



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

ESTG



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Revestimentos e Sistemas de Fachadas Ventiladas

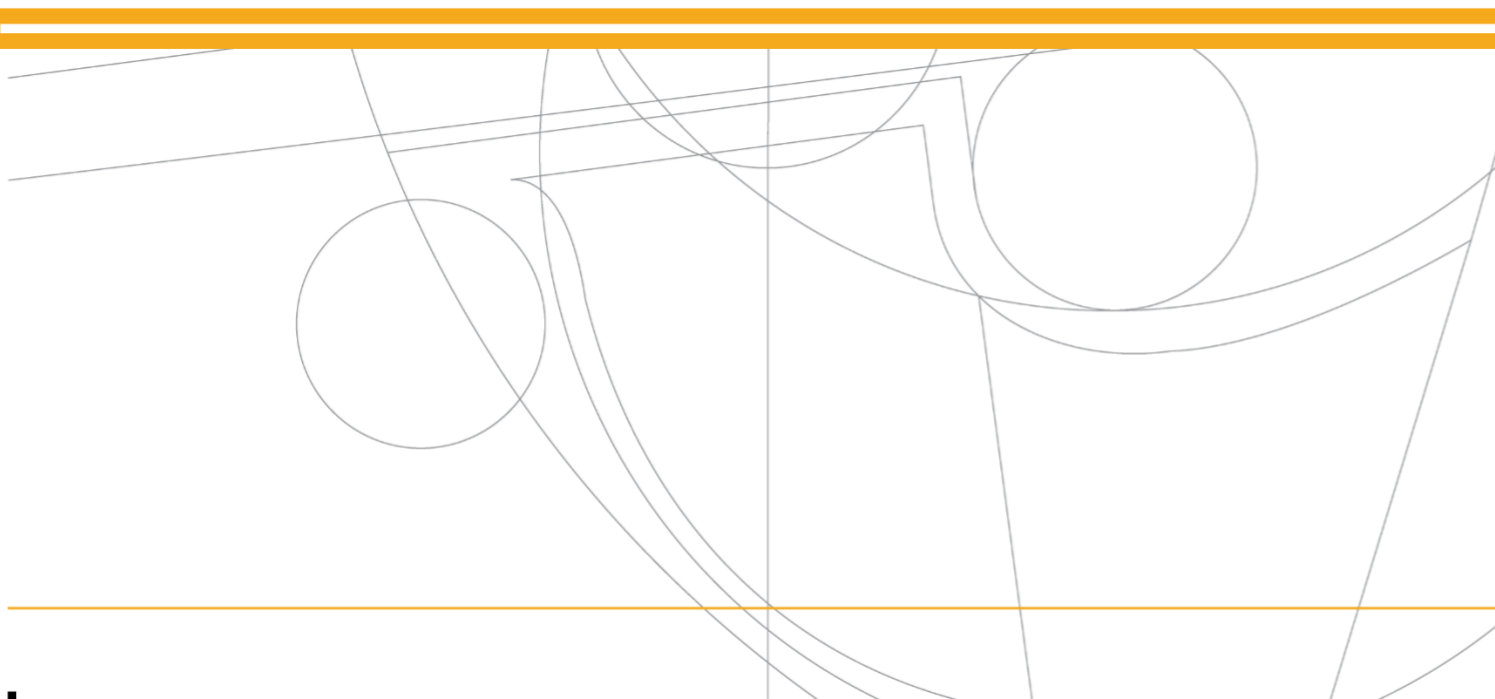
Dois Casos de Estudo

Rui Miguel Dias da Cunha

Revestimentos e Sistema de Fachadas Ventiladas

Rui Miguel Dias da Cunha

2022



Escola Superior de Tecnologia e Gestão



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

Rui Miguel Dias da Cunha
**Revestimentos e Sistemas de Fachadas Ventiladas
Dois Casos de Estudo**

Nome do Curso de Mestrado
Engenharia Civil e do Ambiente
Trabalho efetuado sobre orientação de
Professor Doutor Eng. José Ferreira da Silva
E coorientação
Professor Doutor Eng. Carlos Oliveira

Novembro de 2022

MEMBROS DO JÚRI

Presidente:

Professora Doutora Eng. Mafalda Lopes Laranjo

Professora Adjunta da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Vogal:

Professor Doutor Eng. Domingos António Garcia Ribas

Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Vogal:

Professor Doutor Eng. José Ferreira da Silva

Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Orientador

Aos meus Pais e Irmã

O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível

Max Weber

Agradecimentos

Após a conclusão deste trabalho, e percurso académico, não posso deixar de agradecer em primeiro lugar aos meus pais por todo o apoio incondicional, pela ajuda nos vários momentos até então, pelos valores que me transmitiram ao longo da vida, pelo exemplo que são e pela força de vontade que transmitem e muitas outras coisas. Não posso deixar de agradecer de forma especial á minha irmã, pela compreensão, amizade, exemplo, e disponibilidade em vários momentos.

Ao Professor Doutor Eng. José Manuel Ferreira da Silva por toda a ajuda, confiança, simpatia, simplicidade e disponibilidade ao longo deste trabalho.

À minha família, aos meus amigos e colegas de trabalho e da vida académica, pelo companheirismo e ajuda.

A todos os envolvidos neste processo e aos que me fizeram ser o que sou hoje.

Ao Instituto Politécnico de Viana do Castelo, por estes anos de aprendizagem e crescimento profissional e pessoal.

Resumo

As fachadas ventiladas apresentam várias vantagens relativamente as soluções tradicionais de revestimento de fachadas, tanto em questões estéticas, como também na valorização do mercado imobiliário e essencialmente em questões funcionais.

O objetivo deste trabalho é, com base nas exigências funcionais dos revestimentos exteriores elencadas na publicação ITE 25 do LNEC, analisar dois revestimentos recentemente lançados no mercado nacional e por consequência ainda pouco explorados pelos envolvidos no universo da construção civil.

Assim sendo, inicialmente faz-se uma abordagem do estado da arte das fachadas ventiladas em geral e de todos os seus elementos constituintes. Posteriormente, é feita uma abordagem às exigências funcionais referentes aos revestimentos exteriores e de seguida uma descrição detalhada dos elementos constituintes dos dois sistemas apresentados. Por fim, é feita uma análise às prestações dos dois revestimentos e sistemas de fachadas ventiladas estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Fachadas ventiladas, Placotherm V, Compac, mármore tecnológico.

Abstract

Ventilated façades present several advantages over traditional façade cladding solutions, in aesthetic issues, in the real estate market and mainly in functional matters.

In accordance with the functional requirements of external claddings, listed in LNEC's publication ITE 25, the aim of this work is to analyse two claddings recently launched in the Portuguese market and, consequently, still little explored by those involved in the construction sector.

Therefore, initially, a general state of the art of ventilated façades and of all its constituent elements is discussed. Afterwards, an approach is made to the functional requirements concerning exterior claddings and then a detailed description of the constituent elements of the two systems presented. Finally, an analysis of the performance of the two studied claddings and ventilated façade systems is carried out.

KEY WORDS: Ventilated façades, Placotherm V, Compac, technological marble.

Lista De Abreviaturas/Sigas

ESTG – Escola Superior de Tecnologia e Gestão

IPVC – Instituto Politécnico de Viana do Castelo

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

HAB – Regulamento de Desempenho Energético – Edifícios de Habitação

Índice

Agradecimentos	vii
Resumo.....	ix
Abstract	xi
Lista De Abreviaturas/Sigas	xii
Índice	xiv
Índice De Figuras	xx
Índice De Tabelas	xxvii
Introdução	1
Objetivo Do Trabalho.....	4
Estrutura Do Trabalho	4
2. Fachadas	6
2.1 Enquadramento.....	6
2.2 Evolução De Fachadas	8
2.3 Conceitos, Termos E Definições.....	13
2.3.1 Fachadas Pressurizável.....	13
2.3.2 Fachadas Cortina	14
2.3.3 Fachadas Ventiladas: Princípios De Funcionamento	15
2.3.4 Vantagens E Limitações Das Fachadas Ventiladas ...	17
2.4 Elementos Constituintes Das Fachadas Ventiladas	18
2.4.1 Suporte	19
2.4.2 Isolamento Térmico	20
2.4.3 Estrutura Intermédia De Suporte	22

xiv

2.4.4 As Fixações	25
2.4.5 As Juntas	26
2.4.6 O Revestimento Exterior.....	28
2.5 Tipologias De Fachadas Ventiladas.....	31
2.5.1 <i>Classificação Segundo Os Processos De Fixação De Fachadas</i>	31
2.5.2 Classificação Das Fachadas Segundo O Material Utilizado	33
2.5.2.1 Revestimento Com Placas De Alumínio Composto	33
2.5.2.2 Revestimento Com Placas De Pedra Natural	35
2.5.2.3 Revestimento Com Placas Cerâmicas	36
2.5.2.4 Revestimento Com Placas De Grés Porcelânico	37
2.5.2.5 Revestimento Com Placas De Aglomerados De Madeira	38
2.5.2.6 Revestimento Com Placas De Gesso Reforçadas Com Fibra De Vidro	39
2.5.2.7 Revestimento Com Placas De Pedra Artificial À Base De Mármore E Quartzó	40
2.6 Considerações Finais	41
3. Exigências Funcionais De Revestimento De Paredes Segundo O ITE 25	44
3.1 Descrição Das Exigências	48
3.1.1 Exigências Contra Risco De Incendio – Reação Ao Fogo	48

3.1.2 Exigências De Estanquidade À Água E Outros Agentes.....	52
3.1.3 Exigências De Adaptação À Utilização Normal.....	53
3.1.3.1 Exigências De Resistência A Ações De Choque E De Atrito	54
3.1.3.2 Exigências De Resistência À Ação Da Água.....	55
3.1.4 Exigências De Durabilidade	56
3.1.4.1 Exigências De Resistência Aos Agentes Climáticos	57
3.1.4.2 Exigências De Resistência Aos Produtos Químicos Do Ar.....	58
3.1.4.3 Exigências De Resistência À Erosão Provocada Pelas Partículas Solidas Em Suspensão No Ar	59
3.1.4.4 Exigências De Resistência À Fixação E Ao Desenvolvimento De Bolores.....	60
3.1.5 Exigências De Economia	61
3.2 Considerações Finais	62
4. Avaliação De Desempenho	63
4.1 Seleção Dos Sistemas De Fachadas A Avaliar	63
4.2 Sistema Placotherm V.....	64
4.2.1 Descrição Do Sistema E Usos Previstos.....	64
4.2.2 Resumo Das Prestações Do Produto	65
4.2.3 Componentes do sistema.....	67
4.2.3.1 Revestimento Exterior Continuo.....	68

4.2.3.2 Placas Glasroc X E Os Seus Componentes Auxiliares.....	74
4.2.3.3 Subestrutura De Alumínio	77
4.2.3.4 Elementos De Fixação Entre Os Perfis De Suporte E O Suporte	81
4.2.3.5 Isolamento térmico	82
4.2.3.6 Laminas Flexíveis Auxiliares Para Imperialização ..	85
4.2.3.7 Componentes Auxiliares Do Sistema	86
4.3 Sistema Mármore Tecnológico	86
4.3.1 Descrição Do Sistema E Usos Previstos	86
4.3.2 Resumo Das Prestações Do Produto	87
4.3.3 Componentes Do Sistema	89
4.3.3.1 Placas de Mármore Tecnológico	89
4.3.3.2 Subestrutura De Suporte	91
4.3.3.3 Elemento De Fixação Entre Os Perfis De Suporte Ao Suporte	94
4.3.3.4 Isolamento Térmico	94
4.4 Estudo De Publico Alvo/Mercado	95
4.5 Desempenho Dos Revestimentos.....	103
4.5.1 Segurança Contra O Risco De Incendio	103
4.5.2 Estanquidade À Água	105
4.5.3 Resistência Ao Choque	109
4.5.4 Resistência Ao Atrito	112

4.5.5 Durabilidade	114
4.5.6 Economia De Instalação E Manutenção	126
4.6 Considerações Finais	130
5. Conclusões.....	133
Bibliografia	134
Lista de Normas	142
Anexo 1	147

Índice De Figuras

Figura 1 – Perdas energéticas do edifício [64].	4
Figura 2 – Fachada ventilada com diferentes materiais [8].	7
Figura 3 – Fachada ventilada com diferentes formas [10].	7
Figura 4 – Evolução das alvenarias ao longo dos anos em Portugal [13].	9
Figura 5 – Casa em pedra (esquerda e Edifício com estrutura praticada na atualidade (direita).	
Figura 6 – Evolução das fachadas em Portugal dos anos 90 até hoje [13].	11
Figura 7 – Corte esquemático de uma câmara pressurizável [15].	14
Figura 8 – Representação exemplo de fachada cortina [16].	15
Figura 9 – Composição de uma fachada ventilada [18].	16
Figura 10 – Esquema de fluxo de uma fachada ventilada [18].	16
Figura 11 – Comparação do gradiente de temperatura de parede dupla com sistema tradicional de isolamento térmico aplicado na caixa-de-ar, e uma parede simples com isolamento térmico aplicado pelo exterior [25].	18
Figura 12 – Diferentes isolamentos possíveis usar em sistemas de fachada ventiladas [29;30;31;32;33;34;35].	22
Figura 13 – Fixação direta da estrutura intermédia ao suporte [26].	24
Figura 14 – Fixação indireta da estrutura intermédia ao suporte [26].	25

Figura 15 – Fixação indireta da estrutura intermédia ao suporte [26].	25
Figura 16 – Exemplo de fixação direta ou pontual com selagem ao suporte (Chumbar) [66].	32
Figura 17 – Exemplo de fixação indireta ou continua com ligações ocultas [67].	32
Figura 18 – Exemplo de fachada com fixação continua ou indireta com ligações à vista [36].	33
Figura 19 – Fachadas ventiladas com revestimento exteriores de alumínio composto [68].	34
Figura 20 – Fachada ventilada com revestimento feito em placas de pedra natural [69].	36
Figura 21 – Fachada ventilada com revestimento feito em placas cerâmicas [70].	36
Figura 22 – Detalhe de fachada ventilada com revestimento em placas de grés porcelânico [71].	38
Figura 23 – Detalhe de fachada ventilada com revestimento em placas de aglomerado de madeira [72].	39
Figura 24 – Detalhe construtivo dos elementos constituintes de fachada ventilada com revestimento em placas de gesso laminado [73].	40
Figura 25 – Fachada ventilada com revestimento feito em placas de pedra artificial à base de mármore e quartzo [74].	41
Figura 26 – Exigências funcionais para os diferentes partes de um edifício [75].	47
Figura 27 – Extrato regulamentar das classes segundo os métodos de ensaio e os critérios de classificação [76].	50

