

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

António Miguel Pinto Cruz

Placas decorativas 3D em gesso e cortiça
para paredes interiores



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

António Miguel Pinto Cruz

Placas decorativas 3D em gesso e cortiça
para paredes interiores

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

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professora Doutora Rute Maria Gonçalves Eires

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e irmãos, pela importante oportunidade que me deram de completar a minha formação, pois sem o apoio e confiança que depositaram em mim, não seria possível.

À minha orientadora, Professora Doutora Rute Eires, os meus sinceros agradecimentos, pela partilha do conhecimento, pela paciência, motivação, recomendações, ideias e sugestões que foram fundamentais para a elaboração desta dissertação.

A todos os técnicos do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Minho, nomeadamente aos técnicos do laboratório de materiais, Fernando Pokee e em especial ao Carlos Jesus, obrigado pela disponibilidade e ajuda prestada na preparação e realização dos ensaios.

Deixo também o meu agradecimento à empresa Europac, em especial à Engenheira Teresa Ferrete, uma vez que logo após o contacto demonstraram interesse, disponibilidade e prontidão no fornecimento das fibras.

A concretização deste trabalho nunca teria sido possível sem o contributo de algumas pessoas, que me acompanharam, incentivaram e ajudaram a atingir o meu objetivo ao longo de todo este tempo.

Paredes decorativas 3D em gesso e cortiça para paredes interiores

RESUMO

A escassez de recursos, o aumento do seu custo e o facto da exploração de alguns materiais ser prejudicial para o meio ambiente, aumentou a procura de novos materiais que possam substituir os já existentes, apresentando, no entanto, benefícios a nível ambiental e económico e a mesma ou melhor produtividade na construção.

A construção civil tem desempenhado, em prol da sustentabilidade, um papel importante no aproveitamento de resíduos de outras indústrias. Neste segmento, com a adição de resíduos e de materiais naturais é possível a obtenção de compósitos inovadores, sustentáveis e rentáveis, com melhor desempenho que os tradicionais.

Neste estudo, com cariz experimental, foi desenvolvido um compósito à base de gesso, com adição de granulado de cortiça e fibras de celulose (subproduto resultante da indústria do papel), com várias percentagens e preparações diferentes.

Pode concluir-se que, apesar das resistências do compósito terem diminuído com a introdução de fibras, se obteve uma maior ductilidade e resistência térmica (importante para uma maior inércia térmica). Além disso, verifica-se que é possível obter as características mecânicas necessárias, para além de ganhar uma leveza considerável face às placas de gesso convencionais.

Por fim, testou-se uma solução de aplicação em obra inovadora com a possibilidade de substituição fácil e não destrutiva. Este aspeto é interessante, sobretudo para edifícios com necessidade de mudanças decorativas mais frequentes como por exemplo edifícios comerciais.

Palavras-Chave

Gesso; Paredes 3D; Granulado de cortiça; Resíduos de celulose

3D decorative walls in plaster and cork for interior walls

ABSTRACT

The scarcity of resources, the increase on its price and the fact that they are harmful for the environment, has increased the search for new materials that can replace the existing ones, showing, however, economic benefits and the same or better productivity in construction.

The civil construction, in favour of sustainability, has been playing an important role in the recovery of waste from other industries. In this segment, with the addition of waste and natural materials for obtaining innovative, sustainable and profitable mortar, with better performance than traditional ones.

In this experimental investigation, was developed a composite based on plaster, with addition of granulated cork and cellulose fibers (a by-product resulting from the paper industry), with several percentages and different preparations.

It can be concluded that, although the composite's strengths have decreased, with the introduction of fibers it was obtained higher ductility. In addition, is possible to obtain the necessary mechanical characteristics and at the same timeto earning a considerable lightness face to the conventional gypsum boards.

Finally, an innovative application solution was tested with the possibility of easy replacement and non-destructive. This aspect is interesting especially for buildings requiring more frequent decorative changes such as commercial buildings.

Keywords

Waste; Plaster; 3D Walls; Granulated Cork

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Conteúdo da dissertação.....	3
2	GESSO NA CONTRUÇÃO	5
2.1	Introdução.....	5
2.2	Gesso	5
2.2.1	Generalidades do gesso	5
2.2.2	Origem do gesso.....	8
2.2.3	Processo de fabrico	9
2.3	Cortiça na construção	10
2.3.1	Generalidades da cortiça	10
2.3.2	Origem da cortiça.....	11
2.3.3	Propriedade da cortiça.....	14
2.3.4	Processo de fabrico	18
2.3.5	Campos de aplicação.....	20
2.4	Fibras de resíduos de papel	23
2.5	Placas em gesso 3D	24
3	MATERIAL COMPÓSITO.....	27
3.1	Conceito.....	27
3.2	Otimização da mistura.....	28
3.2.1	Introdução	28
3.2.2	Ensaio de espalhamento	28
3.2.3	Resultados experimentais.....	30

3.2.4	Análise de resultados	31
4	MATERIAIS UTILIZADOS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS.....	33
4.1	Programa experimental.....	33
4.1.1	Geometria dos provetes.....	33
4.2	Ensaio à flexão	35
4.3	Ensaio à compressão	37
4.4	Ensaio de absorção de água por capilaridade.....	38
4.5	Determinação da dureza superficial	40
4.6	Ensaio da caracterização das propriedades térmicas.....	41
4.7	Ensaio ao impacto	42
5	CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMPÓSITO	45
5.1	Introdução.....	45
5.2	Ensaio de resistência à flexão.....	45
5.2.1	Resultados experimentais.....	46
5.2.2	Análise de resultados	47
5.3	Ensaio de resistência à compressão.....	49
5.3.1	Resultados	49
5.3.2	Análise de resultados	50
5.4	Ensaio de absorção de água por capilaridade.....	52
5.4.1	Resultados experimentais.....	52
5.4.2	Análise de resultados	54
5.5	Determinação da dureza superficial do painel	54
5.5.1	Resultados experimentais.....	55
5.5.2	Análise de resultados	55
5.6	Caracterização das propriedades térmicas.....	56
5.6.1	Resultados do ensaio.....	56

5.6.2	Análise de resultados	57
5.7	Resistência ao impacto	58
5.7.1	Resultados do ensaio	58
5.7.2	Análise de resultados	60
6	Fixação da placa.....	61
6.1	Introdução.....	61
7	Construção de placa à escala real	65
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS.....	69
8.1	Conclusões.....	69
8.2	Trabalhos futuros.....	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1-Parede com placas de gesso 3D (Santos, 2018).....	2
Figura 2.1-Utilização de gesso cartonado (Companhia, 2018)	6
Figura 2.2-Utilização de blocos de gesso (Gesso, 2018).....	7
Figura 2.3-Revestimento com argamassa de gesso (Habitissimo, 2018)	8
Figura 2.4-Distribuição atual mundial do sobreiro (APCOR, 2010).....	13
Figura 2.5-Identificação da estrutura do tronco do sobreiro(Gil e Portugal, 1998)	17
Figura 2.6 –Utensílios de cortiça; a)Calçado de senhora; b)Rolhas; c)Mobiliário; d)Garrafeira; e) Calçado de homem; f)tapete de rato(APCOR, 2018)	21
Figura 2.7-Aplicação em uma habitação (APCOR, 2018)	23
Figura 2.8-Europac Portugal(Europac, 2018).....	24
Figura 2.9-Exemplo de uma cozinha (JetGesso, 2018).....	25
Figura 2.10-Exemplo de uma sala (JetGesso, 2018)	26
Figura 2.11-Exemplo de um quarto (JetGesso, 2018).....	26
Figura 3.1-Misturadora utilizada na amassadura.....	29
Figura 3.2-Mesa para ensaio de espalhamento	29
Figura 3.3-Medição do espalhamento de uma mistura ensaiada	29
Figura 3.4-Saturação das fibras; a) Fibra fornecida b) Fibra moída.....	32
Figura 4.1-Moldes; a) Provetes; b) Placas.....	33
Figura 4.2-Aspetto da amassadura.....	34
Figura 4.3-Moldes com o composto	34
Figura 4.4-Provetes.....	35
Figura 4.5-Armazenamento em estufa.....	35
Figura 4.6-a) Início do ensaio; b) Fim do ensaio.....	36
Figura 4.7-Esquema de ensaio uniaxial	37
Figura 4.8-Provete em rutura.....	38
Figura 4.9-Provete vedado.....	39
Figura 4.10- Esquema de ensaio de absorção por capilaridade(Institution, 2002).....	39
Figura 4.11-Ensaio capilaridade; a) Provetes mergulhados; b) Provetes durante o ensaio; c) Pesagem dos provetes.....	40
Figura 4.12-Esquema de ensaio da dureza superficial	41
Figura 4.13-Ensaio das placas	42

Figura 4.14-Teste de impacto com pequeno corpo duro (norma ISO 7892).....	43
Figura 5.1- Prensa Lloyd Instruments LR50K	46
Figura 5.2-Tensão de flexão para as diferentes misturas.....	47
Figura 5.3-Comportamento a flexão dos compósitos.....	47
Figura 5.4-Provete com gesso e cortiça.....	48
Figura 5.5-Provete de gesso e fibra moída	48
Figura 5.6-Provete de fibra moída depois do ensaio	49
Figura 5.7-Resultados da resistência media a compressão.....	50
Figura 5.8-Comportamento a compressão dos compósitos	50
Figura 5.9-Provete de gesso apos rutura.....	51
Figura 5.10-Provete com fibras após rutura	51
Figura 5.11-Coefficiente de absorção por capilaridade	53
Figura 5.12-Absorção por capilaridade ao longo do tempo	53
Figura 5.13-Pesos inicial e final	53
Figura 5.14-Perfundidade media da impressão	55
Figura 5.15-Máquina de ensaio de Alambeta.....	56
Figura 5.16-Conduktividade térmica.....	56
Figura 5.17-Abortividade térmica	57
Figura 5.18-Resistência térmica	57
Figura 5.19-Placa antes o ensaio	58
Figura 5.20-Resultado depois do primeiro ensaio.....	59
Figura 5.21-Resultado do segundo ensaio.....	59
Figura 5.22-Resultado do terceiro ensaio	60
Figura 6.1-Aspetto das placas com suporte colado	61
Figura 6.2-Suporte encastrado na placa.....	62
Figura 6.3-Placas em paredes de tabique.....	62
Figura 6.4-Exemplo 1	63
Figura 6.5-Exemplo 2	63
Figura 6.6-Armação; a) Vista sem as placas; b) Vista traseira.....	63
Figura 7.1-a) Molde da placa final; b) Molde com descofrante	65
Figura 7.2-Amassadura do material compósito.....	66
Figura 7.3-a) Uniformização da argamassa; b) Secagem da placa.....	66
Figura 7.4-Placa final	66
Figura 7.5-a) Adição de pigmentos amarelos; b) Adição de pigmentos Verdes	67

Figura 7.6-Exemplo de parede..... 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1-Produção mundial de cortiça (APCOR, 2010)	12
Tabela 2.2-Área mundial de montado(APCOR, 2010, 2018)	14
Tabela 3.1-Variação dos componentes em traço (volume)	27
Tabela 3.2- Quantidades dos componentes em percentagem	30
Tabela 3.3- Resultados do ensaio de espalhamento	31
Tabela 5.1-Força máxima de flexão para as diferentes misturas.....	46
Tabela 5.2-Resultados do ensaio a compressão.....	49
Tabela 5.3-Coeficiente de Absorção de água por Capilaridade	52
Tabela 5.4-Dureza da superfície	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

As restrições económicas e ambientais a que o planeta está sujeito obrigam a que se encontrem alternativas mais económicas e amigas do ambiente em todos os setores de atividade. Aplicando esta lógica à indústria da construção, tornou-se indispensável repensar e encontrar alternativas viáveis tanto aos materiais a usar como às técnicas até então comuns (Sharifi *et al.*, 2017). A lógica deste trabalho segue exatamente estas linhas mestras, na tentativa de alcançar uma solução que satisfaça essa premissa.

Como o consumo de energia na construção também continua a aumentar, é cada vez mais necessária a sua redução através de uma melhoria da eficiência energética. O melhoramento das propriedades térmicas dos materiais de construção é uma das estratégias que visa contribuir para a melhoria de eficiência energética em edifícios (Sharifi *et al.*, 2017).

O gesso é um material de construção geralmente usado em paredes divisórias, como teto falso e em elementos decorativos (Li e Ren, 2011).

Neste momento, existem paredes em gesso decorativas 3D para revestimento de paredes interiores como podemos ver na Figura 1 (Santos, 2018). Contudo, não parece existir muita inovação neste tipo de revestimentos, uma vez que até à data parece não se verificar a existência de placas decorativas com outros materiais incorporados.

Encontram-se apenas estudos sobre compósitos de gesso com incorporação de materiais porosos (Kang *et al.*, 2017) para utilização em blocos ou placas de uma forma geral, mas não para este tipo de placas decorativas. Entre os materiais porosos estudados destacam-se por exemplo: aparas e pó de madeira (Pedreño-Rojas *et al.*, 2017); cortiça (Hernández-Olivares *et al.*, 1999); e resíduos de poliestireno extrudido (San-Antonio-Gonzalez *et al.*, 2015).

De facto, a cortiça é produto de origem nacional, natural, hidrofóbico e renovável com propriedades térmicas e acústicas muito interessantes devido à sua microestrutura e porosidade e, por isso, poderá melhorar as características térmicas do gesso.

O presente trabalho consiste em melhorar as propriedades térmicas do gesso utilizado em placas decorativas para paredes recorrendo à incorporação de cortiça na mistura.



Figura 1.1-Parede com placas de gesso 3D (Santos, 2018)

1.2 Objetivos

Propõe-se neste estudo desenvolver placas em gesso para paredes interiores com uma finalidade decorativa, mas também procurar obter alguma melhoria em termos térmicos mediante a utilização da cortiça e de fibras de celulose (subproduto resultante da indústria do papel).

A componente decorativa será obtida através do acabamento 3D e da adição de pigmentos ao gesso, assim como de outros materiais. Deste modo, pode obter-se um acabamento diferente das tradicionais paredes lisas realizadas com tijolo ou com gesso cartonado.

Com este estudo, é esperado obter-se um sistema de revestimento para interiores com acabamento decorativo aperfeiçoado e de fácil aplicação.

1.3 Conteúdo da dissertação

A organização vai estar dividida nos 8 capítulos:

- Capítulo 1- Serão apresentados os diversos objetivos que se propõe atingir com a presente investigação, assim como o seu enquadramento temático (que será nela abordado).
- Capítulo 2 – Neste capítulo, será apresentada uma pesquisa de publicações existentes sobre o tema em estudo, em que são descritos todos os processos que influenciam a cortiça, o gesso e as fibras a utilizar. Também serão realçadas as principais vantagens e inconvenientes destes materiais.
- Capítulo 3 – No presente capítulo, explicar-se-ão os principais objetivos desta investigação e será definida a razão água ligante de todos os provetes.
- Capítulo 4 – Este capítulo explica os procedimentos de ensaio feitos nesta investigação.
- Capítulo 5 – Neste capítulo, é apresentada a parte experimental, a caracterização mecânica do compósito e descrição do mesmo e também englobará uma parte de análise e discussão dos resultados. Abordar-se-ão vários ensaios como o da compressão, flexão, dureza superficial, capilaridade, resistência ao impacto e ensaio térmico. Por fim, serão analisados todos os resultados.
- Capítulo 6 – Neste capítulo, será desenvolvida uma forma inovadora de aplicação das placas desenvolvidas, com recurso ao desenho 3D, para demonstrar algumas alternativas.
- Capítulo 7 – Para concluir o trabalho, será feita uma placa à escala real, e neste capítulo serão explicados e demonstrados os passos da sua construção.
- Capítulo 8 – Conclusões finais desta dissertação e descrição de futuras investigações a realizar sobre o tema desenvolvido.

