



Daniel Valente Castro

Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica
na Especialidade de Produção e Projeto

Julho/2015





Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto.

Autor

Daniel Valente Castro

Orientadores

Engenheiro Osvaldo Teixeira Coimbra

Professora Doutora Marta Cristina Cardoso de Oliveira

Júri

Presidente

Diogo Mariano Simões Neto
Professor Auxiliar Convidado da Universidade de Coimbra

Vogais

Joaquim Alexandre Mendes de Pinho da Cruz
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Osvaldo Teixeira Coimbra
Engenheiro da Simoldes Plásticos S.A

Colaboração Institucional



Simoldes Plásticos S.A.

Coimbra, Julho de 2015

“
*Para desenvolver uma mente completa, estude a ciência da arte.
Estude a arte da ciência. Desenvolva os seus sentidos. Aprenda a ver,
especialmente. Perceba que tudo se conecta a tudo.*”

– Leonardo da Vinci.

Aos meus pais, irmã e Mafalda.

Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta, só foi possível graças à colaboração e apoio da entidade Simoldes Plásticos S.A., colegas de trabalho e em especial ao orientador da empresa, o Engenheiro Osvaldo Coimbra, aos quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento e agradecimento pela orientação, apoio e incentivo. Além de todo o trabalho desenvolvido em prol deste projeto e apoio prestado pela entidade e colegas de trabalho, é de realçar os conhecimentos adquiridos na área de desenvolvimento do produto e no domínio de tecnologias como o CATIA® V5.

À orientadora, Professora Doutora Marta Oliveira, que sempre procurou dar orientação técnica do trabalho, colocando à disposição meios técnicos e físicos, sem nunca limitar a capacidade, o âmbito e o critério da pesquisa, para que os resultados fossem o melhor possível.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para tornar este trabalho possível e sempre me incentivaram para a sua continuidade e conclusão.

Cabe-me ainda agradecer à minha família, que sempre me apoiou, incentivou e ajudou neste percurso significativamente longo que percorri até à sua conclusão.

Resumo

O presente trabalho estuda a viabilidade de uma estrutura alternativa às utilizadas na construção civil, tanto em termos dos materiais selecionados como em termos de método de construção de habitações unifamiliares. Um dos objetivos estabelecidos é a estrutura ser simples e rápida de montar, ao contrário de alguns tipos de construção já existentes, aliada a um processamento de materiais simples e de baixo custo, de modo a viabilizar a produção em série. Neste contexto, o trabalho explora a utilização de materiais poliméricos reforçados, mais concretamente de uma mistura de politereftalato de butileno com politereftalato de etileno, com a adição de 30% de fibra de vidro.

O conceito adotado é baseado na construção modular e envolve componentes de dimensões pré-definidas, mais concretamente três tipos de perfis e quatro dimensões de módulos. O estudo é complementado com a análise do processo de fabrico dos componentes e respetivos custos, resultantes da produção em série de estruturas baseadas no conceito proposto. O estudo é complementado também com a análise de materiais e técnicas que podem ser combinados com a estrutura, de modo a garantir os requisitos de funcionalidade e permitir semelhança estética com a construção convencional. A utilização do programa de CAD da *Dassault Systèmes*, *CATIA*® V5 R20, permite planear toda a construção e definir de forma rigorosa a lista de componentes, o que garante a minimização dos desperdícios de material e de derrapagens nos custos.

Palavras-chave: Estrutura, Habitação unifamiliar, Polímero reforçado, (PBT +PET) GF30, *CATIA*® V5.

Abstract

This work studies the feasibility of an alternative structure to those used currently in construction, both in terms of the materials selected and in terms of construction method for a family house. One of the objectives is that the structure is simple and quick to assemble, unlike some types of existing construction, combined with simple processing, low cost materials, to facilitate the mass production. In this context, the work explores the use of reinforced polymeric material, more specifically a mixture of butylene terephthalate and ethylene terephthalate, with the addition of 30% glass fiber.

The concept adopted is based on modular construction and involves the use of components with pre-defined dimensions, more specifically three types of profile and four modules with different dimensions. The study is completed with the analysis of the manufacturing process of the components and their respective costs, resulting from the mass production of structures based on the proposed concept. The study is also complemented with the analysis of materials and techniques that can be combined with the structure, to ensure the functionality requirements and allow aesthetics similar to conventional construction. The use of the CAD program of Dassault Systèmes CATIA® V5 R20, allows the planning of the construction, including the accurate definition of the list of components, which ensures minimization of waste material and cost overruns.

Keywords: Structure, Family house, Reinforced polymer (PBT + PET)
GF30, CATIA® V5.

Índice

Índices Remissivos.....	xi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xii
Índice de Gráficos.....	xiii
Simbologia e Siglas.....	xv
Simbologia.....	xv
Siglas.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Tipos de construção.....	2
1.1.1. <i>Light Steel Framing</i>	2
1.1.2. Construção modular.....	3
1.2. Legislação Portuguesa.....	5
1.2.1. Licenciamento.....	5
1.2.2. Incêndios.....	5
1.3. <i>Software</i> CATIA V5 R20.....	6
2. Grupo Simoldes.....	9
2.1. Tools Division.....	10
2.2. Plastics Division.....	10
2.3. Principais clientes.....	11
2.4. Futuro.....	11
3. Material da estrutura.....	13
3.1. PBT+PET reforçado com fibra de vidro.....	14
3.2. Impacto ambiental e saúde.....	16
4. Conceito do projeto.....	17
4.1. Perfis.....	18
4.1.1. Perfil principal.....	18
4.1.2. Perfis de conexão.....	19
4.2. Módulos.....	19
5. Processamento.....	21
5.1. Injeção.....	21
5.2. Extrusão.....	23
5.3. Moldes.....	23
6. Ensaios.....	25
6.1. Comparação com perfil em aço (LSF).....	25
6.1.1. Compressão.....	26

6.1.2.	Flexão	27
6.2.	Estrutura de teste.....	28
6.2.1.	Carga concentrada na placa	28
6.2.2.	Carga concentrada na parede	30
7.	Estrutura	33
7.1.	Ligação ao solo	35
7.2.	Ligação entre peças.....	35
7.3.	Materiais complementares	36
7.3.1.	Sistemas Construtivos Pladur®	36
7.3.2.	Painéis da Trespá.....	37
7.3.3.	Sistema Cappotto®	38
7.3.4.	Granulado de cortiça.....	38
8.	Custos da estrutura	41
8.1.	Por componentes	41
8.2.	Estrutura.....	42
9.	Conclusões	45
10.	Referências Bibliográficas	47
11.	Anexos	51

ÍNDICES REMISSIVOS

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Construção de habitação unifamiliar com estrutura LSF: (A) Fase de construção da estrutura metálica; (B) Fase final. Fonte: World Industrial Group.....	3
Figura 1.2 – Construção de habitação unifamiliar com sistema modular: (A) Fase de montagem; (B) Fase final. Fonte: Clément Gillett Architects.	4
Figura 2.1 – Entrada da Simoldes Aços, a “empresa mãe” do grupo.....	9
Figura 2.2 – Entrada da Simoldes Plásticos.	9
Figura 4.1 – Perfil principal com 5 mm de espessura e com aberturas para passagem de tubagens ao longo da parede: (A) Vista de perfil; (B) Vista lateral.....	18
Figura 4.2 – Perfis de conexão com 5 mm de espessura: (A) Macho-Fêmea (MF); (B) Macho-Macho (MM).....	19
Figura 4.3 – Algumas hipóteses de montagem dos perfis: (A) Perfil em “+”; (B) Perfil em “T”; (C) Perfil em “H”; (D) Perfil em “L”.....	19
Figura 4.4 – Módulos extrudidos: (A) 450x450x50x2,5 mm; (B) 250x250x50x2,5 mm; (C) 450x250x50x2,5 mm; (D) 250x450x50x2,5 mm.....	20
Figura 5.1 – Representação esquemática de uma injetora e respetivo processo de injeção de plásticos.....	22
Figura 5.2 – Representação esquemática de uma extrusão. Fonte: Companhia Brasileira de Alumínio.	23
Figura 5.3 – Moldes para injeção de plásticos: (A) Molde simples, contendo apenas macho e cavidade; (B) Molde relativamente complexo, com o macho e a cavidade a suportar vários componentes como movimentos à extração e movimentos mecânicos.....	23
Figura 6.1 – Ensaio com perfis com 1 m à compressão com 10 kN de intensidade, condições de fronteira e resultados de deslocamentos: (A) Perfil C em Aço da estrutura em LSF; (B) Perfil Q em (PBT+PET) GF30.	26
Figura 6.2 – Ensaio com perfis com 1 m à flexão com 10 kN de intensidade, condições de fronteira e resultados de deslocamentos: (A) Perfil C em Aço da estrutura em LSF; (B) Perfil Q em (PBT+PET) GF30.	27
Figura 6.3 – Estrutura de teste, com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento, com carregamento na placa de 10 kN.	28

Figura 6.4 – Módulo do deslocamento obtido pelo carregamento de 10 kN na placa da estrutura de teste com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento encastrada no solo.	29
Figura 6.5 – Tensões provocadas pelo carregamento de 10 kN na placa da estrutura de teste com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento encastrada no solo.	29
Figura 6.6 – Estrutura de teste, com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento, com carregamento de 10 kN na parede.	30
Figura 6.7 – Módulo do deslocamento obtido pelo carregamento de 10 kN na parede da estrutura de teste com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento encastrada no solo.	30
Figura 6.8 – Tensões provocadas pelo carregamento de 10 kN na parede da estrutura de teste com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento encastrada no solo.	31
Figura 7.1 – Planta da habitação com cerca de 115 m ² implementada com este conceito.	33
Figura 7.2 – Estrutura para habitação com cerca de 115 m ² de área coberta.	33
Figura 7.3 – Esquema representativo da estrutura com a envolvente.	34
Figura 7.4 – Representação em corte da estrutura realçando a fixação da estrutura à laje.	35
Figura 7.5 – Esquema representativo da aplicação dos parafusos na estrutura.	35
Figura 7.6 – Exemplo de aplicação de Pladur®.	36
Figura 7.7 – Exemplos de aplicação dos painéis da Trespas: (A) Trespas® Virtuon®; (B) Trespas® Meteon®. Fonte: Trespas.	37
Figura 7.8 – Exemplo de aplicação de Cappotto®. Fonte: Catálogo Tintas Robialac S.A. – Cappotto®.	38
Figura 7.9 – Exemplo de aplicação do granulado de cortiça: (A) Enchimento de paredes duplas interiores; (B) Enchimento de caixas sobre laje esteira; (C) Piso rústico decorativo. Fonte: Amorim Isolamentos S.A.	39

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Propriedades estruturais do PBT+PET GF30.	16
Tabela 7.1 – Detalhes do número de módulos e comprimento dos perfis utilizados na estrutura para habitação.	34
Tabela 8.1 – Preços por metro para a extrusão dos perfis Q, M-F e M-M.	42

Tabela 8.2 – Preços unitários para os diferentes tamanhos das peças injetadas (450x450, 450x250, 250x450 e 250x250).	42
Tabela 8.3 – Preços para os diferentes tamanhos de parafusos da Lotu® (4,8x75 e 4,8x25).	42
Tabela 8.4 – Algumas características importantes acerca dos módulos utilizados na estrutura, tais como as quantidades, o peso unitário, o peso total, o volume máximo, o volume máximo total e o preço total.....	43
Tabela 8.5 – Algumas características importantes acerca dos perfis utilizados na estrutura, tais como as quantidades, o peso por metro, o peso total, o volume máximo por metro, o volume máximo total e o preço total.....	43
Tabela 8.6 – Número total de parafusos e respetivos custos.	43
Tabela 8.7 – Características globais da estrutura, somando os perfis e os módulos. No preço total está também englobado o preço dos parafusos.	44

Índice de Gráficos

Gráfico 3.1 – Relação da tensão limite de elasticidade face ao módulo de Young, para materiais com preços inferiores a 2 €/kg, com módulos de Young superior a 9 GPa e temperatura de moldação inferior a 150°C. Dados recolhidos pelo <i>software</i> de seleção de materiais <i>CES EduPack 2013 Versão 12.2.13</i> . (21).....	14
Gráfico 3.2 – Curvas de Tensão-Deformação em regime elástico do aço de baixa liga, (PBT+PET) GF30 e PP GF30.....	15

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

- E – Módulo de elasticidade ou de Young
- ε – Deformação
- σ – Tensão
- σ_e – Tensão limite elasticidade

Siglas

- ANPC** – Autoridade Nacional de Proteção Civil
- BOM** – Lista de materiais (Bill Of Materials)
- CAD** – Desenho assistido por computador (Computer Aided Design)
- CAE** – Engenharia assistida por computador (Computer Aided Engineering)
- CAM** – Manufatura assistida por computador (Computer Aided Manufacturing)
- CFRP** – Polímero Reforçado com Fibra de Carbono (Carbon Fiber Reinforced Polymers)
- CNC** – Controlo Numérico Computorizado (Computer Numeric Control)
- EPS** – Poliestireno Expandido
- GF30** – 30% Fibra de Vidro (Glass Fiber 30%)
- GFRP** – Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (Glass Fiber Reinforced Polymers)
- LNEC** – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
- LSF** – Construção em Aço Leve (Light Steel Framing)
- PA** – Poliamida
- PBT** – Politeraftalato de Butileno
- PE** – Polietileno
- PET** – Politeraftalato de Etileno
- PP** – Polipropileno
- RAN** – Rede Agrícola Nacional

- REN** – Rede Ecológica Nacional
- SCIE** – Segurança Contra Incêndio em Edifícios
- SP** – Simoldes Plásticos S.A.

1. INTRODUÇÃO

Desde o Neolítico, e durante milhares de anos, a arquitetura evoluiu em função das necessidades das populações, com as competências a serem transmitidas pelas comunidades de geração em geração (1). Na Europa ocidental, o império romano foi o primeiro a construir de forma organizada, em que as principais obras eram castelos e arte sacra. Nessa altura, os mestres construtores eram responsáveis por todas as fases da construção. O projeto era realizado ao mesmo tempo que a obra e os conhecimentos da construção baseavam-se em regras generalizadas e na experiência adquirida com os erros do passado (2). No século XV, durante o período renascentista, com o aparecimento do arquiteto e o conceito de arquitetura, as fases de projeto e de construção começam a distinguir-se (2). Já nos finais do século XVIII e inícios do século XIX, a revolução industrial proporciona não só o aparecimento de novos materiais e o desenvolvimento tecnológico de outros (e.g. vidro, cimento e aço), mas também novos sistemas e métodos de construir que dão origem à engenharia moderna. A utilização crescente dos novos materiais industrializados e padronizados homogeneizaram as distintas formas de construção, que dependiam dos materiais disponíveis na região ((1) e (2)). No séc. XX, as raízes com o passado são definitivamente quebradas. A transparência, a luz, o ar e o sol dão origem às conhecidas estruturas cristalinas (1).

Em 1624, Sir Henry Wotton, definia como qualidades essenciais num edifício, a firmeza, a comodidade e a beleza. Esta definição continua atual, embora com outra interpretação: “um edifício deve ter estabilidade estrutural, durabilidade, deve ser funcional, garantir aos seus utilizadores um ambiente de conforto e comodidade, e ser ainda economicamente ajustado, para além de que deve ser também agradável do ponto de vista estético” ((2) e (3)).

Nos dias de hoje procura-se que a ideia e o desenho sejam transportados para a realidade, sempre aliados a regras e normas, através de uma combinação de materiais, equipamentos, sistemas e processos construtivos (2). Cada vez mais, surgem novos métodos alternativos à construção convencional, descentrando-se do betão armado e dando mais

relevo aos métodos construtivos com materiais de processamento mais fácil e mais rápidos, de forma a acelerar a conclusão da obra.

O presente trabalho estuda a viabilidade de uma estrutura alternativa às utilizadas na construção civil, tanto em termos dos materiais selecionados como em termos de método de construção. Um dos objetivos estabelecidos é a estrutura ser simples e rápida de montar, ao contrário de alguns tipos de construção já existentes, aliada a um processamento de materiais simples e de baixo custo, de modo a viabilizar a produção em série. O estudo foca-se na estrutura e não no edifício, pelo que será necessário complementá-la com outros materiais e técnicas que garantam os requisitos de funcionalidade. O estudo é também complementado com uma análise dos custos de produção da estrutura.

Para introduzir o tema, foram estudados alguns conceitos importantes como: tipos de construção utilizados e alguma informação ligada à segurança e à legislação. Como o projeto será desenvolvido em CATIA V5, será também aqui efetuado um breve enquadramento do *software*.

1.1. Tipos de construção

Com o progresso, surgiram novas metodologias de construção que se tornaram alternativas ao método tradicional, tanto no custo como na duração da obra. A estrutura desenvolvida neste trabalho baseia-se nos princípios da *Light Steel Framing (LSF)* e na construção modular. Assim, nas subsecções seguintes detalham-se alguns aspetos relevantes destes dois tipos de construção.

1.1.1. Light Steel Framing

Este sistema construtivo recorre a perfis de aço galvanizado conformados a frio, e é cada vez mais utilizado. A Figura 1.1 apresenta um exemplo de uma habitação unifamiliar construída com este sistema construtivo. O LSF não é uma marca registada, mas simplesmente a designação corrente para o sistema de construção baseado em uma estrutura metálica. Mundialmente é conhecido como LSF e em Portugal é designado por construção em aço leve (4).



Figura 1.1 – Construção de habitação unifamiliar com estrutura LSF: **(A)** Fase de construção da estrutura metálica; **(B)** Fase final. Fonte: World Industrial Group.

A estrutura em aço é obtida a partir de processos mecânicos de conformação da chapa de baixa espessura à temperatura ambiente, tal como a quinagem ou a perfilagem, sendo possível por isso garantir um baixo peso. A LSF torna-se vantajosa na reabilitação urbana e é especialmente vocacionada para edifícios residenciais com pouca altura, ou seja, edifícios leves (4). Esta designação permite ainda distinguir este sistema das estruturas onde se aplicam perfis laminados a quente com secções em I, em H ou em U, que por serem maciços possuem um peso muito superior. De facto, devido ao baixo peso do material da estrutura torna possível construir sem necessitar de equipamentos e maquinaria pesada (4). A não utilização de maquinaria pesada e o tipo de perfis foram as ideias consideradas interessantes, a reter para o desenvolvimento do novo conceito.