Figura 28 – Esquema representativo da constituição do sistema de fachada ventilada Placotherm V [78].	64
Figura 29 – Esquema representativo da constituição do sistema de fachada ventilada Placotherm V Glasroc X [78].	67
Figura 30 – Perfil T62x80x1.8 [78].	78
Figura 31 – Perfil L60x40x1.8 [78].	78
Figura 32 – Perfil de suporte da subestrutura de 150x60x40x3.0 (esquerda) 150x85x40x3.0 (centro) 150x125x40x3.0 (direita) [78].	80
Figura 33 – Perfil de suporte de retenção 75x65x40x3.0 (esquerda) 75x85x40x3.0 (centro) 75x125x40x3.0 (direita) [78].	80
Figura 34 – Esquema resumido do processo de reconstituição da pedra natural [79].	91
Figura 35 – Esquema representativo de fachada ventilada com ancoragem contínua ranhurada na esquina [79].	92
Figura 36 – Esquema representativo de fachada ventilada com ancoragem contínua ranhurada pelo reverso [79].	93
Figura 37 – Esquema representativo de fachada ventilada com ancoragem contínua colada pelo reverso [79].	94
Figura 38 – Área a que pertencem os inquiridos.	96
Figura 39 – Maior preocupação dentro das exigências funcionais escolhidas.	97
Figura 40 – Distribuição da classificação no parâmetro “Segurança contra risco de incêndio”	98
Figura 41 – Distribuição da classificação no parâmetro “Estanquidade a água”	98

Figura 42 – No parâmetro “Resistência ao choque” que classificação dá.....	99
Figura 43 – Distribuição da classificação no parâmetro “Resistência ao atrito”.....	100
Figura 44 – Distribuição da classificação no parâmetro “Durabilidade”.....	100
Figura 45 – Distribuição da classificação no parâmetro “Economia”.....	101
Figura 46 – Zonas pluviométricas de médias baseadas no índice pluviométrico anual [81].	107
Figura 47 – Zonas eólicas [81].	108
Figura 48 – Dados técnicos sobre mármore tecnológico Compac.	109
Figura 49 – Dado técnico apresentado na tabela técnica da Compac sobre a resistência aos arranhões (dureza) [79].	114
Figura 50 – Detalhe construtivo de corte horizontal do sistema [78].....	115
Figura 51 – Detalhes construtivo de corte vertical do sistema [78].....	116
Figura 52 – Detalhe construtivo de corte de cobertura [78]. ..	116
Figura 53 – Detalhe construtivo de corte no arranque do sistema [78].....	117
Figura 54 – Detalhe construtivo de encontro com forjado [78].	117
Figura 55 – Detalhe construtivo de junta horizontal do sistema (junta de controle) [78].	118

Figura 56 – Detalhe construtivo de junta vertical do sistema (junta de controle) [78].	118
Figura 57 – Detalhe construtivo em corte de junta de dilatação do edifício [78].	118
Figura 58 – Detalhe construtivo de esquina entrante [78].	119
Figura 59 – Detalhe construtivo de esquina saliente [78].	119
Figura 60 – Detalhe construtivo de ligação entre a fachada e caixilharia corte horizontal [78].	119
Figura 61 – Detalhe construtivo de lintel com placas Glasroc X – Corte Vertical [78].	120
Figura 62 – Detalhe construtivo de peitoril de janela [78].	120
Figura 63 – Detalhe construtivo de lintel com perfil metálico [78].	120
Figura 64 – Detalhe construtivo lintel com caixa de estores [78].	121
Figura 65 – Vista geral da montagem do sistema [78].	121
Figura 66 – Detalhes técnicos de montagem das placas Glasroc X no sistema [78].	122
Figura 67 – Detalhe construtivo de remate superior – lintel [79].	123
Figura 68 – Detalhe construtivo de remate inferior – Goteira [79].	123
Figura 69 – Detalhe construtivo de remate lateral – Blocos niveladores [79].	124
Figura 70 – Detalhe construtivo de pormenor de aresta [79].	124
Figura 71 – Detalhe construtivo de pormenor de ângulo [79].	124

Figura 72 – Detalhe construtivo de remate superior – coroamento [79].	125
Figura 73 – Detalhe construtivo de remate intermédio [79].	125
Figura 74 – Detalhe construtivo de remate inferior – Base [79].	125
Figura 75 – Exemplo de sistemas de fixação do sistema vetisol – axonométrica [79].	126
Figura 76 – Extrato orçamental gerado pelo gerador de preços para a fachada ventilada com o sistema Placotherm V [73].	128
Figura 77 – Extrato orçamental gerado pelo gerador de preço para a fachada ventilada complementado com dados fornecido pela empresa Compac.	130

Índice De Tabelas

Tabela 1 – Classes de reação ao fogo para produtos da construção – Lei N.º 123/2019 – Terceira alteração ao decreto-lei nº 220/2008, de 12 de novembro, alterado pelo decreto-lei n.º 224/2015, de 9 de outubro, que republica, e pelo decreto-lei n.º 95/2019, de 18 de julho, (regime jurídico da segurança contra incêndio, em edifícios).	49
Tabela 2 – Reação ao fogo mínima dos revestimentos exterior de fachadas [77].	51
Tabela 3 – Reação ao fogo mínima dos revestimentos exteriores de fachadas com caixa-de-ar [77].	51
Tabela 4 – Reação ao fogo mínima de fachadas ETICS [77].	52
Tabela 5 – Resumo de exigências, características e pretensão do sistema de fachada ventilada Placotherm V [78].	67
Tabela 6 – Elementos constituintes do sistema de fachada ventilada Placotherm V [78].	68
Tabela 7 – Características dos revestimentos completos para o sistema Placotherm V Glasroc X [78].	70
Tabela 8 – Características dos acabamentos [78].	71
Tabela 9 – Características de primário e tintas de acabamentos [78].	72
Tabela 10 – Características da camada base [78].	73
Tabela 11 – Características da malha de reforço [78].	74
Tabela 12 – Características da placa Glasroc X do sistema Placotherm V [78].	76
Tabela 13 – Características das fixações das placas e dos perfis verticais [78].	77

Tabela 14 – Características dos perfis verticais [78].	79
Tabela 15 – Características dos perfis de mênula da subestrutura [78].	80
Tabela 16 – Características do alumínio usado nos perfis da subestrutura [78].	81
Tabela 17 – Especificações gerais de ancoragem e fixações entre os perfis e os suportes [78].	82
Tabela 18 – Características do isolamento térmico [78].	85
Tabela 19 – Resumo de exigências, características e prestação do sistema de fachadas ventilada Mármore Compac [79].	89
Tabela 20 – Elementos constituintes do sistema Mármore Tecnológico COMPAC [79].	89
Tabela 21 – Resumo de resultados obtidos através dos inquéritos feitos.	102
Tabela 22 – Grau de exposição ao vento [81].	107
Tabela 23 – Energias mínimas de choque a que os revestimentos dos paramentos das fachadas devem resistir sem se deteriorarem [1].	111
Tabela 24 – Resultados dos ensaios de resistência ao impacto pelo exterior [78].	112

Introdução

O imobiliário é uma área crucial para a economia e para o bem-estar e desenvolvimento da humanidade. Segundo a CBRE – Coldwell Banker Richard Ellis, estima-se que em 2021, na Europa, o mercado imobiliário contribuiu com 359 biliões de euros (2,5% do produto interno bruto da UE), dando emprego a mais de 15 milhões de pessoas [2].

Os imóveis residenciais, de serviços e comerciais têm um elevado potencial de poupança de energia, passível de ser atingido no âmbito do investimento total em eficiência energética, estimado pela UE em 185 biliões de euros anuais durante a próxima década. É deste modo criado um forte dinamismo económico, de enorme importância em termos ambientais e de sustentabilidade [3].

Nos últimos anos, o mercado imobiliário teve um conjunto de transformações. O mercado mudou, ocorreu muita coisa ao longo dos anos, desde a crise do *subprime* de 2008 e o “tsunami de dívida” [4], a crise que gerou uma incontornável falha do mercado e por consequência uma desvalorização significativa, tanto no valor dos imóveis como na mão de obra. Paralelamente constatava-se que o património edificado existente não se foi renovando convenientemente ao longo do tempo. Recentemente alteram-se os paradigmas, começando a aceitar-se novas abordagens no sector e levando ao surgimento do *boom* da reabilitação.

Apesar do investimento começar a recuperar internacionalmente desde 2009, os desafios de possuir e gerir imóveis mudaram. Os investidores não são apenas desafiados pela forma como adquirem os ativos, mas também estão a enfrentar novas exigências para os imóveis [5].

Os principais desafios globais enfrentados atualmente são:

- **Aumento da regulação.** Existe na atualidade legislação cada vez mais exigente a todos os níveis;
- **Aumento de custo interno.** A necessidade de aumentar as equipas para responder com mais eficiência as questões reguladoras e legislativas. Aumento do custo de estrutura, recursos necessários para áreas como tecnologia, mão de

obra, matérias, consumo de energia, requisitos de operações sustentáveis e de continuidade do negócio:

- **Interação com um mercado de capitais mais exigentes.** O mercado de captação de recursos é cada vez mais difícil, especialmente para aqueles que não tem histórico comprovado de desempenho. Para aqueles investidores que procuram a segurança de ativos de qualidade nos mercados de primeira linha, o ambiente é competitivo;

- **Criar produtos competitivos;**

- **O preço dos recursos aumentar e está mais volátil.** Sem uma mudança estruturante na forma com se utiliza os recursos, pode-se enfrentar a perspectiva de danos globais no desenvolvimento, bem-estar e no ambiente [6].

As “regras do jogo” têm mudado de tal maneira e a procura pelo material certo para melhor responder ao pretendido tem sido tão intensa, que em média 20 a 30 % dos recursos utilizados são importados. Mas muitos outros paradigmas têm vindo a ser distorcidos e quebrados, como por exemplo quando se discutia o que era importante para o desenvolvimento do imobiliário ou do imóvel, respondia-se que era bom ter três boas condições estruturantes: local, local e local! Pressupunha-se assim que as condições de localização eram essenciais e as três referencias, local, associavam-se (ou associam-se), a:

- Local pelas condições de edificabilidade;

- Local pela sua centralidade urbana ou pelas suas acessibilidades;

- Local pelas condições ambientais muito particulares, por exemplo devido a uma boa paisagem;

No entanto hoje o pensamento já não é o mesmo quando se coloca esta questão. As respostas continuam ainda a abranger o local com clara evidencia, uma vez que é um ponto essencial para a vida do ser humano. No entanto passou a ser acompanhado por um conjunto de outras preocupações que desafiam e mudam a forma como o mercado é perspectivado, como flexibilidade, funcionalidade e exigências funcionais, aspeto ecológico, desempenho energético, ciclo de vida do edifício, preço e origem das matérias ou eficiência.

A alteração do contexto decorre de vários fatores e traduz-se em várias alterações, nomeadamente, o abalar da confiança no imobiliário resultado da crise do *subprime*, sendo que a mudança e exigência das regras de financiamento, que se tornou mais escrutinado internacional e nacionalmente, tornou-o de mais difícil acesso. Com o atingir de níveis de oferta elevados em alguns países, assistiu-se ao declínio do ritmo da construção, tendo paralelamente a reabilitação ganho peso crescente nesses mercados, como é o caso de Portugal. Apareceram novas formas de comunicar e de criação de valor agregado. Novos elementos do edificado ganham mais destaque e novos papéis, como por exemplo as fachadas, que são um elemento fundamental para a valorização de um edifício, pois juntamente com a cobertura constituem o involucro das edificações, sendo por consequência, em maior ou menor grau, responsáveis pela manutenção, entre outros, dos níveis de desempenho energético e ambiental (Figura 1), de conforto, de segurança, assim como da privacidade dos utilizadores do edificado/imóvel.

É de primordial importância escolher a solução e o sistema construtivo a aplicar na fachada, uma vez que tem um papel fundamental no desempenho e eficiência final da envolvente, não só pela sua expressão arquitetónica, como em todos os outros pontos acima referidos. Acresce que a fachada funciona como uma barreira na prevenção de futuros problemas, uma vez que é o elemento construtivo com mais potencial para a ocorrência das patologias, futuramente observadas na grande maioria dos edifícios.

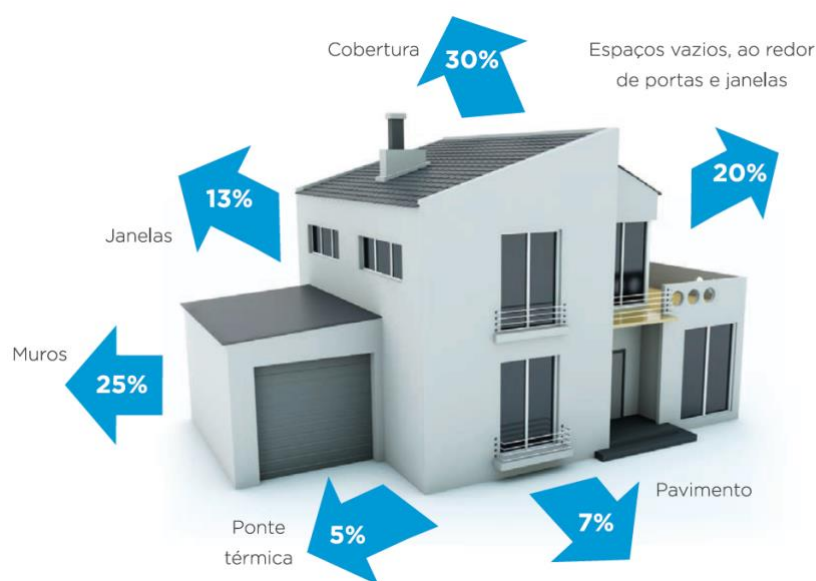


Figura 1 – Perdas energéticas do edifício [64].

Levando em consideração todas as questões referidas acima e tendo em conta estarmos em pleno século XXI, onde se aposta na procura de um mundo cada vez mais exigente, sustentável, eficiente e simples, torna-se crucial o acompanhamento da evolução dos vários sistemas construtivos desenvolvidos e/ou melhorados recentemente, como é o caso das fachadas ventiladas.

Objetivo Do Trabalho

É objetivo geral deste trabalho contribuir para a sistematização e simplificação da informação existente sobre as fachadas ventiladas, nomeadamente ao nível das principais exigências funcionais fundamentais dos seus revestimentos, caracterizando o seu desempenho face às solicitações a que estão sujeitos, tendo por base as exigências funcionais de revestimentos de paredes em geral, conforme descritas no documento técnico do LNEC “Exigências funcionais de revestimentos de paredes” [1].

É objetivo particular deste trabalho o estudo de dois sistemas de fachadas ventiladas constituídos por revestimentos efetuados a partir de elementos prefabricados à base de resíduos de mármore e de gesso reforçado com incorporação de fibra de vidro, fixados mecanicamente a um suporte em pano simples em betão ou alvenaria através de uma estrutura intermédia, destinada a uma fixação pontual.

Estrutura Do Trabalho

A presente dissertação foi dividida em 5 capítulos cujos conteúdos são os seguintes:

- Capítulo 1: introdução geral em que se enquadra o problema em estudo, se define o objetivo da dissertação e se expõe a sua estrutura;
- Capítulo 2: introdução de conceitos teóricos e revisão bibliográfica essencial necessária a uma melhor compreensão do objeto de estudo;

- Capítulo 3: identificação e exposição das exigências funcionais aplicadas aos revestimentos das fachadas;
- Capítulo 4: apresentação de dados quanto a avaliação de desempenho dos revestimentos selecionados para o estudo. E análise dos mesmos.
- Capítulo 5: conclusões do estudo.