2 GESSO NA CONTRUÇÃO

2.1 Introdução

Já no VIII milénio a.C., o gesso era utilizado nas construções feitas pelo homem. Descobertas arqueológicas confirmam o seu uso em obras de arte e decoração. Gesso e cal eram usados para base de peças decorativas (Peres *et al.*, 2001).

O período compreendido entre o século XII e o século XVIII é marcado pelo alastramento do uso do gesso na Europa, em especial, com a utilização de argamassas de gesso em habitações antigas em Portugal. (da Silveira Paulo *et al.*, 2007). A partir do século XVIII, o uso do gesso popularizou-se, passando a ser bastante utilizado na construção bem como na correção de solos (Eires *et al.*, 2007, Lima *et al.*, 2005).

A partir do século XX, em função da evolução industrial e de um maior avanço tecnológico dos equipamentos para a fabricação do gesso, melhora-se o produto facilitando a sua forma de aplicação (Le Plântre, 1982). O desenvolvimento de novas técnicas para o uso do gesso favoreceu a fabricação de materiais como gesso cartonado, blocos em gesso e argamassa de revestimento. Com o desenvolver da arte com gesso, também a qualidade e desempenho aumentou nos diferentes fins (CINCOTTO, 1988).

2.2 Gesso

2.2.1 Generalidades do gesso

Nos nossos dias, devido, cada vez mais, a uma maior escassez de recursos e ao facto de serem mais caros e poluentes, surge a necessidade de encontrar novos materiais de construção, que, para além de ser menos agressivos e mais económicos, também aumentem o nível de produtividade da construção e as condições sociais dos ocupantes sem gastos excessivos (Sarmiento *et al.*, 2017).

O gesso é um material há muito utilizado, cujas primeiras utilizações remontam ao início da civilização humana. Este material é um dos mais comuns na construção civil, usado, um pouco por todo o mundo, para revestir paredes interiores e tetos, quer sob a forma de estuque, quer sob a forma de outros produtos. Uma das principais utilizações do gesso é na produção de placas de gesso acartonado, que são produzidas industrialmente e são

compostas por placas de gesso à base de água que contém aditivos, prensadas entre duas folhas de cartão (TORGAL e JALALI, 2008).

O gesso é extraído a partir da desidratação da pedra de gesso, de seguida triturada até ficar em pó. Este material, devido à sua fácil trabalhabilidade, tem um processo simples de extração que faz com que tenha um impacto ambiental muito baixo e ainda possa ser reciclado, o que confere uma construção mais sustentável (TORGAL e JALALI, 2008).

O uso do gesso acartonado pode trazer uma série de vantagens em relação às feitas em alvenaria revestidas com argamassa, tais como: a execução é mais rápida e mais limpa, como é feita mecanicamente, sem necessidade de água. Para além da perda de material ser reduzida, ou seja a obra fica mais limpa e organizada, o que pode contribuir para encurtar prazos. Sendo mais leve também se vai economizar na estrutura do edifício, haverá um maior aproveitamento das áreas visto que as paredes são mais finas. Os acabamentos serão mais rápidos e baratos, dado que não há necessidade de regularizar superfícies, de cortes e quebras de paredes para embutimento de instalações, pois as tubagens são instaladas no interior das paredes, junto com a montagem das placas. Todas essas vantagens e características mostram uma outra forma de construir, diferente da tradicional, usada até aqui. Na forma tradicional, com alvenaria e betão, tudo é feito na obra através de técnicas construtivas artesanais, com profissionais das ocupações tradicionais, como o pedreiro, entre outros. As paredes de gesso acartonado, por sua vez, são feitas com placas pré-fabricadas em indústrias e na obra são apenas montadas, exigindo um profissional diferente, isto é, um montador. A estrutura de fixação das placas é feita através de perfis e peças metálicas e podem ser utilizada quer em paredes divisórias quer em tetos falsos como vemos na Figura 2.1 (CIVIL e LIMA, 2012).



Figura 2.1-Utilização de gesso cartonado (Companhia, 2018)

Os blocos de gesso (Figura 2.2), são cada vez mais frequentes e apresentam vantagens significativas quando comparadas à construção de divisórias em alvenaria de blocos cerâmicos. As vantagens técnicas que mais se destacam são uma maior resistência mecânica, podem ser removíveis facilmente sem deixar marcas, apresentam maior isolamento térmico e acústico por unidade de espessura e conduzem a um menor peso nos elementos estruturais. As vantagens económicas que se evidenciam são a maior produtividade e o menor custo global das paredes e menor espessura, que significa mais aproveitamento do espaço, menor utilização de área na construção. A nível ambiental, destacam-se pela menor quantidade de Energia Incorporada na produção e na aplicação dos constituintes por unidade de área, menor degradação ambiental por unidade de volume e de produção dos materiais e componentes constituintes, menor energia utilizada nas etapas de transporte e produção dos materiais constituintes e menor quantidade de água utilizada na produção das paredes internas (SOBRINHO *et al.*, 2011).



Figura 2.2-Utilização de blocos de gesso (Gesso, 2018)

A pastas de gesso para o revestimento de superfícies de paredes interiores tem ganho espaço na indústria de construção civil. A possibilidade deste material diminuir o consumo de recursos físicos da obra é uma das vantagens, uma vez que o mesmo pode ser aplicado diretamente sobre a alvenaria, substituindo o revestimento em argamassa. Com grande capacidade de aderência aos substratos, acabando longos prazos de cura para um posterior acabamento, facilita a execução dos acabamentos decorativos, podendo até dispensar a tradicional pintura (Figura 2.3)(MAEDA e SOUZA, 2000).



Figura 2.3-Revestimento com argamassa de gesso (Habitissimo, 2018)

2.2.2 Origem do gesso

A pedra de gesso ou a gipsita é um mineral relativamente abundante na natureza. A sua extração consiste em um aquecimento de cerca de 140°C e 160°C, temperaturas não muito elevadas, e de seguida redução a pó. Como a cal, o gesso é dos mais antigos materiais de construção fabricado pelo homem (Oliveira, 2009).

Escavações na Síria e na Turquia revelaram que o gesso é utilizado desde há oito mil anos antes da era comum, na forma de rebocos que serviam de apoio a frescos, decorativos, no preparo do solo e confeção de recipientes. Escavações em Jericó revelaram o uso do gesso em moldagem há seis mil anos. O gesso é bastante conhecido na grande pirâmide erguida no Egito, no ano de 2.800 antes da nossa era, que consiste numa das mais antigas contradições do emprego do gesso na construção, pois, a sua execução seguiu uma técnica até hoje não esclarecida, nas juntas de assentamento estanques, de precisão, entre imensos blocos de cerca de 16 toneladas que constituem o monumento (Oliveira, 2009).

Também existe registo do filósofo Theofrase que viveu entre o IV e III século antes de cristo, que ficou conhecido pelo “tratado da pedra” que é o documento mais antigo direcionado para o gesso. Theofrase citou a existência de geseiras em Chipre, na Fenícia e na Síria, e dizia que o gesso era utilizado, como argamassa, para a ornamentação, nos afrescos, nos baixos relevos e na feitura de estátuas (Maranhão de Farias Santana, 2008).

Na Síria e na Turquia foi revelado que a utilização de gesso nas construções há oito mil anos era comum, assim como na preparação de solos, na confeção de recipientes e na forma de reboco. Também é conhecido que em Jericó, há seis mil anos, este material era utilizado na moldagem. No Egito, na grande pirâmide, foi descoberta uma das mais

antigas aplicações de gesso na construção, nas juntas de assentamento de estanque, entre 16 toneladas de blocos que constituem o monumento (Costa, 2007).

O início do conhecimento dos processos construtivos foi feito pelos “pedreiros do gesso”, como eram conhecidos. Para o aproveitamento das construções de madeira, empregava-se o gesso no modelo da construção. Em Paris, o gesso foi muito utilizado, após a invasão Romana, na fabricação de sarcófagos decorados, sendo que inúmeros exemplares foram encontrados nos dias de hoje, quase intactos. No fim da Idade Média, as construções passaram a usar gesso e argamassa por diversas vantagens (Maranhão de Farias Santana, 2008).

Os bárbaros usaram o gesso nas suas construções em África, como barragens e canais; por muitos séculos garantiram a sua rega das palmeiras de Mozabe, assim como nas suas habitações, juntando gesso e terra (Silva, 2008).

Em 1292, foi escrita uma carta que fala em 18 jazidas para a exploração de pedra de gesso em Paris. O gesso era utilizado em colocação de placas de madeira, em argamassas na construção de chaminés monumentais (Cavalcanti, 2013).

No século XVIII, o gesso foi tão bem sucedido que 75% dos hotéis e a totalidade dos prédios públicos e populares eram realizados em panos de madeira e argamassa de gesso. O uso do gesso nessa época era tão rudimentar que só em 1768 é que Lavoisier fez o primeiro estudo científico do que acontece na preparação do gesso (Costa, 2007).

Só no século XIX é que Van t'Hoff e Lêe Chatelier, trabalharam para a explicação científica da desidratação da gipsita. A partir da evolução industrial, do Século XX, é que o gesso deixou de ser feito com equipamentos rudimentares, passaram a usar uma maior tecnologia e assim facilitaram a sua trabalhabilidade (Costa, 2007).

2.2.3 Processo de fabrico

O processo de fabrico do gesso compreende o cumprimento de 3 etapas, a seguir:

- 1º Extração;
- 2º Trituração e homogeneização;
- 3º Cozedura.

A extração pode ser feita em céu aberto ou profundidade, dependendo de onde ela se encontra. Após a extração, a pedra de gesso passa por várias fases de preparação que antecedem a cozedura, que se destina a promover a sua desidratação. A pedra de gesso encontra-se em profundidade e extrai-se, geralmente, com a ajuda de explosivos em condições normalmente à superfície, com condições propícias, gerando uma variedade de tamanhos de pedra (TORGAL e JALALI, 2008).

2.3 Cortiça na construção

2.3.1 Generalidades da cortiça

Ao contrário do que a maioria das pessoas pensa, as rolhas de cortiça não foram utilizadas pela primeira vez em garrafas, mas sim em aparelhos que se destinavam à pesca na China, Egito, Pérsia e Babilónia. De seguida, a cortiça foi encontrada em vários artefactos como bóias, sapatos de mulher e telhados em Itália. Finalmente, datadas do século I a.C., foram encontradas rolhas de cortiça (APCOR, 2010, Gil, 2005).

O primeiro documento sobre o sobreiro foi escrito no século I, quando na civilização grega se destaca a sua importância como símbolo de honra em que só os sacerdotes o podiam cortar (Cortiça, 2012).

A cortiça é obtida na sua maioria a partir da casca do sobreiro, existindo, no entanto, outra espécie de carvalho produtor de cortiça. O mais importante produtor de cortiça, o sobreiro, é encontrado principalmente em Portugal, Espanha e norte da África, sendo Portugal o principal produtor, seguindo-se Espanha (Cortiça, 2012).

A casca do sobreiro está organizada em várias camadas que denotam a formação anual da cortiça em anéis crescentes. As cortiças são tiradas, no verão, pela primeira vez ao fim de 25 anos, e depois a cada 9 anos (Cortiça, 2012).

A cortiça é composta por pequenas células ligadas por uma resina. Cada célula é preenchida com CO₂. De acordo com o celebrou?? a conjectura de Lord Kelvin, que estabelece que, uma superfície de 14 lados requer o mínimo de material para cobrir qualquer volume. Graças a esta celular estrutura, a cortiça é compressível e recupera a sua forma original depois de remover a tensão. Portanto, a cortiça é um bom material de isolamento (Bussler e Cooke, 1961).

Existem quatro produtos principais de construção obtidos a partir da cortiça natural. A primeira é a cortiça natural, tratada com vapor para alisá-la e para obter lajes finas e laminadas de dimensões muito finas. A segunda é a aglomerada ou a cortiça expandida, de cor castanha escura, devido ao processo quente de fabrico a 350°C e 300 kPa (Hernández-Olivares *et al.*, 1999). Este material é usado principalmente como isolamento acústico e térmico e é um produto bem conhecido, constituído por grânulos mais pequenos do que a cortiça aglomerada. Um agente de ligação é usado em vez da resina natural. A última é a cortiça borracha (Stoner, 2017).

Alguns outros produtos obtidos a partir da cortiça foram investigados para aplicações de construção, mas todos eles são baseados nesses quatro materiais. Por exemplo, alguns tipos de lajes de sanduíche, foram descritos em outro lugar (Carvalho, 1996), e o betão cozido de madeira de cortiça tem sido investigado como material absorvente acústico para o tráfego rodoviário (Hernández-Olivares *et al.*, 1999).

A cortiça é um material escasso. No entanto, embora tenham sido mencionadas as importantes aplicações na indústria da construção, há muitos resíduos de madeira cortiça e cortiça, tanto da indústria transformadora como da limpeza e poda de florestas, sem utilização industrial. De facto, uma grande quantidade de grânulos de cortiça pode ser obtida a partir da poda dos ramos de sobreiros e dos velhos troncos. Uma única empresa em Cáceres (Espanha), com uma única máquina de corte, produz 500 toneladas de carvão a partir da poda dos sobreiros, e agora, eles oferecem via Internet 5000 toneladas para todo o mundo para os negócios. Nesta preocupação, os resíduos de grânulos de cortiça são também utilizados como material combustível de carvão para processos de cerâmica, telhas e cozedura de tijolos (Hernández-Olivares *et al.*, 1999).

Assim, este trabalho recolhe uma análise experimental sobre a compatibilidade entre grânulos de cortiça e gesso, ou seja, gesso hemihidratado e água, para obter um novo material compósito principalmente para aplicações em edifícios.

2.3.2 Origem da cortiça

Das matérias primas mais utilizados no mundo, a cortiça tem um importante papel e várias aplicações. A cortiça desde sempre teve grande ligação com o vinho, sendo que as grandes fábricas se localizam junto a zonas de produção de vinho, no litoral do país (APCOR, 2018).

A cortiça tem origem no sobreiro, que é uma árvore que consegue desenvolver-se sem qualquer tipo de cuidado como fertilizantes químicos ou naturais e rega (APCOR, 2018).

Na colheita da cortiça são exigidas precauções, por isso é um trabalho feito por pessoas com experiência. O período da retirada de cortiça normalmente é feito entre Maio e Agosto, época em que a cortiça se encontra mais solta do tronco (APCOR, 2018).

Normalmente, é feito o primeiro descortiçamento do sobreiro 25 anos após a sua plantação, sendo a cortiça extraída chamada de cortiça virgem. A partir daí é feita a sua colheita em intervalos de 9 anos (APCOR, 2018).

A cortiça virgem é apenas utilizada para o fabrico de aglomerado porque contém várias irregularidades na sua estrutura. O segundo descortiçamento também ainda não é o mais indicado, visto a sua estrutura não estar ainda bem definida. Só no terceiro descortiçamento é que a cortiça começa a ter qualidades mínimas para as rolhas (APCOR, 2018).

Tabela 2.1-Produção mundial de cortiça (APCOR, 2010)

País	Produtividade anual (toneladas)	Percentagem
Portugal	100.000	49.6
Espanha	61.504	30.5
Marrocos	11.686	5.8
Argélia	9.915	4.9
Tunísia	6.962	3.5
Itália	6.161	3.1
França	5.200	2.6
Total	201.428	100

A produção mundial de cortiça ultrapassa as 200 mil toneladas por ano. Nesta área, Portugal e Espanha conseguem uma liderança mais destacada do que têm em termos de área florestal do sobreiro, representando, em conjunto, mais de três quartos da produção mundial. Portugal continua a liderar a produção mundial de cortiça com uma produção média anual de mais de 100 mil toneladas (APCOR, 2010).