1.1.2. Construção modular

As casas modulares são edifícios pré-construídos em frações, em ambiente de fábrica. Posteriormente, são entregues e montados no local da obra, onde são conjugados numa única casa através do uso de maquinaria pesada, como se exemplifica na Figura 1.2. Na obra são efetuadas as ligações elétricas, a canalização e o isolamento entre módulos. São em tudo diferentes das casas móveis, pois não possuem eixos e o transporte é feito por semirreboques. No final da obra é muito difícil distinguir esta casa de uma dita de “normal” (5).

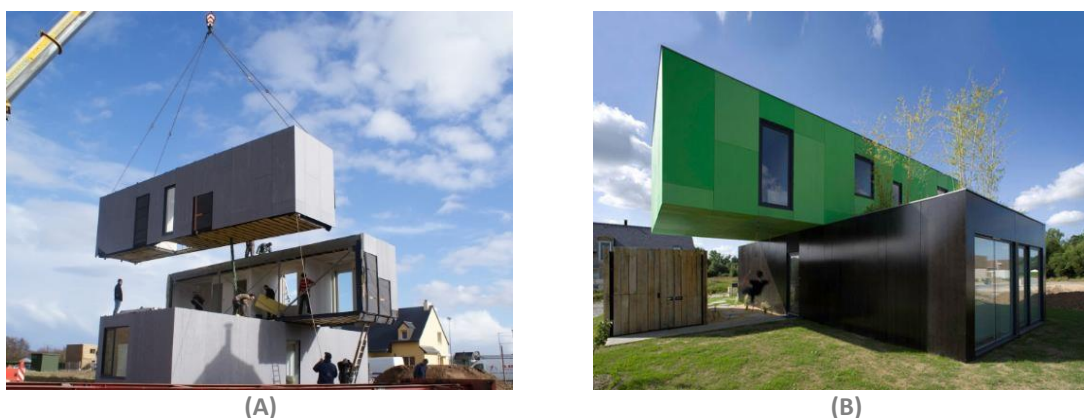


Figura 1.2 – Construção de habitação unifamiliar com sistema modular: **(A)** Fase de montagem; **(B)** Fase final. Fonte: Clément Gillett Architects.

Nas casas modulares são frequentemente utilizados materiais mais caros que nas casas de construção tradicional, oferecendo muito mais alternativas de personalização. Estas opções podem resultar em casas mais caras que a construção tradicional. As casas modulares não usam molduras de ferro como a construção tradicional, mas sim vigas de madeira com postes em metal para suporte. Este tipo de construção permite múltiplos andares bem como caves e a sua construção pode demorar desde 10 dias até 6 meses (5).

As casas modulares representam um mercado em expansão na construção, havendo cada vez mais empresas especializadas na área. Atualmente, na hora de decidir, é comum colocar-se a opção de avançar para a construção modular em alternativa à construção tradicional (6). De facto, este tipo de construção traz algumas vantagens relativamente ao método tradicional, tais como:

- Produção em quantidade e conseqüente redução de tempos de construção;
- É possível evitar as condicionantes atmosféricas devido à construção em fábrica;
- Problemas e defeitos acontecem com menos frequência devido a construção normalizada;
- Existência de planeamento reduz a probabilidade de ocorrer derrapagens na obra;
- Redução de desperdício, pelo que é um conceito mais ecológico;
- Facilidade em adicionar módulos para aumentar a área da estrutura após a conclusão da construção.

A grande desvantagem relativamente ao método tradicional passa pela flexibilidade, uma vez que impõe à partida certos limites e obriga à consulta de um “catálogo” com as

opções disponíveis (5) e (6)). A personalização é possível mas aumenta o custo. Uma das principais características deste tipo de construção é a pré-construção em fábrica, que foi a particularidade retida como base para o desenvolvimento do novo conceito.

1.2. Legislação Portuguesa

Relativamente à legislação portuguesa existem dois fatores preponderantes e que foram assumidos como críticos para este tipo de estrutura. Estes fatores são o licenciamento e a legislação relativa aos incêndios, pelo que serão abordados nesta secção.

1.2.1. Licenciamento

De acordo com a legislação portuguesa atual (Decreto de Lei 555/99, de 16 de Dezembro e posteriores alterações), uma casa pré-fabricada, casa de madeira ou casa modular é o mesmo de uma casa dita "normal", diferenciando apenas o método de construção e não o tipo de construção (7). Neste contexto, o licenciamento obedece às mesmas regras de uma habitação tradicional, cujo procedimento envolve várias etapas.

Caso o terreno se encontre numa zona REN ou RAN será necessário obter uma autorização junto das associações respetivas e, posteriormente, proceder ao licenciamento da obra junto da câmara municipal da respetiva localidade. O licenciamento habitacional no âmbito da construção ou da utilização de imóveis é obrigatório para as situações de novos edifícios, reconstrução, ampliação e alteração, e ainda, na reparação, demolição e alteração da topografia. Além dos instrumentos de planeamento territorial existentes, o aspeto exterior dos edifícios e sua inserção no ambiente urbano e na paisagem são aspetos a serem apreciados durante a aprovação do projeto de arquitetura. É possível elaborar um pedido de informação prévia sobre a viabilidade de um licenciamento, sendo deliberado pela câmara municipal dentro de um prazo máximo de 30 dias, dependendo da área abrangida. Este pedido permite diminuir os riscos e os custos de um projeto dessa natureza (7).

1.2.2. Incêndios

O Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, que aprovou o atual regime jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (SCIE), define pelo artigo 12.º, nos termos do

quadro I do anexo III, que um edifício unifamiliar ou multifamiliar com altura inferior a 9 metros representa risco reduzido (8).

A Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro, regulamenta, por portaria do membro do Governo responsável pela área da proteção civil, as disposições técnicas gerais e específicas de SCIE, referentes às condições exteriores comuns, às condições de comportamento ao fogo, isolamento e proteção, às condições de evacuação, às condições das instalações técnicas, às condições dos equipamentos e sistemas de segurança e às condições de autoproteção, tal como exigia o decreto exposto anteriormente, no seu artigo 15.º (9). Nesta portaria (9):

– Pelo número 6 do artigo 8.º, é determinado que “todas as paredes exteriores não tradicionais, distintas das referidas nos números 2 e 3 do presente artigo, devem ser sujeitas a uma apreciação técnica a efetuar pelo LNEC ou por entidade reconhecida pela ANPC”, como é o caso da estrutura apresentada neste trabalho.

– Pelo número 1 do artigo 14.º, “os elementos estruturais de um edifício devem garantir um determinado grau de estabilidade ao fogo”.

– Pelo número 3 do artigo 15.º, “não são feitas exigências relativas à resistência ao fogo dos elementos estruturais nos seguintes casos: a) Edifícios afetos à utilização-tipo I¹ da 1.ª categoria de risco destinados a habitação unifamiliar; (...)”.

1.3. Software CATIA V5 R20

CATIA (Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application) é uma multiplataforma CAD/CAM/CAE que pertence ao grupo Dassault Systèmes[®], também detentora de outros *softwares* de CAD, bastante conhecidos no mercado, como o SOLIDWORKS[®], SIMULIA[®], 3DVIA[®], entre outros (10).

A evolução tornou os *softwares* 2D obsoletos, e os modernos e poderosos *softwares* 3D uma realidade irreversível. O CATIA oferece um sistema híbrido, que facilita a criação, a execução e a administração do produto, pois permite a modelação com sólidos e superfícies

¹ Habitação unifamiliar é descrita como Utilização-Tipo I de acordo com o Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro.

((11) e (12)). De acordo com a Dassault Systèmes[®], o “CATIA é a solução líder do mundial de *design* de produto e experiência. É utilizado por organizações líderes em vários setores para desenvolver os produtos que vemos e usamos no dia-a-dia” (10). Todo o desenvolvimento do projeto foi elaborado em ambiente CATIA[®] V5, mais concretamente, na versão 20 (R20).

2. GRUPO SIMOLDES

O Grupo Simoldes surge em Oliveira de Azeméis em 1959, com um capital social de 40.000\$00², pela mão de três ex-colaboradores da Moldoplástico³, com a inauguração da Simoldes (Aços) (ver Figura 2.1), dedicando-se à fabricação de moldes de injeção para a indústria de plásticos. No início da década de 70, António da Silva Rodrigues e José Carlos Carreira já possuem a totalidade do capital desta mesma empresa. Cerca de 10 anos mais tarde, o tio e sócio de António da Silva Rodrigues cessa a participação na empresa, o que coincide com a entrada da esposa e filho do atual acionista maioritário para a sociedade. Ainda hoje, todas as empresas do grupo são detidas direta ou indiretamente por estes três sócios ((13) e (14)).



Figura 2.1 – Entrada da Simoldes Aços, a “empresa mãe” do grupo.

A Simoldes começou por produzir essencialmente moldes para setores de utilidades domésticas, brinquedos e eletrodomésticos. Mais tarde começou a produzir para setores como a construção civil, embalagem, eletrónica e telecomunicações. Na década de 70 fornecia indiretamente moldes para empresas do setor automóvel, um dos clientes mais exigentes da indústria ((13) e (14)).

Durante o seu percurso evolutivo, foi criada em 1981 a primeira unidade exclusivamente dedicada à injeção de peças em plástico, a Simoldes Plásticos (SP) (ver Figura 2.2), sediada nas imediações da primeira. Com esta ampliação nasce o Grupo Simoldes, passando a antiga Simoldes a ser designada por Simoldes Aços. Estas duas empresas originam ainda a divisão de moldes (*Tools Division*) e a divisão de plásticos (*Plastics Division*), as duas grandes áreas do grupo.



Figura 2.2 – Entrada da Simoldes Plásticos.

² Quarenta mil escudos correspondem a cerca de duzentos euros na unidade monetária oficial em Portugal.

³ A Moldoplástico foi a primeira empresa de moldes para plástico da região.

O reconhecimento de vários clientes da indústria automóvel faz com que surjam convites para a participação em diversos projetos ligados à área, originando o crescimento do grupo empresarial, com sucessivos investimentos na capacidade produtiva e de distribuição e, ainda, muito importante na constituição de várias empresas em ambas as áreas. Com o propósito de prestar assistência ao cliente e manter a proximidade entre clientes, surgiram ao longo dos anos vários escritórios técnico-comerciais espalhados pelo mundo, que promovem contactos privilegiados com os atuais e potenciais clientes, em ambas as divisões ((13) e (14)). Atualmente é uma das principais potências económicas do país, com cerca de 4200 colaboradores em 2013 e um volume de negócios de 500 milhões de euros (15). É, ainda, um dos principais dinamizadores de causas e associações da região de Oliveira de Azeméis.

2.1. Tools Division

A divisão de moldes é constituída por 7 empresas, com uma unidade no Brasil. Atualmente estão em curso contactos com potenciais parceiros na China, Malásia e Índia, para a abertura de uma unidade de fabricação de moldes nesses países. O Grupo tem capacidade para produzir moldes até 120 toneladas de peso, estando organizado por capacidades, garantindo assim, uma logística mais eficiente e melhor qualidade no que diz respeito à prestação do serviço ao cliente (13).

2.2. Plastics Division

A divisão de plásticos junta 20 empresas incluindo as presentes no Brasil, França, Alemanha, Espanha, Polónia e México (15). As empresas do grupo estão organizada em função do tipo de produto produzido, o que permite a especialização de um determinado grupo de colaboradores e, conseqüentemente garantir melhor qualidade no serviço prestado ao cliente.

Para o desenvolvimento e projeto de peças plásticas, o grupo dispõe de uma rede de CAD/CAM com mais de 200 estações equipadas com sistemas *CATIA V5* da Dassault Systèmes®, o que confere capacidade para tratar qualquer tipo de dados numéricos 3D e 2D. Possui ainda, outros departamentos como o da Qualidade, Metrologia e Manutenção (14).

No que diz respeito ao “*shop floor*”, o grupo tem capacidade para injetar peças plásticas em moldes que necessitem desde 35 até 3200 toneladas de força de fecho. Atualmente possui várias tecnologias que dominam o mercado, desde a injeção tradicional e com gás, passando pela bi-injeção e injeção de baixa pressão sobre tecido e outros materiais, até à injeção híbrida (16).

2.3. Principais clientes

Como referido anteriormente, o sector automóvel absorve a grande parte da produção do grupo, cerca de 98%. Os principais clientes são empresas bem conhecidas pelo consumidor final, nos mercados nacional e internacional, como Renault, Volvo, BMW, Saab, GM, Ford, Peugeot, Mercedes, Citroën, Nissan, Toyota, Mitsubishi, Porsche, Skoda, Volkswagen, Audi, Seat e Honda. Produz também para outras empresas como Nokia, Hoover, IBM, Whirlpool, Phillips, Bébéconfort e AmtrolAlfa ((13) e (17)).

2.4. Futuro

De forma a reforçar o papel de líder europeu e maior fabricante mundial de moldes, o grupo pretende continuar com investimentos em mercados emergentes, colocando os países de leste e asiáticos no alvo dos próximos investimentos mais importantes. Uma empresa está atualmente a ser criada na China e uma outra, em estudo, na República Checa (15).

Como qualquer empresa que quer crescer e expandir, tem de procurar novos negócios, novos mercados, desafios e inovar. Como a história comprova, estas palavras são sinónimos deste grupo e este projeto é mais uma dessas apostas.

3. MATERIAL DA ESTRUTURA

Como referido anteriormente, um dos principais objetivos deste estudo é a substituição dos materiais utilizados convencionalmente na construção civil, mais concretamente, na construção de habitações apenas com rés-do-chão. Nos últimos tempos, tem-se constatado uma crescente substituição de materiais metálicos em situações estruturais, por polímeros reforçados com fibras (FRP). A SP também tem verificado um aumento acentuado na utilização de materiais poliméricos reforçados em zonas estruturais dos veículos automóveis (*front end*, pedais, etc.), em equipamentos de segurança para crianças entre outros (garrafas de gás butano, carrinhos de compras, etc.), o que serviu de suporte para o desenvolvimento deste projeto. De acordo com Alfred Kofi Gand, os FRP são uma excelente escolha e, cada vez mais reconhecidos como material alternativo para novas estruturas ((18) e (19)).

As propriedades mecânicas dos materiais plásticos podem muitas vezes ser consideravelmente melhoradas com a adição de materiais fibrosos na matriz de polímero. Embora estas técnicas sejam aplicadas a materiais termoplásticos, os maiores avanços têm ocorrido com os plásticos termoendurecíveis. Os materiais de reforço mais comuns são as fibras de vidro e de algodão (20). Essas fibras de reforço têm normalmente um módulo de elasticidade substancialmente maior do que a resina, absorvendo a maior parte da carga quando solicitado. Após a mistura, o material composto apresenta um módulo de elasticidade que é aproximadamente igual à média dos módulos dos dois materiais (20).

Neste contexto, o primeiro material analisado como alternativo foi um composto de matriz polimérica. No entanto, após uma breve pesquisa, constatou-se que a adoção desta alternativa pode ser financeiramente inviável, quando comparados os custos com os resultantes da atual utilização de aços de baixa liga na construção em LSF (19). Esta pesquisa teve como base um polímero reforçado com fibra de carbono (CFRP). O preço da matéria-prima e os elevados custos de processamento dos materiais compostos colocam grandes entraves à utilização destes materiais em projetos deste tipo. Os polímeros reforçados com fibra de vidro (GFRP) têm um módulo de elasticidade (ou módulo de Young) relativamente

mais baixo, mas são economicamente mais acessíveis e resistentes a ambientes alcalinos. A análise do Gráfico 3.1 permite retirar algumas ilações relativamente ao material mais adequado, uma vez que convém selecionar um material com uma tensão de cedência (Yield strength) e baixa deformação (módulo de Young elevado). A escolha recaiu no Politereftalato de etileno (PET) reforçado com fibra de vidro. Após uma breve pesquisa com alguns fornecedores de materiais, tais como a BASF e a LANXESS, foram encontradas algumas hipóteses dentro desta classe de materiais, mas sempre com a inclusão do Politereftalato de Butileno (PBT) associado ao PET.

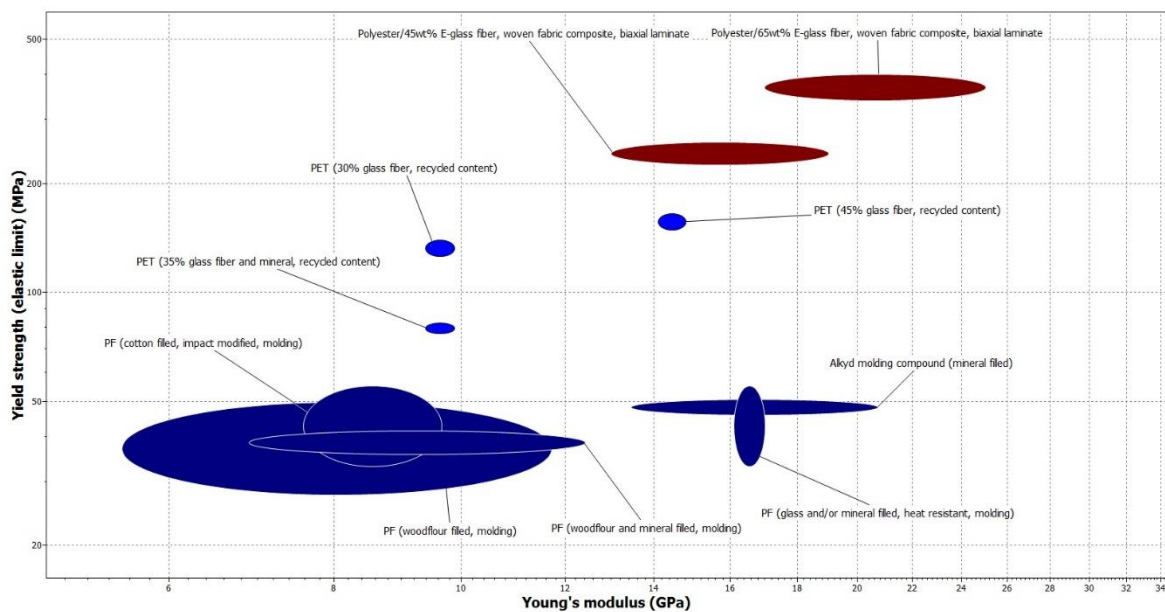


Gráfico 3.1 – Relação da tensão limite de elasticidade face ao módulo de Young, para materiais com preços inferiores a 2 €/kg, com módulos de Young superior a 9 GPa e temperatura de moldação inferior a 150°C. Dados recolhidos pelo software de seleção de materiais CES EduPack 2013 Versão 12.2.13. (21)

3.1. PBT+PET reforçado com fibra de vidro

As propriedades físico-químicas dos polímeros que são utilizadas como matriz, são conjugadas com as elevadas propriedades mecânicas das fibras de reforço. Na sua constituição, além destes dois elementos, podem ainda ser incorporados aditivos com o objetivo de melhorar e otimizar as suas propriedades ou características, como por exemplo aceleradores ou agentes desmoldantes. A matriz desempenha várias funções e não serve apenas para servir de ligação da fase de reforço. Confere rigidez, propriedades mecânicas e

permite o material ser moldado. A principal função das fibras é suportar as solicitações mecânicas dos elementos estruturais, o que atribui maior resistência e rigidez à FRP (22).