2. Fachadas

2.1 Enquadramento

Com a crescente procura e utilização do sistema de fachadas ventiladas na nova construção, têm vindo a surgir diferentes tipos de revestimento, por influência da nova abordagem arquitetónica, tanto por motivos estéticos como por motivos funcionais. Em Portugal os revestimentos deste tipo de fachadas têm-se cingido maioritariamente aos revestimentos em pedra, explorando-se menos a diversidade de soluções disponíveis já implementadas e mais utilizadas em mercados internacionais. É com base nessa diversidade de soluções de revestimento que este trabalho vai incidir.

Através da utilização de outros materiais, podem ser desenvolvidas fachadas com diferentes cores, texturas e formas e aplicações, permitindo assim uma maior criatividade arquitetónica, e a execução de edifícios marcantes, com identidade própria, o que faz com que se destaquem das soluções mais comuns. Para muitos, a chave, para se destacar num mercado tão competitivo como o da construção, é a inovação.

A inovação nas fachadas pode surgir de variadas formas, sendo que de entre as que mais se têm destacado nos últimos tempos se encontram as soluções mais leves e as que incorporam resíduos de matérias-primas.

Na criação de novas estéticas existem duas estratégias. Uma é a utilização da cor e da textura de forma a criar padrões variados e que se destaquem dos demais. Intercalando diferentes painéis de diferentes matérias, como pode ver na (Figura 2).



Figura 2 – Fachada ventilada com diferentes materiais [8].

Outra estratégia é o desenvolvimento de revestimentos com diferentes formas, como são as soluções em lamina, que tanto pode funcionais nas zonas opacas (fachada ventilada) como sobre envidraçados, desempenhando o papel de proteção solar, como se vê na (Figura 3).



Figura 3 – Fachada ventilada com diferentes formas [10].

O desenvolvimento de soluções cada vez mais leves melhora os rendimentos associados à montagem, e por consequência da sua leveza não exigem suporte tão resistentes, permitindo assim o alargamento no campo de aplicação das fachadas ventiladas à reabilitação de edifícios.

O facto de as fachadas ventiladas criarem um involucro separado e independente da estrutura do edifício é interessante também para a reabilitação, porque protege o edificio das ações agressivas do ambiente, como por exemplo variações térmicas um dos principais originários das fendilhações, promovendo igualmente a melhoria na estanquidade à água. Complementarmente, a fixação mecânica através de uma estrutura secundaria reduz em muito as cargas descarregadas no suporte.

2.2 Evolução De Fachadas

Segundo Vasco Freitas [9] as fachadas são elementos constituintes de um edifício fundamentais no que toca à sua valorização, uma vez que contribuem para a valorização dos edifícios, não só sob o ponto de vista estético, mas também, melhorando e solucionando problemas técnicos, como a proteção contra o calor e o frio (conforto térmico), o ruído (conforto acústico), contribuindo igualmente para a impermeabilidade de um imóvel, favorecendo ou controlando a iluminação interna através dos vãos ou por ensombramentos, ou controlando a difusão do vapor de água. As fachadas são igualmente relevantes para o reconhecimento de estilos artísticos, marcando eras e formas de construção que foram criadas e exploradas ao longo dos anos e datadas através de pontos estéticos ou formas construtivas, que têm vindo a sofrer várias e várias alterações de forma, melhorando e aumentando o conforto dos edificados, através de questões estéticas e, funcionais, mão de obra qualificada disponível, ou até mesmo de matérias disponíveis na época.

Na (Figura 4) abaixo podemos ver, numa imagem resumo, uma representação da evolução historia dos sistemas de fachadas usadas em Portugal ao longo dos anos.

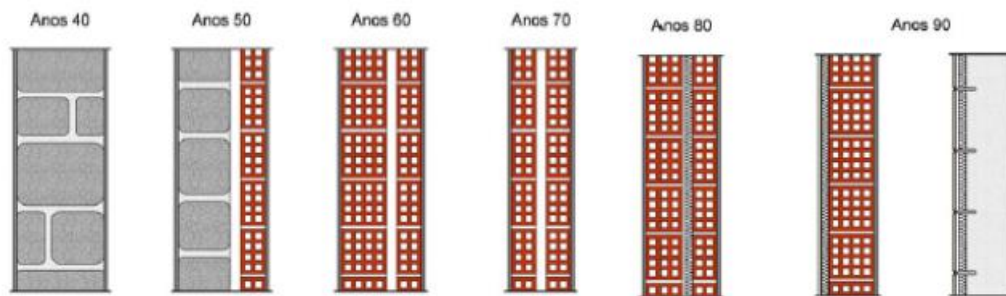


Figura 4 – Evolução das alvenarias ao longo dos anos em Portugal [13].

No início dos anos 40, segundo Vasco Freitas [13], as soluções das fachadas passavam por paredes de grande espessura em alvenaria de pedra ou de tijolo maciço, uma vez que era recursos mais acessíveis as civilizações na época. Com base nisto, nos recursos da época e com a facilidade de encontrar pedra em Portugal, como por exemplo o granito na zona norte do norte do país com boas características resistentes para construção, acabou por ser considerado o material da época uma vez que era o material que mais facilmente se encontrava e correspondia aos requisitos desejados [14]. As paredes apresentavam grandes espessuras não só por razões de estabilidade estrutural, como também pela falta de conhecimento do comportamento dos materiais, dado anos mais tarde pela engenharia. Nos locais em que a pedra era um material mais escasso, como por exemplo na zona mais a sul do país, usava-se predominantemente o tijolo para desempenhar as mesmas funções.

Com o passar dos anos e a evolução dos tempos, com o avanço das tecnologias houve também um aumento das exigências da população (dos habitantes) no que toca aos edifícios. Para melhoria do conforto interior das habitações e redução dos custos de construção começou-se a revestir, nos anos 50, as paredes de alvenaria de pedra, já com menos espessura na época, com um pano de alvenaria em tijolo pelo interior (Figura 4).

Na década seguinte é introduzido o betão armado na construção portuguesa. Uma mudança que veio transformar a indústria da construção e as fachadas para sempre, deixando de ser um elemento estrutural e passa a ser exclusivamente um elemento separados do ambiente interior e exterior. Associado a este aspeto, a pré-fabricação e a necessidade de aligeirar as paredes levou á utilização quase em exclusivo do tijolo. A pedra passa a ser substituída pelo tijolo, sendo a

solução mais comum a parede dupla de alvenaria de tijolo, com o pano exterior mais espesso. Esta evolução culmina nos anos 70 com o máximo aligeiramento das paredes de fachada, parede dupla de dois panos de pequena espessura, que rapidamente caíram em desuso devido ao problema das fendilhação do pano exterior. No espaço de três décadas a pedra deixa de ser o material predominante na construção de edifícios de habitação, passando a ser os edifícios monumentais a sua área de aplicação privilegiada pela sua qualidade estética e durabilidade.

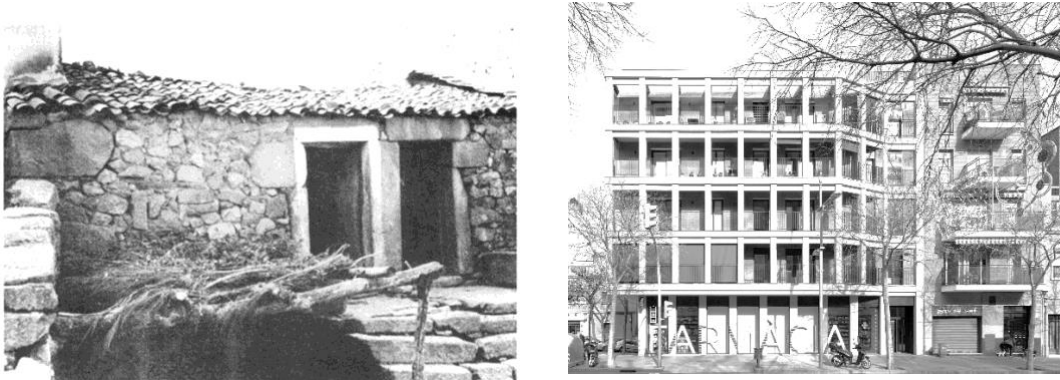


Figura 5 – Casa em pedra (esquerda e Edifício com estrutura praticada na atualidade (direita).

Com o surgimento de novas preocupações como é o caso da preocupação energética, começa-se então a usar, durante a década de 80, materiais de isolamento térmico, preenchendo totalmente ou parcial nas caixas-de-ar das paredes duplas. Este incremento de material, de isolamento térmico começou por ser efetuado sem grande preocupação com o tratamento das pontes térmicas, o que foi alterado após a entrada em vigor do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei nº40/90, de 06 de fevereiro [11].

Com vista à melhoria do isolamento térmico dos edifícios, surgiram então várias soluções na Europa:

- Reforço do isolamento térmico no seu miolo ou pelo interior;
- Utilização de elementos de construção – painéis ou blocos – constituídos por material de menos condutibilidade térmica do que os materiais tradicionais;
- Reforço do isolamento térmico das paredes pelo exterior.

Em face da necessidade de tratamento das pontes térmicas, a primeira daquelas soluções perdeu de imediato o interesse, uma vez que mesmo variando a espessura do isolamento, esse aumento não conduziria a qualquer melhoria significativa do comportamento térmico da parede, uma vez que as pontes térmicas não seriam tratadas e passariam a assumir um efeito predominante [12].

A utilização de elementos construtivos de menor condutibilidade térmica é uma solução mais vantajosa no combate às pontes térmicas, mas pode apresentar dificuldades devidas a deficiências de resistência mecânica ou da necessidade de adoção, pelo projetista, de modelos estruturais que não são aqueles a que estão habituados [12].

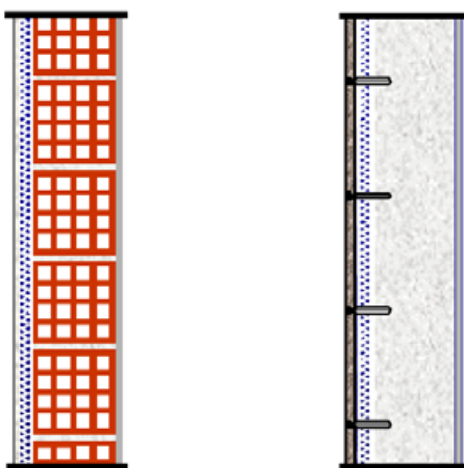


Figura 6 – Evolução das fachadas em Portugal dos anos 90 até hoje [13].

Tendo por base os anteriores motivos expostos, podemos dizer que tendo em conta o problema apresentado o isolamento térmico pelo exterior é a melhor solução. Para além de possibilitar a manutenção de sistemas estruturais consagrados dos edifícios – estrutura reticulada com paredes de enchimento de alvenaria ou paredes de betão moldado “in situ”, entre outras soluções – reúne também as seguintes vantagens [12]:

- Elimina a maior parte das pontes térmicas;
- Aumenta a durabilidade das fachadas – proteção contra variações térmicas e de humidade (água);
- Aumenta o conforto de Verão no interior dos edifícios – aumenta a inércia térmica;

- Melhoria do aspeto, de impermeabilização e de isolamento térmico em edifícios antigos;
- Pode ser executado em edifícios ocupados;
- Não reduz o espaço interior, habitável;
- É uma solução na generalidade dos casos económica.

O conceito de fachadas ventiladas, surgiu nas “Directives communes pour l’agrément des facades Legeres”, de 1968, do CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment) [63]. Mas foi na década de 80/90 que o sistema de fachadas ventiladas ganhou mais força, com o aparecimento em primeiro lugar na Europa, devido às exigências para que os edifícios se adaptassem às normas de eficiência energética, como a consequente diminuição das perdas térmicas. Em Portugal este conceito de fachadas ventiladas e isolamento pelo exterior chegou apenas na década de 90. Para além das fachadas ventiladas, nesta década surgiram também em força outros sistemas, como o isolamento térmico aderido pelo exterior (ETICS), assim como algumas soluções com isolamento pelo interior.

Dá-se então uma nova oportunidade às paredes simples, ligadas a soluções inovadoras de isolamento térmico pelo exterior, quer com revestimento delgado armado, quer sob “placagens” de proteção (Figura 6), e ainda a novas geometrias e funções, capazes de oferecer uma melhoria de desempenho térmico e mecânico [12].

Atualmente, não importa somente o bom desempenho da fachada, importa também a qualidade estética de forma a cativar os possíveis compradores num mercado cada vez mais competitivo. A imagem que a fachada transmite é muito importante por causa da primeira impressão do comprador, assim como para tornar os locais onde se encontram mais agradáveis e atrativos.

Para além dos benefícios de desempenho, é nesta nova abordagem e procura pela estética e referência que se enquadra o interesse das fachadas ventiladas com as mais variadas soluções de acabamento que poderão marcar uma nova arquitetura, tanto do ponto de vista estético como de eficiência de desempenho [14].

2.3 Conceitos, Termos E Definições

Antes de estabelecer o enquadramento da fachada ventilada na classificação sobre os processos de fixação de fachadas, ou a classificação das fachadas segundo o material utilizado, convém esclarecer a diferença entre três conceitos de fachada que aparentam ser o mesmo, mas têm modos de funcionamento diferentes, sendo por vezes confundidos. O primeiro conceito de fachada pode ser considerado uma procura de melhoria dos dois conceitos seguintes. Batizado como fachada pressurizável, ainda se encontra em fase de estudos e de melhoramentos (tendo sido pouco usado até ao momento), poderá ser um passo evolutivo das tipologias de fachada cortina e fachada ventilada, já bem implementadas no mercado e do conhecimento geral.

2.3.1 Fachadas Pressurizável

A fachada pressurizável pode-se considerar de igual forma uma solução particular da fachada cortina, sendo que o grande diferencial entre os dois conceitos é a caixa-de-ar bem compartimentada, de forma a equilibrar as diferenças de pressão entre o interior e o exterior.

O fundamento da pressurização tem como objetivo primordial a diminuição da diferença de pressão entre o exterior e a caixa-de-ar, tendo em conta as suas variações estáticas e dinâmicas, conseguindo-se as seguintes vantagens [15]:

- A quantidade de água transportada pelo vento através das aberturas na fachada é muito menor;

- O revestimento e os respetivos elementos de suporte, ficam sujeitos a uma ação manifestante inferior.

Uma fachada pressurizável compreende, para além dos elementos de suporte e ligação entre a cortina e o suporte da barreira interior, os elementos que dividem a caixa-de-ar, nomeadamente (Figura 7):

- A cortina (revestimento);

- A câmara-de-ar, que isola o interior do edifício por uma barreira de ar;

- Orifícios ventilados na cortina, ligando a câmara com o exterior;
- Elementos separadores e de compartimentação da câmara-de-ar.

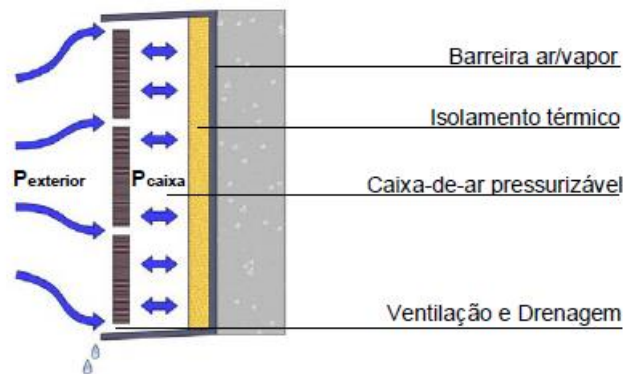


Figura 7 – Corte esquemático de uma câmara pressurizável [15].