A área de montado tem crescido cerca de 3%, nos últimos 10 anos, como consequência de alguns programas de reflorestação. Mais de 130 mil hectares foram plantados em Portugal e Espanha, nos últimos 10 a 15 anos, com uma densidade de aproximadamente 120 a 150 sobreiros por hectare (APCOR, 2010).

O montado pode apresentar-se como uma densa floresta ou como uma área de pastagem ou mato intercalada por árvores. A densidade média é de, aproximadamente, 80 árvores por hectare, embora possa chegar a 120 árvores ou mais, sendo que 5 % da área total pode ser utilizada para culturas cerealíferas como o trigo, a cevada ou a aveia, e 40 % para pastagens (APCOR, 2010).

O sobreiro é uma árvore cuja origem data da Era Terciária (65 Milhões de anos). Considera-se que tenha surgido na região do mar Tirreno, tendo progressivamente migrado para as atuais zonas mediterrânicas (Portugal, Espanha, Marrocos, Argélia, Tunísia, Itália e França), que são caracterizadas por períodos de seca estival e invernos amenos (Figura 2) (Neto, 2012).

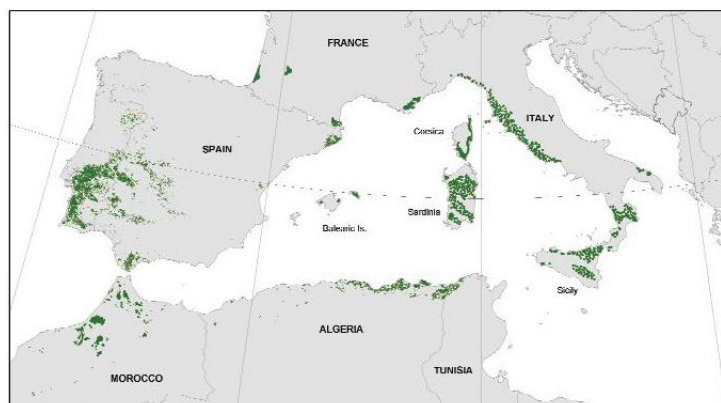


Figura 2.4-Distribuição atual mundial do sobreiro (APCOR, 2010)

Existindo também no Sul de França, costa de Itália, Ilhas Sicília, Córsega e Sardenha. Com uma área de 1.44 milhões de hectares de área ocupada na Europa e 0.7 milhões de hectares na África do sul (APCOR, 2010, 2018).

Tabela 2.2-Área mundial de montado(APCOR, 2010, 2018)

País	Área (hectares)*	Porcentagem
Portugal	736.775	34
Espanha	574.248	27
Marrocos	3830.120	18
Argélia	230.000	11
Tunísia	85.771	4
França	65.228	3
Itália	64.800	3
Total	201.428	100

*Fonte: Portugal: IFN, 2013; Espanha: MARM, 2007; Itália: FAO, 2005; França: IM Liège, 2005; Marrocos: HCEF Mrroc, 2011; Argélia: EF, 2009; Tunísia: Ben Jama, 2011.

2.3.3 Propriedade da cortiça

Vinda da casca dos sobreiros, a cortiça é um tecido vegetal totalmente natural, constituída com células microscópicas que têm gás idêntico ao do ar e revestida por suberina e lenhina. Nenhuma tecnologia conseguiu, até hoje, imitar ou igualar a abrangência de aplicações e atributos que a cortiça tem (APCOR, 2018).

É uma matéria-prima, 100% reutilizável, 100% natural e 100% reciclável extraída dos sobreiros sem prejudicar de alguma forma o normal desenvolvimento da espécie e sem danificar a árvore. A cortiça extraída é totalmente aproveitada, mas depois de transformada, por exemplo em rolhas, pode voltar a entrar no processo produtivo. As rolhas de cortiça podem ser recicladas por trituração. O granulado resultante desse

processo pode ser utilizado em outros produtos como, por exemplo, solas de sapatos, painéis de revestimento e bóias de pesca (APCOR, 2010, 2018).

A sua capacidade de flutuar advém da sua composição que conta com mais de 50% de volume de ar, pesando apenas 0.16 gramas por centímetro cúbico (APCOR, 2018).

A cortiça é totalmente impermeável a líquidos e praticamente impermeável a gases, graças à suberina e cerina presentes na constituição das suas células. A sua resistência à humidade permite-lhe envelhecer sem se deteriorar (APCOR, 2018).

A capacidade acústica deste material vem dos 40 milhões de células que contém em cada centímetro cúbico de cortiça que funcionam como um autêntico absorvedor de decibéis, tornando-a num excelente isolante de som e vibrações. Em questões térmicas a sua estrutura molecular permite absorver calor e conservá-lo por muito tempo. Pode ser comprimida até cerca de metade da sua largura sem perder qualquer flexibilidade e descomprime recuperando a sua forma inicial e volume assim que deixa de ser pressionada. Flexibilidade que é dada pelas suas células estanques e constituídas por uma mistura gasosa semelhante ao ar. É o único sólido que sendo comprimido de um lado não aumenta de volume do outro. Dada a sua elasticidade é capaz de se adaptar às variações de temperatura e pressão sem sofrer variações (APCOR, 2018).

A sua capacidade de resistir ao fogo vem da lenta combustão da cortiça, o que a torna um retardador natural do fogo e uma espécie de barreira contra os incêndios. A cortiça não faz chama e não liberta gases tóxicos durante a combustão (APCOR, 2018).

O material supracitado é antiestático e hipoalergénico pois não absorve o pó, evita o aparecimento de ácaros e, por isso, contribui para a proteção contra alergias (APCOR, 2018).

A cortiça é resistente ao desgaste, graças à sua estrutura em favo de mel, é muito menos afetada pelo impacto ou atrito do que outras superfícies duras (APCOR, 2018).

A cortiça é constituída por células pentagonais e hexagonais, sendo que a altura de um destes minúsculos prismas ronda os 40 a 50 micrómetros. As células mais pequenas medem 20 ou mesmo só 10 micrómetros. Em média, existem cerca de 40 milhões de células em cada centímetro cúbico de cortiça ou aproximadamente 800 milhões de células numa única rolha de cortiça (APCOR, 2018).

As grandes qualidades da cortiça só podem ser compreendidas depois de uma análise minuciosa da sua composição química, onde se identificam os seus vários compostos e respetivos valores médios (APCOR, 2018):

- Suberina (45%);
- Lenhina (27%);
- Polissacáridos (12%);
- Ceróides (6%);
- Taninos (6%);

Suberina é a principal componente da cortiça, que é uma mistura orgânica a partir de qual a célula é formada deixando-a assim impermeável. Este componente tem propriedades notáveis pois é praticamente infusível, insolúvel na água, no álcool, e nos ácidos sulfúrico e clorídrico (APCOR, 2018).

A essência da cortiça é definida pelas suas células que estão agrupadas numa estrutura bem característica. Todas as células são preenchidas por uma mistura de gases semelhante ao ar. Uma placa de cortiça contém, por exemplo, cerca de 60% de elementos gasosos, o que explica a sua extraordinária leveza. É este agregado de pequenas almofadas que concedem à cortiça uma compressibilidade fora do vulgar, ao mesmo tempo, graças à impermeabilidade que a suberina dá às paredes da célula da cortiça. O gás contido na célula não pode sair, sendo o fundamento da elasticidade do tecido e também da sua má condutibilidade térmica. Possui uma massa volúmica média de cerca de 200 kg/m³ (APCOR, 2010).

Numa análise macroscópica à cortiça, aquando da extração das árvores, observa-se a parte exposta, o “entrecasco”, que vai sendo desligado pelas sucessivas camadas de novas células que se vão formando no interior, as quais formam a “raspa”, que é o principal constituinte da “costa” da cortiça, que seca, contrai e endurece, fendilhando devido ao crescimento (APCOR, 2018).

Analogamente, a parte interna do tecido suberoso, que corresponde à última camada de crescimento anual (Figura 2.5) tem menor elasticidade do que as outras camadas e apresenta orifícios dos canais lenticulares (poros). tem menor elasticidade do que as outras camadas e apresenta orifícios dos canais lenticulares (poros). A porosidade está

estritamente ligada à qualidade da cortiça. A cortiça virgem não apresenta raspa (Gil e Portugal, 1998).

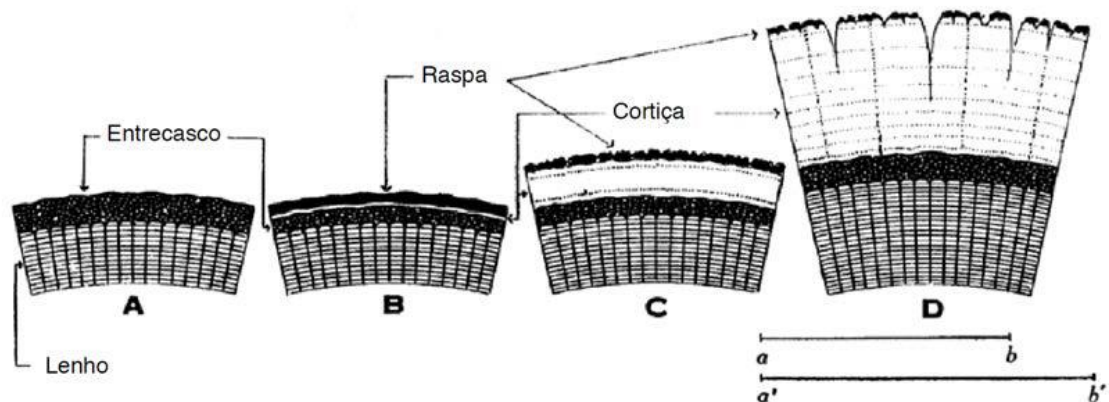


Figura 2.5-Identificação da estrutura do tronco do sobreiro(Gil e Portugal, 1998)

Ao longo da espessura da cortiça são observáveis os anéis de crescimento, distinguíveis por serem constituídos por células formadas com diferentes dimensões e com diferentes espessuras das suas paredes celulares, de acordo com as épocas em que são formadas, na primavera/verão ou no outono/inverno. Há alguns aspetos exteriores que costumam ser considerados como indicadores da qualidade da cortiça: a cor clara da cortiça virgem, a lisura, macieza e pequena espessura da costa na cortiça amadia. Em última análise, a qualidade da cortiça é determinada pela homogeneidade da sua “massa”. Dentro das discontinuidades, existem os canais lenticulares que atravessam radialmente a cortiça e que transversalmente dão origem aos poros. O tipo de poros, a sua dimensão, quantidade e distribuição, são um fator (porosidade) determinante na qualidade da cortiça (Gil e Portugal, 1998).

A cortiça pode apresentar uma série de defeitos estruturais ou outros (por exemplo, mancha amarela, verde, presença de insetos, etc.) que são importantes para aplicações rolheiras mas não para os produtos transformados, aplicados na construção civil (Gil e Portugal, 1998).

As secções perpendiculares a estas três direções são designadas por tangencial, transversal e radial (Gibson, 1988). No entanto, a anisotropia deixa de ser sentida quando temos um aglomerado de cortiça, dada a orientação aleatória dos grânulos, o que acontece com produtos de cortiça para a construção civil (Gil e Portugal, 1998).

2.3.4 Processo de fabrico

Descortiçamento é o primeiro processo de transformação de cortiça, um trabalho realizado por especialistas, que consiste na extração da casca dos sobreiros. Este processo é realizado em intervalos de nove anos e é executado em 6 etapas (Cortiça, 2012).

A primeira etapa consiste em golpear a cortiça no sentido vertical, escolhendo a fenda mais profunda nas ranhuras da casca. Ao mesmo tempo, torce-se o machado para separar a prancha do entrecasco. É possível calcular o grau de dificuldade de cada extração pelo “toque” do machado. Ao aplicar-se o gume do machado sobre a prancha, se a cortiça estiver a “dar bem”, ouve-se um som oco característico do rasgamento. Quando está a “dar mal”, o machado emite um som curto, firme e seco. De seguida, a segunda etapa consiste na separação da prancha com a introdução do gume do machado entre a barriga da prancha e o entrecasco. Depois, executa-se um movimento de torção do machado entre o tronco e a cortiça que se pretende separar. Na terceira fase, traça-se um corte horizontal e delimita-se o tamanho da prancha de cortiça a sair e aquela que fica na árvore. Durante a traçagem, são frequentes as sequelas deixadas no entrecasco e, por vezes, estas mutilações acabam por alterar a geometria do tronco. Na quarta etapa, começa a extração, a prancha é cuidadosamente retirada da árvore para não se partir. Quanto maiores forem as pranchas extraídas, maior será o seu valor comercial. É a destreza e a habilidade dos descortidores que permitem a obtenção das pranchas por inteiro. Retirada a primeira prancha, repetem-se estas operações para libertar todo o tronco. Por sua vez, a quinta etapa consiste na extração das pranchas e mantém-se aderentes alguns fragmentos de cortiça junto à base do tronco. Para retirar os possíveis parasitas que existam nos calços do sobreiro, o descortidor dá algumas pancadas com o olho do machado. Por fim, na sexta e última etapa marca-se a árvore, usando o último algarismo do ano em que foi realizada a extração (Cortiça, 2012).

O período de repouso, tem por objetivo garantir a estabilidade e a maturação da cortiça. A cortiça pode ser empilhada no interior de edifícios ou no exterior, ficando, neste último, exposta às condições ambientais, mas nunca deverá estar em contacto com madeira, pois esta poderá transmitir fungos indesejáveis à cortiça. Todas as pilhas são formadas tendo em conta regras próprias e muito restritas de modo a permitir a estabilização da cortiça. Devem ser empilhadas sobre materiais que não contaminem a cortiça e que evitem o seu

contacto com o solo. O tempo de repouso das pranchas nunca deve ser inferior a seis meses (Cortiça, 2012).

Após o período de repouso, a cortiça segue para a indústria onde é preparada para a produção de vários produtos. A primeira etapa da preparação da cortiça, após repouso, é colocá-la sob a forma de pranchas a cozer, em água limpa, durante cerca de uma hora, resultando uma cortiça limpa, isenta de substâncias hidrossolúveis, com espessura aumentada (resulta daqui a baixa densidade). Este procedimento permite tornar a cortiça mais elástica e macia. Após este processo, é necessário que a cortiça volte a estabilizar por um período de cerca de três semanas, garantindo assim que ganhe a consistência necessária para poder ser trabalhada (Cortiça, 2012, Esteves, 2010).

As pranchas, depois de estabilizadas, seguem por norma para a indústria rolheira, onde, numa primeira fase, são rabaneadas e posteriormente brocadas. A rabaneação consiste em cortar as pranchas em tiras com largura ligeiramente superior ao comprimento das rolhas e a brocagem consiste em perfurar as tiras de cortiça com uma broca. Daqui resultam desperdícios, que são aproveitados para a obtenção de granulado e rolhas, que entram num processo de retificação para as dimensões pretendidas (Cortiça, 2012, Esteves, 2010)

As rolhas passam ainda por um processo de seleção, lavagem e desinfeção com ácido paracético ou água oxigenada (Cortiça, 2012, Esteves, 2010).

A cortiça tem muitas outras aplicações além das rolhas. Os aglomerados são também um produto com bastante mercado, sendo obtidos a partir de desperdícios (cerca de 80% do total do peso do aglomerado) e de cortiça preferencialmente virgem, amadia, ou ainda de má qualidade (Cortiça, 2012, Esteves, 2010).

Os aglomerados são produzidos com o objetivo de criar um produto com características semelhantes à cortiça original, sendo de três tipos; brancos, negros e rubbercork: O aglomerado branco, ou composto, resulta da trituração de cortiça virgem com os grãos que são ligados por substâncias naturais ou sintéticas, mas nunca com a própria cortiça (Cortiça, 2012, Esteves, 2010).