A gama *Ultradur* é o nome comercial atribuído pela BASF⁴ para a sua linha de poliésteres saturados parcialmente cristalinos ((PBT+PET) GF30). Esta linha é baseada em politereftalato de butileno e é empregue em aplicações de alto nível de desempenho, tais como, peças estruturais nos diferentes setores industriais. Contêm elevada rigidez e resistência, muito boa estabilidade dimensional, baixa absorção de água, alta resistência a muitos produtos químicos, e apresenta excepcional resistência na exposição ao tempo e excelente comportamento ao envelhecimento por calor (23). O Gráfico 3.2 apresenta a comparação do comportamento elástico de alguns dos materiais analisados.

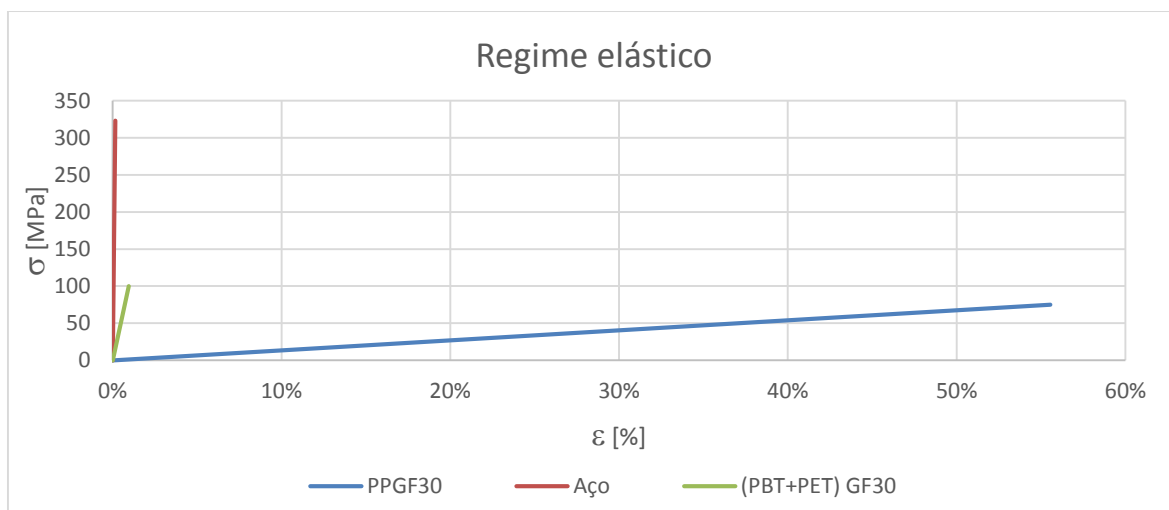


Gráfico 3.2 – Curvas de Tensão-Deformação em regime elástico do aço de baixa liga, (PBT+PET) GF30 e PP GF30.

O material selecionado apresenta uma deformação máxima de cerca de 1% para a solicitação máxima dentro do regime elástico. Assim, apesar de apresentar um módulo de elasticidade e uma tensão limite de elasticidade inferior ao aço de baixa liga, é possível verificar que pode apresentar uma resposta adequada, visto que se trata de um material termoplástico. No Anexo A encontra-se a ficha completa referente a este material, complementando esta análise com alguns gráficos e ainda com as propriedades do material determinadas pelo fornecedor. Algumas dessas propriedades à temperatura ambiente são apresentadas na Tabela 3.1.

⁴ Empresa líder mundial em fornecimento de plásticos.

Tabela 3.1 – Propriedades estruturais do PBT+PET GF30.

Propriedades:	(PBT+PET) GF30
Módulo de Young [Pa]	$10,5 \times 10^9$
Tensão de rotura [Pa]	145×10^6
Densidade [kg/m ³]	1560

3.2. Impacto ambiental e saúde

A *Business Dictionary* tem como definição de poluição: “A presença de matéria ou de energia, cuja natureza, localização, ou quantidade, direta ou indiretamente, altera as características ou processos de qualquer parte do meio ambiente, e causa danos à condição, saúde, segurança, ou o bem-estar dos animais, dos seres humanos e das plantas” (24). Os impactos ambientais são estudados para que seja possível avaliar as consequências das ações, com a intenção de que a prevenção da alteração da qualidade do ambiente seja mais eficiente (25).

De acordo com a definição dada, tudo que é criado pelo Homem, quando o seu processamento, acaba por ser “poluição” e terá impacto ambiental. Deste ponto de vista pode concluir-se, que ao utilizar um polímero na estrutura em análise, o impacto ambiental é baixo em comparação com os restantes métodos construtivos. O facto da estrutura se basear num polímero, é uma grande vantagem, uma vez que pode ser reciclado sem grandes custos adicionais ao processo, o que permite reduzir e reutilizar os desperdícios de material. A baixa densidade do material, relativamente aos utilizados atualmente, permite reduzir significativamente os custos de transporte, que por norma absorvem uma boa parte dos custos da obra.

No que diz respeito à saúde das pessoas que interagem com a estrutura, é possível tirar duas conclusões. O material seleccionado não contém nem liberta elementos perigosos para a saúde nem para o meio ambiente. Por outro lado, a facilidade de manuseamento permitirá reduzir o número de acidentes e a sua gravidade.

4. CONCEITO DO PROJETO

O conceito desenvolvido no âmbito deste trabalho aproxima-se das casas pré-fabricadas, uma vez que toda a construção é desenvolvida em fábrica e transportada para o local da obra, que necessita apenas de uma laje para fixação da estrutura ao solo. O desenvolvimento do conceito envolveu várias etapas exploratórias que não serão detalhadas neste documento. Estas etapas culminaram na definição de apenas três tipos de perfis, com quatro dimensões de peças (designadas por módulos nas próximas secções), cuja conjugação permite construir uma estrutura de acordo com os objetivos propostos. A estrutura é, em tudo, muito semelhante a um jogo bastante conhecido da LEGO^{®5}, em que todas as peças são conjugadas entre si, com o objetivo de montar uma estrutura estável, que neste caso poderá servir para habitação. Este sistema foi concebido com uma particularidade, tal como acontece com o jogo da LEGO[®], que é o sistema de indexação, que permite que a estrutura apresente uma estabilidade mínima durante o processo de montagem. Contudo, a estrutura necessitará sempre de ligações aparafusadas, que impedem o deslizamento dos módulos e garantem o encastramento entre alguns componentes. A grande vantagem deste tipo de estrutura é a facilidade de montagem, o que possibilita a redução de custos de mão-de-obra no local da construção, e dispensa a utilização de maquinaria pesada durante todo o processo.

Por outro lado, como todo o processo, à exceção da montagem, é efetuado em ambiente de fábrica, é possível reduzir os custos e desperdícios e aumentar a eficiência relativamente à reciclagem dos desperdícios.

A estrutura pode ser de parede simples, com apenas uma “fila” de módulos entre perfis, ou então de parede dupla, o que também confere maior estabilidade e rigidez à estrutura. Existe sempre espaço entre paredes, de forma a possibilitar a colocação de todas as instalações necessárias para uma habitação convencional, tal como a instalação elétrica, saneamento e tubagens necessárias. É também garantida a possibilidade de adição de materiais isolantes, que ocupa os espaços livres da estrutura.

⁵ Marca registada de origem dinamarquesa criada em 1932, dando origem ao conhecido Grupo LEGO.

4.1. Perfis

Como referido anteriormente, foram desenvolvidos três tipos de perfis, todos eles extrudidos: um perfil quadrado com secção de maiores dimensões e dois com secção inferiores. Estes perfis foram desenvolvidos com objetivos distintos e de forma a serem adaptáveis a várias situações, que serão analisadas nas próximas subsecções. Estes perfis encontram-se em detalhe no Anexo B.

4.1.1. Perfil principal

Os perfis principais (Figura 4.1) são os elementos mais importantes da estrutura, uma vez que suportam os carregamentos principais e, conseqüentemente, o telhado. Foram definidos com secção quadrada, com 150 mm de lado e 5 mm de espessura. Uma vez que é necessário adaptá-los às várias necessidades, é possível obter várias dimensões em comprimento, através de um processo de corte após a extrusão.

De forma a facilitar a colocação de tubagens para cabos elétricos ou mesmo de água, os perfis apresentam furos controlados com cerca de 50 mm de diâmetro (Figura 4.1 B). Estes furos não causam prejuízos na estrutura e são obtidos por um processo de corte simples, i.e. são realizados após a extrusão. Os perfis verticais que suportam a estrutura e contêm três grupos de furos, o que permite instalações técnicas a níveis diferentes. Por exemplo, no caso da instalação elétrica, o nível inferior será utilizado para os cabos respeitantes às tomadas, o médio para os cabos que dizem respeito aos interruptores e, o superior para os cabos de iluminação. Por outro lado, permitem a passagem por cima das portas e janelas, o que evita a passagem pelo solo. Estes furos, além de facilitarem a instalação das tubagens, impede que o instalador rompa o perfil em locais críticos, o que pode aumentar o coeficiente de concentração de tensões e facilitar a sua rotura.

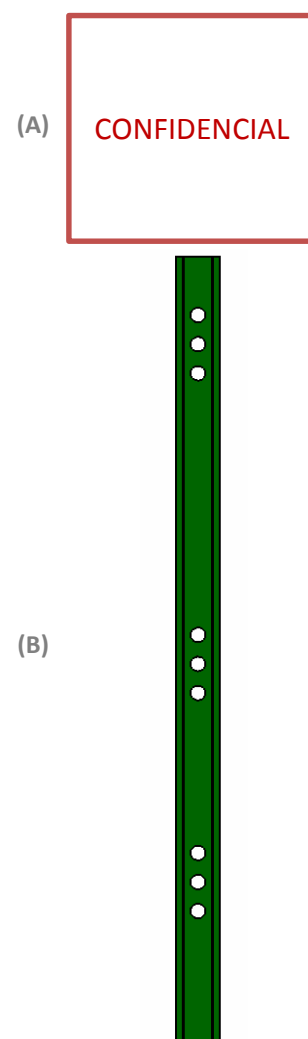


Figura 4.1 – Perfil principal com 5 mm de espessura e com aberturas para passagem de tubagens ao longo da parede: **(A)** Vista de perfil; **(B)** Vista lateral.

4.1.2. Perfis de conexão

Na Figura 4.2 estão representados os chamados perfis de conexão macho-fêmea (A) e macho-macho (B), que complementam a versatilidade do perfil principal. Tal como o perfil principal, estes também são de secção quadrada, com 5 mm de espessura, mas apenas 50 mm de lado. Esta dimensão é igual à largura dos módulos, que serão descritos na secção seguinte. Relativamente ao comprimento, estes perfis dispõem da mesma versatilidade que os perfis principais. Por último, importa referir que não causam qualquer interferência na passagem de cabos e tubos, porque essa passagem é encaminhada por entre as paredes.



Figura 4.2 – Perfis de conexão com 5 mm de espessura: (A) Macho-Fêmea (MF); (B) Macho-Macho (MM).

Os perfis podem ser conjugados de maneiras diferentes, tal como se mostra na Figura 4.3, o que possibilita a fixação de paredes de contraplacado nos cantos e cruzamentos de paredes, evitando que fiquem desapoizadas nas extremidades.



Figura 4.3 – Algumas hipóteses de montagem dos perfis: (A) Perfil em “+”; (B) Perfil em “T”; (C) Perfil em “H”; (D) Perfil em “L”.

4.2. Módulos

Os módulos são peças que foram desenvolvidas com a finalidade de estabilizar os perfis, no que diz respeito aos deslocamentos transversais, e homogeneizar a estrutura ao estabelecer uma ligação entre os perfis. Estas peças podem ser colocadas em fila dupla no perfil, o que permite estabelecer uniformidade entre ambos os lados da parede.

De forma a aumentar a flexibilidade na elaboração da estrutura, foram projetados quatro dimensões distintas para os módulos: um grande, um pequeno e dois intermédios. O módulo de maior dimensão (Figura 4.4 A) e o mais pequeno (Figura 4.4 B) são quadrados e têm 450 mm e 250 mm de lado, respetivamente. Já, os outros dois módulos suplementares têm geometria retangular, com 250 mm de comprimento e 450 mm de altura (Figura 4.4 C) e de forma inversa, o outro tamanho, com 450 mm de comprimento e 250 de altura (Figura 4.4 D). Todos os módulos têm 50 mm de largura e uma espessura de 2,5 mm. No Anexo C apresentam-se os desenhos detalhados dos módulos.



Figura 4.4 – Módulos extrudidos com 2,5 mm de espessura: **(A)** 450x450x50 mm; **(B)** 250x250x50 mm; **(C)** 450x250x50 mm; **(D)** 250x450x50 mm.

Com a metodologia de parede dupla é possível colocar entre as paredes todas as tubagens e cabos elétricos necessários para a estrutura, simplificando a sua instalação. Esse espaço pode ainda ser ocupado por materiais com funções de isolamento térmico e acústico, que serão abordados em detalhe na subsecção 7.3.

5. PROCESSAMENTO

Todos os materiais possuem a capacidade de serem transformados, de modo a receber o formato de sua utilidade futura. O grupo químico dos polímeros é atualmente muito aplicado devido, essencialmente, às suas características mecânicas, de reciclagem e ao facto de possuir características de transformação da sua forma original através aplicação de calor. No entanto, o tipo de polímero determina qual o processo e quais as temperaturas ideais (26).

Como a temperatura de fusão deste material é relativamente baixa, é acessível obter o material polimérico no estado líquido, de modo a produzir a forma final pretendida por fundição. Os materiais poliméricos podem ser processados de diferentes formas, tais como, a injeção e a extrusão. A seleção do processo é realizada de acordo com as características geométricas do produto. Se os ângulos do produto final forem positivos, é necessário recorrer à injeção. No caso de ângulos negativos, é utilizado o processo de moldação por sopro de ar quente, como é o caso das garrafas e dos vasilhames plásticos em geral. Se a peça final tiver a forma de um perfil, pode ser obtido por extrusão, como acontece também na produção de sacos plásticos (26).

Todas as peças projetadas no âmbito deste trabalho obedecem ao requisito de apresentarem baixa complexidade, pelo que podem ser processadas, essencialmente, de duas formas bastante simples e eficazes, por injeção ou por extrusão.

5.1. Injeção

A primeira tentativa de injeção de um material plástico surgiu em 1872 pelos irmãos Hyatt em Nova Iorque. No entanto, só a partir da segunda Guerra Mundial este processo se tornou competitivo. Atualmente, a moldação por injeção é a técnica mais utilizada na produção de materiais termoplásticos ((27) e (28)).

O processo de moldação por injeção (ver Figura 5.3) inicia-se com a adição de material granulado na tremonha, que o guia para o interior de um cilindro. O material é aquecido no cilindro, tornando-se cada vez mais viscoso. O fuso empurra o material que é

expelido por um bico injetor para o interior da cavidade fechada do molde. A pressão é mantida constante enquanto o molde arrefece o material moldado até à solidificação e, conseqüente, a abertura do molde e extração da peça. Este processo repete-se “infinidamente” com um tempo de ciclo (normalmente de 10 a 30 segundos) característico, que depende, essencialmente, da peça a produzir. O tempo de ciclo deve ser minimizado para permitir maior cadência. Contudo, é necessário ter especial atenção à pressão de injeção, temperaturas do material fundido e do molde, velocidade de injeção e contrapressão, tendo em conta as propriedades do material e as especificações do produto final ((27) e (28)).

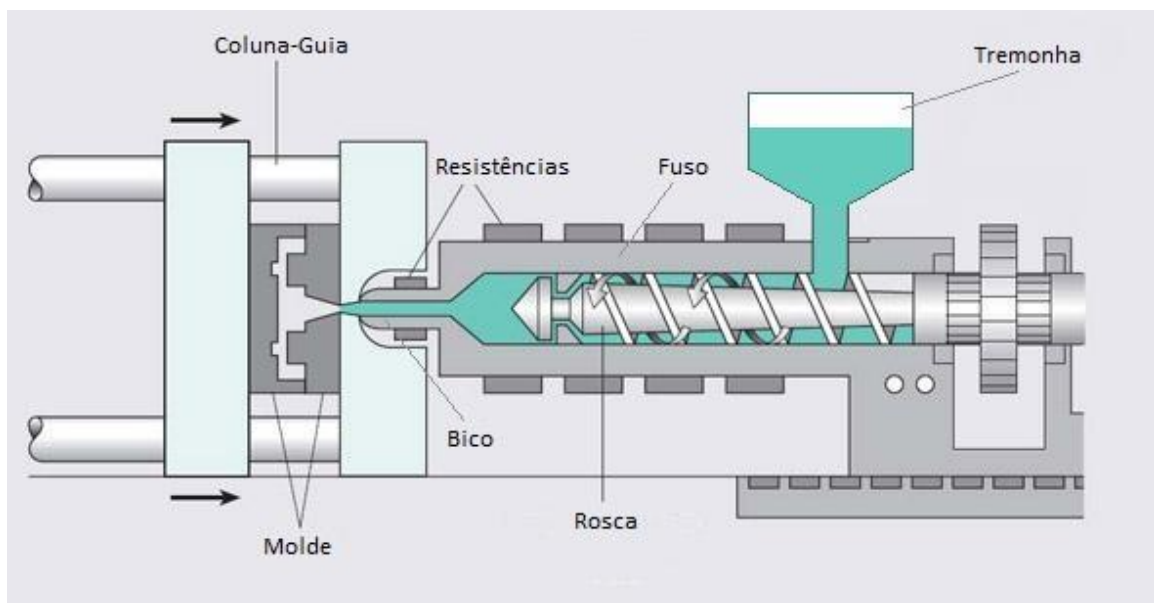


Figura 5.1 – Representação esquemática de uma injetora e respetivo processo de injeção de plásticos.