Uma vez que existe a possibilidade de infiltrações mesmo que em pequena quantidade, a fachada dispõe de sistema de drenagem, que em qualquer circunstância drena a água infiltrada.

Outro aspeto interessante a ter em conta é os separadores serem em muitos casos elementos metálicos contínuos de suporte dos revestimentos exteriores, que dificultam a ventilação por efeito chaminé, e que na fachada pressurizável não tem qualquer relevância devido à compartimentação da caixa-de-ar.

2.3.2 Fachadas Cortina

“Geralmente é constituída por perfilhamentos estruturais verticais e horizontais, ligados entre si e fixados à estrutura do edifício, com preenchimento, formando um revestimento contínuo leve que proporciona, por si próprio ou em conjugação com o corpo do edifício, todas as funções exigíveis de uma parede exterior, embora não suporte qualquer tipo de carga afeta à estrutura do edifício“ [N1] (definição retirada na norma portuguesa de fachadas-cortina, NP EN 13830:2009).

Uma solução como a fachada cortina evita a penetração da humidade, dispondo de uma caixa-de-ar formada por um paramento exterior (cortina) e um interior. Esta caixa-de-ar pode ser ou não preenchida parcialmente e envolve toda a estrutura do edifício [15].

As funções da caixa-de-ar são:

- Interrupção da capilaridade;
- Drenagem por gravidade.

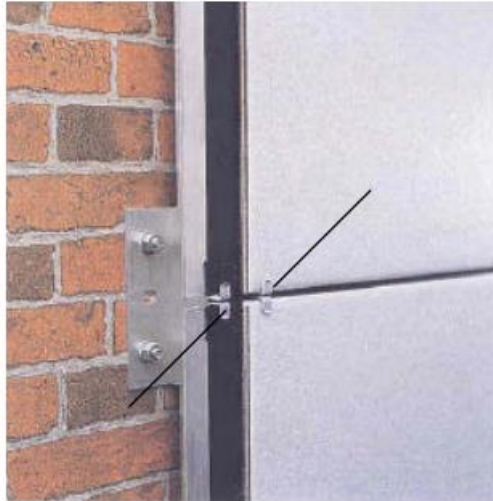


Figura 8 – Representação exemplo de fachada cortina [16].

2.3.3 Fachadas Ventiladas: Princípios De Funcionamento

A primeira definição do conceito de fachada ventilada surge nas “Directives communes por l’Agrement dês Facades Légeres”, de 1968, do CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment) [63]. Mas de uma forma resumida, podemos dizer que o sistemas de fachada ventilada consiste num revestimento descontínuo exterior fixado mecanicamente a uma estrutura de suporte independente (pontual ou linear), um isolamento térmico aplicado (por colagem ou por fixações mecânicas) sobre o suporte de alvenaria ou betão armado ou outro suporte preparado para a mesma função e um espaço de ar ventilado entre o isolamento térmico e o revestimento exterior da fachada, criando assim uma câmara-de-ar em movimento [17].



Figura 9 – Composição de uma fachada ventilada [18].

O termo “Ventilada” surge devido á câmara-de-ar que permite a ventilação natural e contínua da parede do edifício, através do efeito de chaminé onde o ar entra pela parte inferior e sai mais quente pela parte superior [19]. De tal forma que, o fluxo de ar da parede, evita as humidades e condensações, patologias bastante frequentes nas fachadas tradicionais (Figuras 9 e 10).

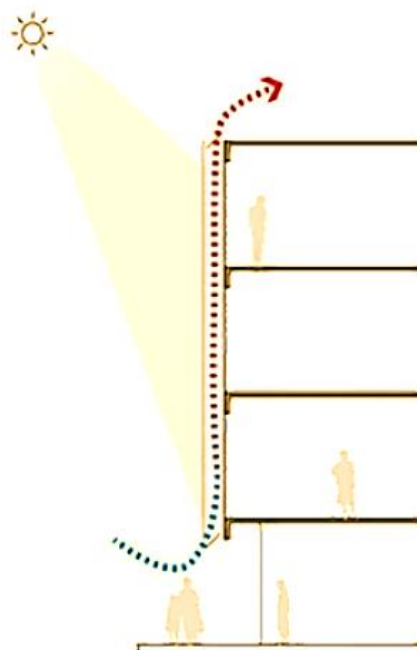


Figura 10 – Esquema de fluxo de uma fachada ventilada [18].

2.3.4 Vantagens E Limitações Das Fachadas Ventiladas

Quando comparado com outros sistemas mais tradicionais, os sistemas de isolamento térmico pelo exterior e particularmente as fachadas ventiladas, apresenta as seguintes vantagens:

- Redução de pontes térmicas, conseguindo assim menos espessura de isolamento térmico para obter o mesmo coeficiente de transmissão térmica global da fachada;
- Diminuição de risco de condensações;
- Aumento da área útil interior dos edifícios;
- Aumento da insonorização;
- Aumento da inércia térmica interior dos edifícios, uma vez que a maior parte da massa das paredes se encontra pelo interior da camada de isolamento térmico, melhorando o conforto térmico de Inverno, por aumento dos ganhos solares úteis, e também de Verão através da regulação da temperatura interior;
- Redução da temperatura interior no Verão por efeito do abaixamento da temperatura ar-sol na parede;
- Redução do peso das paredes e das cargas permanentes sobre a estrutura, dando assim a possibilidade de otimizar estruturalmente o edificado;
- Redução do gradiente de temperaturas a que são sujeitas as camadas interiores das paredes com soluções construtivas mais convencionais (Figura 11);
- Baixa manutenção;
- Poderão eventualmente apresentar um custo inferior quando comparado com outras formas de isolar as fachadas com coeficientes de transmissão térmica globais equiparáveis [20].

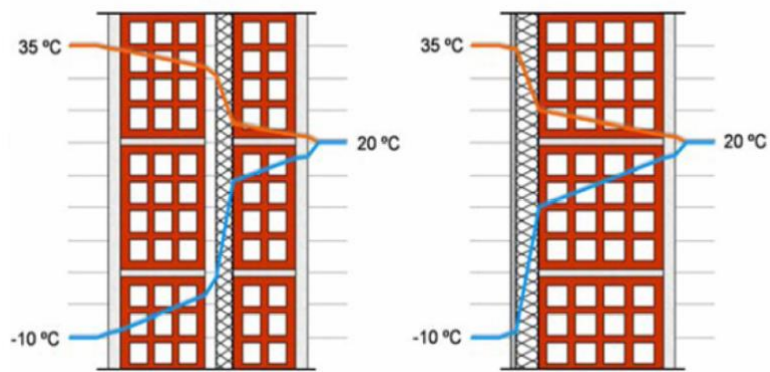


Figura 11 – Comparação do gradiente de temperatura de parede dupla com sistema tradicional de isolamento térmico aplicado na caixa-de-ar, e uma parede simples com isolamento térmico aplicado pelo exterior [25].

No entanto, apresenta também algumas limitações importantes, como:

- Necessidade de mão-de-obra qualificada e com experiência;
- Dependência de mudanças organizacionais nos processos de gestão do empreendimento e da produção;
- Exigência de projeto específico detalhado e que defina o processo de montagem;
- Custo ainda elevado comparativamente com outras soluções para a maioria dos sistemas disponíveis no mercado.

2.4 Elementos Constituintes Das Fachadas Ventiladas

O objetivo deste trabalho é focado essencialmente no estudo do revestimento exterior do sistema de fachada ventilada. No entanto, a concepção do sistema tem um papel fundamental no seu desempenho global. Deste modo, não podemos esquecer que o revestimento exterior faz parte de um conjunto que funciona como um todo. Por isso é necessário diferenciar todos os elementos que constituem esse sistema:

- O suporte;
- O material de isolamento;
- Câmara-de-ar;

- A estrutura intermédia de suporte e as respetivas fixações;
- As juntas;
- O revestimento exterior.

Nos sistemas de fachadas ventiladas é obrigatório dimensionar os elementos de estrutura auxiliar para as ações atuantes, nos perfis de suporte, nas fixações, ou nas placas de revestimento. As ações a considerar são [26]:

- Peso próprio das placas e todo o material interior de suporte;
- Ações do vento a incidir diretamente na fachada, por pressão ou depressão;
- Ações devidas ao movimento da massa de ar no interior câmara de ar;
- Ações de origem sísmica;
- Solicitações térmicas;
- Ações devido a deformações estruturais;
- Cargas de impacto;
- Ações do fogo;

2.4.1 Suporte

O suporte é um elemento fundamental das fachadas ventiladas uma vez que influencia diretamente as fixações do sistema. Por exemplo se existir uma compatibilidade entre o suporte e a estruturas intermédias devemos usar a fixação continua, uma vez que é mais benéfica para este fim quando comparado com as fixações pontuais para a mesma finalidade.

O suporte pode ser constituído por diversos tipos de material, como por exemplo, alvenaria, betão armado, pedra, ou outros materiais, desde que seja assegurada a estabilidade dos pontos de fixação principais da estrutura intermédia.

No caso mais recomendável, os pontos de fixação ao revestimento podem e devem ser independentes das fixações ao suporte uma vez que até é

aconselhado serem realizadas nas zonas com mais resistência mecânica, como por exemplo elementos estruturais [26].

Só é conseguido garantir um bom desempenho do revestimento e estrutura intermédia/fixações se garantido um bom suporte com capacidade de as receber. Por isso é fundamental considerar os seguintes pontos:

- O tipo de estrutura intermédia/fixações a adotar depende do tipo de suporte;
- Os suportes devem ser resistentes e estáveis, tendo em conta o máximo número de variáveis possíveis de influenciar os esforços atuantes;
- A espessura do suporte deve ser compatível e adequada ao tipo de ligação entre a estrutura intermédia/fixação e o suporte;
- Em zonas muito expostas à ação do vento e da chuva, com juntas entre placas abertas, cabe ao suporte assegurar quase por si só estanquidade à água;

2.4.2 Isolamento Térmico

No campo do isolamento térmico aplicado sobre o suporte, podemos dividir em duas famílias:

- Isolantes prefabricados – Placas ou Painéis;
- Isolantes fabricados “in situ” – Projetados;

Já os isolantes prefabricados podem, nos casos comuns, ser divididos em 6 categorias:

- Poliestireno expandido moldado;
- Poliestireno expandido extrudido;
- Lã de rocha;
- Lã de vidro;
- Vidro celular;
- Espuma rígida de poliuretano;

Todos estes elementos/materiais têm como principal função reduzir a transferência de calor entre superfícies.

A aplicação dos isolantes prefabricados em paramentos exteriores de paredes é conseguida através de fixação mecânica ou por colagem. Esta família de isolantes é uma solução interessante para o sistema em estudo quando recorreremos à fixação contínua, visto ser possível garantir uma espessura uniforme e coincidente com os componentes da estrutura intermédia [26].

A aplicação dos isolantes projetados é feita com recurso a equipamento próprio, contra superfícies às quais ficam colados. Durante a sua aplicação “in situ” é realizada uma mistura das matérias-primas do produto em estado líquido que solidifica após a sua projeção. A espuma rígida de poliuretano é um material plástico celular utilizado neste tipo de solução. O poliuretano pode ser aplicado sobre qualquer tipo de suporte, como betão, tijolo, madeira, ferro e a sua aderência é excecional. Devido à sua elevada resistência térmica, as dilatações e contrações das estruturas, consequência das solicitações térmicas, são reduzidas, diminuindo assim fissurações em alvenaria, coberturas e consequentes infiltrações [27].

Neste tipo de aplicação e ao contrário dos isolantes prefabricados, a camada de isolante projetado não possui uma espessura regular, pelo que, à espessura mínima pretendida será necessário garantir pelo menos mais um centímetro. Assim, caso por exemplo se pretenda a aplicação de 4 cm de espessura deste tipo de isolantes, deverá ser previsto em projeto 5cm, assegurando que em nenhum ponto a espessura seja inferior a 3,5 cm e superior a 5,5 cm e assim garantindo a espessura da lâmina de ar prevista para o sistema em estudo.

Este tipo de isolantes é bastante interessante quando recorreremos a elementos de fixação pontual, pois este tipo de fixação perfura o suporte em inúmeros pontos.

Se os elementos de fixação forem colocados após este tipo de isolantes, como acontece com os elementos de fixação pontual com selagem ao suporte, é recomendável, a projeção posterior do mesmo produto em torno dos elementos de fixação [26].

					
Poliestireno expandido moldado	Poliestireno expandido extrudido	Lã de rocha	Lã de vidro	Vidro celular	Espuma rígida de poliuretano.

Figura 12 – Diferentes isolamentos possíveis usar em sistemas de fachada ventiladas [29;30;31;32;33;34;35].

2.4.3 Estrutura Intermédia De Suporte

Existem dois tipos de fixações possíveis para o revestimento exterior: fixação direta/pontual ou fixação indireta ou contínua.

No caso de ser fixação direta/pontual, a ligação entre os elementos é feita através de fixações diretas entre o suporte e o revestimento, não dependendo em boa verdade de uma estrutura intermédia propriamente dita. A fixação é garantida pontualmente por elementos, como grampos metálicos ou outros, que se fixam numa das extremidades ao revestimento e na outra ao suporte, nomeadamente por intermédio de buchas. Os sistemas de fixação pontual necessitam de um suporte com resistência mecânica suficiente para a fixação em quase toda a sua extensão.

Os dispositivos de fixação direta são divididos em dois tipos, fixação mecânica ao suporte e fixação com selagem ao suporte, podem ser feitas de forma mecânica ou chumbadas no próprio revestimento e suporte.

Um elemento de fixação indireta ou contínua é um dispositivo composto por uma estrutura intermédia entre o suporte e o revestimento e pelos restantes componentes que permitem a sua aplicação sobre o suporte, assim se garantindo a ligação suporte – estrutura intermédia – revestimento. A composição das estruturas intermédias pode ser de madeira, aço, ferro ou, mais usualmente, de alumínio [19].

Neste tipo de sistema temos praticamente duas soluções possíveis para a fixação das placas de revestimento: fixação oculta ou fixação à vista [65].

Na fixação oculta os dispositivos de fixação, tal como o nome indica, não ficam visíveis no revestimento acabado, sendo inseridos normalmente no tardo da placa, ou na espessura da mesma, caso tenha espessura suficiente.

A ligação das placas à estrutura intermédia é denominada por fixação à vista quando o dispositivo utilizado fica visível pela parte exterior do edifício. Este tipo de fixação é utilizado maioritariamente em revestimentos cerâmicos, recorrendo-se a “clips” metálicos para fixar as placas.

Como já referido, normalmente as estruturas intermédias são feitas em alumínio e podem ser constituídas apenas por elementos paralelos entre si, na horizontal e na vertical, ou em ambos os sentidos sobrepondo-se entre si. Quando estas estruturas são apenas compostas por elementos horizontais ou verticais, são chamadas de estruturas intermédias simples, enquanto que as estruturas com elementos em ambos os sentidos são denominadas por estrutura intermédia dupla.

