSF -Estudo		
		Coimbra	
	Processo Construtivo		
		Número do Projecto	
	Marisa Raquel Mendes Matias	4.	
		PC	



ISEC	Aplicação de Conceitos BIM ao Sistema LSF - Estudo	
	Coimbra	
	Processo Construtivo	
	Número do Projecto	
	Marisa Raquel Mendes Matias	5 -
		PE

Mapa de Lã de rocha entre Perfis					Mapa de Lã de rocha entre Perfis				
Area	Count	Family and Type	Height	Width	Area	Count	Family and Type	Height	Width
0,03 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	0,47	0,06	0,70 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,50	0,28
0,04 m ²	2	Basic Wall: Lã de rocha (130)			0,80 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,50	0,32
0,12 m ²	3	Basic Wall: Lã de rocha (130)			0,82 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,50	0,33
0,15 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	0,45	0,33	0,85 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,50	0,34
0,19 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			0,89 m ²	2	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,50	0,36
0,20 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			1,20 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,00	0,60
0,24 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	0,45	0,54	1,48 m ²	12	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,48	0,60
0,25 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			1,49 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,50	0,60
0,26 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			1,50 m ²	23	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,50	0,60
0,27 m ²	8	Basic Wall: Lã de rocha (130)	0,45	0,60	0,49 m ²	1	Basic Wall: vazio	2,05	0,24
0,30 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	0,50	0,60	0,51 m ²	1	Basic Wall: vazio	2,05	0,25
0,39 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			0,72 m ²	1	Basic Wall: vazio	2,05	0,35
0,40 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			1,06 m ²	1	Basic Wall: vazio	2,05	0,52
0,45 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			1,23 m ²	6	Basic Wall: vazio	2,05	0,60
0,46 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			1,27 m ²	2	Basic Wall: vazio	2,05	0,62
0,51 m ²	2	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,48	0,21		7	Painel de sistema: Lã de Rocha (130)		
0,59 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			0,34 m ²	4	Painel de sistema: Lã de Rocha (130)	2,12	0,16
0,60 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			0,75 m ²	2	Painel de sistema: Lã de Rocha (130)	2,12	0,35
0,65 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			1,17 m ²	2	Painel de sistema: Lã de Rocha (130)	2,86	0,41
0,66 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)			1,27 m ²	38	Painel de sistema: Lã de Rocha (130)	2,12	0,60
0,67 m ²	1	Basic Wall: Lã de rocha (130)	2,50	0,27					

	ISEC	Aplicação de Cnceitos BIM ao Sistema LSF -Estudo
		Coimbra
		Excerto de Mapa de Lã de Rocha
		Número do Projecto
		Marisa Raquel Mendes Matias
		6 - QUANT

Mapa de Portas Exteriores						
Familia	Type	Largura	Altura	Quantidade	Cost	Level
Janela sacada 2 folhas correr	2000x2000 mm	2,00	2,00	1	550,00€	Soleira
Janela sacada 2 folhas correr	2000x2000 mm	2,00	2,00	1	550,00€	Soleira
Janela sacada 2 folhas correr	2000x2000 mm	2,00	2,00	1	550,00€	Soleira

Mapa de Portas Interiores						
Familia	Dimensões	Largura	Altura	Quantidade	Costo	Nível
Porta Int 1 folha	800x2000 mm	0,80	2,00	1	400,00€	Soleira
Porta Int 1 folha	800x2000 mm	0,80	2,00	1	400,00€	Soleira

	I SEC	Aplicação de Conceitos BIM ao Sistema LSF - Estudo
		Coimbra
		Mapa de Portas Exteriores e Interiores
		Número do Projeto
		7 -
		QUANT

Mapa de Revestimento de Perfis						
Area	C o u n t	Family and Type	Function	Length	Material: Area	Material: Description Material: Name
29,95 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	11,98	29,95 m ²	Pintura - Branco sem brilho Pintura - Branco sem brilho
29,95 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	11,98	29,95 m ²	Poliestireno extrudido Isolamento térmico
29,95 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	11,98	29,95 m ²	 vazio
29,95 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	11,98	29,95 m ²	Estuque projectado - Pintura branco Gesso Cartonado
29,95 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	11,98	29,95 m ²	OSB, oriented strand board, aspen Oriented Strand Board
13,35 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	4,03	13,35 m ²	Pintura - Branco sem brilho Pintura - Branco sem brilho
13,35 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	4,03	13,35 m ²	Poliestireno extrudido Isolamento térmico
13,35 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	4,03	13,35 m ²	 vazio
13,35 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	4,03	13,35 m ²	Estuque projectado - Pintura branco Gesso Cartonado
13,35 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	4,03	13,35 m ²	OSB, oriented strand board, aspen Oriented Strand Board
17,39 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	11,98	17,39 m ²	Pintura - Branco sem brilho Pintura - Branco sem brilho
17,39 m ²	1	Basic Wall: LSF (220) Isol+ OSB+LSF+Gesso	Exterior	11,98	17,39 m ²	Poliestireno extrudido Isolamento térmico

	ISEC	Aplicação de Conceitos BIM ao Sistema LSF - Estudo
		Coimbra
		Mapa de Revestimento de Perfis
		Número do Projecto
		Marisa Raquel Mendes Matias
		8 - QUANT

Mapa de Perfis				Mapa de Perfis			
Cost	Count	Family and Type	Length	Cost	Count	Family and Type	Length
	12	Rectangular Mullion: C90x42x0,9mm	2,42		1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,93
	2	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,14		1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,94
	20	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,17		1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	1,18
	201	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,19		1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	1,19
	1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,23		2	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	1,96
	5	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,25		17	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	1,98
	36	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,27		14	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	1,99
	1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,30		12	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	2,44
	1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,31		2	Rectangular Mullion: C140x42x1,4mm	0,08
	9	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,41		2	Rectangular Mullion: C140x42x1,4mm	0,27
	2	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,42		38	Rectangular Mullion: C140x42x1,4mm	0,56
	14	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,43		19	Rectangular Mullion: C140x42x1,4mm	2,10
	17	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,44		19	Rectangular Mullion: C140x42x1,4mm	2,15
	1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,48		42	Rectangular Mullion: C140x42x1,4mm	2,77
	1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,50		2	Rectangular Mullion: U90x42x0,9mm(base)	0,19
	3	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,58		10	Rectangular Mullion: U90x42x0,9mm(base)	0,60
	11	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,60				
	11	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,64				
	1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,83				
	1	Rectangular Mullion: C140x42x0,9mm	0,84				

	ISEC	Aplicação de Conceitos BIM ao Sistema LSF - Estudo
		Coimbra
		Excerto de Mapa de Perfis
		Número do Projecto
		9
		Marisa Raquel Mendes Matias
		QUAT