O processo de bi-injeção permite obter peças plásticas injetadas com dois materiais poliméricos diferentes. Este processo baseia-se no referido anteriormente, mas é um pouco mais complexo.

Atualmente, os veículos automóveis possuem cerca de 15% do seu peso em produtos plásticos injetados na sua composição, permitindo uma acentuada redução de peso e, conseqüente, economia de consumo de combustível.

5.2. Extrusão

O processo de extrusão é muito semelhante ao da moldação por injeção, com a vantagem de ser um processo contínuo (ver Figura 5.2). Em vez do material ser expelido para o interior da cavidade de um molde, é forçado a passar por uma matriz com extremidade aberta de modo a permitir formar um perfil contínuo. A solidificação do segmento extrudido é acelerada por sopradores ou por um borrifador de água. A técnica está especialmente adaptada para produzir comprimentos contínuos que possuem geometrias de secção reta constantes, como tubos e cabos elétricos (28).

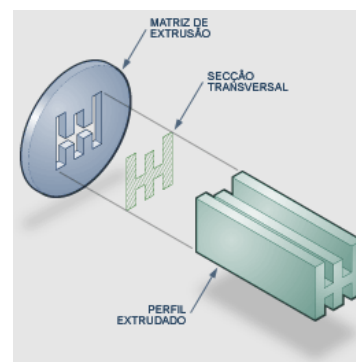


Figura 5.2 – Representação esquemática de uma extrusão. Fonte: Companhia Brasileira de Alumínio.

5.3. Moldes

Em todos os processos por fundição são necessários moldes. A produção dos moldes envolve a definição de dados precisos para o produto final, como o desenho e condições de funcionalidade. Os moldes são produzidos em aço, para a produção de grandes séries, ou em alumínio, para pequenas séries ou fabrico limitado (26).

Os moldes utilizados no processo de injeção podem ter diferentes graus de complexidade, desde peças simples (Figura 5.3 A) de utilidade doméstica e brinquedos, até peças de grande complexidade (Figura 5.3 B) e de elevada precisão, como é o caso do setor automóvel e eletrónica, os chamados produtos de engenharia. Podem também atingir várias toneladas com bastante facilidade.



(A)



(B)

Figura 5.3 – Moldes para injeção de plásticos: (A) Molde simples, contendo apenas macho e cavidade; (B) Molde relativamente complexo, com o macho e a cavidade a suportar vários componentes como movimentos à extração e movimentos mecânicos.

Tal como algumas empresas do Grupo Simoldes, existem outras pelo mundo especializadas na elaboração de moldes, cujas tecnologias atuais carecem de programas de CAD, simuladores virtuais, impressoras 3D e CNC. Os moldes de elevada precisão exigem o controlo de determinados parâmetros de processo, como o tempo de arrefecimento, a pressão de injeção e contração do material⁶.

No caso da extrusão, os moldes são designados de matrizes de extrusão ou feiras (Figura 5.2) e permitem o seu atravessamento. Geralmente, são menos complexos que os moldes para injeção.

Como referido anteriormente, as peças produzidas no âmbito deste projeto exigem baixa complexidade, no que diz respeito ao molde, mas algum rigor dimensional. A produção de todos os componentes envolve quatro moldes para injeção e três feiras para a extrusão dos perfis.

⁶ Contração é o termo utilizado para descrever a diminuição de volume de material após o arrefecimento e normalmente é definido em percentagem.

6. ENSAIOS

O dimensionamento de cada um dos componentes foi realizado com recurso a um *software* de CAD, integrado com um módulo de análise linear elástica, pelo método dos elementos finitos. Os componentes foram dimensionados de modo a garantir que a deformação plástica não é atingida, i.e. a tensão da solicitação é sempre inferior à tensão limite de elasticidade. Neste caso foi decidido utilizar o *CATIA*[®] V5 R20, uma vez que é o *software* adotado e disponibilizado pela SP.

Os materiais em análise apresentam uma relação linear entre a tensão e a deformação, durante o regime elástico. No Gráfico 3.2 é possível observar essa característica de linearidade dos materiais até à tensão de cedência ou tensão limite de elasticidade, no caso dos materiais poliméricos. A relação linear é dada pela lei de Hooke:

$$\sigma = E \times \varepsilon \Leftrightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E}, \quad (6.1)$$

em que ε é a deformação, σ é a tensão e E é o módulo de Young. Os *softwares* de CAD aplicam a lei de Hooke generalizada para determinar o estado de tensão, resultante do estado de deformação induzido ao material pelos esforços aplicados. No caso de materiais isotrópicos, as únicas constantes elásticas que é necessário definir são o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson. O material compósito apresenta uma dispersão aleatória das fibras, de pequena dimensão, pelo que pode ser considerado isotrópico.

Esta secção está dividida em duas partes. A primeira apresenta uma comparação direta do perfil desenvolvido com o perfil em aço, utilizado nas construções em LSF. A segunda parte contempla a simulação de uma estrutura simples de uma divisão com cerca de 5,5 metros de comprimento e 4,5 de largura.

6.1. Comparação com perfil em aço (LSF)

Nesta subsecção é efetuada uma análise de comparativa entre o perfil de aço e o de polímero, mostrando apenas a ordem de grandeza. São analisados os efeitos provocados por

uma carga de compressão, representativa do peso a sustentar pela estrutura, e por uma carga de flexão, que procura representar uma sollicitação lateral nas paredes do edifício.

O elemento de aço é um perfil aberto em U com 100 mm x 50 mm e tem espessura de 2,5 mm. Algumas propriedades mecânicas do aço de baixa liga estão apresentadas na Tabela 6.1. O perfil do caso de estudo, que como foi referido em 4.1.1, é um perfil quadrado, fechado e simétrico com 5 mm de espessura. Os elementos utilizados para comparação têm 1 m de altura. Foram sempre consideradas as mesmas condições de fronteira, tanto para o perfil em aço como para o perfil do projeto em estudo.

Tabela 6.1 – Propriedades gerais do aço de baixa liga.

Propriedades:	
Módulo de Young [Pa]	200×10^9
Tensão de rotura [Pa]	250×10^6
Densidade [kg/m ³]	7860

6.1.1. Compressão

Nesta análise, os perfis são encastrados numa das extremidades e solicitados com uma carga concentrada aplicada na outra extremidade, de 10 kN. As zonas em contacto com as paredes envolventes são definidas como apoios móveis. A Figura 6.1 apresenta a distribuição do módulo do deslocamento para os dois perfis. É possível observar que o perfil desenvolvido apresenta um deslocamento máximo de aproximadamente três vezes superior ao valor obtido com o perfil de aço.

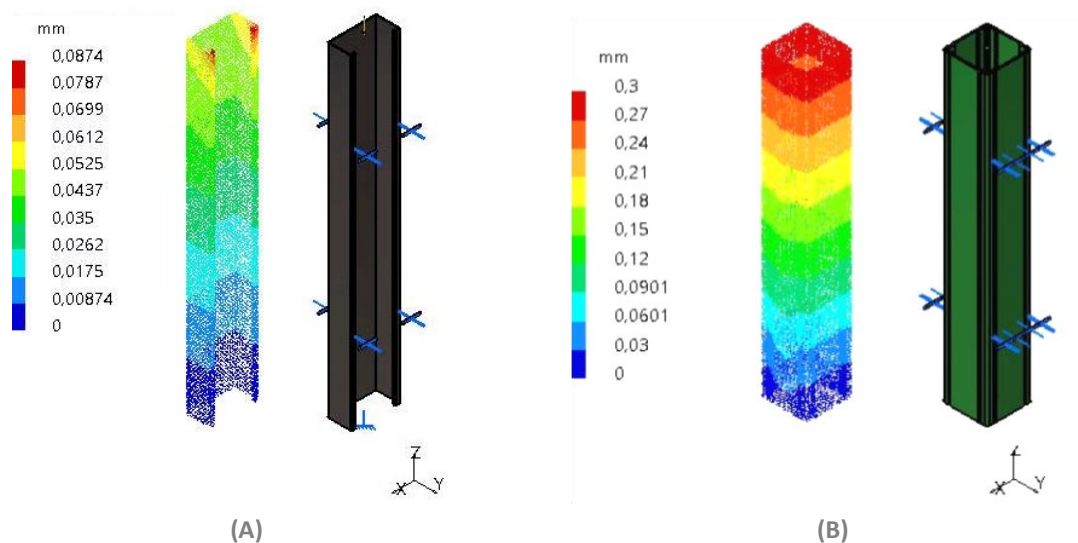


Figura 6.1 – Ensaio com perfis com 1 m à compressão com 10 kN de intensidade, condições de fronteira e resultados de deslocamentos: (A) Perfil U em Aço da estrutura em LSF; (B) Perfil Q em (PBT+PET) GF30.

6.1.2. Flexão

Neste ensaio o perfil é encastrado numa das extremidades e utilizam-se apoios móveis na zona correspondente às paredes vizinhas. Neste caso, a solicitação externa corresponde a uma carga concentrada de 10 kN aplicada na direção perpendicular à parede. A distribuição do módulo do deslocamento é apresentada na Figura 6.2, para os dois perfis em análise. Mais uma vez, observa-se que o perfil em aço apresenta um valor máximo para o deslocamento de aproximadamente quatro vezes inferior ao valor obtido para o perfil polimérico.

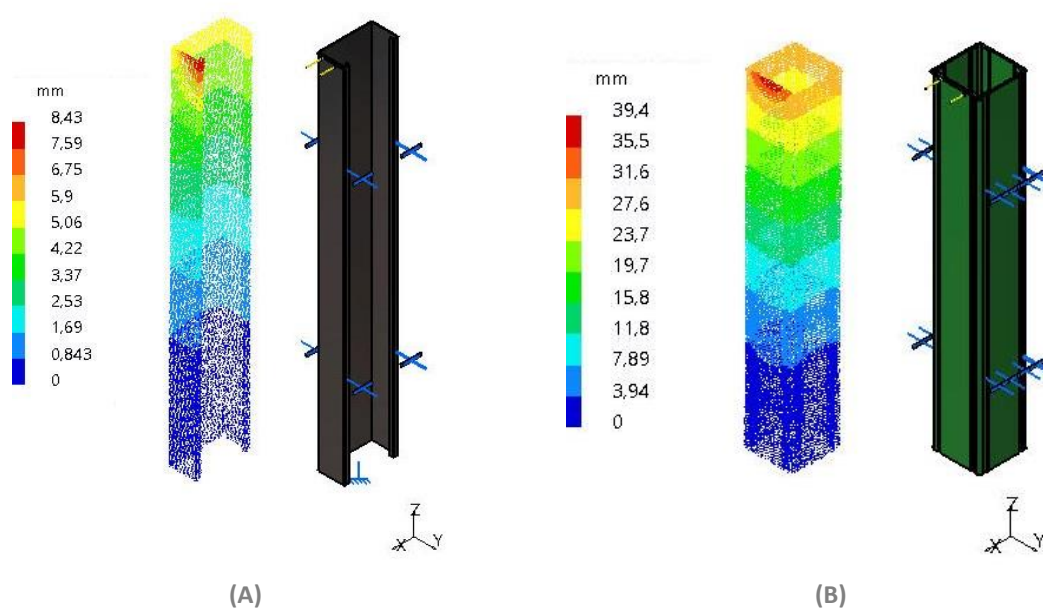


Figura 6.2 – Ensaio com perfis com 1 m à flexão com 10 kN de intensidade, condições de fronteira e resultados de deslocamentos: **(A)** Perfil U em Aço da estrutura em LSF; **(B)** Perfil Q em (PBT+PET) GF30.

Estes ensaios não inviabilizam a aplicação dos perfis no tipo de estrutura em estudo, uma vez que o conceito é sensivelmente diferente. Esta diferença pode até nem ser notória numa construção, porque a densidade de perfis é que define a carga global suportada. As estruturas em aço atualmente são utilizadas para construir edifícios em altura com vários andares, enquanto o tipo de construção em estudo envolve a construção de uma estrutura apenas com rés-do-chão. Além disso, esta estrutura será reforçada com os restantes materiais envolventes que lhe darão uma maior consistência e uniformidade, melhorando as propriedades mecânicas do conjunto, assunto que será abordado em maior detalhe no capítulo 7.

6.2. Estrutura de teste

Para analisar o comportamento do conjunto de peças montadas, foi desenvolvida uma estrutura de teste, simples, de modo a reduzir o tempo de cálculo numérico. Esta estrutura consiste numa pequena “divisão” com cerca de 5,5 metros de comprimento e 4,5 metros de largura, definida por quatro paredes e a parte superior da estrutura que suporta a cobertura. A Figura 6.3 e a Figura 6.6 apresentam a estrutura construída para esta análise, que procura considerar sempre as situações mais críticas.

6.2.1. Carga concentrada na placa

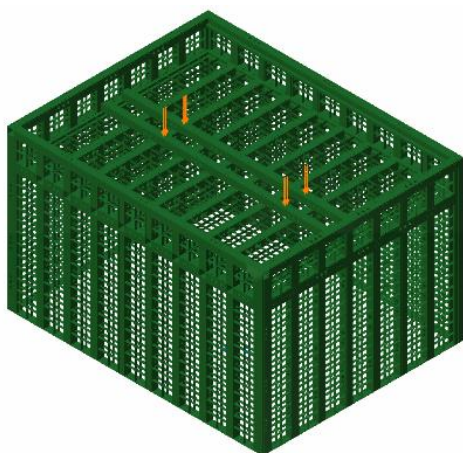


Figura 6.3 – Estrutura de teste, com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento, com carregamento na placa de 10 kN.

Neste primeiro teste é analisado o comportamento da estrutura encastrada no solo, sujeita a uma solicitação estática de 10 kN (equivalente a aproximadamente 1000 kg) na zona de apoio da cobertura, como se mostra na Figura 6.3.

A Figura 6.4 apresenta a distribuição do módulo do deslocamento provocado na estrutura. Constata-se que o deslocamento máximo é obtido na zona central da placa do teto, com um valor de aproximadamente 1,5 mm. A distribuição da tensão equivalente de Von Mises, provocada por esse carregamento é apresentada na Figura 6.5. onde é possível verificar que o regime plástico nunca é atingido. É notório, que ocorre um deslocamento e concentração de tensões nas paredes, mas pouco significativo. É importante referir que a estrutura é complementada com outros materiais, tal como será descrito no capítulo, o que confere maior rigidez e uniformidade à estrutura.

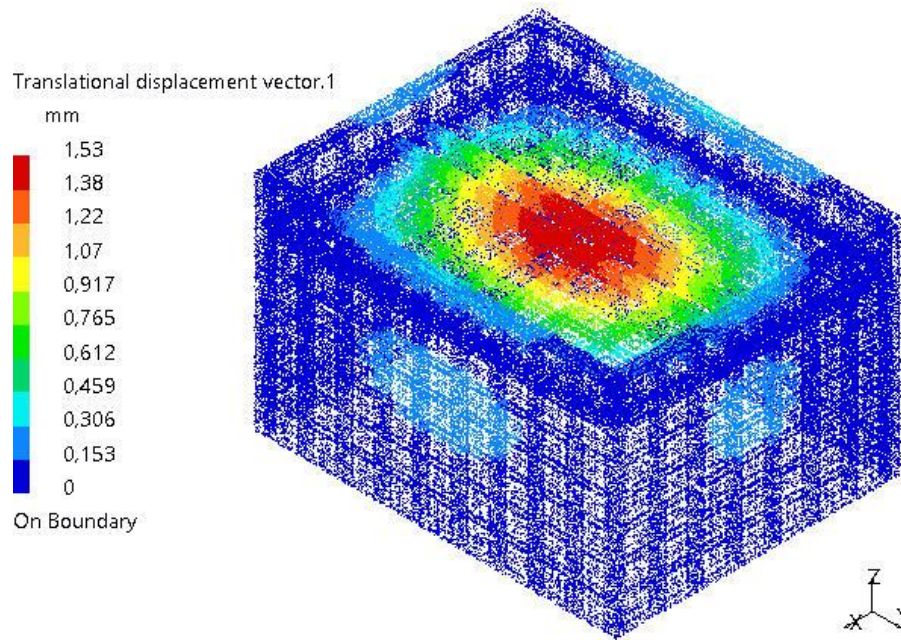


Figura 6.4 – Módulo do deslocamento obtido pelo carregamento de 10 kN na placa da estrutura de teste com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento encastrada no solo.

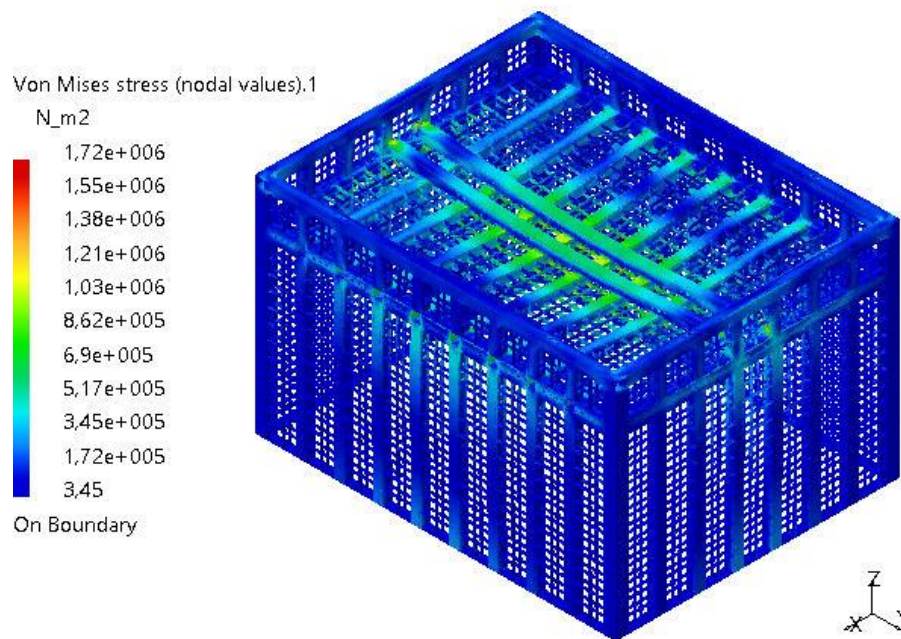


Figura 6.5 – Tensões provocadas pelo carregamento de 10 kN na placa da estrutura de teste com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento encastrada no solo.