Normalmente, uma estrutura intermédia dupla é composta por elementos com dimensões e resistências distintas. Os elementos com resistência mecânica mais elevada, e que estão em contacto mais direto com o suporte, devem ser designados por estrutura primária, enquanto os elementos perpendiculares e sobrepostas a estes devem ser designados por estrutura secundária [26].

As estruturas intermédias simples são normalmente utilizadas para revestimentos compostos por elementos em forma de régua ou lâminas colocadas na horizontal ou compostos por elementos de grandes dimensões faciais. As estruturas intermédias duplas são mais utilizadas para revestimentos compostos por elementos de reduzidas dimensões faciais, elementos em forma de régua ou laminas colocadas na vertical.

Para a fixação da estrutura intermédia ao suporte podemos ter três soluções:

- Solidária – quando parcialmente introduzida no suporte;
- Direta – quando em contacto superficial com o paramento do suporte;
- Indireta – quando contacta com o suporte apenas pontualmente através de espaçadores.

A fixação solidária está normalmente associada a perfis em aço ou outro material inserido na cofragem de betão.

Quando a fixação da estrutura intermédia ao suporte é direta, as exigências de planeza do paramento assumem particular importância. Se estiver prevista a utilização de isolamento térmico, a estrutura não permite a sua aplicação de forma contínua [26].

Quando a fixação é direta devem ser os elementos verticais a garantir o contacto de modo a não ser impedido ou dificultado o escoamento de água ao longo do suporte bem como a livre circulação de ar no sentido ascendente.

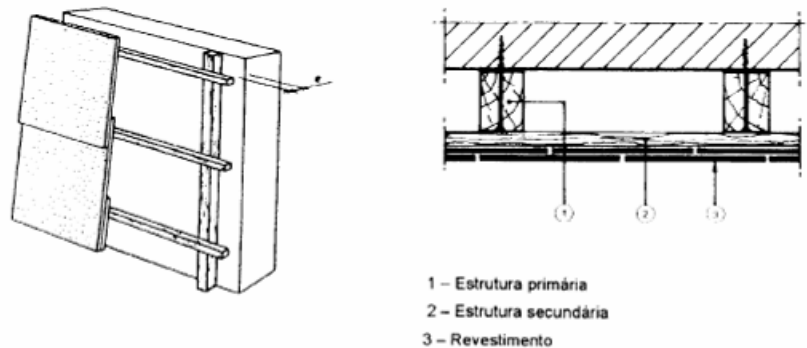


Figura 13 – Fixação direta da estrutura intermédia ao suporte [26].

A fixação indireta, através da utilização de esquadros metálicos ou tentos de madeira como espaçadores, permite a realização do suporte com menor rigor, pelo que esta é a melhor opção para obter a regularidade da estrutura intermédia e permitir a aplicação contínua do isolante térmico conforme a figura seguinte [26].

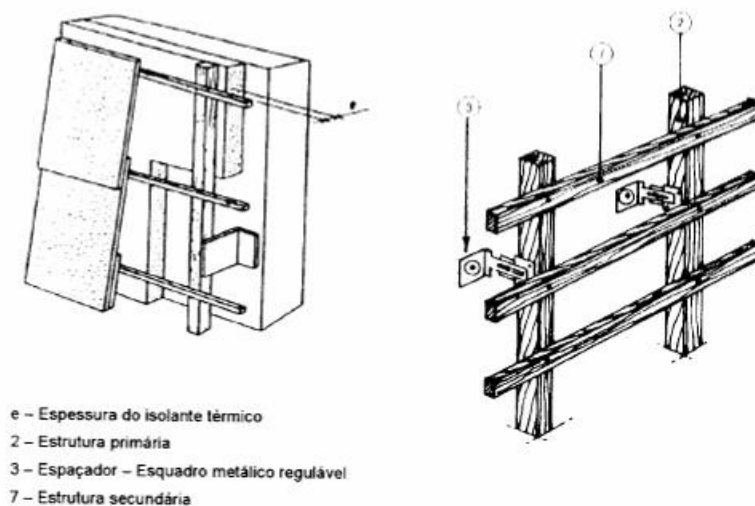


Figura 14 – Fixação indireta da estrutura intermédia ao suporte [26].

Os esquadros metálicos utilizados para efetuar o afastamento da estrutura intermédia ao suporte, podem possuir diversas configurações. Na (Figura 15) pode-se os mais utilizados.

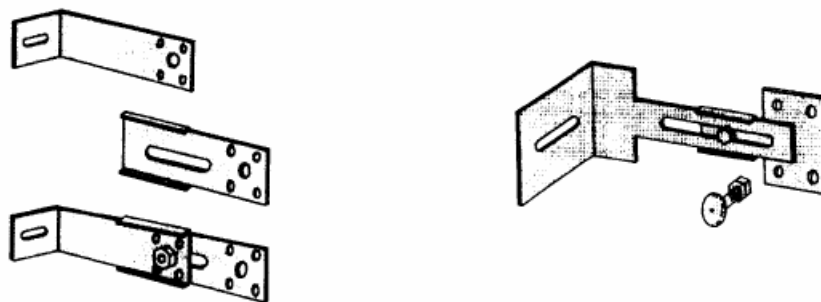


Figura 15 – Fixação indireta da estrutura intermédia ao suporte [26].

A compatibilidade entre os suportes e as estruturas intermédias é uma das principais vantagens da fixação contínua relativamente à fixação pontual. Assim, como as estruturas intermedias tem os pontos de fixação ao suporte independentes dos pontos de fixação ao revestimento, as fixações ao suporte podem ser realizadas nas zonas com mais elevada resistência mecânica, ou seja, em elementos com funções estruturais no edifício [26].

2.4.4 As Fixações

Os painéis são “presos” à estrutura intermédia ou diretamente ao suporte através de fixações à vista ou ocultas. Existem vários tipos de fixações no mercado.

Quando escolhemos um sistema de fixação para aplicar numa determinada gama de painéis, temos que ter o cuidado de verificar a sua compatibilidade. O contacto com alguns agentes de degradação pode provocar reacções de corrosão agressivas. A grande variedade de materiais de revestimento e o uso de vários tipos de fixações, e de estruturas primárias e secundárias de suporte fazem aumentar o risco de potenciais reacções entre os materiais. É importante verificar antes da aplicação dos materiais as especificações de cada componente para evitar o risco de incompatibilidades.

As fixações e a estrutura intermédia são claramente dos componentes do sistema que devem ser estudados com maior rigor e atenção. O dimensionamento das fixações e da estrutura intermédia deve ser coordenado com o dimensionamento da estrutura de suporte de modo a assegurar que não existem cargas não previstas, ou até mesmo desnecessárias, que sejam descarregadas sobre o sistema de fixação e revestimento [28]. O dimensionamento de toda a estrutura de suporte deve ser bem calculado pelo projetista, de forma a evitar a transmissão de cargas ao revestimento exterior e pôr em causa o seu desempenho.

No dimensionamento do sistema de suporte deve-se ter em especial atenção às cargas resultantes do efeito do vento e impactos, a que os paramentos exteriores vão estar sujeitos, de forma a garantir a integridade de toda fachada ventilada. A intensidade das cargas serve para estabelecer.

- O tamanho e espessura dos painéis;
- O tamanho, número e espaçamento das fixações;
- Configuração e localização da estrutura intermédia e a incorporação dos outros acessórios [28].

2.4.5 As Juntas

Durante a fase da colocação das placas é necessário ter especial cuidado na execução das juntas.

Em revestimentos deste tipo podemos ter dois tipos de juntas:

- Juntas de topo;

- Juntas de recobrimento;

Nos produtos colocados com juntas de topo, as juntas podem permanecer abertas ou serem fechadas com material de elevada elasticidade. Por questões estéticas e para garantir uma ventilação ideal da caixa-de-ar, normalmente, estas juntas permanecem abertas. Nos revestimentos com placas de dimensões mais reduzidas (inferiores a 1m), a fixação pontual é a solução utilizada com mais frequência para este tipo de colocação [26]. As juntas abertas devem possuir a dimensão mínima de 4mm, de modo a permitir movimentos dos materiais, dilatações térmicas e acima de tudo garantir a correta ventilação do espaço de ar. Para obter juntas uniformes em toda a fachada é conveniente recorrer à capacidade de ajuste tridimensional das fixações que permitem de uma forma simples e sem retirar as placas, proceder aos ajustes necessários à uniformização das dimensões de todas as juntas.

Os revestimentos com placas de maior dimensão (superior a 1m) são normalmente fixados ao plano com recurso a uma estrutura intermédia. Para a fixação destes elementos com juntas de topo são normalmente utilizados pregos, parafusos ou rebites associados a uma estrutura intermédia, bem como soluções com clips à vista. Quando os produtos aqui classificados possuem grandes dimensões faciais, o seu coeficiente de dilatação assume particular importância quando aplicados com juntas de topo, pelo que, normalmente é necessário garantir um afastamento entre elementos, com impacto significativo no resultado visual destas soluções. As soluções com juntas de recobrimento, são normalmente aplicadas com sobreposição de elementos na junta horizontal ou em ambas as juntas.

Nos revestimentos em forma de régua ou lâminas, a menor dimensão facial dos elementos considerados é normalmente inferior a 30 cm e são aplicados com sobreposição na junta horizontal ou na junta vertical. A sobreposição na junta horizontal é a solução mais utilizada porque permite resolver mais facilmente o problema da estanquidade à água nas juntas entre elementos. Nestes casos, a junta vertical é de perceção difícil, pelo que, é obtido o resultado final de lâminas contínuas horizontais. De modo a obter este tipo de colocação são normalmente utilizadas as soluções de fixação com presilhas ou com pregos, pernos, rebites, parafusos, ou agrafos ocultos pelo recobrimento.

Nos revestimentos de dimensão mais reduzida, as placas são aplicadas com sobreposição dupla e juntas verticais desencontradas, resultando numa configuração com aspeto semelhante ao das escamas de peixe, conhecida por colocação em “escama”. Este tipo de aplicação é obtido com soluções de fixação com presilhas ou com pregos ou parafusos, mas também pode ser obtida através do encaixe entre elementos.

Os revestimentos de dimensão superior são normalmente aplicados com sobreposição dos elementos. Como estes produtos possuem espessuras muito reduzidas, a sobreposição direta dos elementos não é facilmente perceptível, como acontece com os elementos de reduzidas dimensões faciais ou em forma de lâminas. Normalmente, os revestimentos com elementos de grandes dimensões faciais, colocados com juntas de recobrimento, garantem por si só a estanquidade à água do sistema da fachada. A grande desvantagem deste tipo de revestimento é a sua fragilidade relativamente aos choques. Assim, normalmente, estes elementos não satisfazem a exigência de resistência aos choques em paramentos acessíveis, pelo que não devem ser utilizados nessas zonas da fachada [26].

2.4.6 O Revestimento Exterior

Nos projetos que incluem fachadas ventiladas, a empresa de montagem do sistema de fachada determina quais serão as tolerâncias admitidas, para os níveis e prumadas da obra, evitando a produção de ancoragens especiais. Mas acontece com muita frequência que o sistema de fachadas é contratado quando boa parte da estrutura e paredes externas da obra, já se encontram executadas. O projeto de produção da fachada deve ser um projeto interativo, que depende da presença e atuação do projetista em todas as fases da sua conceção. O projetista deve ter em consideração a complexidade existente na construção de edifícios, onde mesmo com processos de produção com o efetivo controlo, surgem inevitáveis imperfeições na base de suporte da fachada. Estas divergências devem ser consideradas na elaboração do projeto da fachada, sendo necessário proceder ao levantamento das condições reais dos paramentos exteriores, para se poder tomar as decisões mais adequadas à

execução do revestimento, nomeadamente no que diz respeito à planimetria, prumos e tipologia das fixações a ser adotadas, que devem ser resolver todas estas imperfeições.

Neste sistema o revestimento exterior é constituído por placas que podem ser de diversos materiais. Com o desenvolvimento tecnológico vão aparecendo novas soluções de revestimento, que complementam a oferta já existente no mercado. A qualidade e o desempenho deste sistema dependem da contribuição de todos os elementos que o compõe. No caso das placas de revestimento, o seu desempenho começa no processo de fabrico e na qualidade dos materiais utilizados. Convém ter presente que, antes da finalização da obra da fachada, as placas de revestimento passaram pelas fases do fabrico, transporte, armazenagem, e colocação das peças.

De forma a evitar danos provocados pelo manuseamento de peças, quer seja na fábrica, quer seja durante o transporte ou no estaleiro de obras, devem ter-se em conta as seguintes recomendações [27;28]:

- Deve ser dada a devida formação aos trabalhadores, sobre a forma como deve ser feito o manuseamento, transporte e armazenamento de todos os dispositivos, sendo que as peças especiais que requeiram um manuseamento ou utilização específica devem esta devidamente identificadas;
- Devem ser identificados e devidamente protegidos os pontos de apoio e suporte das peças;
- No transporte devem-se usar paletes planas e resistentes, com uma dimensão maior ou igual à das placas;
- Caso os componentes sejam transportados em palete, estes devem estar acondicionados de forma adequada, para o manuseamento e com as dimensões e peso adequados, de forma a evitar danos.
- O deslocamento das placas deve ser feito com elas levantadas, de modo a evitar a formação de riscos na superfície.
- As placas devem ser armazenadas num local fechado, protegidas da humidade e do calor, a uma temperatura e condições ambientais normais;

- Separar os metais ferrosos dos não ferrosos, principalmente em condições de humidade, tendo em especial atenção o contacto direto entre o cobre, alumínio e zinco, prevenindo assim o aparecimento de manchas;
- As placas em pedra devem vir diretamente da fábrica com os furos já executados, de modo a minimizar eventuais desvios e imprecisões inerentes à furação executada em obra.

A distribuição das placas de revestimento para as diversas frentes de trabalho deve ser efetuada através de gruas e guinchos, em função das características da obra e das características de produção adotadas, tendo em conta os equipamentos disponíveis em obra e os equipamentos especiais necessários, que proporcionem uma maior produtividade para a montagem do sistema.

O projeto do estaleiro de obras deve integrar o projeto da execução da fachada. Devem estar previstos os locais para o armazenamento dos materiais, a forma como será realizado o transporte dos componentes até ao local de aplicação, visando promover a movimentação com o menor número de interferências possíveis, minimizando as distâncias de transporte e eliminando possíveis riscos de acidentes e quebras de material.

A definição dos andaimes é também um item importante para o incremento da produtividade na execução dos trabalhos. É fundamental a utilização de um andaime de fachada, devendo este ser montado logo desde o início da estrutura e ao longo do desenvolvimento da estrutura em altura. Esta técnica elimina o risco de queda em altura, aumenta a produtividade não só da estrutura, mas também de toda a envolvente exterior, incluindo a montagem da fachada.