O aglomerado negro, puro, resulta de desperdícios de cortiça que são triturados e sujeitos a altas temperaturas. Das elevadas temperaturas, resulta um produto de cor negra, de onde advém o seu nome. A aglutinação é obtida graças à degradação térmica da cortiça, que

faz com que os grãos se unam uns aos outros, formando o aglomerado (Cortiça, 2012, Esteves, 2010).

O rubbercork consiste numa mistura de cortiça com borracha. A borracha atua como ligante e oferece a sua resiliência ao aglomerado. Da fusão desta propriedade com as propriedades da cortiça, como resistência mecânica e estabilidade dimensional, resulta um produto flexível, elástico e sólido (Cortiça, 2012, Esteves, 2010).

2.3.5 Campos de aplicação

Nos últimos anos, a cortiça tem sido alvo de um grande estudo de forma a ter as mais diversas aplicações. Pelos factos e provas adquiridas, estima-se que os primeiros utensílios feitos de cortiça datam mais de 5000 anos, e eram usados na pesca. Nos nossos dias, momento em que definitivamente se desenvolveram estudos sobre este material, há provas de que era usado nas seguintes aplicações (APCOR, 2018, Gonçalves, 2005, Salvador, 2001, Silva *et al.*, 2005):

- Telhados de casas;
- Sapatos de mulher;
- Rolhas de cortiça;
- Para vedação, como as rolhas de cortiça e discos para tampas de bebidas e de medicamentos;
- Para artefactos como garrafeiras, bases, tapetes de rato, malas, sacos, Roupas em cortiça;
- Sapatos e suas solas;
- Artigos decorativos para casa ou escritório como almofadas e cadeiras;
- Pavimentos e revestimentos;
- Juntas de automóveis;
- Recolha de óleo derramado;
- Produtos para a indústria química, militar, aeronáutica e farmacêutica;
- No isolamento térmico, acústico, de telhados, parede dupla, pavimentos, tetos falsos, etc...

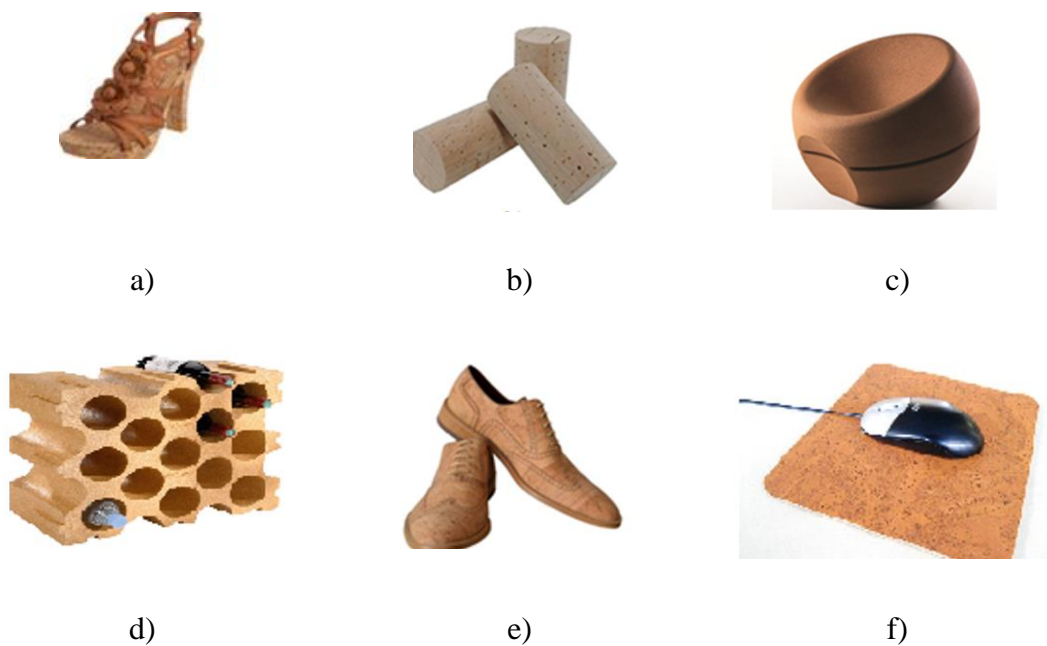


Figura 2.6 –Utensílios de cortiça; a)Calçado de senhora; b)Rolhas; c)Mobiliário; d)Garrafeira; e) Calçado de homem; f)tapete de rato(APCOR, 2018)

Os aglomerados de cortiça, neste momento, estão em crescente expansão em diversas aplicações, pois dadas as suas propriedades únicas, tornam estes materiais extremamente úteis. Como exemplo:

Aplicações dos Aglomerados Negros

- Aplicações como isolante térmico, acústico e vibratório;
- Elemento decorativo;
- Revestimento de pavimentos com sub-pavimentos em forma de folha;

Aplicações dos Aglomerados Brancos

- Painéis de afixação;
- Peças de calçado;
- Impressoras informáticas;
- Caixas e tabuleiros;
- Capacetes de proteção;
- Tecido de vestuário e papel;
- Embraiagens e freios de servos sistemas;
- Isolante para os transformadores e comutadores elétricos;
- Bolas de hóquei, bolas de baseball entre outras;
- Raquetes de ténis de mesa e tacos de golfe;

Aplicações do Rubbercork

- Para indústrias automóveis, naval, espacial, aérea e elétricas;
- Juntas de máquinas, motores e transformadores;
- Pavimentos com elevada intensidade de tráfego;
- Juntas de expansão e anti vibratórios;
- Embraiagens e freios de servos sistemas;
- Isolante para os transformadores e comutadores elétricos.

Na construção civil, as características únicas da cortiça potenciam a sua utilização em revestimentos e pavimentos de edifícios. Do soalho ao telhado, em paredes ou janelas, a cortiça é sinónimo de conforto, é antialérgica e durável. A melhoria da eficiência energética numa sociedade cada vez mais ecológica é também uma vantagem que sobressai neste material (APCOR, 2018).

A aplicação da cortiça na construção é, ainda, encontrada em juntas de dilatação, recheios de caixas de ar, em câmaras frigoríficas, coberturas de tubagens de aquecimento e ar condicionado e nas bases de máquinas para absorção de vibrações e ruídos. Pelas suas capacidades únicas, a cortiça é também utilizada em betões leves e juntas de expansão para estradas, pontes, caminhos de ferro, barragens ou aeroportos (APCOR, 2018).

A cortiça em pavimentos permite regular a temperatura ambiente, dado o seu desempenho como isolante térmico e acústico. Desta forma, proporciona conforto em locais que necessitam de cuidados especiais, como por exemplo, hospitais, escolas, jardins de infância, teatros, cinemas, edifícios comerciais, salas de conferências. Os pavimentos com cortiça amortecem os choques dado a sua elasticidade, diminuem o ruído devido à sua capacidade de absorção, e são confortáveis, naturais, ecológicos, higiénicos, resistentes e de fácil manutenção. A aposta no design e nas mais avançadas tecnologias de preparação e o tratamento de superfícies permitem disponibilizar os mais variados tipos de texturas, cores e formatos que acompanham as tendências da moda (APCOR, 2018).

Todos os anos surgem novos produtos com base na cortiça como novas coleções de pavimentos que refletem visuais semelhantes a outros materiais – como madeira, couro, pedra, etc. Aparecem no mercado produtos com diferentes texturas, lisas ou rugosas, com variadas cores e dimensões, que permitem combinações entre pisos de diferentes coleções

para facilitar a decoração de ambientes. Surgem ainda outros produtos para aplicações em paredes com uma variedade de cores e texturas (APCOR, 2018).



Figura 2.7-Aplicação em uma habitação (APCOR, 2018)

2.4 Fibras de resíduos de papel

As fibras de resíduos de papel foram fornecidas pela empresa Europac. Esta empresa está presente em todas as áreas da indústria do papel e cartão para embalagens, desde a gestão integral de resíduos à exploração florestal como fonte das matérias-primas necessárias para o fabrico de papéis reciclados e kraftliner (Europac, 2018).

As suas instalações de Espanha, França e Portugal, produzem cartão e caixas como produto final (Europac, 2018).

O Grupo Europac fabrica produtos recicláveis e biodegradáveis a partir de matérias-primas recicladas e naturais (Europac, 2018).



Figura 2.8-Europac Portugal(Europac, 2018)

As fibras de papel reciclados foram fornecidas pela empresa Europac, onde as suas instalações em Portugal se situam no distrito de Viana do Castelo. Estas fibras são resíduos da indústria de papel, que produz cerca de 10 mil toneladas por ano. Por esse motivo, é um material com grande potencial de fornecimento com custos inexistentes. O produto referido é um resíduo resultante do processo da transformação de papel/cartão usados (papel para reciclar) em pasta, que, posteriormente, é usada para fabrico de papel. Tratando-se de um resíduo, deve ser privilegiada a hierarquia de gestão de resíduos (reutilização, reciclagem, valorização material/energética e por última deposição em aterro). A utilização dada na instalação é a valorização energética. Neste estudo, pretende-se avaliar a valorização do material incorporando-o no material compósito. Estas informações foram dadas pela colaboradora da Europac que nos forneceu as fibras.

2.5 Placas em gesso 3D

Já lá vão os tempos em que os móveis e objetos decorativos em geral são os únicos objetos de decoração. As paredes ganham cada vez mais importância nesse campo, com projetos mais versáteis e que marcam a diferença. Afinal, como uma tela em branco, os profissionais podem dar asas à criatividade e aproveitar as tendências de mercado para criar composições que deixam aquele toque personalizado (JetGesso, 2018).

Este tipo de acabamentos, placas 3D, dá um aspeto moderno, volume e movimento às paredes, deixando um ambiente criativo e inovador. É um novo estilo de decoração, que agora tem vindo a impor-se cada vez mais no mercado, trazendo elegância, modernização e criatividade. Este sistema de placas, quando se unem dá uma forma uniforme e com

efeito personalizado. Colocado em qualquer espaço como residências, consultórios, hotéis, entre outros (TuaCasa, 2018).

Normalmente, os painéis de gesso 3D são feitos sobre uma parede de alvenaria ou uma parede de “drywall”, composta por uma estrutura de aço galvanizado e chapas de gesso revestidas de papel acartonado. Há duas formas de aplicá-lo: através de uma estrutura montada contra a parede ou com aplicação direta na própria parede. O fechamento é feito na parte interna. No caso do “drywall”, recomenda-se utilizar reforço de madeira. O desenho que causa o efeito 3D é feito de acordo com o tamanho da parede. Geralmente, o desenho não muda, poderá haver somente alteração no tamanho das placas que o compõem (TuaCasa, 2018).

A diferença entre o gesso 3D e o gesso comum está no efeito visual e estético, já que o primeiro confere dimensão extra às paredes, garantindo um aspeto diferente, elegante e moderno a qualquer ambiente, como vemos os exemplos em cozinhas (Figura 2.9), salas (Figura 2.10) e quartos (Figura 2.11) (Cagnani, 2018).

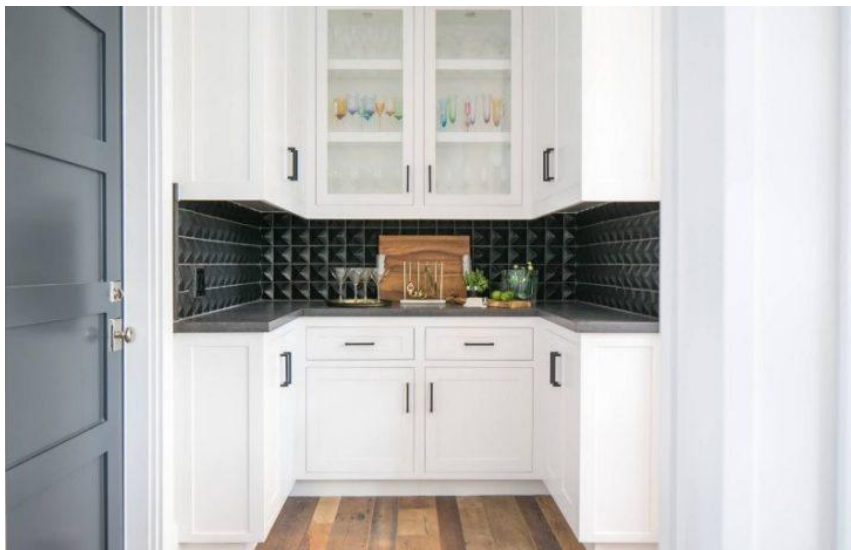


Figura 2.9-Exemplo de uma cozinha (JetGesso, 2018)



Figura 2.10-Exemplo de uma sala (JetGesso, 2018)



Figura 2.11-Exemplo de um quarto (JetGesso, 2018)

3 MATERIAL COMPÓSITO

3.1 Conceito

Os objetivos principais desta investigação é o desenvolvimento de um material compósito à base de gesso com incorporação de granulado de cortiça. Este material compósito tem o objetivo de ser usado em placas de gesso para interior com finalidade decorativa, procurando-se uma melhoria térmica e acústica com a utilização da cortiça.

Os materiais envolvidos nesta investigação são a água, o granulado negro de cortiça e as fibras de papel ou celulose (resíduo resultante da produção de papel reciclado).

Irão ser testadas 7 possíveis quantidades de material para ensaiar e comparar os resultados para otimizar o compósito, como podemos ver na Tabela 3.1.

Tabela 3.1-Variação dos componentes em traço (volume)

Mistura	Gesso	Cortiça	Fibra Reciclada
C100F0	1	1	0
C75F25	1	0.75	0.25
C50F50	1	0.5	0.50
C25F75	1	0.25	0.75
C0F100	1	0	1
C0FM100 (fibra moída)	1	0	1
C0F0	1	0	0
C50FM50 (fibra moída)	1	0.5	0.5

3.2 Otimização da mistura

3.2.1 Introdução

De acordo com a norma Europeia EN13279-2 (2004), com o objetivo de otimização da mistura para se obter um material trabalhável, o espalhamento, que deve ser utilizado para um material que tem por base o gesso, deverá ter cerca de 160mm de diâmetro.

O ensaio foi realizado de acordo com seguintes passos:

- O espalhamento idealmente deve estar em os 160mm, mas podendo ter uma margem de erro de 5mm.
- Utilização do molde troncocónico
- A mesa a utilizar é a mesa metálica.
- Dar 15 pancadas de compactação
- Esperamos 10 a 25 segundos antes de retirar o molde troncocónico

Neste processo do ensaio, partimos do princípio que fixamos a mesma quantidade de gesso, de granulado de cortiça e de fibras, variando somente a percentagem de água até o espalhamento ser adequado.

3.2.2 Ensaio de espalhamento

O ensaio de espalhamento foi feito conforme a norma EN13279-2 (2004).

Depois de pesar com a balança disponível no laboratório, com a precisão de 0.1g, o processo de amassadura começa por juntar a água, o gesso e, de seguida, a cortiça e/ou os resíduos de fibra, na máquina de mistura, ilustrada na Figura 3.1, durante 1 minuto e 30 segundos, a uma velocidade lenta (velocidade mais baixa possível na máquina de mistura).



Figura 3.1-Misturadora utilizada na amassadura

De seguida, já com o molde troncocónico, lubrificamos (Figura 3.2) com óleo descofrante e vira-se a mistura para o molde troncocónico assente na mesa de espalhamento.



Figura 3.2-Mesa para ensaio de espalhamento

Esperar 15 segundos e retirar o molde, de seguida deu-se 15 pancadas, uma por segundo, e verificou-se o espalhamento é cerca de 160mm de diâmetro.



a)



b)

Figura 3.3-Medição do espalhamento de uma mistura ensaiada

3.2.3 Resultados experimentais

As percentagens de matéria em termos de peso em cada um dos provetes estão indicados na Tabela 3.2, utilizando sempre a mesma percentagem de gesso e variando a quantidade de cortiça e dos resíduos de fibra.