6.2.2. Carga concentrada na parede

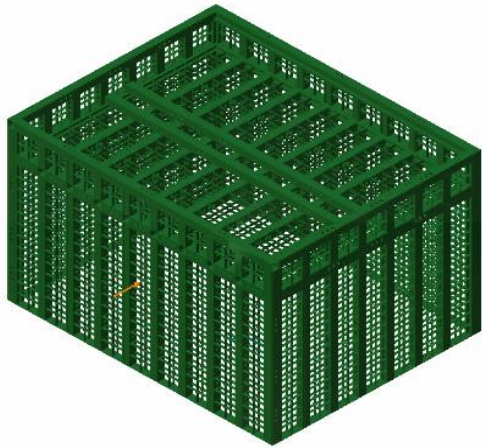


Figura 6.6 – Estrutura de teste, com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento, com carregamento de 10 kN na parede.

Nesta análise é testada a situação de uma carga de 10 kN, aplicada na parede da estrutura, encastrada no solo, tal como se mostra na Figura 6.6.

Na Figura 6.7 é apresentada a distribuição do módulo do deslocamento provocado pela carga estática. Como seria de esperar, o deslocamento máximo ocorre na zona mais afastada do encastramento, mais precisamente, na zona central da parede e não ultrapassa os 2 mm. A Figura 6.8 mostra a distribuição da tensão equivalente de Von Mises.

Também neste caso é possível verificar que não há perigo de atingir a deformação plástica permanente. Relativamente à intensidade das tensões, é perceptível que as zonas mais críticas são na zona do encastramento da viga ao solo.

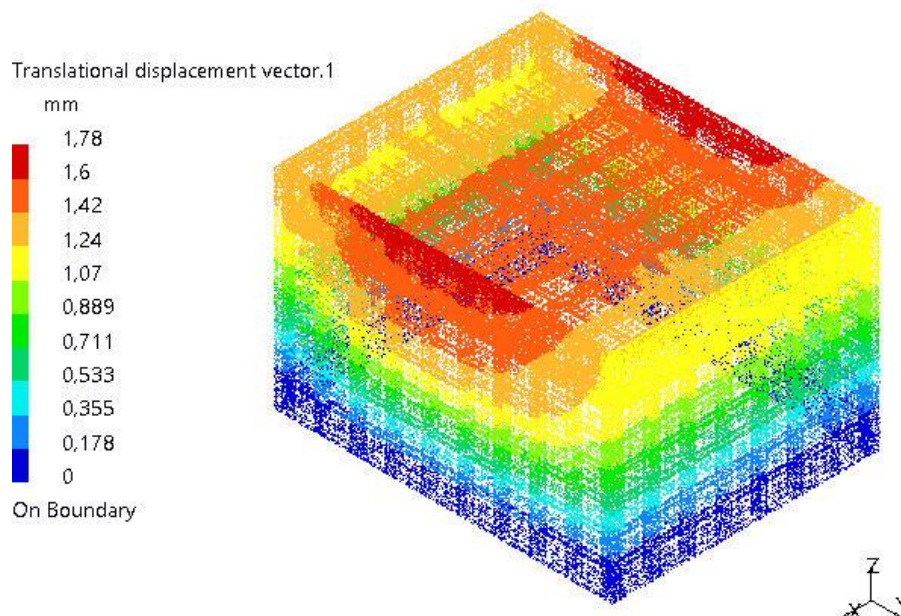


Figura 6.7 – Módulo do deslocamento obtido pelo carregamento de 10 kN na parede da estrutura de teste com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento encastrada no solo.

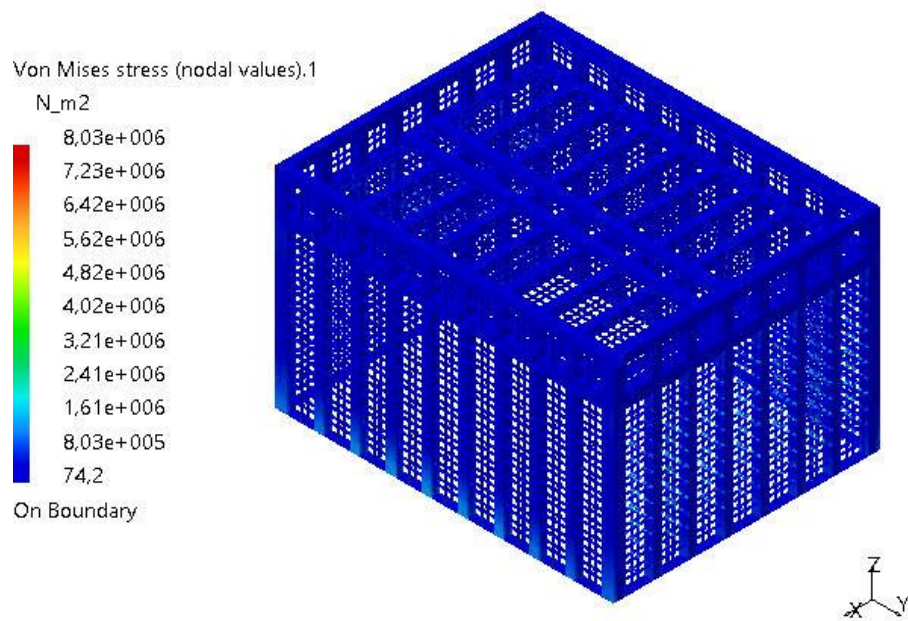


Figura 6.8 – Tensões provocadas pelo carregamento de 10 kN na parede da estrutura de teste com 4,5 metros de largura por 5,5 metros de comprimento encastrada no solo.

7. ESTRUTURA

De modo a demonstrar a viabilidade do conceito, foi desenvolvida uma estrutura de habitação unifamiliar, de acordo com as regras e normas, essenciais para este tipo de construção. A planta tomada como base contém como divisões: dois quartos, duas casas de banho, uma cozinha e uma sala, tal como esquematizado na Figura 7.1.

Este exemplo procura também demonstrar a flexibilidade e complexidade que é possível obter com a aplicação do conceito proposto. É importante referir que, é possível obter vários tamanhos de portas e janelas, por conjugação dos diversos tamanhos de módulos e de perfis.

A estrutura construída é apresentada na Figura 7.2 e contém mais de 1500 metros de peças perfiladas e mais de 2500 módulos injetados, tal com está detalhado na Tabela 7.1.

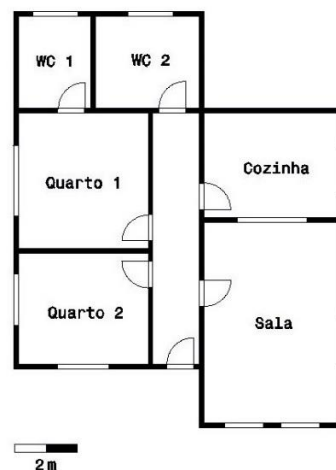


Figura 7.1 – Planta da habitação com cerca de 115 m² implementada com este conceito.

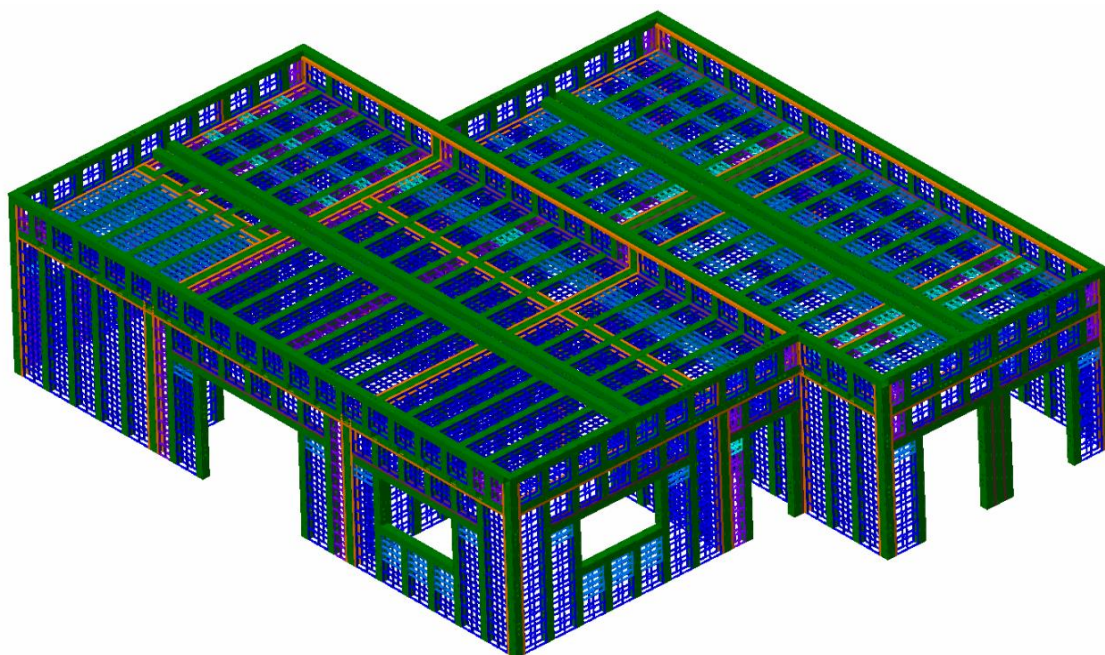


Figura 7.2 – Estrutura para habitação com cerca de 115 m² de área coberta.

Tabela 7.1 – Detalhes do número de módulos e comprimento dos perfis utilizados na estrutura para habitação.

Módulos [unidades]		Perfis [metros]	
450x450x50x2,5	1624	Perfil Q	751,2
450x250x50x2,5	448	Perfil MF	629,8
250x450x50x2,5	344	Perfil MM	171,1
250x250x50x2,5	92		

A Figura 7.3 mostra um corte da habitação, onde é possível observar os detalhes das paredes interiores e exteriores, contornando e ocultando toda a estrutura. Esteticamente, a estrutura é muito semelhante às atuais construções tradicionais, tal como era pretendido.

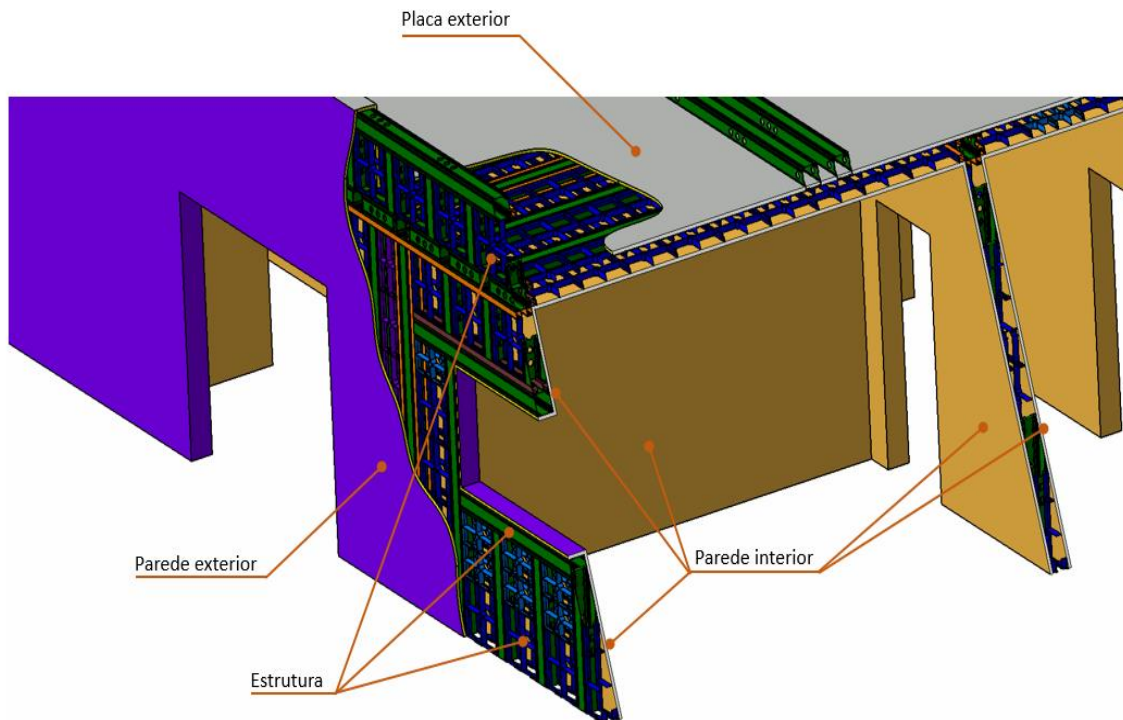


Figura 7.3 – Esquema representativo da estrutura com a envolvente.

Nas subsecções seguintes são apresentadas algumas propostas e soluções existentes no mercado, para os materiais a utilizar nas paredes, assim como, isolamentos térmicos e acústicos. As ligações ao solo e as conexões entre peças serão analisadas em seguida.

7.1. Ligação ao solo

Para fixar a estrutura ao solo será necessário ter uma plataforma de betão com pequenos pilares que irão estabelecer a ligação com alguns dos perfis principais, tal como se mostra na Figura 7.4. Esta ligação pode ser complementada com ligações aparafusadas, de modo a garantir o encastramento. A colocação desta fixação implicaria uma pré furação, colocação de bucha e, posteriormente, o parafuso.

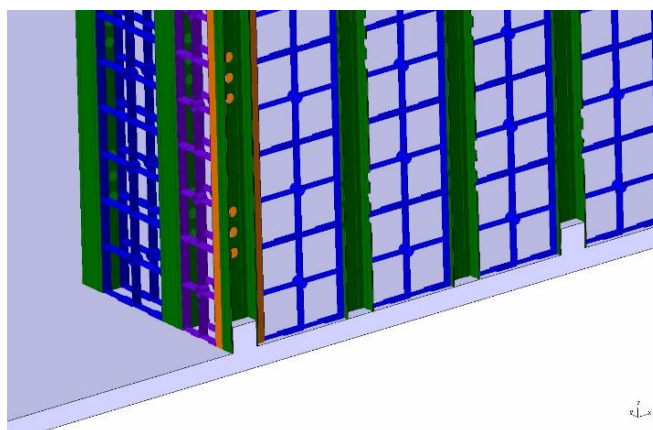


Figura 7.4 – Representação em corte da estrutura realçando a fixação da estrutura à laje.

7.2. Ligação entre peças

Como foi referido anteriormente, a conceção da estrutura será complementada com ligações aparafusadas entre as peças, tal como se mostra na Figura 7.5.

Foi constatado, através de um contacto com um produtor reconhecido de parafusos, a espanhola Lotu S.A, que este tipo de ligação não requer pré furação para a colocação dos parafusos, simplificando assim, o processo de produção das peças.

O tipo de parafuso recomendado para esta aplicação tem como principais características a rosca parcial e uma cabeça plana e fina. A rosca parcial permite que os componentes a ligar se esmaguem um contra o outro, e a cabeça achatada e grande permite que o parafuso não perfure o plástico. Os parafusos recomendados foram então o 21A842225 EXTRAPLANA TORX-20 2H

CONFIDENCIAL

Figura 7.5 – Esquema representativo da aplicação dos parafusos na estrutura.

4,8x25 ZIN e o 21A842275 EXTRAPLANA TORX-20 2H 4,8x75 ZIN, com as fichas técnicas no Anexo D e Anexo E, respetivamente.

7.3. Materiais complementares

Tal como foi referido ao longo deste trabalho, a estrutura requer a existência de materiais que definam as paredes interiores e exteriores. A Figura 7.3 esquematiza a identificação destes materiais, e nesta secção serão apresentadas algumas soluções para as diferentes aplicações.

Hoje em dia, já existem inúmeras formas de definir e revestir paredes, recorrendo a materiais e métodos alternativos às várias camadas de reboco. De facto, algumas empresas líder de mercado no setor dos revestimentos, como é o caso da Pladur, Trespá, Viero e da Amorim Isolamentos, afirmam que é possível encontrar várias soluções para interiores e exteriores.

7.3.1. Sistemas Construtivos Pladur®

A Pladur pertence ao grupo Uralita e desenvolveu um sistema construtivo ao qual deu o nome da própria instituição. Esta empresa dedica a sua vasta gama de produtos essencialmente, à alvenaria interior.



Figura 7.6 – Exemplo de aplicação de Pladur®.

Um dos materiais recomendados para o interior da estrutura em estudo seriam as placas utilizadas neste sistema, ou seja, as placas de gesso laminado. Estas são formadas por um interior à base de gesso, coberta em ambos os lados, por camadas de celulose especial multi-folha. O material é fornecido em placas de diferentes medidas, bem como diferentes espessuras, o que possibilita a utilização das dimensões mais adequada para a instalação desejada. É um material muito agradável ao tato, quente, não inflamável, que pode ser cortado, aparafusado, furado, apresentando também, um excelente comportamento perante o fogo, sendo bom isolante térmico, e permite grandes isolamentos acústicos, além de ser um regulador natural

da humidade. Após a fixação das placas é preciso realizar o tratamento de juntas entre placas (ver Figura 7.6), o que envolve a aplicação de uma pasta em várias camadas para encher as uniões entre placas e criar um paramento contínuo, liso e uniforme de grande qualidade final. Está preparado para receber qualquer tipo de decoração, tais como: a pintura, o azulejo, o papel, etc. (29).