É recomendado que, quando possível, a montagem da fachada não seja iniciada até que a estrutura do edifício esteja completa. Este procedimento permite a verificação do prumo da edificação, procedendo-se às correções quando se julgar necessário, assegurando assim, que o revestimento seja colocado de uma forma satisfatória. Caso se opte por iniciar a montagem da fachada antes da conclusão da estrutura do edifício, a fachada poderá sofrer danos pela queda de betão ou outros materiais e pela deformação da estrutura que induz esforços na estrutura de suporte auxiliar da fachada e a distorção da mesma.

O controlo deve fazer parte integrante do projeto da fachada, já que sem o seu estabelecimento, todos os outros procedimentos e especificações não podem ser verificados e avaliados, tomando-se, portanto, inúteis. Para a aplicação de uma metodologia de controlo, é fundamental que se estabeleçam as tolerâncias para a aceitação de um determinado serviço, definindo-se quais as medidas a tomar, no caso da existência de não conformidades. As atividades de controlo devem servir também para averiguar a aplicabilidade e confiança do sistema, em função dos critérios de projeto estabelecidos.

Este controlo tem por objetivo garantir a conformidade da produção com os padrões estabelecidos em projeto, através da verificação contínua do processo de produção da fachada, sendo possível intervir no processo, de modo a corrigir os procedimentos no momento em que ocorram os desvios [27].

2.5 Tipologias De Fachadas Ventiladas

2.5.1 Classificação Segundo Os Processos De Fixação De Fachadas

Nas fachadas ventiladas existem distintamente dois tipos de fixação:

- Fixação Direta ou Pontual;
- Fixação Indireta ou Continua.

No caso da ligação entre o suporte e o revestimento será feita por intermédio da própria fixação, podemos dizer que é uma fixação direta, na qual os elementos não dependem de uma estrutura intermédia ou secundária para que a fixação seja feita, uma vez que a fixação do revestimento é feita diretamente no suporte. Os sistemas de fixação pontuais necessitam de um suporte com resistência suficiente para a sua fixação, uma vez que são aplicados diretamente nas fachadas. Os dispositivos de fixação pontual são divididos em dois tipos, segundo a sua relação com o suporte: fixação mecânica ao suporte e fixação com selagem ao suporte (chumbar) (Figura 16).

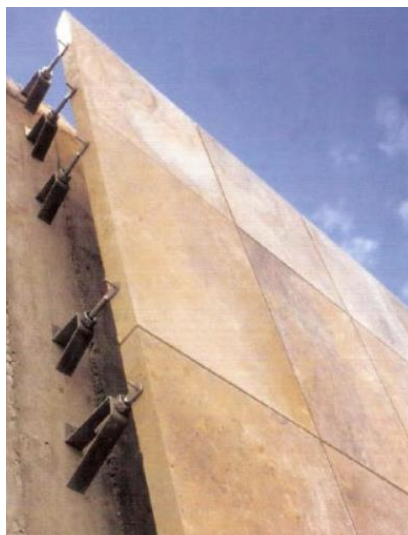


Figura 16 – Exemplo de fixação direta ou pontual com selagem ao suporte (Chumbar) [66].

Um elemento de fixação indireta ou contínua, é definido “como um dispositivo composto por uma estrutura intermédia entre o suporte e o revestimento e pelos restantes componentes que permitem a sua aplicação sobre o suporte bem como a aplicação do revestimento e pelos restantes componentes que permitem a sua aplicação sobre o suporte bem como a aplicação do revestimento sobre a estrutura intermedia” [26]. A composição das estruturas intermedias podem ser em aço, ferro, alumínio ou até em madeira.

Neste tipo de fixação temos praticamente duas soluções possíveis para a fixação das placas de revestimento: Fixação oculta e fixação à vista.

Na fixação oculta os dispositivos de fixação não ficam visíveis no revestimento acabado, sendo inseridos normalmente no tardo da placa, ou na espessura da mesma, cada possuía espessura suficiente (Figura 17).

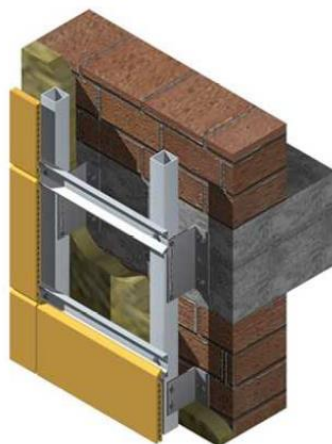


Figura 17 – Exemplo de fixação indireta ou contínua com ligações ocultas [67].

A ligação das placas à estrutura intermédia é chamada de fixação à vista, quando o elemento utilizado fica visível pela parte exterior do edificado. Este tipo de fixação é maioritariamente aplicado em fachada com revestimento cerâmico, recorrendo a “clips” metálicos para fixar as placas (Figura 18).

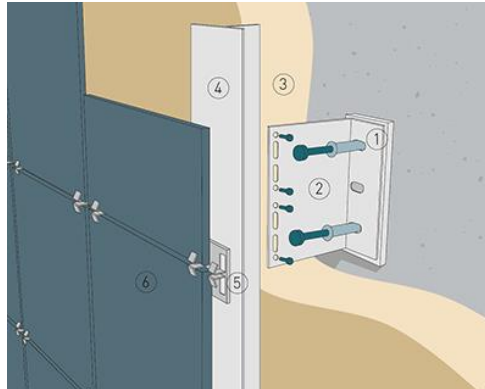


Figura 18 – Exemplo de fachada com fixação contínua ou indireta com ligações à vista [36].

2.5.2 Classificação Das Fachadas Segundo O Material Utilizado

Com o passar dos anos tem surgido vários tipos de materiais possíveis de aplicar como revestimento de fachadas ventiladas, e ainda caminhamos para o aparecimento de muitos outros que estão a ser melhorados ou repensados, ou até mesmo desenvolvidos de novo. Contudo, no mercado imobiliário português os que encontramos com maior regularidade são:

- Revestimento com placas de alumínio composto;
- Revestimento com placas de pedra natural;
- Revestimento com placas cerâmicas;
- Revestimento com placas de grés porcelânico;
- Revestimento com placas de aglomerados de madeira;
- Revestimento com placas de gesso laminado reforçadas com fibra de vidro;
- Revestimento com placas de pedra artificial à base de mármore e quartzo.

2.5.2.1 Revestimento Com Placas De Alumínio Composto

Este tipo de revestimento é normalmente comercializado em painéis compostos por duas camadas de alumínio, com espessuras de 0.5 mm, e um núcleo de polietileno de baixa densidade de espessura variável, sendo que normalmente este varia entre 2 mm e 5 mm. Estas medidas são obtidas através da laminação sob tensão controlada através de um processo contínuo.

Devido ao peso baixo que este tipo de revestimento tem, é muitas vezes usado em placas de grandes dimensões e pode também ter várias cores, o que faz com que seja possível ter uma variedade enorme de acabamentos (Figura 19).



Figura 19 – Fachadas ventiladas com revestimento exteriores de alumínio composto [68].

Esta solução tem como principais características:

- Planeza de superfície;
- Variedade de dimensões, acabamentos e cores;
- Pouca necessidade de manutenção;
- Leveza do sistema, na ordem dos 6 kg/m²;
- Facilidade de limpeza, permitindo a remoção de graffiti;
- Simplicidade de substituição de painéis;
- Instalação rápida.

2.5.2.2 Revestimento Com Placas De Pedra Natural

Estes revestimentos são constituídos por placas obtidas a partir de rochas ornamentais, classificadas segundo a sua origem, nos três grupos seguintes:

- Ígneas – granitos, basaltos, gabros, pórfiros, sienitos;
- Metamórficas – mármore, ardósias, xistos, quartzitos, gneisses;
- Sedimentares – calcário, brechas, dolomites.

Os revestimentos de pedra são um material natural que devidamente tratados possuem uma durabilidade ímpar.

Nos revestimentos de fachadas com pedra natural, a fixação das placas é feita normalmente por ancoragens pontuais, diretamente encaixadas através de perfurações executadas na sua espessura, que evitam praticamente a estrutura auxiliar de suporte diminuindo assim o custo do sistema de fachada uma vez que aquela deixa de ser necessária. Contudo, o sistema torna-se mais vulnerável e pode até contribuir para a possibilidade da ocorrência de colapso na zona das fixações, sendo necessário um controlo mais rigoroso em relação à resistência ao arrancamento dessas peças.

As placas em pedra natural também podem ser aplicado sobre sistemas contínuos. Neste caso, a fixação das placas à estrutura intermédia é de índole mecânica – com agrafos de fios, gatos, ou peças mais elaboradas, aparafusadas, soldadas ou introduzidas em cavilha.

Apesar da grande abundância de pedra existente na natureza, apenas alguns tipos devem ser usados na construção civil. A pedra a utilizar deve obedecer a requisitos mínimos de resistência mecânica, de dureza, de trabalhabilidade, de porosidade, de durabilidade e de aparência.

Os blocos de pedra, depois de serem extraídos das pedreiras, têm de ser sujeitos a várias transformações de forma a se obterem as pedras finais com dimensões e formatos desejados para o fim a que se destinam [37] (Figura 20).



Figura 20 – Fachada ventilada com revestimento feito em placas de pedra natural [69].

2.5.2.3 Revestimento Com Placas Cerâmicas

O sistema de fachada ventilada com revestimento em placas cerâmicas associa as vantagens estéticas e técnicas dos próprios elementos cerâmicos. Estes podem apresentar uma grande gama de dimensões, desde valores relativamente baixos até valores elevados, como 30 cm, 60 cm ou 120 cm, sendo que em alguns casos podem até apresentar dimensões maiores. Em contrapartida, a sua espessura pode ser apenas de 8 mm em alguns casos.



Figura 21 – Fachada ventilada com revestimento feito em placas cerâmicas [70].

As suas características mais relevantes são a baixa absorção de água e a sua elevada resistência mecânica.

O sistema mais utilizado para a sua fixação consiste numa perfilaria de suporte fixada convenientemente ao pano de parede devidamente isolado pelo exterior, ou seja, trata-se de uma fixação contínua. Os painéis são acoplados aos perfis por intermédio de encaixes metálicos ou de implantes. Todavia, o recente desenvolvimento de elementos cerâmicos levou ao aparecimento de novas soluções que permitem outro tipo de opções, nomeadamente componentes de fixação que recorrem à furação no topo do revestimento ou a um rasgo no tardo do revestimento.

Este tipo de revestimentos de placas cerâmicas com estruturas auxiliares de suporte tem um bom desempenho, entre outros face às ações do vento, pois possui:

- Superfícies muito planas e pouco rugosas, oferecendo menor resistência ao vento;
- Elevada resistência ao arrancamento dos fixadores e ao impacto; Como medida preventiva aconselha-se a aplicação de uma tela de fibra de vidro colada no tardo da placa que impeça a sua queda para que, na eventualidade de o revestimento ser atingido com um objeto com força suficiente para causar a rutura de um dos seus componentes, evitar a ocorrência de acidentes ou de maior danos na fachada;
- Baixo peso de todo o sistema.

2.5.2.4 Revestimento Com Placas De Grés Porcelânico

A produção de grés porcelânico teve início nos anos 80, depois do desenvolvimento do processo de queima rápida que provocou uma enorme mudança no setor da indústria cerâmica.

As principais características deste material são:

- Elevada resistência à abrasão;

- Baixo teor de absorção de água, o que proporciona elevada resistência ao congelamento;
- Elevada resistência mecânica;
- Elevada resistência aos ataques químicos, nomeadamente por ácidos e álcalis;
- Elevada dureza;
- Uniformidade de cores e acabamentos;
- Facilidade de manutenção;

Devido aos seus atributos, o grés porcelânico assumiu-se como uma opção extremamente competitiva, tornando-se progressivamente o principal concorrente das placas de pedra natural para a execução de fachadas ventiladas (Figura 22).



Figura 22 – Detalhe de fachada ventilada com revestimento em placas de grés porcelânico [71].

2.5.2.5 Revestimento Com Placas De Aglomerados De Madeira

Os compostos fenólicos são substâncias naturais a partir das quais se pode produzir uma resina plástica de alta resistência, ideal para a utilização como ligante das fibras no processo de transformação de aglomerados de madeira, conferindo-lhes uma resistência química e mecânica significativa.

A constituição dos painéis é feita por várias camadas de celulose, impregnadas com resinas fenólicas (que conferem estabilidade e rigidez ao produto), sujeitas a um processo de sobreaquecimento e compressão. Isto permite a obtenção de um produto homogéneo e com um baixo nível de porosidade (Figura 23).

As suas principais características são as seguintes:

- Elevada resistência química;
- Planeza e regularidade dos painéis;
- Baixo peso;
- Resistência à sujidade e facilidade de limpeza, inclusivamente de graffitis;
- Resistência à radiação UV e à generalidade dos agentes climatéricos;
- Variedade de cores e acabamento.



Figura 23 – Detalhe de fachada ventilada com revestimento em placas de aglomerado de madeira [72].

2.5.2.6 Revestimento Com Placas De Gesso Reforçadas Com Fibra De Vidro

Este revestimento com placas de gesso é constituído por fibra de vidro na face exterior do revestimento e por um núcleo em gesso reforçado com fibras, com aditivos especiais antifúngicos, de alta resistência e baixa absorção de humidade. Este tipo de placas apresenta algumas vantagens como:

- Ligeireza e resistência mecânica;
- Maior facilidade de trabalhar relativamente a outras placas vulgarmente usadas, como as placas à base de cimento por exemplo;

- Classe de reação ao fogo A1;
- A facilidade/abundancia deste mineral na natureza;
- O processamento do mineral gesso requer pouca energia;
- Boas características e propriedades técnicas;
- As placas de gesso são recicláveis;
- Formação técnica fornecida aos instaladores pelos fabricantes.

Também neste caso devem sempre ter-se em atenção certas disposições construtivas, tais como juntas de dilatações em distâncias maiores ou iguais a 15 m, entre outras indicadas pelos fabricantes e distribuidores (Figura 24).

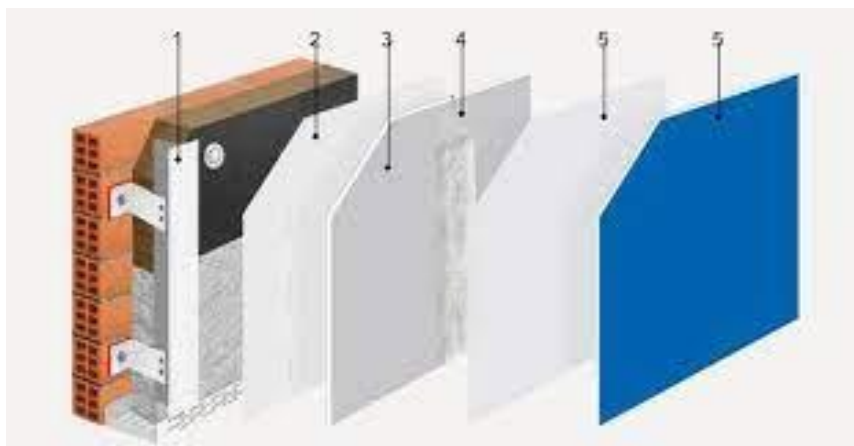


Figura 24 – Detalhe construtivo dos elementos constituintes de fachada ventilada com revestimento em placas de gesso laminado [73].