Tabela 3.2- Quantidades dos componentes em percentagem

Mistura	Gesso	Granulado de cortiça	Resíduos de fibra
C100F0	100	0.036	0
C75F25	100	0.0273	0.1515
C50F50	100	0.0182	0.303
C25F75	100	0.0091	0.455
C0F100	100	0	0.606
C0FM100 (fibra moída)	100	0	0.606
C0F0	100	0	0
C50FM50 (fibra moída)	100	0.0182	0.303

Depois de algumas tentativas para encontrar a percentagem de água para se obter o espalhamento pretendido, obtivemos a Tabela 3.3, que nos diz a quantidade de material para cada uma das 7 possibilidades.

De realçar, que a mistura padrão é à base de água e gesso, com a razão água/ligante de 0.485, para que se possa comparar com todas as restantes misturas.

Tabela 3.3- Resultados do ensaio de espalhamento

Mistura	Razão água/ligante	Espalhamento(mm)
C100F0	0.64	164/165
C75F25	0.64	166/168
C50F50	0.58	161/165
C25F75	0.55	165/167
C0F100	0.52	163/167
C0FM100	0.52	164/168
C0F0	0.49	163/166
C50FM50	0.58	164/165

3.2.4 Análise de resultados

Com os primeiros ensaios de fibra, houve grandes dificuldades de trabalhabilidade, visto que as fibras estavam com cerca de 50% de umidade (informação dada pelo fornecedor). Por esse motivo, teve de estabilizar-se a umidade nas fibras, colocando-as cerca de 24h completamente submersas em água, para atingir os 100% de umidade, como vemos na Figura 3.4.



a)



b)

Figura 3.4-Saturação das fibras; a) Fibra fornecida b) Fibra moída

Para uma maior uniformização da mistura, também foram feitos provetes com fibra moída com uma varinha de cozinha, para ver se teria melhores resultados nos ensaios que se iriam concretizar.

Analisando a Tabela 3.3 pode concluir-se que a adição de fibras e cortiça dificultaria a trabalhabilidade do composto. Por isso, houve um aumento de percentagem de água em todas as adições, independentemente da quantidade de fibra e de cortiça, aumentando a absorção de água.

4 MATERIAIS UTILIZADOS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS

4.1 Programa experimental

Neste subcapítulo é descrita toda a investigação realizada. Começou-se por definir as composições base. Fixaram-se as percentagens de gesso, variando as de cortiça, de água e de fibra, como pudemos ver no subcapítulo anterior.

Numa fase inicial foram realizados ensaios à flexão, compressão, dureza superficial e resistência ao impacto, isto é, ensaios destrutivos. Acompanhando estes ensaios, também foi efetuado o ensaio de absorção de água por capilaridade, um ensaio não destrutivo.

4.1.1 Geometria dos provetes

De acordo com as normas a utilizar, serão precisos provetes de duas geometrias, o que envolve dois tipos de molde.



a)



b)

Figura 4.1-Moldes; a) Provetes; b) Placas

Processo de amassadura

Para cada tipo de mistura, foi feita, na misturadora da Figura 3.1, uma amassadura para o volume total necessário para 6 provetes.

Antes da amassadura, é necessária a limpeza e lubrificação com óleo descofrante dos moldes. (Figura 4.1).

Verificando o ensaio de espalhamento, seguimos os mesmo passos do subcapítulo 3.2.2. Primeiro misturamos o gesso e a água durante 30 segundos, seguiu-se a adição da cortiça e/ou da fibra na mistura, por essa ordem, deixando-se misturar 1 minuto e 30 segundos, ficando com o aspeto da Figura 4.2.



Figura 4.2-Aspeto da amassadura

No fim, a mistura foi vertida para os moldes, deixando curar à temperatura e humidade ambiente



a)



b)

Figura 4.3-Moldes com o composto

Posteriormente, iniciou-se o processo de cura dos provetes em ambiente não controlado dentro do Laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, deixando-os endurecer.

Durante o tempo de desmoldagem, controlou-se manualmente o ganho de presa e quando se verificou que o provete estava endurecido foi descofrado. Verificaram-se tempos de presas diferentes para composições variadas.



Figura 4.4-Provetes

Após o processo de desmoldagem, os provetes foram armazenados em ambiente controlado, em estufa a 40°C, durante 7 dias.



a)



b)

Figura 4.5-Armazenamento em estufa

4.2 Ensaio à flexão

A amostra de teste foi colocada nos apoios a uma distância de 50mm do centro (como vemos na Figura 4.7), e o rolo de carga foi aplicado pela máquina com uma pré-carga aproximadamente 10N, dando-se, posteriormente, o início do carregamento.

De forma a garantir que o ensaio de cada provete terminaria entre os 30s e os 90s, o mesmo realizou-se a uma velocidade de carregamento de 0.005mm/s.

De seguida, registaram-se as cargas ao longo tempo e deu-nos um gráfico. O ensaio é dado como terminado quando o provete chegar à rutura (Figura 4.6) e não oferecer resistência à máquina. Assim, com o gráfico conseguimos ver a carga máxima em newtons suportados pelo corpo de prova.

De acordo com a norma, a resistência à flexão máxima é determinada pela expressão

$$Pf = 0.00234P \quad \text{Equação 4.1}$$

onde:

Pf é a resistência à flexão, em N/mm²;

P é a carga média de rutura.



a)



b)

Figura 4.6-a) Início do ensaio; b) Fim do ensaio

4.3 Ensaio à compressão

A resistência à compressão deve ser determinada através da aplicação de uma carga na metade partida do corpo de prova utilizado para a determinação da resistência à flexão.

O ensaio pode ser feito seguindo o procedimento utilizados no ensaio a flexão. Se houver um atraso entre a determinação da resistência à flexão e à resistência à compressão, as partes do prisma a serem testadas devem ser armazenadas em um dessecador.

Colocar o provete de prova entre as placas de aço de modo que os lados do prisma que estavam em contacto com os lados dos moldes estejam em contacto com os pratos sobre uma seção de 40 mm x 40 mm.

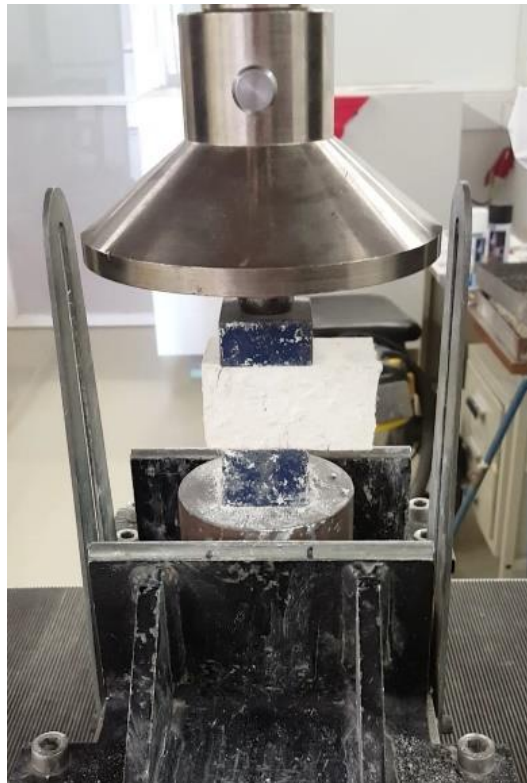


Figura 4.7-Esquema de ensaio uniaxial

A placa superior pode inclinar-se de modo que o contato perfeito seja feito entre a peça de teste e o cilindro. O eixo de rotação da placa superior passa pelo centro das superfícies que estão sendo comprimidas. O corpo de prova deve ser carregado até sua ruptura.



Figura 4.8-Provetes em rutura

Para o cálculo da resistência à compressão, vamos fazer a média de 6 ensaios para cada amostra. O valor médio dos 6 valores do ensaio deve ser calculado e expresso em N / mm². A carga R_C de resistência à compressão é calculada pela fórmula:

$$R_C = \frac{F_C}{1600} \quad \text{Equação 4.2}$$

Onde:

R_C - é a resistência à compressão, em N / mm²;

F_C - é a carga máxima na fratura, em N;

1600- 40 mm x 40 mm é a área das placas em mm²

4.4 Ensaio de absorção de água por capilaridade

De acordo com a norma, começa-se pela secagem dos provetes em um forno ventilado uma temperatura de 60 ° C ± 5 ° C. A massa constante é atingida se, durante o processo de secagem em duas pesagens subsequentes com um intervalo de 24 horas, a perda de massa entre as duas determinações não for superior a 0,2% da massa total.

Para garantir que durante o ensaio a água não escoa pelas laterais dos provetes, foram vedados com silicone em todas as suas faces, menos a que está em contacto com a água e a superior.



Figura 4.9-Provete vedado

De seguida, colocou-se as amostras no tabuleiro, com as faces partidas dos prismas viradas para baixo, apoiadas na base do tabuleiro, imersos em água a uma profundidade entre 5 e 10 mm durante todo o ensaio (Figura 4.10). Para garantir a imersão total dos provetes de superfície áspera, evitando que as bolhas de ar fossem capturadas por baixo deles, mergulhou-se o provete com inclinação.

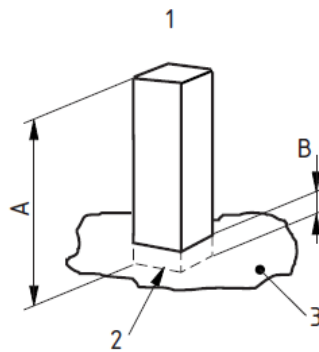


Figura 4.10- Esquema de ensaio de absorção por capilaridade(Institution, 2002)

1-amostra de prisma;

2-face final quebrada do prisma;

3-superfície da água;

A-Altura do prisma;

B Imersão entre 5 e 10 mm.

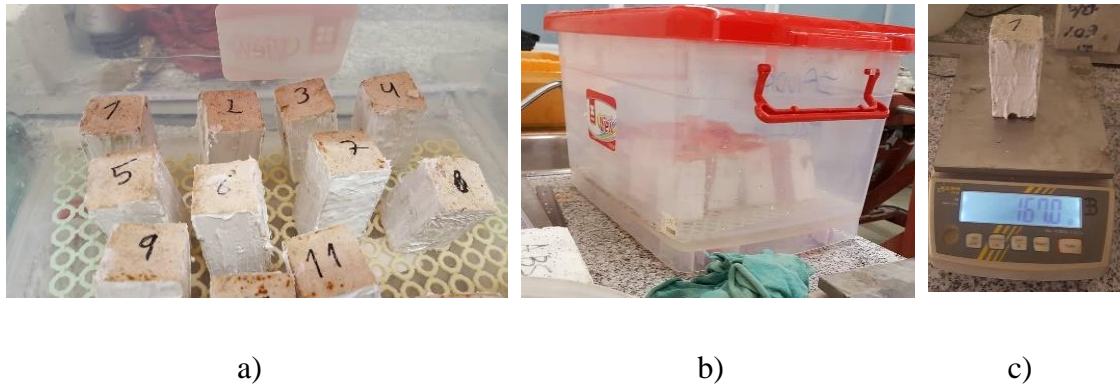


Figura 4.11-Ensaio capilaridade; a) Provetes mergulhados; b) Provetes durante o ensaio; c) Pesagem dos provetes

O coeficiente de capilaridade corresponde ao declive da linha de tendência da curva de absorção capilar nas primeiras horas de ensaio, quando há uma reação linear entre a água absorvida por unidade de superfície.

4.5 Determinação da dureza superficial

Efetua-se a determinação nas duas faces longitudinais da amostra (por exemplo, as faces laterais em contato com o molde).

Aplica-se a força em ângulos retos à face sendo testada, no plano passando pelo eixo lateral, e em três pontos, a distância entre eles é o quarto do comprimento. No entanto, os pontos extremos devem estar situados a pelo menos 20 mm das extremidades.

Aplica-se uma carga de 10 N, e logo depois, em 2 s, aumenta-se a carga para $200 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$ e mantém-se por 15 s. Em seguida, mede-se a profundidade da impressão.

A dureza H, em newtons por milímetro quadrado, é dada pela fórmula

$$H = \frac{F}{\pi \times D \times t} = \frac{20 \times 1000}{\pi \times 1 \times t} = \frac{6366}{t} \quad \text{Equação 4.3}$$

Onde:

F- É a carga, em N;

D- É o diâmetro da bola, em mm;

t- É a profundidade média das impressões em μm .

Regista-se no relatório de teste, em grupos de três, correspondendo a cada face testada, a profundidade das 6 impressões. Calcula-se a média aritmética t e indica-se o número de resultados entre 0,9t e 1,1t. Deve excluir-se valores para impressões que mostram poros óbvios.



Figura 4.12-Esquema de ensaio da dureza superficial

4.6 Ensaio da caracterização das propriedades térmicas

O aparelho Alambeta consiste num bloco metálico com temperatura constante (32°C), a qual difere da temperatura da amostra (20°C). Quando a medida se inicia, a cabeça de medida baixa toca a superfície plana da amostra a medir, que se situa na base do aparelho, sob a cabeça de medição. Neste momento, a temperatura da superfície da amostra muda bruscamente e o aparelho regista a evolução do fluxo de calor. Simultaneamente, é medida a espessura da amostra.

Irá avaliar-se seguintes parâmetros;

- λ - condutividade térmica (propriedade estacionária ou dinâmica – $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{K}$).

Exprime a quantidade de calor que flui pelo material, por unidade de comprimento.

- b - absorvidade térmica (propriedades transitória – $\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^{\circ}\text{K}$).

Representa o fluxo instantâneo que ocorre entre dois corpos com diferentes temperaturas.

- R - Resistência térmica (propriedades estacionárias – $m^2 \text{ } ^\circ\text{K/W}$).

Exprime a resistência oferecida por um dado material ao fluxo de calor: razão entre a espessura e a condutividade térmica.

- h (mm) – espessura do material

Para este ensaio, foi utilizado o molde 200 mm x 200mm e foram feitas com uma espessura entre 10mm e 20mm (para concretização das placas foi utilizado o molde da Figura 4.1 b).



Figura 4.13-Ensaio das placas

4.7 Ensaio ao impacto

Os painéis foram fixos numa parede de betão armado existente. A fixação foi feita por calhas de alumínio, usualmente utilizadas na fixação de paredes de gesso cartonado.

A amostra, que conta com quatro perfis de metal encastrados (espaçadas por 150mm da parte inferior e superior do painel), será fixa por gravidade a dois perfis (espaçados por 300mm).

O impacto será feito por corpo rígido, que se desenvolverá por uma esfera de aço com 0.500kg. O ensaio foi realizado de acordo com a Figura 4.33 com $L=4.5\text{m}$.