7.3.2. Painéis da Trespa

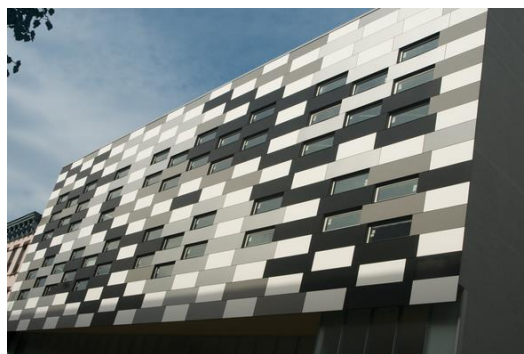
A Trespa dedica-se, essencialmente, ao revestimento interior e fachadas decorativas, com principal foco no *design*, ou seja, no aspeto visual da parede. Os painéis resultam de um laminado compacto de alta pressão decorativo com uma superfície integrada, que resultam da combinação de até 70% de fibras à base de madeira e de resinas termoendurecíveis, fabricadas sob alta pressão e a altas temperaturas (30).

Os painéis Trespa® Virtuon® (ver Figura 7.7 A) são painéis robustos que atendem às especificações mais exigentes das paredes interiores. Este produto consegue atribuir algumas características interessantes, como tornar as superfícies higiénicas, fáceis de limpar, fáceis de instalar, resistentes a incêndios e com um vasto leque de cores disponíveis (31).

Esta empresa apresenta também uma solução interessante para as paredes exteriores, que são os painéis Trespa® Meteon® (Figura 7.7 B). Estes painéis são altamente estáveis e densos, com uma boa relação resistência/peso e com muito boa resistência a intempéries. Estes são ideais para serem aplicados em sistemas de fachadas ventiladas, inovadoras e funcionais. Os painéis podem ser utilizados sozinhos ou, como destaque, em combinação com outros materiais (30).



(A)



(B)

Figura 7.7 – Exemplos de aplicação dos painéis da Trespa: (A) Trespa® Virtuon®; (B) Trespa® Meteon®. Fonte: Trespa.

7.3.3. Sistema Cappotto®

A marca Viero desenvolveu um sistema de isolamento térmico, ao qual deu o nome de Cappotto®. Em Portugal, a marca é representada, exclusivamente, pela empresa Tintas Robbialac S.A.

Este sistema é um método para isolamento de paredes e proteção dos edifícios pelo exterior, que consiste na fixação de placas de EPS nas fachadas (ver Figura 7.8). As placas são cobertas e reforçadas com massa adesiva, armada com rede em fibra de vidro para proteger o sistema. A superfície é acabada com um revestimento contínuo, que lhe confere a proteção final e decoração permanente. Em edifícios novos, é possível garantir o mesmo valor de isolamento com uma espessura reduzida da parede exterior, o que permite poupar nos custos das alvenarias. Quando o sistema é aplicado diretamente ao tijolo ou blocos de cimento, há poupança no custo das fachadas do reboco. Este sistema confere, ainda, maior estabilidade às temperaturas interiores e, conseqüentemente, maior conforto aos ocupantes (32).

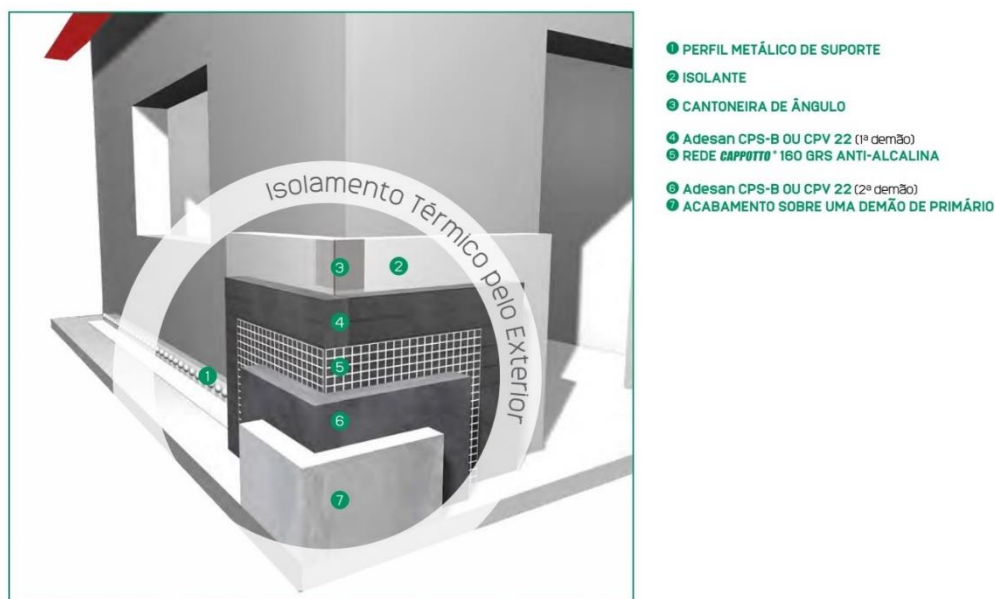


Figura 7.8 – Exemplo de aplicação de Cappotto®. Fonte: Catálogo Tintas Robbialac S.A. – Cappotto®.

7.3.4. Granulado de cortiça

A Amorim Isolamentos pertence ao grupo português Amorim, que está ligado ao fabrico de produtos de cortiça. O ramo dos isolamentos é uma aposta relativamente recente deste grupo, que aposta no granulado de cortiça expandida. Este subproduto é obtido durante a fabricação do Aglomerado de Cortiça Expandida (Expanded Insulation Cork Board). É um

produto 100% ecológico e reciclável, proveniente da extração da casca do sobreiro, que se insere no seu ciclo de vida (casca renovável). No seu fabrico são utilizados unicamente grânulos de cortiça, que quando sujeitos a um processo térmico libertam uma resina, que funciona como aglutinante natural (33). Devido à sua forma granulada, este material pode ser espalhado por espaços livres, limitados por restrições. As principais aplicações são o enchimento de paredes duplas (ver Figura 7.9 A), de caixas de soalho e de laje (ver Figura 7.9 B). É, ainda, utilizado em misturas com cimento e água, como mostra a Figura 7.9 C (33). Este isolamento pode ser colocado no interior da estrutura em estudo, mais concretamente, nos espaços vazios após a colocação do material que define a parede, para que seja possível colocar o aglomerado de cortiça no seu interior.



Figura 7.9 – Exemplo de aplicação do granulado de cortiça: **(A)** Enchimento de paredes duplas interiores; **(B)** Enchimento de caixas sobre laje esteira; **(C)** Piso rústico decorativo. Fonte: Amorim Isolamentos S.A.

São atribuídas vantagens a este produto ao nível do desempenho termo-acústico, da resistência mecânica, da estabilidade dimensional e da durabilidade, sem perda de características, o que oferece conforto graças ao isolamento, e permite economia energética e eficácia por tempo indeterminado (33).

8. CUSTOS DA ESTRUTURA

Uma das grandes vantagens deste conceito é o facto de a estrutura poder ser elaborada num *software* de CAD, de forma personalizada. Através de uma lista de materiais (BOM) é possível retirar todos os componentes utilizados e, conseqüentemente obter vários dados importantes como, os custos totais, os tempos de montagem (duração da obra), a quantidade total de material necessário, a massa e o volume (para ajudar a resolver questões logísticas).

Nesta secção será efetuada uma estimativa dos custos envolvidos na produção de uma estrutura, de acordo com este novo conceito. A análise realizada exclui a mão-de-obra de montagem e os componentes de revestimento e isolamento, citados no capítulo anterior. De facto, pode considerar-se que a abordagem adotada é superficial, uma vez que o custo depende muito da quantidade de componentes a serem produzidos. Contudo, houve o cuidado em procurar garantir o maior rigor possível ao contactar sempre empresas especializadas.

Os custos serão apresentados por custo unitário e, ainda, para uma estrutura completa, de modo a possibilitar a discussão de um ponto de vista mais realista.

8.1. Por componentes

Para produzir as peças estudadas neste trabalho será necessário recorrer a dois tipos de processamento, tal como já foi referido: a extrusão e a injeção. Como a SP apenas produz peças injetadas, foi necessário contactar outras entidades para obter um orçamento para os componentes extrudidos. Neste caso, recorreu-se à Yudo[®], que é uma empresa especialista no ramo da extrusão. Todos os orçamentos foram solicitados, tendo por base uma prestação de serviços, ou seja, a empresa será responsável por entregar as peças produzidas, pelo que o orçamento inclui o custo referente à máquina, e à matéria-prima. Na Tabela 8.1 são apresentados os preços dos perfis, por metro extrudido, e na Tabela 8.2 o custo unitário, associado à produção por injeção das peças na SP. A estes custos será necessário adicionar o custo da produção dos moldes, para o caso das peças injetadas, e das três feiras diferentes,

no caso da extrusão. No entanto, estes custos tornam-se insignificantes para produções em grande escala.

Tabela 8.1 – Preços por metro para a extrusão dos perfis Q, M-F e M-M.

Q	M-F	M-M
3,30 €/m	2,30 €/m	2,40 €/m

Tabela 8.2 – Preços unitários para os diferentes tamanhos das peças injetadas (450x450, 450x250, 250x450 e 250x250).

450x450	450x250	250x450	250x250
1,66 €/unid.	1,28 €/unid.	1,31 €/unid.	0,93 €/unid.

Como a estrutura irá ser conectada e constringida com ligações aparafusadas, é também, necessário estipular um custo para estes componentes. Foram recomendados dois tamanhos de parafusos, ambos da Lotu[®], sendo estes apresentados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 – Preços para os diferentes tamanhos de parafusos da Lotu[®] (4,8x75 e 4,8x25).

4,8x75	4,8x75
47 €/1000 unid.	18 €/1000 unid.

Outro custo, não menos importante, será mão-de-obra de montagem, que mais uma vez, depende da quantidade de estruturas a montar, e ainda, do número de colaboradores. Ainda assim, tal como foi definido nos objetivos, esta estrutura é rápida e fácil de montar, pelo que os custos de mão-de-obra serão relativamente reduzidos, em comparação como os restantes métodos explorados atualmente.

8.2. Estrutura

Nesta secção apresenta-se a análise de custo para o caso da estrutura apresentada no capítulo 7. Para tal, foram combinadas as informações relativas ao número total de componentes (ver Tabela 7.1) como custos expostos na subsecção anterior. Deste modo é possível obter uma estimativa de custo bastante realista para a estrutura.

Na Tabela 8.4 estão esquematizadas as características acerca dos módulos utilizados na estrutura, tais como: as quantidades, o peso unitário, o peso total, o volume máximo⁷, o volume máximo total e o preço total. Da mesma forma, a Tabela 8.5 apresenta dados semelhantes para os perfis, sendo eles: o comprimento total de perfis, o peso por metro, o peso total, o volume máximo por metro, o volume máximo total e o preço total. A Tabela 8.6 indica, de forma aproximada, o número de parafusos necessários e o respetivo custo associado. É de salientar, mais uma vez, que os valores apresentados não consideram a mão-de-obra necessária para a montagem dos respetivos componentes.

Tabela 8.4 – Algumas características importantes acerca dos módulos utilizados na estrutura, tais como as quantidades, o peso unitário, o peso total, o volume máximo, o volume máximo total e o preço total.

Módulo	Quant.	Peso [kg]	Peso Total [kg]	Vol. max. [dm3]	Vol. max. total [m3]	Preço [€]
250x250x50x2.5	92	0,343	31,6	3,33	0,34	85,56
250x450x50x2.5	344	0,483	166,3	5,94	2,27	450,64
450x250x50x2.5	448	0,473	212,1	5,89	2,93	573,44
450x450x50x2.5	1624	0,615	998,2	10,50	18,93	2 695,84
Total	2508		1408,1		24,47	3 805,48

Tabela 8.5 – Algumas características importantes acerca dos perfis utilizados na estrutura, tais como as quantidades, o peso por metro, o peso total, o volume máximo por metro, o volume máximo total e o preço total.

Perfil	Quant. [m]	Peso [kg/m]	Peso Total [kg]	Vol. max. [dm3]	Vol. max. total [m ³]	Preço [€]
Q	751,2	4,90	3678,27	22,50	16,90	2478,96
M-F	629,8	1,60	1006,07	2,78	1,75	1448,54
M-M	171,1	1,52	260,91	3,05	0,52	410,64
Total	1552,1		4742,33		19,17	4338,14

Tabela 8.6 – Número total de parafusos e respetivos custos.

Parafuso	Quantidade	Preço [€]
4.8x25	5016	95,30
4.8x75	5016	235,75
Total	10032	331,06

⁷ O volume máximo é calculado com as dimensões máximas dos três eixos e corresponde ao espaço ocupado pela peça para questões de logística.

A Tabela 8.7 apresenta um resumo geral dos dados da estrutura, i.e. a massa de material necessário, o volume ocupado para transporte e, não menos importante, os custos associados à produção das peças e à compra de parafusos. A estrutura fica completa com estes componentes, por um custo inferior a 10 000 €.

Tabela 8.7 – Características globais da estrutura, somando os perfis e os módulos. No preço total está também englobado o preço dos parafusos.

Peso total [kg]	Vol. max. total [m ³]	Preço total [€]
6353,4	43,6	8 475

9. CONCLUSÕES

O trabalho que aqui se apresenta é o resultado de um longo processo de desenvolvimento, que passou por várias etapas. De facto, no decurso do trabalho, foram sendo identificadas necessidades complementares para a estrutura, tal como a versatilidade, de modo a alargar a sua aplicabilidade. A instalação elétrica, da água e a possibilidade de existência de isolamento térmico e acústico foram outros aspetos considerados importantes.

O conceito proposto baseia-se na utilização de três tipos perfis fechados, que asseguram a resistência aos esforços de compressão e, como complemento, os módulos que asseguram a estabilidade da estrutura. Os perfis podem ser cortados de forma a obter uma vasta gama de comprimentos. Os módulos contam com quatro tamanhos diferentes, para que a sua conjugação torne possível a adaptação a várias necessidades da estrutura e do cliente. Houve ainda o cuidado de desenvolver um sistema de fixação das peças, para que a estrutura fique interligada durante a construção/montagem e, conseqüentemente proporcione maior facilidade aquando a colocação das restantes peças.

O primeiro foco deste trabalho foi a seleção do material a utilizar na estrutura, visto que essa é a grande diferença face às estruturas existentes no mercado. A questão pode estar ainda em aberto pois existe uma variedade imensa de materiais poliméricos reforçados. Assim, a possibilidade de utilização de materiais diferentes nas peças de injeção e extrusão, de modo a garantir uma melhor adequação aos métodos de processamento, não é colocada de parte. Principalmente, a produção por injeção do material selecionado pode provocar grande desgaste no molde, o que implica uma manutenção periódica mais intensa e mais regular, com conseqüente aumento dos custos de manutenção do molde. Como os módulos são peças menos importantes para a estrutura, o material desse componente pode ser um PP GF30 (com as características técnicas apresentadas no Anexo F). Caso se opte por esta alteração será necessário ter em consideração as diferentes propriedades de expansão térmica de cada um dos materiais, i.e. verificar a sua compatibilidade. No entanto, com base na análise realizada no Anexo G, é possível verificar que as propriedades térmicas de ambos os

materiais poliméricos reforçados são próximas, pelo que à partida não parecem existir problemas significativos provocados por variações térmicas.

O desafio colocado pela Simoldes Plásticos S.A. despertou bastante curiosidade desde a fase inicial. Ao longo do processo de desenvolvimento o conceito modular sofreu muitas mudanças, o que envolveu bastante pesquisa, principalmente sobre aspetos gerais da construção civil e arquitetura. Para garantir alguma fiabilidade e confiança no dimensionamento da estrutura foram efetuados vários testes, tais como: (i) comparação do comportamento dos perfis principais relativamente a um perfil metálico; e (ii) análise de uma estrutura de teste. Estes testes foram realizados para o conceito final proposto, mas também para outros conceitos intermédios, o que permitiu retirar conclusões bastante importantes para o desenvolvimento do conceito final e serviram de motivação para o desenvolvimento do projeto.

Importa realçar que foi desenvolvido um conceito simples, prático e eficaz, que permite tirar o máximo partido do material utilizado. Pode ser facilmente implementada em zonas afetadas por catástrofes naturais, repondo habitações destruídas, edifícios temporários, aldeamentos e/ou edifícios públicos de apoio em zonas/países carenciados. As grandes vantagens atribuídas à estrutura desenvolvida baseiam-se essencialmente, na sua simplicidade e na facilidade de montagem, e na capacidade de ser totalmente planeada, minimizando os desperdícios de material e derrapagens nos custos. No entanto, a limitação das dimensões e o facto de ser uma estrutura preparada apenas para rés-do-chão são inconvenientes que podem ser melhorados.

A boa recetividade dentro da empresa ao conceito permite afirmar que é espectável que haja futuro para a exploração do conceito. Seria prestigiante poder continuar com o desenvolvimento e melhoramento do conceito, colocando no mercado mais uma alternativa para a construção civil, que aproxima o engenheiro civil do engenheiro mecânico.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Fernandes, Jorge, Mateus, Ricardo e Bragança, Luis.** *Princípios de sustentabilidade na arquitectura vernacular.* Universidade do Minho. Coimbra : s.n., 2012.
2. **Campos, Maria Helena.** *A construtibilidade em projectos de edifícios para o ensino superior público em Portugal.* Engenharia civil, Universidade do Minho. Guimarães : s.n., 2002.
3. *Journal of Architectural Engineering.* **Fritchen, David R. e Tredway, Timothy C.** s.l. : Kansas State University Architectural Engineering, Março de 1998, Vol. 4.
4. **Futur Eng.** Definição do termo LSF. [Online] 2014. [Citação: 14 de Abril de 2015.] <http://www.futureng.pt/definicao>.
5. **Casas pré-fabricadas.** Casas modulares. *Casas pré-fabricadas.* [Online] Maio de 2015. [Citação: 19 de Maio de 2015.] <http://casasprefab.blogspot.pt/2015/05/casas-modulares.html>.
6. **Engenharia e Construção.** Casas modulares: vantagens e desvantagens. *Engenharia e Construção.* [Online] 9 de Fevereiro de 2011. [Citação: 19 de Maio de 2015.] <http://www.engenhariaeconstrucao.com/2011/02/casas-modulares-vantagens-e.html>.
7. **Casas pré-fabricadas.** Legislação - Licenciamento. *Casas pré-fabricadas.* [Online] Janeiro de 2011. [Citação: 26 de Junho de 2015.] <http://casasprefab.blogspot.pt/2011/01/legislacao-licenciamento.html>.
8. **Diário da República, 1ª série.** *Decreto Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro.*
9. —. *Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro.*
10. **Dassault Systèmes.** CATIA. *Dassault Systèmes.* [Online] 2015. [Citação: 18 de Junho de 2015.] <http://www.3ds.com/products-services/catia/>.
11. **Figueira, Ricardo Jorge.** *CAD/CAM/CAE/CIM.* Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2002/2003.
12. **CATIA-3D.** *CATIA-3D - O caminho do conhecimento.* [Online] 2014. [Citação: 18 de Junho de 2015.] <http://www.catia-3d.com/>.
13. **Simoldes Tools Division.** History. [Online] 2004. [Citação: 28 de Março de 2015.] <http://www.simoldes.com/tool/en/html/m21.html>.