2.5.2.7 Revestimento Com Placas De Pedra Artificial À Base De Mármore E Quartzos

As placas de pedra artificial à base de mármore e quartzos são constituídas por pedra natural reconstituída, composta por minerais de alta pureza, polímero aglutinante e uma mistura de aditivo. O polímero aglutinante e os aditivos incorporados são especialmente criados para dotar a pedra de resistência às condições climáticas e ambientais (como radiação UV, geada, calor e humidade, entre outras) (Figura 25).

A intensa exploração das pedreiras e a grande quantidade de resíduos não aproveitáveis que provocava a sua extração estão na origem deste produto de

revestimento avançado à base de material reciclado, capaz de exprimir as novas e inovadoras ideias estéticas e funcionais da arquitetura moderna e de respeitar o meio ambiente.

Este tipo de revestimento apresenta as seguintes vantagens:

- O processo de vácuo utilizado na produção elimina qualquer presença de ar;
- Ausência de porosidade;
- Absorção praticamente nula de água e humidade;
- Manutenção simples e económica;
- Propriedades mecânicas superiores às dos produtos naturais (não existem fissuras ou outros tipos de zonas frágeis como nas pedras naturais).



Figura 25 – Fachada ventilada com revestimento feito em placas de pedra artificial à base de mármore e quartzo [74].

2.6 Considerações Finais

As principais conclusões retiradas sobre o estado da arte das fachadas ventiladas, com base na pesquisa bibliográfica e na consulta de algumas documentações técnicas, são:

- A principal diferença entre os conceitos de fachada ventilada e fachada-cortina, são essencialmente a existência ou não de uma caixa-de-ar corretamente dimensionada para garantir ventilação;

- A fachada pressurizável é um sistema em desenvolvimento que poderá ser um passo evolutivo das anteriores, no qual a caixa-de-ar se encontra estrategicamente compartimentada, de forma a equilibrar as diferenças de pressão entre o interior e o exterior, permitindo assim uma melhora na estanquidade e reduzir significativamente as ações a que está sujeita;
- Os elementos de revestimento podem ter dimensões variadas, podendo ser de reduzidas ou grandes dimensões faciais, ou até em forma de régua ou lâmina;
- Os painéis de revestimento podem apresentar diversos tipos de superfícies como por exemplo, planas, curvas, perfiladas, perfuradas, em régua ou até em lâminas; no entanto, as mais utilizadas são as superfícies planas, as perfiladas, as reguadas ou as lâminas;
- Neste tipo de fachadas podemos obter três tipos de juntas de fachada: junta aberta, junta sobreposta ou até junta com utilização de perfis; as juntas sobrepostas e/ou as juntas com perfis são as juntas mais estanques à água; as juntas abertas são, por motivos óbvios, as menos estanques a água, podendo ter as juntas a variar entre 6 e 25 mm, tal como recomendado nas fichas técnicas ou documentos técnicos;
- O suporte é fundamental, uma vez que influencia diretamente as fixações do sistema: quando existe uma compatibilidade entre o suporte e a estruturas intermédias devemos usar a fixação contínua, uma vez que é mais eficaz;
- O suporte pode ser constituído por diversos tipos de material, desde alvenaria, betão armado, pedra, madeira, entre outros materiais;
- As fachadas ventiladas podem ter uma caixa de ar com isolamento térmico ou não; este isolamento pode ser prefabricado (com espessura regular) ou fabricado “in situ” (projetado e com espessura irregular);
- Os sistemas de fixação utilizados em fachadas ventiladas são: a ancoragem por cavilhas ou discos, a ancoragem por grampos, a ancoragem linear, a ancoragem no tardo, a fixação por parafusos ou rebites, molduras ou caixilharia, os sistemas de encaixe e a fixação de lâminas fixas ou móveis;

- A ancoragem por cavilhas, a ancoragem por grampos e a ancoragem linear são as soluções de fixação mais comuns para os revestimentos de pedra natural e betão, entre outros;
- A ancoragem no tardo por sistemas de suspensão é a solução mais utilizada para revestimentos pesados, nomeadamente soluções em betão e em pedra natural de grandes dimensões;
- Quando escolhemos um sistema de fixação para aplicar numa determinada gama de painéis, tem que se ter o cuidado de verificar a sua compatibilidade;
- As fixações e a estrutura intermédia são claramente dos componentes do sistema os que devem ser estudados com maior rigor e atenção; o dimensionamento das fixações e da estrutura intermédia deve ser coordenado com o dimensionamento da estrutura de suporte de modo a assegurar que não existem cargas não previstas;
- Os materiais mais utilizados neste tipo de fachadas são: pedra natural, pedra artificial (aglomerado de pedra ou outra), betão, naturocimento, metal, cerâmico, fenólico, madeira, vidro, plástico e gesso laminado;
- A fixação de lâminas fixas ou móveis é uma solução mais inovadora, mais popular para materiais como madeira e ou vidro.
- A qualidade e o desempenho destes sistemas dependem da contribuição de todos os elementos que o compõe; no caso das placas de revestimento, o seu desempenho começa no processo de fabrico e na qualidade dos materiais utilizados;
- As placas em pedra devem trazer diretamente da fábrica as furações, de modo a mitigar eventuais desvios e imprecisões inerentes à furação executada em obra;
- As fachadas ventiladas podem ser classificadas segundo tipologias. Segundo o processo de fixações das fachadas ou segundo o material utilizado.
- A classificação segundo os processos de fixação de fachadas pode variar entre fixações diretas ou pontuais ou então fixações indiretas ou contínuas;
- No caso da ligação entre o suporte e o revestimento seja feita pela fixação, podemos dizer que é uma fixação direta, na qual os elementos não dependem

de uma estrutura intermédia, enquanto a fixação indireta é feita através de uma estrutura intermedia que pode ter fixação oculta ou visível;

- A classificação das fachadas segundo o material utilizado, varia, tal como o nome indica, com o material de revestimento da fachada;

3. Exigências Funcionais De Revestimento De Paredes

Segundo O ITE 25

Os edifícios são indispensáveis à vida e às atividades do nosso cotidiano, devendo possuir características que satisfaçam as necessidades humanas. Aos revestimentos de paredes, como produto ou obra integrante dos edifícios, exigir-se-lhes-á a sua quota-parte da responsabilidade de satisfação dessas necessidades funcionais.

No decurso das considerações que faremos sobre as exigências funcionais relativas ao revestimento de paredes, não nos confinaremos aos edifícios de habitação, uma vez que todos os edifícios devem satisfazer estas necessidades. Estas exigências são também aplicáveis a outros tipos de edifícios na qual o homem exerce igualmente a sua atividade, como por exemplo edifícios escolares, edifícios industriais, edifícios comerciais, edifícios públicos ou administrativos, assim como em edifícios hospitalares.

Num passado de menores mutações, de menores exigências e de menos urgências, onde para além disso a tecnologia de construção tradicional era dominada e transmitida de geração em geração, para que um novo edifício, com uma dada utilização prevista, viesse a reunir condições para satisfazer as necessidades dos futuros utentes, bastaria talvez concebe-lo e executá-lo à imagem e semelhança dum outro edifício antigo já existente no mesmo local e em relação ao qual não eram conhecidas queixas dos utentes.

A metodologia utilizada no passado (passagem de conhecimento de geração em geração), apesar de segura é cada vez menos exequível e desejável, uma vez que, existem “novas preocupações”, como por exemplo a poupança de recursos naturais, o progresso científico e técnico, como também da perda gradual da mão de obra com domínio das técnicas de construção tradicional, juntando

também as necessidades de encurtar prazos de construção e o aumento dos padrões exigências ditados por necessidades humanas correspondentes a um outro estado sociocultural e por questões ambientais.

Por todos os motivos apresentados é cada vez menos admissível continuar-se a adotar a estrutura dos antigos regulamentos de construção e cadernos de encargos, que consiste na simples descrição dos materiais, elementos ou sistemas de construção a utilizar em cada caso e na própria descrição dos métodos de aplicação em obra. É, portanto, cada vez mais imperioso que a redação daqueles documentos passe a ser feita de modo exigencial, deles passando a constar a quantificação das exigências [40] que devam ser satisfeitas pelos diversos componentes dos edifícios. Quando uma determinada exigência não permitir a sua quantificação, esta deve ser igualmente enunciada, ainda que o seja de forma qualitativa. Para que esta nova filosofia seja viável, será imprescindível a existência prévia de listagens de enunciação de exigências funcionais para os diversos órgãos, componentes, produtos ou obras dos edifícios – como será o caso dos revestimentos de paredes – e a subsequente explicitação qualitativa e, sobretudo, quantitativa dessas exigências.

Os documentos de carácter regulamentar assim redigidos deixam grande liberdade aos projetistas para conceção e escolha de soluções a propor, ao mesmo tempo que estão munidos das exigências que lhe permitem avaliar a adequabilidade das soluções propostas. A aceitação ou rejeição duma proposta dependerá, portanto, do facto dos desempenhos dos componentes¹ previstos para os diversos órgãos dos edifícios permitirem a satisfação das exigências formuladas para esses diversos órgãos.

Os desempenhos dos elementos ou componentes podem ser avaliados por cálculos ou por ensaios. No caso de elementos ou componentes não tradicionais, o conhecimento das respectivas performances pode resultar da sua prévia e

¹ Desempenho (performance) dum componente (produto ou obra) de um dos órgãos/elementos dum edifício é a quantificação das características desse componente que permitam avaliar a sua aptidão para satisfazer (ou contribuir para a satisfação) as exigências funcionais desse órgão/elemento nas condições reais de utilização. Será, afinal, a quantificação do comportamento dum produto em utilização [43].

obrigatória homologação (de acordo, aliás, com o artigo 17º do RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas).

Mas voltando ao objetivo deste capítulo, deve ser salientado que as exigências funcionais dos revestimentos de paredes são indissociáveis das exigências funcionais das paredes (ou mais propriamente das partes opacas das paredes). De facto, as funções atribuíveis ao conjunto tosco da parede-revestimento podem ser exercidas com maior ou menor contributo de cada um desses componentes. Há, no entanto, funções que competem em exclusivo, ou quase, a apenas um desses componentes. Será o caso, por exemplo, das exigências de estabilidade, de resistências estrutural, de segurança contra o risco de intrusões humanas ou animais, de ocultação, de conforto higrotérmico ou de conforto acústico, cuja satisfação em situações correntes competirá praticamente em exclusivo ao tosco das paredes. Por outro lado, a satisfação das exigências de segurança no contacto e de aspeto são, de exclusiva responsabilidade dos revestimentos de paredes. Será já, no entanto ao conjunto tosco da parede – revestimento que se pedirá que satisfaça exigências como as de segurança contra risco de incendio, de estanquidade à água, de resistência ao choques e atrito, de resistência à água e durabilidade.

Dos revestimentos para paramentos exteriores de paredes espera-se, que protejam o tosco da parede das ações dos diversos agentes agressivos – água, choque, produtos químicos presentes no ar, poeiras, etc., resistindo eles próprios a esses agentes, que contribuam para a estanquidade à água da parede, que confirmem à parede características aceitáveis de planeza, verticalidade e regularidade superficial, que proporcionem à parede o efeito decorativo pretendido e que se mantenha limpo ou pelo menos de fácil limpeza.

Para estabelecer um quadro de exigências funcionais de revestimentos de paredes é, como já se viu, fundamental partir do conhecimento prévio das exigências funcionais das paredes, que aliás se encontram exaustivamente descritas no documento belga “Guide des performances du bâtiment” [43]. Dos diversos guiões existentes de listagem de necessidades humanas ou de exigências funcionais, o ITE 25 [1] adotou uma simbiose de três deles – os propostos por Ruy José Gomes [38], pela norma ISO DP 6241 [42] e ainda pelo referido “Guide des performances du bâtiment” [41 e 43].

As exigências funcionais dos revestimentos de paredes surgirão agrupadas segundo os fins que visam (face às necessidades humanas), conforme sugerem os três documentos atrás citados, particularmente a norma ISO DP 6241, revista pela norma ISO 19208:2016, que contém a hierarquização e listagem mais recente e ampla. Depois de ser enunciada, cada exigência será explicitada qualitativamente e em seguida, sempre que possível quantificada. Para enquadramento da questão, e numa forma esquemática simplificada, é apresentada na (Figura 26) uma listagem de funções exigíveis a diferentes elementos/componentes construtivos correntes.

	Site	Foundation	Structure	Floors	Walls	Windows	Doors	Roofs	Ceilings	Partitions	Finishes	Furnishings	Fireplaces	Heat/vent/A.C.	Plumbing	Electrical
Provides clean air	●					●	○							●	○	○
Provides clean water	·							·							●	·
Removes and re-cycles wastes	·												·	·	●	·
Controls thermal radiation	●		·	·	●	●		●	●		●		●	●		·
Controls air temperature	●		·	·	●	●	○	●	●				○	●		·
Controls thermal qualities of surfaces			·	●	○	○				·	·	●		○		·
Controls humidity	●	·	·	○	●	●	○	●	●		·			●	·	·
Controls flow of air	●		·	○	●	●	○	●	○	○				●		·
Optimum seeing and visual privacy	●		·	○	●	●	●	●	●	●	●	·		·		●
Optimum hearing and acoustic privacy	●	·	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●		○	·	·
Controls entry of living creatures	●	○	·	○	●	●	●	○		●						·
Provides concentrated energy	·							·								●
Provides channels of communication					·	·	·			·	·					●
Provides useful surfaces	●	·	·	●	○	·	·	·		●	●	●				
Provides structural support	●	●	●	●	●			●	·	○						
Keeps out water	●	●	·	·	●	●	●	●			·				·	·
Adjusts to movement		●	●	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	
Controls fire	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Key: ● Major function ○ Minor function · Sometimes plays a role

Figura 26 – Exigências funcionais para os diferentes partes de um edifício [75].

De seguida serão abordadas as exigências funcionais julgadas mais relevantes para o caso em apreço – revestimento de fachadas ventiladas.

3.1 Descrição Das Exigências

3.1.1 Exigências Contra Risco De Incendio – Reação Ao Fogo

Os revestimentos de paredes devem contribuir para minimizar o risco de deflagração e propagação do fogo de forma a garantir tempos de alarme, evacuação ou sobrevivência dos utentes [40]. Os revestimentos não podem nunca favorecer a propagação do fogo, nem proporcionar o desprendimento de gotas incandescentes [45].

A classificação dos materiais de construção quanto à reação ao fogo, aplica-se, por consequência, também aos revestimentos de paredes. Compreende as sete classes alfanuméricas a seguir indicadas, cujo significado em linguagem corrente é também referido [46]:

Classe A1 – Nenhuma contribuição para o fogo

Classe A2 – Pouca contribuição para o fogo (quase nula)

Classe B – Contribuição para o fogo muito limitada

Classe C – Contribuição para o fogo limitada

Classe D – Contribuição para o fogo aceitável

Classe E – Reação ao fogo aceitável

Classe F – Comportamento não determinado

De acordo com o sistema das euroclasses, há também classificações adicionais para a produção de fumo (s1, s2 e s3 – por ordem crescente) e para a queda de gotículas incandescentes (d0, d1 e d2 – por ordem crescente).