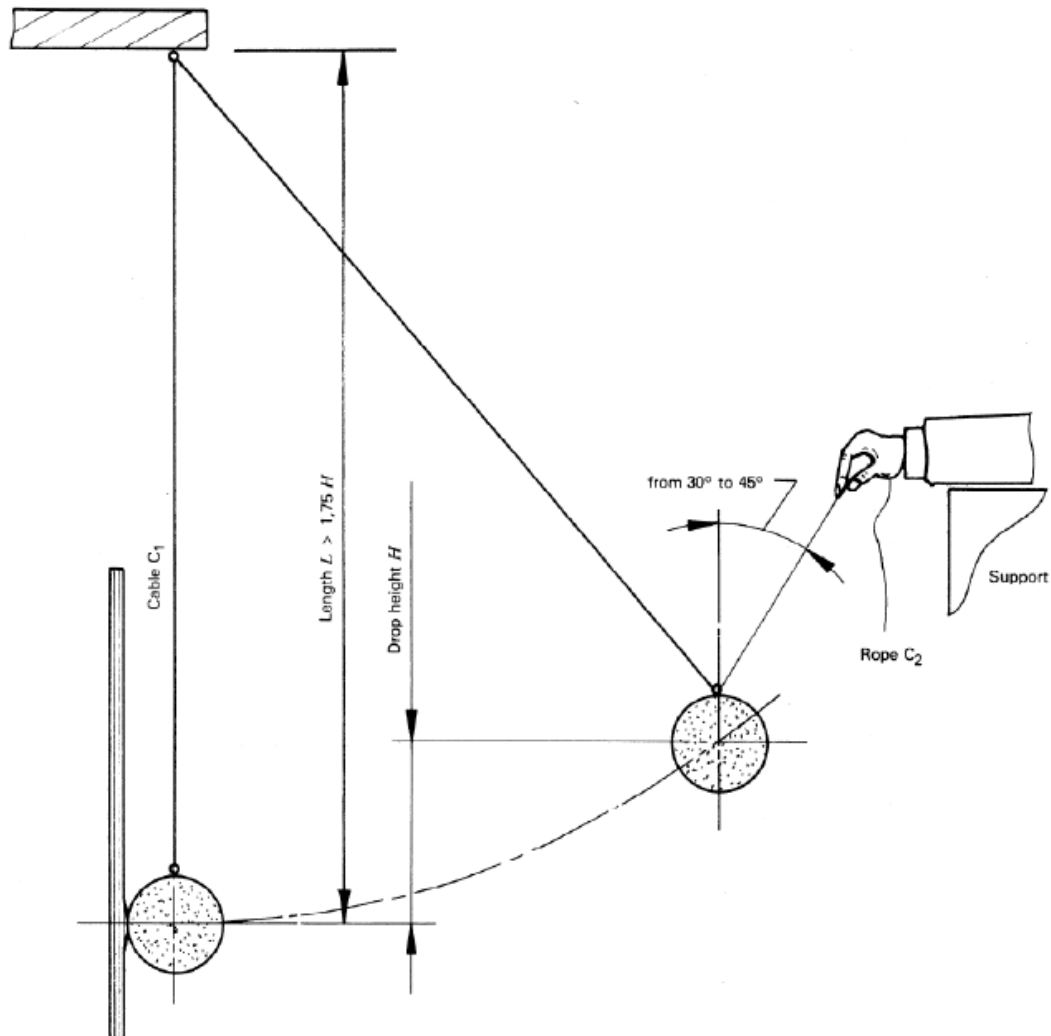


Figura 4.14-Teste de impacto com pequeno corpo duro (norma ISO 7892)

Impactos de corpo duro (3 Joules) foram realizados com a esfera de aço pesando 0,500 kg e a partir de uma altura de 0,61 m.

5 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMPÓSITO

5.1 Introdução

Neste capítulo são descritos todos os ensaios experimentais de caracterização do material, apresentação e análise de resultados.

Para melhor conhecimento das características do material compósito, foram realizados vários ensaios experimentais de modo a conhecer as propriedades mecânicas, que nos permitem comparar diferentes propriedades do material compósito.

No estudo experimental foram utilizadas oito tipos de composições, sendo o parâmetro a quantidade de fibras e cortiça no composto.

Estes ensaios experimentais têm como principal objetivo a realização de um estudo comparativo entre as propriedades mecânicas dos diferentes compósitos. A caracterização mecânica foi obtida através da realização de ensaios de flexão, compressão, dureza superficial e absorção por capilaridade.

5.2 Ensaio de resistência à flexão

Os ensaios à flexão foram realizados segundo a norma EN 13279-2: 2004.

Para a determinação da resistência a flexão é descobrir a resistência necessária para partir um prisma de gesso 160mm x 40mm x 40mm suportada por 2 apoios simples, a 100mm de distância, depois de ter passado por um processo de cura, sendo ele a passagem por uma estufa a 40°C durante 7 dias.

Os ensaios da resistência à flexão foram realizados na máquina disponível no laboratório da Universidade do Minho, a prensa hidráulica Lloyd Instruments LR50K.(Figura 5.1)



Figura 5.1- Prensa Lloyd Instruments LR50K

5.2.1 Resultados experimentais

Com os ensaios concluídos obtivemos os seguintes resultados.

Tabela 5.1-Força máxima de flexão para as diferentes misturas

Mistura	Força de Flexão (N)	Tensão (Mpa)
C25F75	608,86	1,35
C75F25	1162,98	2,55
C50F50	892,67	1,97
C0F100	540,45	1,26
C100F0	1175,63	2,62
C0FM100	769,06	1,73
GESSO	1928,96	4,44
C50FM50	981,68	2,27

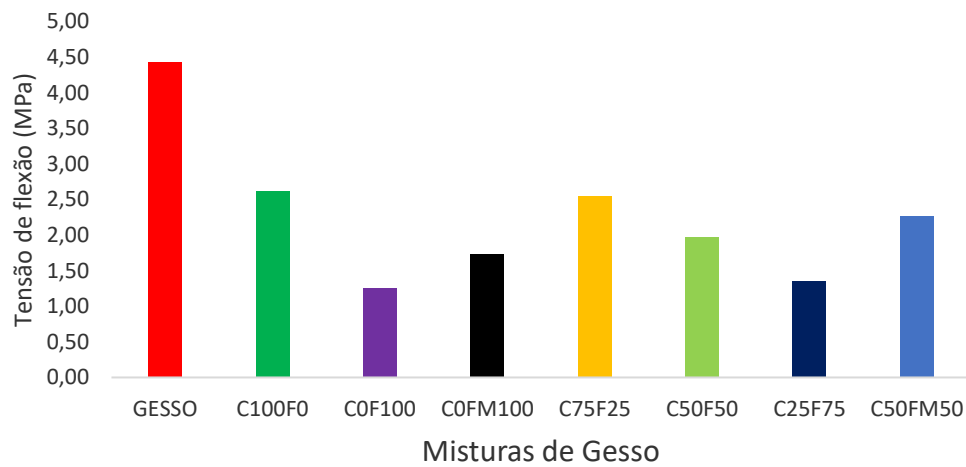


Figura 5.2-Tensão de flexão para as diferentes misturas

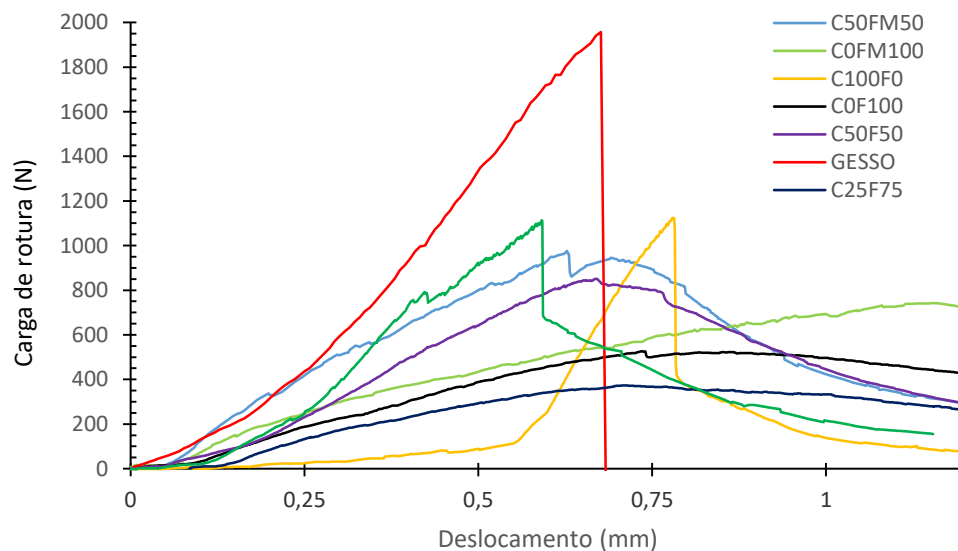


Figura 5.3-Comportamento a flexão dos compósitos

5.2.2 Análise de resultados

Em análise aos resultados do ensaio à flexão, pode concluir-se que qualquer uma das adições ao gesso irá piorar o seu desempenho em termos de resistência à flexão relativamente à mistura padrão. Uma explicação possível, é que as adições funcionam como vazios no gesso.

Examinando a Tabela 5.1 e Figura 5.2, verifica-se uma grande queda na resistência do gesso nas misturas com mais cortiça, caindo para menos de metade do que a mistura base, por provocarem muitos vazios no composto, dando resistência quase nula à mistura.

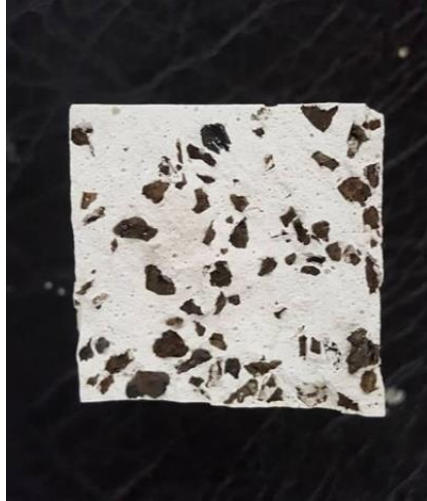


Figura 5.4-Provete com gesso e cortiça



Figura 5.5-Provete de gesso e fibra moída

Por fim, também se pode concluir que as fibras provocam vazios no compósito, o que lhe tira grande parte da resistência, principalmente nas fibras não moídas. Por outro lado, estes tipos de fibras oferecem grande ductilidade à nossa mistura, o que pode ser facilmente detetado através da análise das curvas na Figura 5.3. Em vez de termos uma grande queda na sua resistência, esta vai se perdendo ao longo do tempo.



Figura 5.6-Provete de fibra moída depois do ensaio

5.3 Ensaio de resistência à compressão

Os ensaios à compressão, como o ensaio anterior, foram realizados com base na norma EN 13279-2: 2004.

Os ensaios de compressão foram efetuados utilizando as duas metades resultantes do ensaio à flexão. Este ensaio tem como objetivo determinar a força necessária para provocar a rotura dos provetes, permitindo calcular a tensão de rotura à compressão do material.

5.3.1 Resultados

Com os ensaios concluídos, obtiveram-se os seguintes resultados.

Tabela 5.2-Resultados do ensaio a compressão

Mistura	Carga(N)	Tensão (MPa)
C25F75	2807,15	1,68
C75F25	6343,22	3,81
C50F50	5723,67	3,44
C0F100	4947,62	3,09
C100F0	7818,47	4,71
C0FM100	4103,31	2,49
GESSO	16277,10	10,05

C50FM50	6297.36	3.90
---------	---------	------

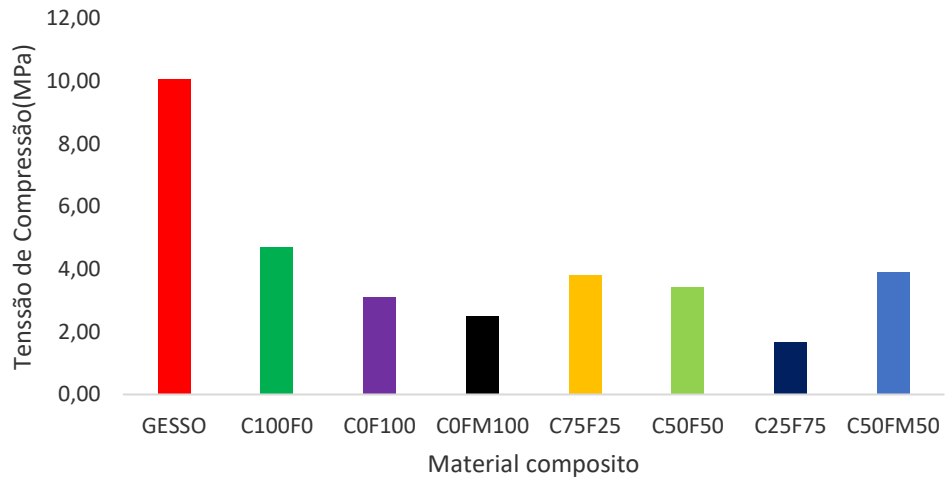


Figura 5.7-Resultados da resistência média a compressão

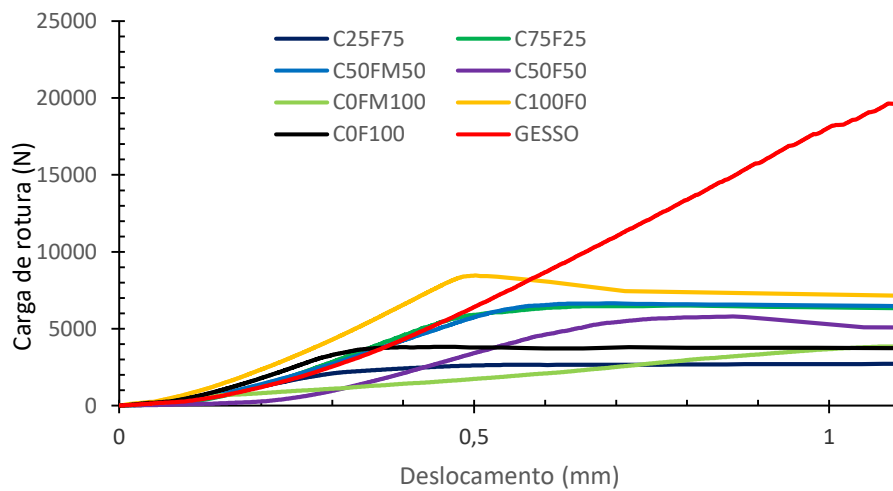


Figura 5.8-Comportamento a compressão dos compósitos

5.3.2 Análise de resultados

Em análise aos resultados obtidos na tensão de compressão, podemos efetivamente referir que os resultados de todas as misturas são bastante inferiores à mistura base, o que se pode justificar com o facto da cortiça e das fibras funcionarem como vazios.

Com o fim do ensaio, também temos variações no tipo de rutura, na mistura base (só gesso) verifica-se uma rutura estrondosa e completamente destrutiva (Figura 5.9), não dando sinal que está em decadência. Os provetes com cortiça, com muito menos resistência, também se comportam de maneira idêntica.

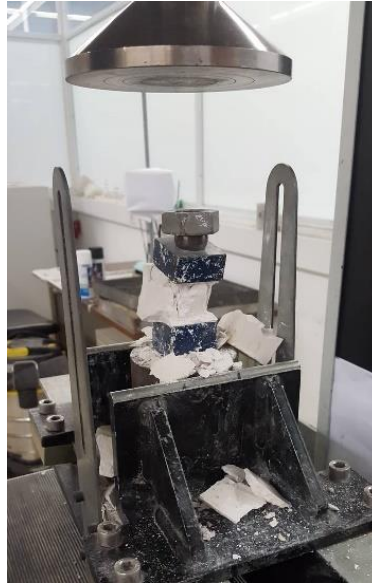


Figura 5.9-Provete de gesso após rutura

Já os provetes com fibras têm um modo de rutura bastante diferente, dando alguns sinais que a rutura está próxima, apresentando-se como uma deformação visível. Depois da rutura não há tantos estragos, porque as fibras “agarram” o gesso após a sua rutura, sendo muito menos destrutivo como vemos na Figura 5.10.



Figura 5.10-Provete com fibras após rutura

5.4 Ensaio de absorção de água por capilaridade

Este ensaio tem como objetivo a determinação do coeficiente de capilaridade, que nos permite saber a percentagem de água absorvida por capilaridade de um provete. O ensaio foi realizado com base na Norma EN 1015-18:2002.