14. **Lourenço, Ana e Sopas, Leonor.** A internacionalização do Grupo Simoldes: Um estudo de caso de um fornecedor de componentes para a indústria automóvel. [Online] Julho de 2003. [Citação: 30 de Março de 2015.] <http://www.porto.ucp.pt/feg/repec/WP/WP-03-001.pdf>.
15. **LUSA.** Revolução surpreendeu menos na Simoldes do que a fábrica nova. *Jornal de Negócios.* [Online] 25 de Abril de 2014. http://www.jornaldenegocios.pt/economia/detalhe/revolucao_surpreendeu_menos_na_simoldes_do_que_a_fabrica_nova.html.
16. **Simoldes Plastic Division.** Technologies. [Online] 2010. [Citação: 28 de Março de 2015.] <http://www.simoldes.com/plastics/tech.html>.
17. —. Organization. [Online] 2010. [Citação: 28 de Março de 2015.] <http://www.simoldes.com/plastics/organization.html>.
18. *Shreir's Corrosion.* **Hourston, D. J.** Corrosion and Degradation of Engineering Materials, Reino Unido : Elsevier, 2010, Vol. 3, pp. 2369–2386.
19. *Civil and structural engineering applications, recent trends, research and developments on pultruded fiber reinforced polymer closed sections: a review.* **Gand, Alfred Kofi, Chan, Tak-Ming e Mottram, James Toby.** United Kingdom : Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, pp. 227-244.
20. *Shreir's Corrosion.* **Hourston, D. J.** Corrosion and Degradation of Engineering Materials, Reino Unido : Elsevier, 2010, Vol. 3, pp. 2369–2386.
21. **CES EduPack 2013 Versão 12.2.13.** Pesquisa de materiais. United Kingdom : Granta Design Limited, 2013.
22. **Sousa, João Pedro Girão Meireles de.** *Durabilidade de perfis pultrudidos de viniléster reforçado com fibras de vidro (GFRP).* Lisboa : Instituto Superior Técnico, 2011.
23. **BASF.** *Ultradur® (PBT) Product Range.* 2013.
24. **Business Dictionary.** Poluição. *Business Dictionary.* [Online] [Citação: 29 de Junho de 2015.] <http://www.businessdictionary.com/definition/pollution.html>.
25. **Wikipédia.** Impacto ambiental. *Wikipédia.* [Online] 19 de Junho de 2015. [Citação: 29 de Junho de 2015.] https://pt.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental.
26. —. Molde de injeção. *Wikipédia.* [Online] 7 de Abril de 2015. [Citação: 30 de Maio de 2015.] https://pt.wikipedia.org/wiki/Molde_de_inje%C3%A7%C3%A3o.
27. **Machado, A. V., Cramez, M. C. e Cunha, A. M.** Materiais Termoplásticos. *Conceitos Gerais sobre Materiais Plásticos.* s.l. : caso, Consultores Associados de Organizações de Informática, Lda., 2001.
28. **Jr, Willian D Calister.** *Fundamentos da Ciência e Engenharia dos Materiais.* 5ª Edição. s.l. : LTC.

29. **Pladur.** Faça-o você mesmo. *Pladur*. [Online] 2012. [Citação: 30 de Junho de 2015.] <https://www.pladur.com/pt-pt/particulares/descubra-pladur/Paginas/default.aspx>.

30. **Trespa.** Fachadas - Trespa® Meteon®. *Trespa*. [Online] 2013. [Citação: 30 de Junho de 2015.] <http://www.trespa.com/pt/product/fachadas-trespar-meteonr>.

31. —. Interior - Trespa® Virtuon®. *Trespa*. [Online] 2013. [Citação: 30 de Junho de 2015.] <http://www.trespa.com/pt/product/interior-trespar-virtuonr>.

32. **Viero.** Viero em Portugal. *Tintas Robialac S.A.* [Online] 2015. [Citação: 30 de Junho de 2015.] <http://www.viero.com.pt/apresentacao/viero-em-portugal/>.

33. **Amorim Isolamentos.** Produtos. *Amorim*. [Online] 2014. [Citação: 1 de Julho de 2015.] http://www.amorimisolamentos.com/xms/files/FICHA_TECNICA/FT_Produtos/Amorim_Isolamentos_FT_-_Granulado_Expandido_PT.pdf.

11. ANEXOS

Anexo A – Ficha técnica do material (PBT+PET) GF30 com referência da BASF Ultradur® B 4040 G6.	53
Anexo B – Detalhes técnicos dos perfis extrudidos.	59
Anexo C – Detalhes técnicos dos módulos injetados.	65
Anexo D – Ficha técnica do parafuso 21A842225 EXTRAPLANA TORX-20 2H 4,8x25 ZIN da Lotu®.....	71
Anexo E – Ficha técnica do parafuso 21A842225 EXTRAPLANA TORX-20 2H 4,8x75 ZIN da Lotu®.....	75
Anexo F – Ficha técnica do material PP GF30 com referência da Lyondellbasell Industries Hostacom G3 N01 L.....	79
Anexo G – Comparação de propriedades térmicas dos materiais Aço de baixa liga, (PBT+PET) 30GF e PP 30GF.....	83

Anexo A – Ficha técnica do material (PBT+PET) GF30 com referência da BASF Ultradur® B 4040 G6.

Ultradur® B 4040 G6
(PBT+PET)-GF30

BASF

Injection molding grade with 30 % glass fibers for industrial parts with excellent surface quality, for example external door handles in vehicles, visible sunroof frames, oven door handles, toaster casings, external mirrors, rear screen wiper arms in vehicles and sunroof wind deflectors. Formerly called KR 4040 G6.

Abbreviated designation according to ISO 1043-1: PBT-PET-GF30

Rheological properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Melt volume-flow rate, MVR	15	cm ³ /10min	ISO 1133
Temperature	275	°C	ISO 1133
Load	2.16	kg	ISO 1133
Molding shrinkage, parallel	0.3	%	ISO 294-4, 2577
Molding shrinkage, normal	0.9	%	ISO 294-4, 2577

Mechanical Properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Tensile Modulus	10500	MPa	ISO 527-1/-2
Stress at break	145	MPa	ISO 527-1/-2
Strain at break	2.6	%	ISO 527-1/-2
Charpy impact strength (+23°C)	60	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy impact strength, -30°C	55	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy notched impact strength (+23°C)	8	kJ/m ²	ISO 179/1eA

Thermal Properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Melting temperature (10°C/min)	223	°C	ISO 11357-1/-3
Temp. of deflection under load (1.80 MPa)	200	°C	ISO 75-1/-2
Temp. of deflection under load (0.45 MPa)	220	°C	ISO 75-1/-2
Burning behav. at 1.5 mm nom. thickn.	HB	class	UL 94
Thickness tested	1.6	mm	IEC 60695-11-10
UL recognition	UL	-	-
Burning behav. at thickness h	HB	class	UL 94
Thickness tested	0.8	mm	IEC 60695-11-10
UL recognition	UL	-	-
Coeff. of linear therm. expansion, parallel	25	E-6/K	ISO 11359-1/-2

Electrical Properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Relative permittivity, 100Hz	4	-	IEC 60250
Relative permittivity, 1MHz	3.8	-	IEC 60250
Dissipation factor, 100Hz	16	E-4	IEC 60250
Dissipation factor, 1MHz	170	E-4	IEC 60250
Volume resistivity	>1E13	Ohm*m	IEC 60093
Surface resistivity	1E13	Ohm	IEC 60093
Electric strength	36	kV/mm	IEC 60243-1
Comparative tracking index	250	-	IEC 60112

Other Properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Water absorption	0.4	%	Sim. to ISO 62
Humidity absorption	0.2	%	Sim. to ISO 62
Density	1550	kg/m ³	ISO 1183

Material Specific Properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Viscosity number	105	cm ³ /g	ISO 307, 1157, 1628

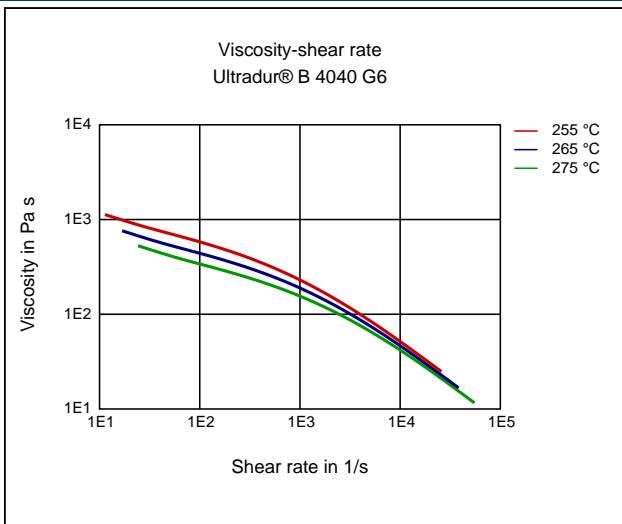
Rheological calculation properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Density of melt	1330	kg/m ³	-
Thermal conductivity of melt	0.18	W/(m K)	-

Spec. heat capacity of melt	1760	J/(kg K)	-
Ejection temperature	150	°C	-

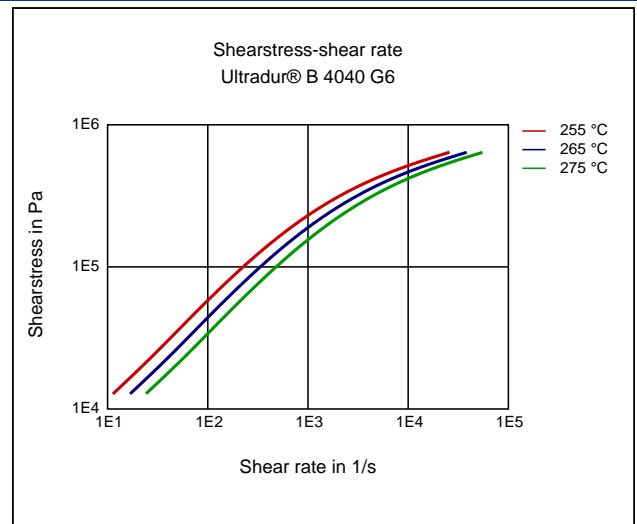
Test specimen production	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Injection Molding, melt temperature	270	°C	ISO 294
Injection Molding, mold temperature	80	°C	ISO 10724
Injection Molding, injection velocity	200	mm/s	ISO 294

Diagrams

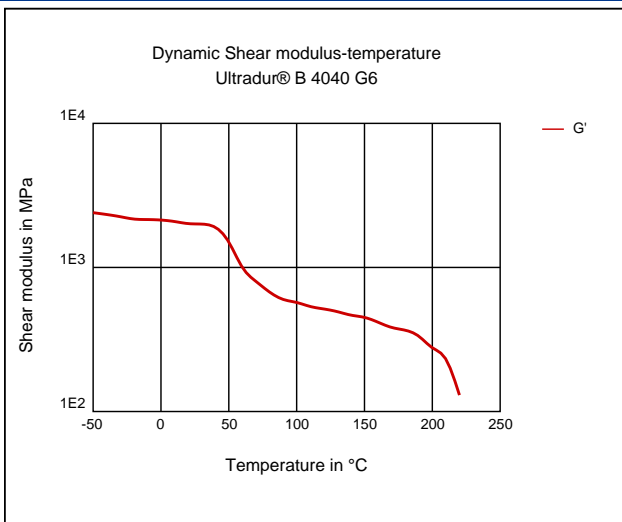
Viscosity-shear rate



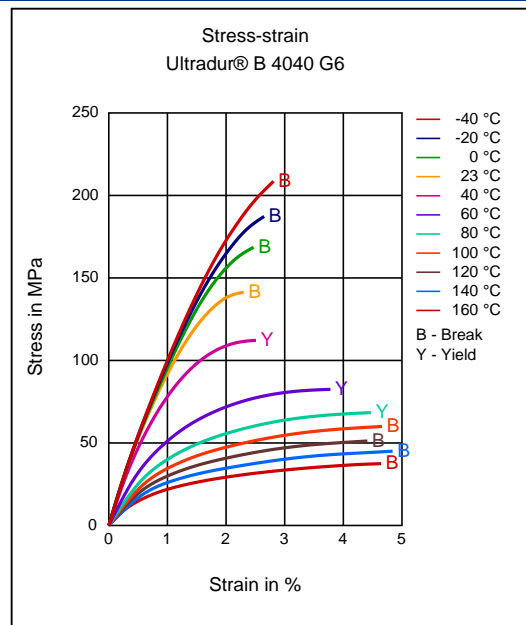
Shearstress-shear rate



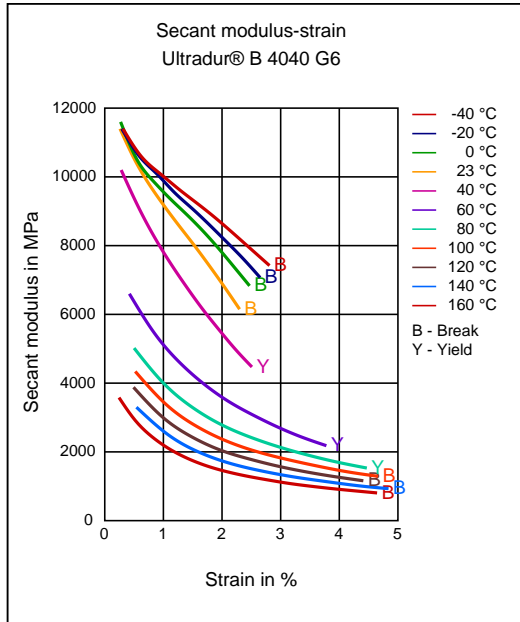
Dynamic Shear modulus-temperature



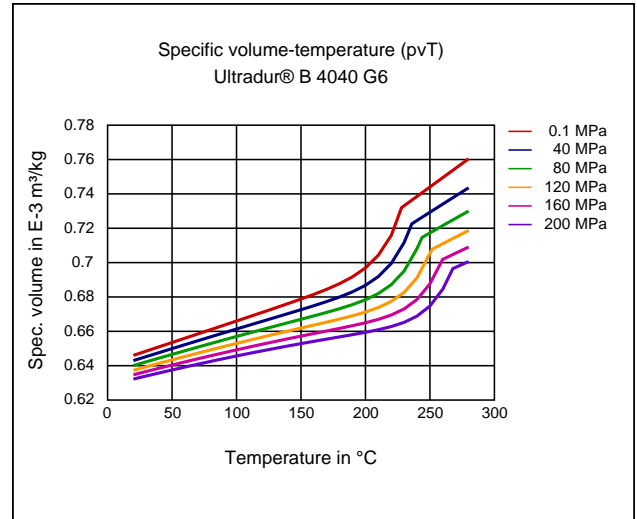
Stress-strain



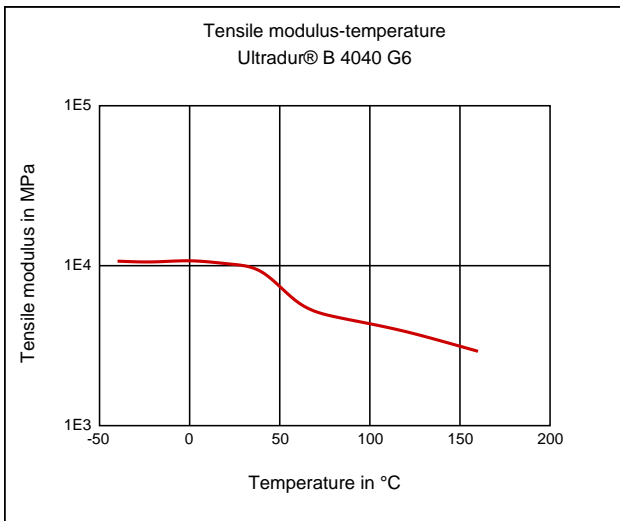
Secant modulus-strain



Specific volume-temperature (pvT)



Tensile modulus-temperature



Characteristics

Processing

Injection Molding

Delivery form

Pellets

Chemical Media Resistance

Acids

- ☹️ Acetic Acid (5% by mass) (23°C)
- ☹️ Citric Acid solution (10% by mass) (23°C)
- ☹️ Lactic Acid (10% by mass) (23°C)



Additives

Lubricants




Special Characteristics

Light stabilized or stable to light, Light stabiliser, Heat stabilized




Bases

-  Sodium Hydroxide solution (35% by mass) (23°C)
-  Ammonium Hydroxide solution (10% by mass) (23°C)

Alcohols

-  Isopropyl alcohol (23°C)
-  Methanol (23°C)
-  Ethanol (23°C)


Hydrocarbons

-  n-Hexane (23°C)
-  Toluene (23°C)
-  iso-Octane (23°C)



Ketones

-  Acetone (23°C)

Ethers

-  Diethyl ether (23°C)


Mineral oils

-  SAE 10W40 multigrade motor oil (23°C)
-  SAE 10W40 multigrade motor oil (130°C)



Standard Fuels

-  Diesel fuel (pref. ISO 1817 Liquid F) (23°C)

Salt solutions

-  Sodium Carbonate solution (2% by mass) (23°C)

Other

-  Ethyl Acetate (23°C)
-  Water (23°C)

Disclaimer

These are guide values and not a specification. The guide values are measured and provided by the product manufacturer. M-Base has taken the guide values from the producer's original Technical Data Sheet. Neither ALBIS nor M-Base is responsible / liable for the accuracy of the guide values. Any information given on the chemical and physical characteristics of products supplied by ALBIS, including technical advice on applications whether verbally, in writing or by testing the product, is given to the best of our knowledge. It does not exempt the buyer from carrying out their own investigations and tests in order to ascertain the product's specific suitability for the purpose intended. The buyer is solely responsible for the application, utilization and processing of the product, and must observe the laws and government regulations and the consequential rights of third parties. ALBIS expressly advises against the use of this product in any medical, pharmaceutical or diagnostic application. At all times our Conditions of Sale apply.

Anexo B – Detalhes técnicos dos perfis extrudidos.

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

CONFIDENCIAL

1

1

Tese de Mestrado

Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

FCTUC-DEM
Simoldes Plásticos

DRAWING TITLE

Perfis Extrudidos

Nota: A espessura é de 5 mm.

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

Perfil Q

1

DRAWN BY

DATE

Daniel Castro

07/07/2015

SCALE

1:2

WEIGHT(kg/m)

4,9

SHEET

1/3

D

A

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

CONFIDENCIAL

Tese de Mestrado

Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

FCTUC-DEM
Simoldes Plásticos

DRAWING TITLE

Perfis Extrudidos

Nota: A espessura é de 5 mm.

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

Perfil MF

1

DRAWN BY

DATE

Daniel Castro

07/07/2015

SCALE

1:1

WEIGHT (kg/m) 1,60

SHEET

2/3

D

A

1

1

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

CONFIDENCIAL

1

1

Tese de Mestrado

Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

FCTUC-DEM
Simoldes Plásticos

DRAWING TITLE

Perfis Extrudidos

Nota: A espessura é de 5 mm.

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

Perfil MM

1

DRAWN BY

Daniel Castro

DATE

07/07/2015

SCALE

1:1

WEIGHT(kg/m) 1,52

SHEET

3/3

D

A

Anexo C – Detalhes técnicos dos módulos injetados.

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

CONFIDENCIAL

1

1

Tese de Mestrado

Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

FCTUC-DEM
Simoldes Plásticos

DRAWING TITLE

Módulos Injetados

Nota: A espessura é de 2,5 mm.

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

Modulo 450x450x50x2.5

1

DRAWN BY

DATE

Daniel Castro

07/07/2015

SCALE

1:6

WEIGHT(kg)

0,615

SHEET

1/4

D

A

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

CONFIDENCIAL

1

1

Tese de Mestrado

Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

FCTUC-DEM
Simoldes Plásticos

DRAWING TITLE

Módulos Injetados

Nota: A espessura é de 2,5 mm.

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

Modulo 250x250x50x2.5

1

DRAWN BY

DATE

Daniel Castro

07/07/2015

SCALE

1:4

WEIGHT(kg)

0,343

SHEET

2/4

D

A

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

CONFIDENCIAL

1

1

Tese de Mestrado

Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

FCTUC-DEM
Simoldes Plásticos

DRAWING TITLE

Módulos Injetados

Nota: A espessura é de 2,5 mm.

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

Modulo 250x450x50x2.5

1

DRAWN BY

DATE

Daniel Castro

07/07/2015

SCALE

1:5

WEIGHT(kg)

0,310

SHEET

3/4

D

A

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

CONFIDENCIAL

1

1

Tese de Mestrado

Projeto de estrutura de base polimérica para a construção civil

FCTUC-DEM
Simoldes Plásticos

DRAWING TITLE

Módulos Injetados

Nota: A espessura é de 2,5 mm.

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

Modulo 450x250x50x2.5

1

DRAWN BY

DATE

Daniel Castro

07/07/2015

SCALE

1:6

WEIGHT(kg)

0,304

SHEET

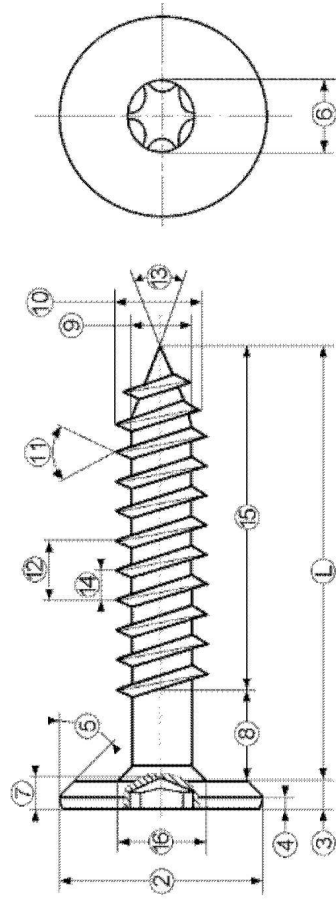
4/4

D

A

**Anexo D – Ficha técnica do parafuso 21A842225
EXTRAPLANA TORX-20 2H 4,8x25 ZIN da Lotu®.**

CLIENTE	OF	
TORNILLO	EXTRAPLANA TORX-20 4,8X25 ZIN	MEDIDA 5,0x25 (22x25)
Cod. LOTU	2-1A842225G	Cod. CLIENTE
		CANTIDAD



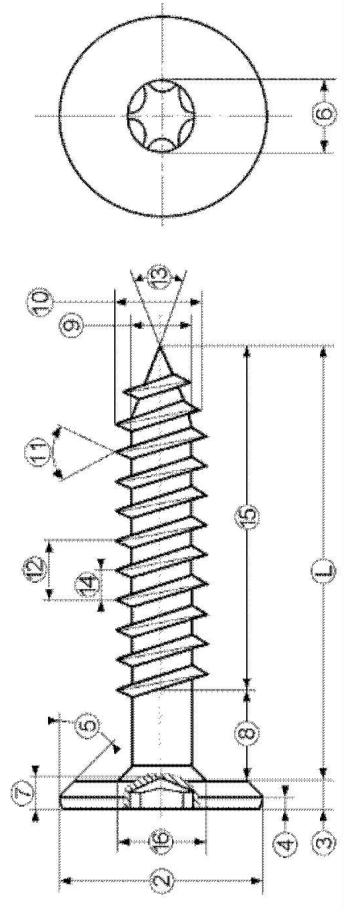
RUTA:		PUNZON TX-20		OBSERVACIONES
Cota	VALOR	Máximo	Mínimo	
2	11,00	11,00	10,65	Cono de refuerzo Ø 5,0x60°
3	1,75	1,80	1,65	
4	0,80			
5	45°	0°	0°	
6	3,90			
7	1,70	1,80	1,60	
8	5,00			
9	3,50	3,50	3,30	
10	5,00	5,10	4,70	
L	25,00	26,00	24,00	
11	60°	0°	0°	
12	4,40			
13	35°	37°	33°	
14	2,20			
15	20,00			
16	5,00			

FEC. FIN ESTAMPADO	
FEC. FIN ROSCADO	
PRODUCIDO	KG MAT.
MATERIAL	
TIPO MATERIAL	
Diam MATERIAL	
HOMOLOGACIÓN	
LONG.VARILLA	VEL.MAQ.
PROVEEDOR	
MATERIAL	
COLADA N°	
RESISTENCIA	
CONSUMO MATERIAL	
CHATARRA (kg)	
CARACTERISTICAS MECANICAS	
TRATAMIENTO	CARBONITRURACIÓN (0,10-0,23)
Dureza Sup.	Min 450 HV 0,3
Dureza Núcleo	270-390 HV 0,3
Resist. Tracc.	
Par Rotura	6,30 Nm
Recubrimiento	CINCADO
Espesor Capa	5-12 Micras

**Anexo E – Ficha técnica do parafuso 21A842225
EXTRAPLANA TORX-20 2H 4,8x75 ZIN da Lotu®.**

CLIENTE	OF
TORNILLO EXTRAPLANA TORX-20 4,8X75 ZIN	MEDIDA 5,0x75 (22x75)
Cod. LOTU 2-1A842275	Cod. CLIENTE
FEC. FIN ESTAMPADO	KG MAT.
FEC. FIN ROSCADO	
PRODUCIDO	MATERIAL
TIPO MATERIAL	
Diam MATERIAL	
HOMOLOGACIÓN	
LONG.VARILLA	VEL.MAQ.
PROVEEDOR	
MATERIAL	
COLADA N°	
RESISTENCIA	
CONSUMO MATERIAL	
CHATARRA (kg)	
CARACTERISTICAS MECANICAS	
TRATAMIENTO	CARBONITRURACIÓN (0,10-0,23)
Dureza Sup.	Min 450 HV 0,3
Dureza Núcleo	270-390 HV 0,3
Resist. Tracc.	
Par Rotura	6,30 Nm
Recubrimiento	CINCADO
Espesor Capa	5-12 Micras

RUTA: EXTRAPLANA TORX-20 4,8X75 ZIN		PUNZON TX-20		OBSERVACIONES
Cota	VALOR	Máximo	Mínimo	
2	11,00	11,00	10,65	Cono de refuerzo Ø 5,0x60°
3	1,75	1,80	1,65	
4	0,80			
5	45°	0°	0°	
6	3,90			
7	1,70	1,80	1,60	
8	25,00			
9	3,50	3,50	3,30	
10	5,00	5,10	4,70	
L	75,00	76,50	73,50	
11	60°	0°	0°	
12	4,40			
13	35°	37°	33°	
14	2,20			
15	50,00			
16	5,00			



Anexo F – Ficha técnica do material PP GF30 com referência da Lyondellbasell Industries Hostacom G3 N01 L.



Hostacom G3 N01 L

Compounded Polyolefin

Product Description

"Hostacom" G3 N01 L is a 30% glass coupled PP homopolymer with low flow, very high stiffness and low CLTE. Low creep under load at elevated temperatures. The grade is not intended for medical, pharmaceutical or drinking water applications

Product Characteristics

Status	Commercial: Active
Test Method used	ISO
Availability	Europe, Asia-Pacific, Africa-Middle East, Latin America
Features	Good Creep Resistance , Low Flow , Homopolymer, Good Stiffness
Typical Customer Applications	Under-the-Hood & Structural Applications

Typical Properties

Physical

	Method	Value	Unit
Density	ISO 1183	1.14	g/cm ³
Melt volume flow rate (230°C/2.16Kg)	ISO 1133	1.00	cm ³ /10min
(230°C/5.0kg)		5.00	cm ³ /10min

Mechanical

Tensile Modulus (Secant)	ISO 527-1, -26500	MPa
Tensile Stress at Break (50 mm/min)	ISO 527-1, -285.0	MPa
Tensile Strain at Break (50 mm/min)	ISO 527-1, -23.0	%
Flexural modulus (Secant)	ISO 178	5500 MPa
Flexural Stress	ISO 178	120 MPa

Impact

Charpy unnotched impact strength (23 °C, Type 1, Edgewise)	ISO 179	40.0	kJ/m ²
(-20 °C, Type 1, Edgewise)		38.0	kJ/m ²
Charpy notched impact strength (23 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	ISO 179	9.00	kJ/m ²
(-20 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)		7.00	kJ/m ²

Hardness

Ball indentation hardness (H 358/30)	ISO 2039-1	110	MPa
--------------------------------------	------------	-----	-----

Thermal

Heat deflection temperature B (0.45 MPa) Unannealed	ISO 75B-1, -2155	°C
Heat deflection temperature A (1.80 MPa) Unannealed	ISO 75A-1, -2140	°C
Vicat softening temperature (B50 (50°C/h 50N))	ISO 306	130 °C
(A50 (50°C/h 10N))		160 °C

Flammable

Flame rating - UL	UL 94	HB
-------------------	-------	----

UL 746

Relative temperature index Mech w/oImp	UL 746	65.0 °C
--	--------	---------

Relative temperature index Mech w/Imp	UL 746	65.0 °C
Relative temperature index	UL 746	65.0 °C

Additional Properties

Impact Strength at 23°C, DIN 53453: 22 kJ/m²
 Notched Impact Strength, DIN 53453, 23°C: 6 kJ/m²
 Mould Shrinkage, Basell Test Method: 0.3 to 1.0 %

Notes

Typical properties; not to be construed as specifications.

Copyright 2009 Basell Service Company B.V. All rights reserved.

For the contact details of the LyondellBasell company selling this product in your country, please visit <http://www.lyondellbasell.com/>.

Before using a LyondellBasell product, customers and other users should make their own independent determination that the product is suitable for the intended use. They should also ensure that they can use the LyondellBasell product safely and legally. This document does not constitute a warranty, express or implied, including a warranty of merchantability or fitness for a particular purpose. In addition, no immunity under LyondellBasell's or third parties' intellectual property rights shall be implied from this document. No one is authorized to make any warranties, issue any immunities or assume any liabilities on behalf of LyondellBasell except in a writing signed by an authorized LyondellBasell employee. Unless otherwise agreed in writing, the exclusive remedy for all claims is replacement of the product or refund of the purchase price at LyondellBasell's option, and in no event shall LyondellBasell be liable for special, consequential, incidental, punitive or exemplary damages.

CRP, Adflex, Adstif, Adsyl, Akoalit, Akoafloor, Avant, Catalloy, Clyrell, Dexflex, Entegrity, Get in touch with, Hifax, Higran, Histif, Hostacom, Hostalen, Indure, Koattro, LIPP, Lucalen, Luflexen, Lupocomp, Lupolen, Lupolex, Luposim, Lupostress, Lupotech, Metocene, Moplen, Pristene, Purell, Pro-fax, Sequel, Sholybox, Softell, Spherilene, Spheripol, Spherizone, Stretchene, Topyyl and Valtec are trademarks owned or used by LyondellBasell group companies.

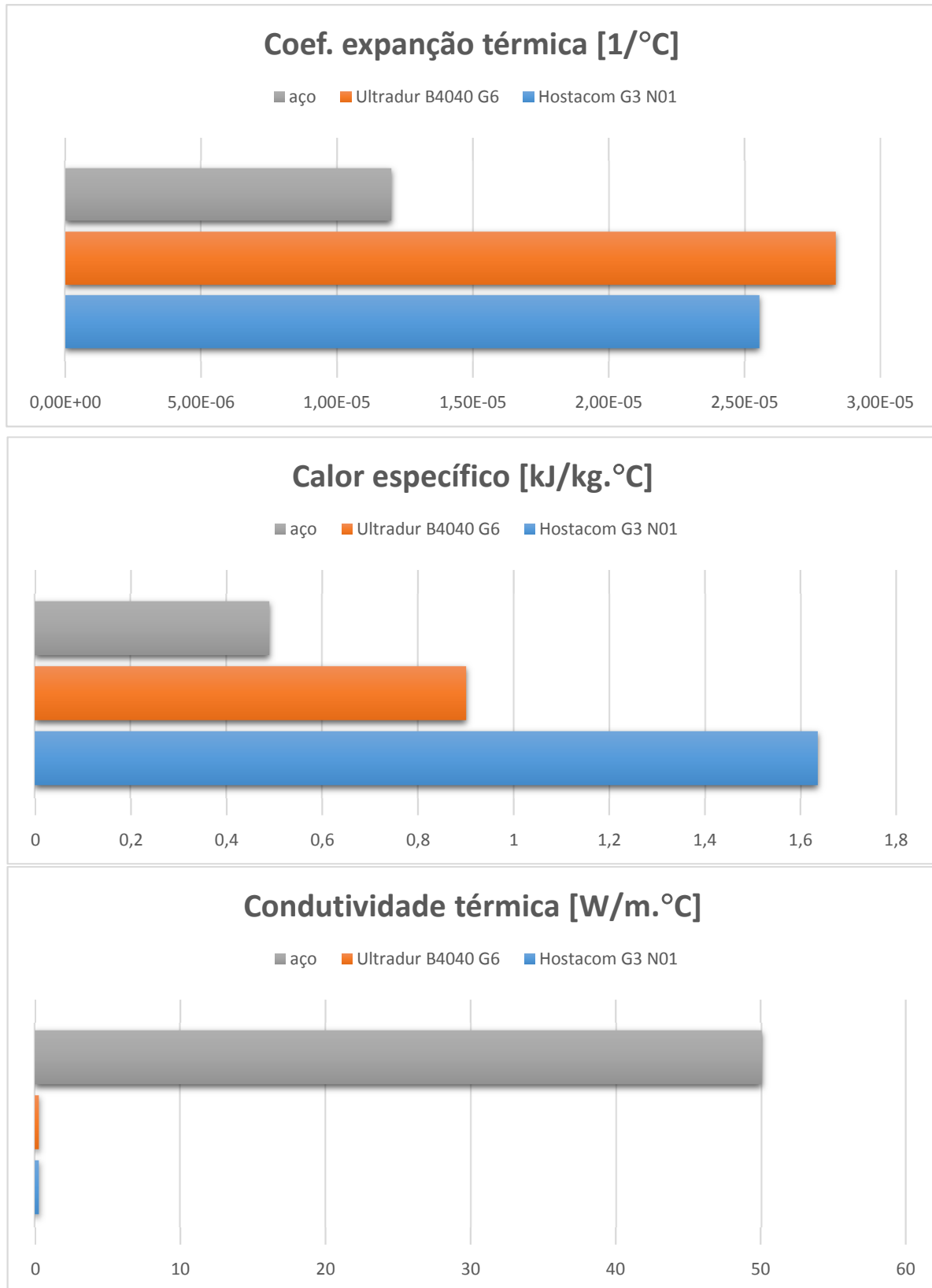
Adflex, Adstif, Adsyl, Akoalit, Akoafloor, Avant, Clyrell, CRP, Dexflex, Hifax, Hostacom, Hostalen, Indure, Koattro, Lucalen, Moplen, Purell, Pro-fax, Sequel, Softell, Spheripol, Spherizone and Topyyl are registered in the U.S. Patent and Trademark Office.

Unless specifically indicated, the grades mentioned are not suitable for applications in the pharmaceutical/medical sector.

Release Date: 14 Sep 2009

Anexo G – Comparação de propriedades térmicas dos materiais Aço de baixa liga, (PBT+PET) 30GF e PP 30GF.

Comparação de propriedades térmicas



Fonte: Base de dados do Moldflow® e CES EduPack® 2013.