5.4.1 Resultados experimentais

Depois da conclusão do ensaio, obtiveram-se os seguintes resultados

Tabela 5.3-Coeficiente de Absorção de água por Capilaridade

Misturas	Absorção de água por capilaridade (g/mm ²)
C50F5	4,9986
C100F0	3,2091
C0F100	5,2036
C75F25	3,7477
C25F75	6,8325
C0FM100	7,7332
GESSO	4,1155
C50FM50	4.7314

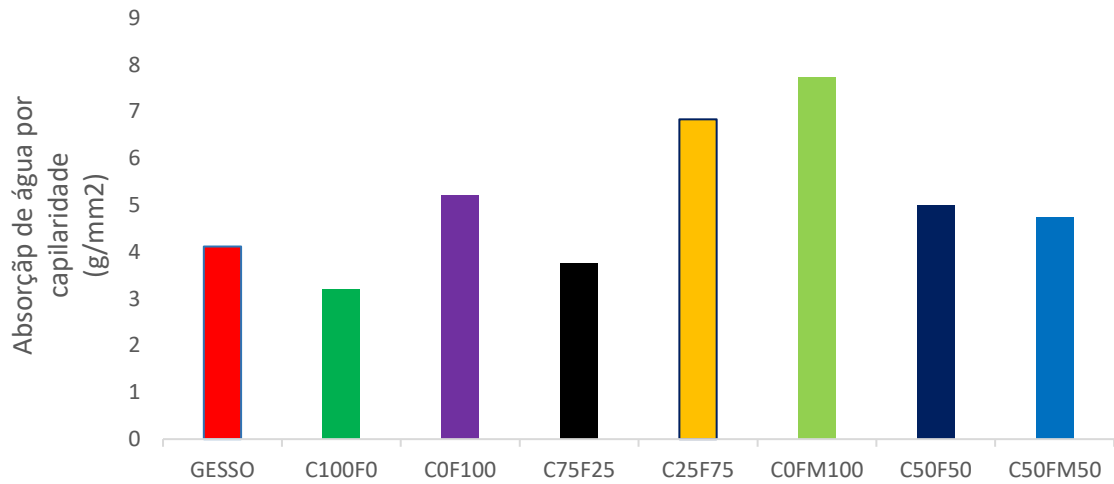


Figura 5.11-Coeficiente de absorção por capilaridade

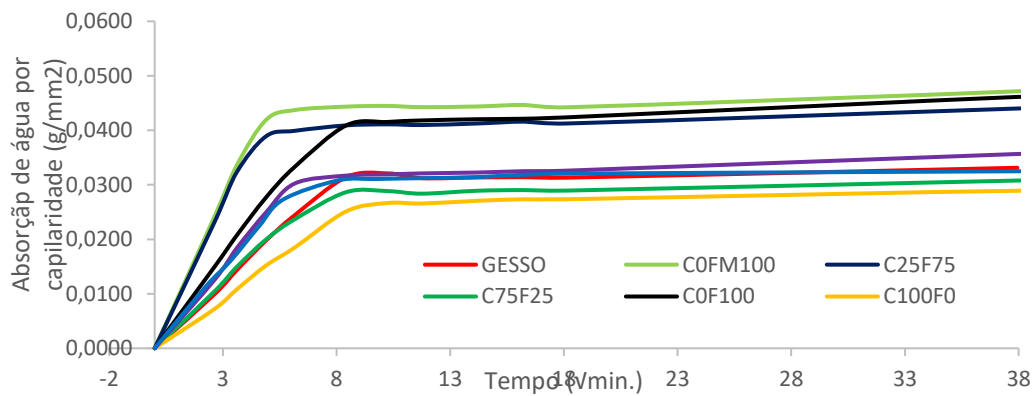


Figura 5.12-Absorção por capilaridade ao longo do tempo

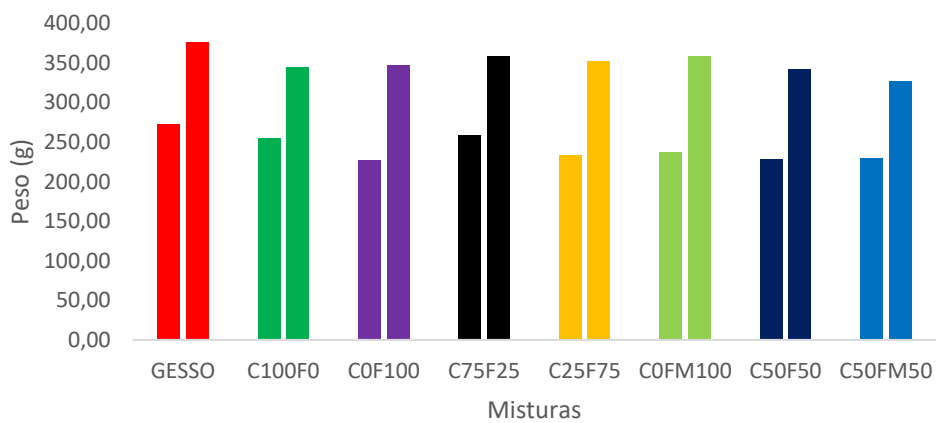


Figura 5.13-Pesos inicial e final

5.4.2 Análise de resultados

Como já referido, o coeficiente de absorção de água por capilaridade de cada um dos compósitos é o declive da linha de tendência que melhor se ajusta ao erro linear inicial de cada curva representada na Figura 5.12. Analisando-o, podemos concluir que as misturas com maior coeficiente de absorção por capilaridade são os provetes com mais fibras, o que se explica pelo facto de serem provenientes do papel e, como tal, absorvem muita quantidade de água quando secas. No que concerne à cortiça, esta tem pouca absorção de água quando comparada com as fibras.

Por fim, conclui-se que com a adição de cortiça ou fibras, o peso do provete diminui em todas as misturas, comparando com a mistura base.

5.5 Determinação da dureza superficial do painel

Norma EN 13279-2: 2004 foi utilizada como base nos ensaios para a determinação da dureza da superfície do painel.

Para a determinação da dureza da superfície, partimos do princípio dos danos causado por uma esfera de aço lançada com uma força conhecida. Dispositivo no qual permite aplicar uma esfera de aço temperado de 12 mm de diâmetro a um ponto fixo na superfície do corpo de prova e uma carga fixa a aplicar à esfera perpendicular à superfície do corpo de prova. Comparador, integral com o portador da bola, que pode ser usado para medir a profundidade da impressão.

Os ensaios serão realizados na máquina disponível no laboratório de materiais de construção da universidade.

5.5.1 Resultados experimentais

Depois da conclusão dos ensaios, foram registados os seguintes resultados.

Tabela 5.4-Dureza da superfície

Mistura	t(mm)	H(N/mm ²)
C25F75	0,95	8049,54
C75F25	0,85	7882,01
C50F50	0,94	7001,02
C0F100	1.69	3766.86
C100F0	0,56	14388,04
C0FM100	0,96	7152,66
GESSO	0,32	47592,76

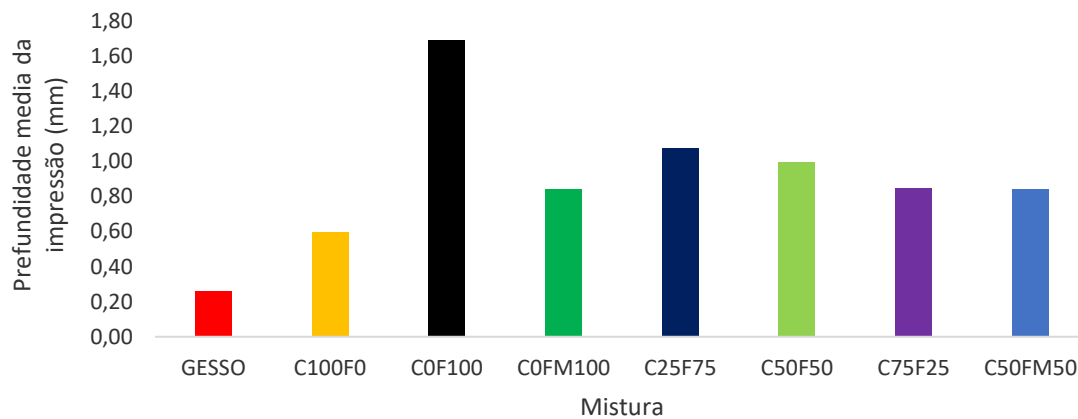


Figura 5.14-Profundidade media da impressão

5.5.2 Análise de resultados

Como esperado, a mistura base perde bastante dureza superficial com a inclusão destes dois componentes. Como vemos na Figura 5.14 e na Tabela 5.4, a fibra e a cortiça dão

maior elasticidade ao gesso, que quando sujeito a este tipo de impacto irá sofrer um deslocamento bastante maior, sendo ainda mais agravante nos provetes com mais fibra.

5.6 Caracterização das propriedades térmicas

Para caraterizar as propriedades térmicas, será utilizado o método de avaliação Alambeta, máquina de ensaio disponível no laboratório de Engenharia têxtil da Universidade do Minho.



Figura 5.15-Máquina de ensaio de Alambeta

O Alambeta avalia, em simultâneo, as propriedades térmicas estacionárias, a resistência, a condutividade e as propriedades dinâmicas, assim como a absorvidade térmica e a difusividade térmica.

5.6.1 Resultados do ensaio

Os resultados deste ensaio são os seguintes.

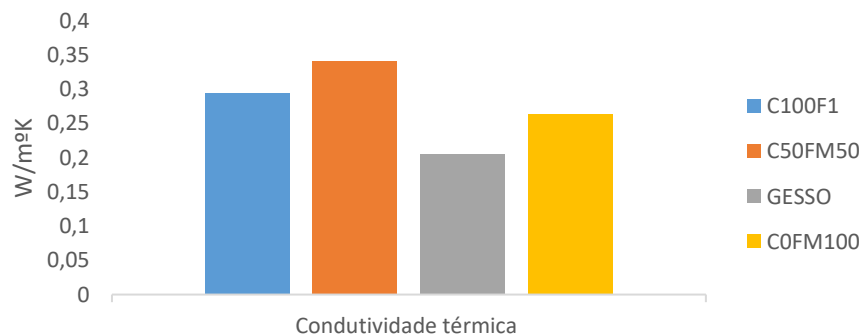


Figura 5.16-Condutividade térmica

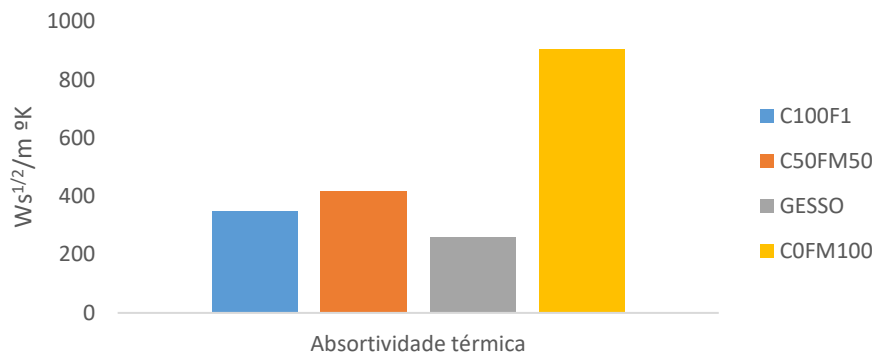


Figura 5.17-Absortividade térmica

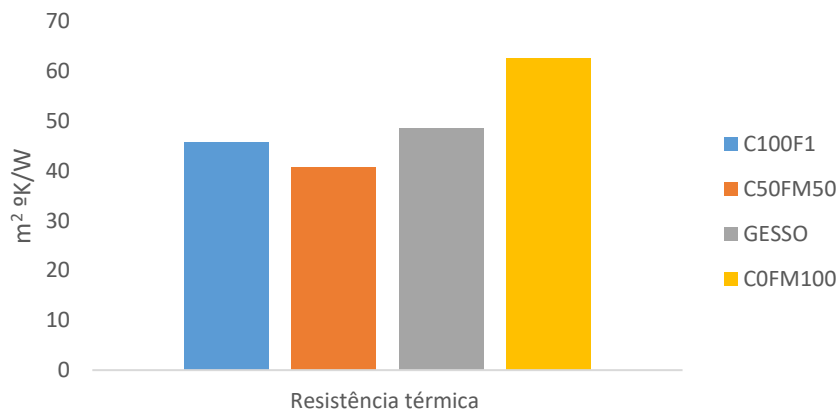


Figura 5.18-Resistência térmica

5.6.2 Análise de resultados

Contrariamente ao esperado, com a análise dos resultados deste ensaio, conclui-se que, em termos de condutividade térmica, a mistura base (só gesso) consegue ter melhores características do que com as adições que implementamos.

Observa-se igualmente que as fibras oferecem melhor comportamento do que a cortiça, apresentando uma maior resistência térmica, enquanto a cortiça oferece menos resistência (Figura 5.18)

A cortiça e, principalmente, as fibras ajudam a absorver a temperatura no material como vemos na Figura 5.17, que irá ajudar a que a inércia térmica do nosso edifício seja mais eficiente.

Este ensaio poderá ter ocorrido algum erro na sua concretização, porque não deu os resultados esperados. O que poderá ter levado a este erro terá sido a não secagem total dos provetes em teste, o que certamente poderá ter influenciado os resultados.

5.7 Resistência ao impacto

Este ensaio foi feito com base na norma ISO-7892 em um aparelho da Universidade do Minho disponível no Laboratório de Materiais de Construção. O teste de impacto foi realizado num painel com dimensões de 600 x 300 x 2 mm³ com 7 dias de cura.

É aqui avaliado o aspeto geral e dimensões dos danos.

5.7.1 Resultados do ensaio

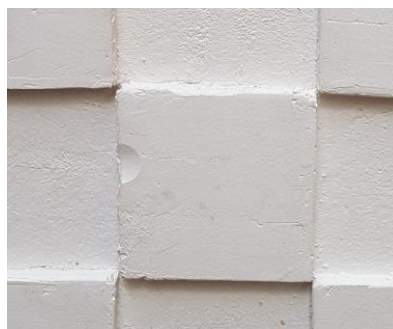
As imagens seguintes mostram a placa antes e depois dos ensaios, uma vez que a placa quebrou após 3 ensaios.



Figura 5.19-Placa antes o ensaio



a)



b)

Figura 5.20-Resultado depois do primeiro ensaio



a)



b)



c)

Figura 5.21-Resultado do segundo ensaio



Figura 5.22-Resultado do terceiro ensaio

5.7.2 Análise de resultados

Como pode ser visto, após os testes de impacto, os painéis apresentam danos visíveis.

No primeiro ensaio, detetou-se uma pequena amolgadela, mas sem o aparecimento de nenhuma fissura visível.

No segundo ensaio, também se pode ver uma pequena amolgadela e é visível a abertura de fissuras na parte visível da placa e na parte não visível.

No terceiro ensaio, confirmou-se o colapso da placa.

De salientar que em nenhum dos perfis metálicos da placa se verificou qualquer tipo de dano visível.

6 Fixação da placa

6.1 Introdução

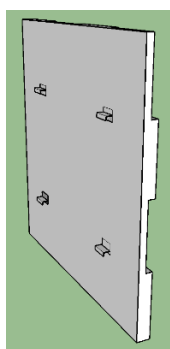
A forma convencional da aplicação de placas de gesso 3D é a colagem na parede de suporte. Com o intuito de uma aplicação mais flexível em termos de arquitetura, fácil e prática, foram pensadas algumas formas de colocação das placas de gesso neste tipo de parede.

Este tipo de paredes são direcionadas para moradias modernas, mas principalmente para locais públicos como lojas, restaurantes, hotéis e todos aqueles que tenham a ambição de ser atrativos e modernos. Com esse intuito, pensou-se em diferentes formas de fixação das placas para que seja possível aplicar este tipo de solução construtiva em que, sem destruir, se possam alterar ou remover as placas Modelos.

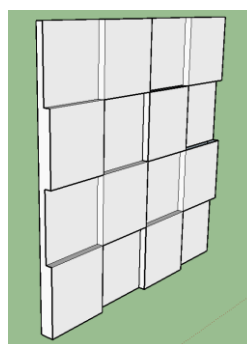
Uma opção de construção é com a mesma armação das paredes de gesso cartonado existente, com barras espaçadas de 300 mm, que seguram assim as placas com 600 mm de altura e largura.

Uma das opções de colocação dos perfis de amarração é colado ao perfil (Figura 6.1), outra forma será enquanto o gesso ainda está por solidificar, colocar-se o perfil metálico encastrado e deixá-lo até que seque na posição desejada como vemos na Figura 6.2.

Para melhor entendimento do tipo de amarração recorreu-se ao programa de desenho 3D, Skechup 2017.



a)



b)

Figura 6.1-Aspetto das placas com suporte colado

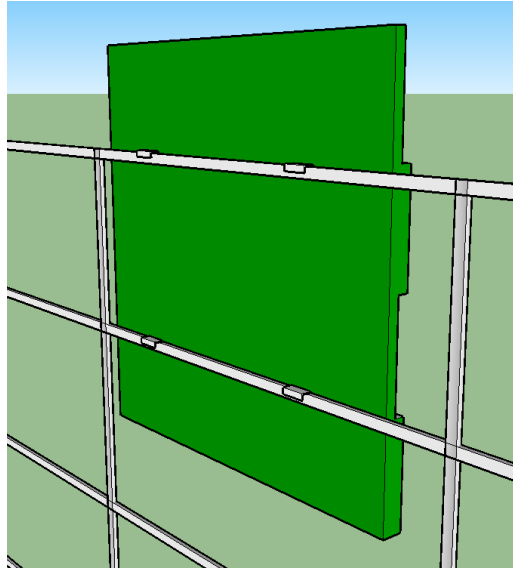
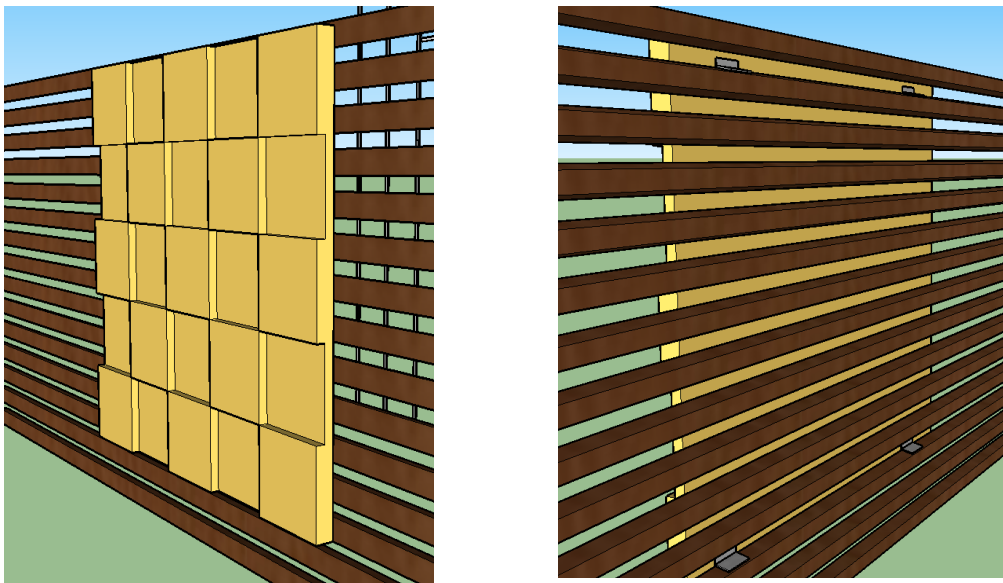


Figura 6.2-Suporte encastrado na placa

Em prol da reconstrução de edifícios mais antigos, que ainda contém paredes de madeira de tabique, estas intervenções também são uma opção bastante viável para a sua modernização e têm como característica uma colocação fácil e rápida, como vemos na Figura 6.3.



a)

b)

Figura 6.3-Placas em paredes de tabique

Exemplo de aplicação em uma sala de uma casa de habitação.



a)

b)

Figura 6.4-Exemplo 1



Figura 6.5-Exemplo 2



a)

b)

Figura 6.6-Armação; a) Vista sem as placas; b) Vista traseira

7 Construção de placa à escala real

Para a construção de uma placa em tamanho real, primeiro, foi necessário construir um molde, que tivesse uma boa trabalhabilidade, acesso e preço atrativo. Como tal, foi construído recorrendo a materiais de isolamento, o EPS e o XPS.



a)

b)

Figura 7.1-a) Molde da placa final; b) Molde com descofrante

Para evitar qualquer fuga do composto, foi espalhada uma fina base de silicone por todo molde, de seguida, o mesmo foi pincelado com óleo descofrante para facilitar a desmoldagem.

Começando por preparar os constituintes do material compósito, iniciou-se por pesar as quantidades. Para fazer a mistura, foi necessário recorrer à betoneira disponível no laboratório de materiais de construção.



a)



b)

Figura 7.2-Amassadura do material compósito

Posteriormente, foi vertido para o molde e posto na mesa vibratória para garantir a sua uniformização. Para finalizar, deu-se a colocação dos perfis metálicos, assegurando que se encontra à profundidade e no local pretendidos.



a)



b)

Figura 7.3-a) Uniformização da argamassa; b) Secagem da placa



Figura 7.4-Placa final

Com adição de pigmentos podemos obter várias as cores das placas, conforme o desejado.



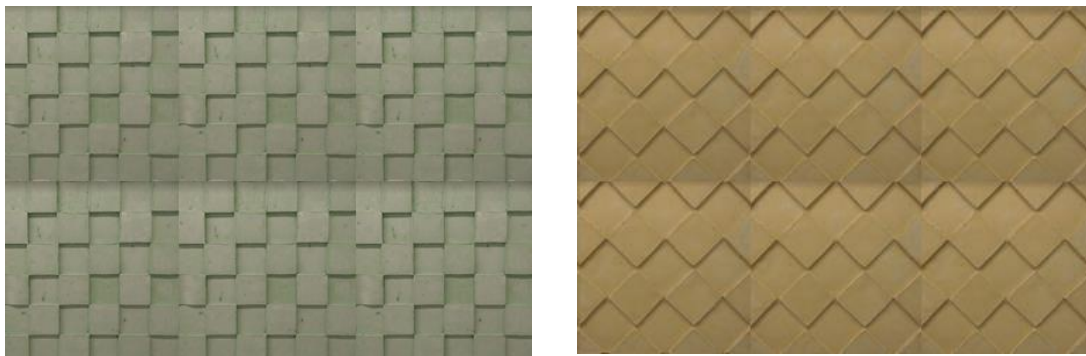
a)

b)

Figura 7.5-a) Adição de pigmentos amarelos; b) Adição de pigmentos Verdes

Estes tipos de placas poderão ter várias formas e desenhos. Com as potencialidades de uma impressora 3D para fazer o negativo e com a posterior elaboração do molde em silicone, teremos o resultado pretendido.

Com a junção de várias placas, poderemos ter uma imagem bastante atrativa e moderna, sendo exemplo disso, a construção das duas paredes que se apresentam nas seguintes imagens.



a)

b)

Figura 7.6-Exemplo de parede

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

8.1 Conclusões

O principal objetivo deste trabalho passou por avaliar o comportamento do gesso com incorporação de resíduos da indústria de papel e de granulado de cortiça, com a finalidade ser utilizado em placas decorativas para paredes interiores. O resultado obtido leva à conclusão de que é viável a sua utilização neste tipo de funções não estruturais.

Através deste trabalho experimental foi possível concluir que:

1. Relativamente ao ensaio de espalhamento, a razão água/ligante para otimização do compósito, pode concluir-se que todas as misturas precisam de uma maior razão que a razão padrão.
2. No ensaio à flexão, concluímos que qualquer uma das duas adições piora o comportamento do compósito, comparando com a mistura padrão. A cortiça funciona como espaços vazios, o que dá grande fragilidade. A fibra, também cria espaços vazios, mas confere grande ductilidade ao provete.
3. A resistência à compressão também foi diminuída com a adição da cortiça e das fibras, sendo mais prejudicial a cortiça. A cortiça e a fibra deram um comportamento ao compósito muito dúctil, que fez com que o provete sofresse grande deformação, ao contrário da mistura padrão que se destruiu quase sem conseguirmos ter um aviso prévio.
4. Com o ensaio de absorção de água por capilaridade, pudemos constatar que os provetes com mais fibras são os que absorvem mais água, já os que têm mais cortiça absorvem menos.
5. Com o ensaio resistência ao impacto, a rutura da placa ocorreu ao fim do terceiro ensaio, mas já mostrando fissuras no final do segundo. É de salientar que os apoios não sofreram qualquer dano visível mesmo depois do colapso da placa
6. A estrutura utilizada para segurar as placas por gravidade para que possam ser removidas sem as danificar, cumpre o requisito para o qual foi proposta, podendo ser uma boa solução para casas modernas e para espaços comerciais ou públicos em geral.

8.2 Trabalhos futuros

Relativamente a trabalhos futuros sobre a mesma composição, seria pertinente avaliar o comportamento da solução em termos acústicos e relativamente ao fogo.

Em termos visuais, poderá conseguir-se que parte do granulado de cortiça sobressaia mais no lado visível da placa, o que daria um aspeto diferente e interessante.

Também seria oportuno e relevante estudar a possibilidade de aplicação deste material compósito para outros fins, como a produção de blocos para paredes divisórias ou a utilização de revestimento na forma de reboco em paredes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APCOR (2010). <https://www.apcor.pt/>; Acedido em Março 2018.

APCOR (2018). www.apcor.pt; Acedido em Março 2018.

Bussler, W., Cooke, G. (1961). *Cork and the cork tree (Kork und Korkeiche)*, Pergamon Press, Oxford-London-New York-Paris.

Cagnani, N. (2018). Home Design Decorações; <https://www.tuacasa.com.br/painel-de-gesso-3d/>; Acedido em Março 2018.

Carvalho, A.P. (1996). *Cork as a lightweight partition material. Economical and acoustical analyses*, Proceedings of the CIB W89 Beijing International Conference—Beijing, China.

Cavalcanti, D.E.d.S. (2013). Estudo fluidodinâmico computacional de um forno piloto rotativo contínuo a gás natural para produção de gesso beta.

CINCOTTO, M.A. (1988). Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil, *Tecnologia das edificações São Paulo: PINI*, pp. 71-74.

CIVIL, C.D.C.D.E., LIMA, V.C. (2012). Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico e painéis em gesso acartonado para o uso como vedação em edifícios: estudo de caso em edifício de multipavimentos na cidade de Feira de Santana.

Companhia, D. (2018). *Parede Gesso Acartonado*.

Cortiça, A.P.d. (2012). *Cortiça. Cork. 2012*, APCOR.

Costa, R.N.A. (2007). *Viabilidades térmica, econômica e de materiais de um sistema solar de aquecimento de água a baixo custo para fins residenciais*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

da Silveira Paulo, M., do Rosário Veiga, M., de Brito, J. (2007). Gypsum coatings in ancient buildings, *Construction and Building Materials*, Vol. 21 (1), pp. 126-131.

Eires, R., Jalali, S., Camões, A. (2007). Novos materiais de construção a base de gesso e desperdícios industriais.

Esteves, D. (2010). *Desenvolvimento, caracterização e avaliação do comportamento termomecânico de um novo material constituído principalmente por cortiça*, MSc. thesis, Lisbon: Instituto Superior Técnico.

Europac (2018). <https://www.europacgroup.com/pt/>; Acedido em Março 2018.

Gesso, C.d. (2018). *Divisórias e paredes em bloco de gesso*.

Gibson, D.J. (1988). The maintenance of plant and soil heterogeneity in dune grassland, *The Journal of Ecology*, pp. 497-508.

Gil, L. (2005). *Cortiça*.

Gil, L., Portugal (1998). *Cortiça: produção, tecnologia e aplicação*.

Gonçalves, J.A.M.R. (2005). *A Utilização e a Valorização da Propriedade Industrial no Sector da Cortiça*, Dezembro 2005.

Habitissimo (2018). *Gesso em parede interna*.

Hernández-Olivares, F., Bollati, M., Del Rio, M., Parga-Landa, B. (1999). Development of cork–gypsum composites for building applications, *Construction and Building Materials*, Vol. 13 (4), pp. 179-186.

Institution, B.S. (2002). *Methods of test for mortar for masonry*, 2002.

JetGesso (2018). *Decoração com Gesso 3D*; <http://jetgesso.com.br/>; Acedido em Março 2018.

Kang, Y., Chang, S.J., Kim, S. (2017). Hygrothermal behavior evaluation of walls improving heat and moisture performance on gypsum boards by adding porous materials, *Energy and Buildings*.

Li, Y., Ren, S. (2011). *Building Decorative Materials*, Elsevier.

Lima, R., Diniz, R., Césio, A., Vasconcelos, F., Gesteira, M., Menezes, A., Baltar, A., Sampaio, H., Aquino, A., Escobar, M. (2005). Revascularização miocárdica em pacientes octogenários: estudo retrospectivo e comparativo entre pacientes

operados com e sem circulação extracorpórea, *Rev Bras Cir Cardiovasc*, Vol. 20 (1), pp. 8-13.

MAEDA, F.M., SOUZA, E. (2000). Produtividade da mão-de-obra e materiais na execução de revestimento em pasta de gesso aplicado sobre paredes internas de edificações, *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, Vol. 8, pp. 611-618.

Maranhão de Farias Santana, D. (2008). Estudo de obtenção de água do processo de desidratação da Gipsita na produção de Gesso.

Neto, V.E.C. (2012). Aplicações modernas de aglomerado de cortiça expandida (ICB) na construção.

Oliveira, M.P.d. (2009). Materiais compósitos à base de gesso contendo EVA (Etileno Acetato de Vinila) e Vermiculita: Otimização de misturas e propriedades termomecânicas.

Pedreño-Rojas, M., Morales-Conde, M., Pérez-Gálvez, F., Rodríguez-Liñán, C. (2017). Eco-efficient acoustic and thermal conditioning using false ceiling plates made from plaster and wood waste, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 166, pp. 690-705.

Peres, L., Benachour, M., dos Santos, V.A. (2001). *O gesso: produção e utilização na construção civil*, Bagaço.

Salvador, S. (2001). Inovação de produtos ecológicos em cortiça, *Projeto apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO Lisboa, Portugal*.

San-Antonio-Gonzalez, A., Merino, M.D.R., Arrebola, C.V., Villoria-Saez, P. (2015). Lightweight material made with gypsum and extruded polystyrene waste with enhanced thermal behaviour, *Construction and Building Materials*, Vol. 93, pp. 57-63.

Santos, L.M.D. (2018). *Paredes em gesso 3d*.

Sarmiento, J., Labastida, M., Pereira, R. (2017). *Urban Ruins: scenarios for thein-between*, Guimarães, Portugal, 6th EUGEO Congress.

Sharifi, N.P., Shaikh, A.A.N., Sakulich, A.R. (2017). Application of phase change materials in gypsum boards to meet building energy conservation goals, *Energy and Buildings*, Vol. 138, pp. 455-467.

Silva, J.B.d. (2008). Avaliação da potencialidade dos resíduos de gesso de revestimento incorporados em formulações de massas cerâmicas.

Silva, S., Sabino, M., Fernandes, E., Correlo, V., Boesel, L., Reis, R. (2005). Cork: properties, capabilities and applications, *International Materials Reviews*, Vol. 50 (6), pp. 345-365.

SOBRINHO, C.W.D.A.P., BEZERRA, N.D.M., COSTA, T.D.C.T., SILVA, C.B.A. (2011). DIVISÓRIAS INTERNAS DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA DE BLOCOS DE GESSO-vantagens técnicas, econômicas e ambientais, *Instituto de Tecnologia de Pernambuco*.

Stoner, D.L. (2017). *Biotechnology for the treatment of hazardous waste*, Routledge.

TORGAL, F.P., JALALI, S. (2008). O Gesso na Construção Civil, *Guimarães: Tecminho*.

TuaCasa (2018). *Personalize a decoração dos ambientes com painéis de gesso 3D*; <https://www.tuacasa.com.br/>; Acedido em Março 2018.