A classe de reação ao fogo dum revestimento depende do suporte em que se encontra aplicado pelo que nos ensaios de qualificação do revestimento sobre o ponto de vista em questão, o revestimento deve estar aplicado nos suportes previstos no seu campo de aplicação. Quando se pretende determinar a classe de reação ao fogo dum revestimento aplicado sobre suporte não-combustível –

condição de utilização mais corrente em obra – pode recorrer-se a um único material de suporte, adotando-se convencionalmente o fibrocimento.

Classe	Fatores de Classificação	Classificação complementar
A1	ΔT , Δm , Tf e PCS	
A2	ΔT , Δm , Tf e PCS, FIGRA, LFS e THR600s	Produção de fumo (s1, s2 ou s3) e gotículas ou partículas incandescentes (d0, d1 ou d2)
B	FIGRA, LFS e THR600S e Fs	Produção de fumo (s1, s2 ou s3) e gotículas ou partículas incandescentes (d0, d1 ou d2)
C	FIGRA, LFS e THR600S e Fs	Produção de fumo (s1, s2 ou s3) e gotículas ou partículas incandescentes (d0, d1 ou d2)
D	FIGRA e Fs	Produção de fumo (s1, s2 ou s3) e gotículas ou partículas incandescentes (d0, d1 ou d2)
E	Fs	Gotículas ou partículas incandescentes (aprovação ou reprovação)
F	Desempenho não determinado	

Tabela 1 – Classes de reação ao fogo para produtos da construção – Lei N.º 123/2019 – Terceira alteração ao decreto-lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, alterado pelo decreto-lei n.º 224/2015, de 9 de outubro, que republica, e pelo decreto-lei n.º 95/2019, de 18 de julho, (regime jurídico da segurança contra incêndio, em edifícios).

Os fatores de classificação e a classificação complementar da reação ao fogo dos materiais de construção são os constantes da Tabela 1, apresentando-se abaixo o significado da correspondente simbologia associada:

- s1, s2, s3 – produção de fumo
- d0, d1, d2 – gotículas ou partículas incandescentes
- ΔT – Aumento de temperatura ($^{\circ}C$)

- Δm – perdas de massa (%)
- t_f – tempo de presença da chama (duração chamas persistentes) (s)
- PCS – poder calorífico superior (MJ kg^{-1})
- FIGRA – taxa de propagação do fogo (W s^{-1})
- $\text{THR}_{600\text{s}}$ – calor total libertado em 600s (MJ)
- LFS – propagação lateral das chamas (m)
- F_s – propagação das chamas (m)

A forma de obter estas classificações tem por base diferentes ensaios, como é o caso da facilidade de ignição, desenvolvimento de combustão do produto, libertação de calor (taxa e total), libertação de fumos ou de produtos voláteis (opacidade, toxicidade e corrosividade), e libertação de gotas ou de partículas inflamadas.

Na (Figura 27) apresenta-se uma síntese da regulamentação ondem constam os métodos de ensaios e normas aplicáveis, bem como os critérios de classificação para a atribuição da classe de reação ao fogo:

Classe	Método(s) de ensaio	Crítérios de classificação	Classificação complementar (não obrigatória)
A ₁	EN ISO 1182 ⁽¹⁾ e	$\Delta T \leq 30^\circ \text{C}$ e $\Delta m < 50\%$ e $t_f = 0$ (isto é, ausência de chamas persistentes)	-
	EN ISO 1716	$\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ kg}^{-1}$ e $\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ m}^{-2}$ e $\text{PCS} \leq 1,4 \text{ MJ m}^{-2}$ e $\text{PCS} \leq 2,0 \text{ MJ kg}^{-1}$	-
A ₂	EN ISO 1182 ⁽¹⁾ ou	$\Delta T \leq 50^\circ \text{C}$ e $\Delta m \leq 50\%$ e $t_f \leq 20 \text{ s}$	-
	EN ISO 1716 e	$\text{PCS} \leq 3,0 \text{ MJ kg}^{-1}$ (1) e $\text{PCS} \leq 4,0 \text{ MJ m}^{-2}$ e $\text{PCS} \leq 4,0 \text{ MJ m}^{-2}$ e $\text{PCS} \leq 3,0 \text{ MJ kg}^{-1}$	-
	EN 13823 (SBI)	$\text{FIGRA} \leq 120 \text{ W s}^{-1}$ e $\text{LFS} \leq \text{bordo do provete}$ e $\text{THR}_{600} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Produção de fumo ⁽²⁾ e gotas ou partículas inflamadas ⁽³⁾
B	EN 13823 (SBI) e	$\text{FIGRA} \leq 120 \text{ W s}^{-1}$ e $\text{LFS} \leq \text{bordo do provete}$ e $\text{THR}_{600} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Produção de fumo ⁽²⁾ e gotas ou partículas inflamadas ⁽³⁾
	EN ISO 11925-2 ⁽⁴⁾ : Exposição durante 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ em 60s	-

Classe	Método(s) de ensaio	Crítérios de classificação	Classificação complementar (não obrigatória)
C	EN 13823 (SBI)	$\text{FIGRA} \leq 250 \text{ W s}^{-1}$ e $\text{LFS} \leq \text{bordo do provete}$ e $\text{THR}_{600} \leq 15 \text{ MJ}$	Produção de fumo ⁽²⁾ e gotas ou partículas inflamadas ⁽³⁾
	EN ISO 11925-2(8): Exposição durante 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ em 60s	-
D	EN 13823 (SBI) e	$\text{FIGRA} \leq 750 \text{ W s}^{-1}$	Produção de fumo ⁽²⁾ e gotas ou partículas inflamadas ⁽³⁾
	EN ISO 11925-2(8): Exposição durante 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ em 60 s	-
E	EN ISO 11925-2(8): Exposição durante 15 s	$F_s \leq 150 \text{ mm}$ em 20 s	Gotas ou partículas inflamadas ⁽³⁾
F	Desempenho não determinado		

(1) Para produtos homogéneos e componentes substanciais de produtos não homogéneos.
(2) Para qualquer componente não substancial externo de produtos não homogéneos.
(3) Alternativamente, qualquer componente não substancial externo com um PCS $\leq 2,0 \text{ MJ/m}^2$, desde que o produto satisfaça as seguintes exigências da EN 13823 (SBI): FIGRA $\leq 20 \text{ W/s}$; LFS \leq bordo do provete; $\text{THR}_{600} \leq 4,0 \text{ MJ}$ e s1 e d0.
(4) Para qualquer componente não substancial interno de produtos não homogéneos
(5) Para o produto na sua totalidade
(6) s1 = SMOGRA $\leq 30 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ e TSP600 $\leq 50 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$; s2 = SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ e TSP600s $< 200 \text{ m}^2$; s3 = nem s1 nem s2
(7) d0 = Não se verifica a libertação de gotas/partículas inflamadas no ensaio EN 13823 (SBI) em 600 s; d1 = não se verifica a libertação de gotas/partículas inflamadas com duração superior a 10 s no ensaio EN 13823 (SBI) em 600s; d2 = nem d0 nem d1; a ignição do papel no ensaio EN ISO 11925-2 determina a classificação em d2.
(8) Satisfatório e equivalente a ausência de ignição do papel (nenhuma classificação); Não satisfatório implica ignição do papel (classificação d2)
(9) Em condições de ataque de superfície pelas chamas e, se adequado às condições de utilização final do produto, de ataque do bordo pelas chamas.

Figura 27 – Extrato regulamentar das classes segundo os métodos de ensaio e os critérios de classificação [76].

De acordo com a regulamentação em vigor [76], a quantificação das exigências relativas às classes mínimas de reação ao fogo para os revestimentos de fachadas em geral resume-se na Tabela 2.

Reação ao fogo de revestimentos exteriores sobre fachadas, caixilharias e estores			
Atura <H>	Fachadas sem aberturas	Fachadas com aberturas	
	Revestimentos	Revestimentos e elementos transparentes	Caixilharia e estores ou persianas
H < 28 m	D-s3, d1	C-s2, d0	D-s3, d0
H > 28 m	C-s3, d1	B-s2, d0	C-s3, d0

Tabela 2 – Reação ao fogo mínima dos revestimentos exterior de fachadas [77].

A classe mínima de reação ao fogo dos elementos de revestimento descontínuos, ficados mecanicamente ao suporte e afastados das fachadas deixando uma caixa-de-ar, como é o caso das fachadas ventiladas, deve respeitar os valores indicados na Tabela 3.

Reação ao fogo de elementos de revestimentos exterior criando caixa-de-ar			
Elemento	Edifícios de pequena altura	Edifícios de média altura	Edifícios com altura superior a 28 m
Estrutura de suporte do sistema de isolamento	C-s2, d0	B-s2, d0	A2-s2, d0
Revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilada	C-s2, d0	B-s2, d0	A2-s2, d0
Isolamento térmico	D-s3, d0	C-s2, d0	A2-s2, d0

Tabela 3 – Reação ao fogo mínima dos revestimentos exteriores de fachadas com caixa-de-ar [77].

A classe mínima de reação ao fogo dos sistemas compósitos para isolamento térmico exterior com revestimento aderido sobre o isolante (ETICS) e do isolante térmico que integra esses sistemas deve ser a indicada na Tabela 4.

Reação ao fogo dos sistemas compósitos para isolamento térmico exterior com revestimento sobre isolante «etics» e o produto de isolamento térmico			
Elemento	Edifícios de pequena altura	Edifícios de media altura	Edifícios com altura superior a 28 m
Sistema completo	C-s3, d0	B-s3, d0	B-s2, d0
Isolamento térmico	E	E	B-s2, d0

Tabela 4 – Reação ao fogo mínima de fachadas ETICS [77].

3.1.2 Exigências De Estanquidade À Água E Outros Agentes

O revestimento deve conferir à parede (conjunto de todo o sistema) o complemento de estanquidade à água, ao ar e aos outros gases de que ela necessite para que o conjunto resulte estanque, garantindo proteção ao espaço interior e não sendo deteriorado por esses mesmo agentes.

Assim, as paredes de fachada devem ser estanques à água da chuva. O grau de estanquidade exigido dependerá das condições de exposição das paredes. Os revestimentos de paramentos exteriores de paredes devem conferir ao tosco da parede o contributo de impermeabilidade necessário para que o conjunto. Independentemente do grau de estanquidade próprio do tosco da parede, o revestimento, que atua como complemento no que toca a estanquidade á água da chuva, deve sempre apresentar pelo menos a impermeabilidade suficiente para impedir o humedecimento exagerado e prolongado do material tosco da parede, evitando assim a deterioração de ambos (por ação química de sais solúveis transportados pela água ou contidos no suporte, por ação física de movimentos diferenciais de contração ou expansão, por congelação da água, entre outros) e em particular para obstar à acumulação e permanência de água entre ele e o suporte, o que poderá originar o seu descolamento.

Por outro lado, o revestimento deve também ser suficientemente permeável ao vapor de água para não bloquear a passagem para o exterior do vapor proveniente do interior dos edifícios, assim como permitir que a água por ele absorvida ou que tenha atingido o suporte na sequência duma chuvada possa ser devolvida ao exterior sobe a forma de vapor quando as condições atmosféricas forem favoráveis.

É então interessante que o revestimento seja o mais impermeável possível à água e o mais permeável possível ao vapor de água². Acontece, no entanto, que em muitos casos esta situação ideal – baixa permeabilidade à água e elevada permeabilidade ao vapor de água – pode não pode ser conseguida, pelo que poderá que se ter de ponderar a escolha tendo em conta o seguinte compromisso:

- Quanto mais permeável o revestimento for à água, maior deverá ser a sua permeabilidade ao vapor de água;
- Quanto menos permeável à água, menos permeável ao vapor poderá ser o revestimento.

3.1.3 Exigências De Adaptação À Utilização Normal

Com a formulação das exigências funcionais, surgiu a necessidade da criação das exigências de adaptação à utilização normal, visando conseguir-se que os revestimentos empregues nos diversos tipos de paramentos possuam as performances adequadas às ações a que irão ser constantemente submetidos durante o período de vida útil, sem se deteriorarem de modo significativo.

Os agentes e o tipo, frequência e intensidade das ações atuantes nos revestimentos dependem da localização do paramento. Podendo divergir quanto ao espaço de aplicação (exterior ou interior), na localização da mesma (fachada

² Quando falamos em revestimentos não estamos a referir-nos apenas ao material constituinte do revestimento, mas a toda a obra de revestimento (conceção do revestimento no seu conjunto, juntas entre elementos de revestimento, etc.) Por exemplo: com um material muito pouco permeável ao vapor de água pode executar-se um revestimento em que mesmo assim esteja garantida a evaporação da água que tenha atingido o suporte, desde que entre este e o revestimento seja deixado uma lâmina de ar naturalmente ventilada [1].

ou divisória), quanto ao tipo de edifício (edifício de habitação, escolares, administrativos ou comerciais, hospitalares, hoteleiros, entre outros), no que toca a utilização dos espaços (utilização individual ou coletiva) (espaço seco ou húmido) e na sua acessibilidade (paramentos acessíveis aos utentes nomeadamente em circulação, ou paramentos não acessíveis nomeadamente por não se encontrarem afastados em altura do piso de circulação).

As ações mais correntes durante a utilização normal do revestimento serão as ações de choque ou atrito, da água, de produtos químicos ou domésticos e de poeiras. No caso em apreço, as ações relevantes serão as relativas às fachadas e seus revestimentos.

3.1.3.1 Exigências De Resistência A Ações De Choque E De Atrito

Os revestimentos de paredes devem resistir sem deterioração significativa, conservando as suas características funcionais, quando submetidas a ações inerentes de choque e atrito aquando da sua utilização normal, como por exemplo em momentos de deslocação de utentes e dos utensílios domésticos, assim como das resultantes das operações de limpeza ou de manutenção normais.

As ações de choque e de atrito consideradas de ocorrência normal, durante a utilização dependem de dois parâmetros: a localização (se é no exterior ou no interior) ou da acessibilidade aos utentes (zona ao alcance dos usuários ou em zona não acessível aos mesmos). No caso de estudo das paredes de fachada, a severidade das ações de choque consideradas normais são diferentes conforme a ação exercida sobre as mesmas, podendo assim considerar-se ações de fora para dentro (maioritariamente são estas as ações consideradas) ou vice-versa, caso seja apresentado o caso contrário.

Os ensaios e a qualificação e quantificação das exigências habilitam, dos pontos de vista das resistências aos choques e ao atrito, ao julgamento da adequabilidade do revestimento para utilização em paramentos exteriores ou

interiores, de fachadas ou de divisórias, de espaços acessíveis ou não acessíveis aos utentes.

O modo de expressão das exigências é o seguinte [43]:

- Energias de choque que não deterioram significativamente o revestimento;
- Classe de resistência à riscagem (coincidente com as classes de dureza das minas dos lápis) que não deixa vinco no revestimento.

3.1.3.2 Exigências De Resistência À Ação Da Água

Segundo o ITE 25, [1] os revestimentos para paramentos exteriores devem ser resistentes á água da chuva, á água proveniente de projeções acidentais e á água de limpeza (água simples ou água com adição de sabão neutro, detergente neutro ou lixívia). Estes revestimentos não devem ser degradados pela ação continua da queda de gotas de água ou de escorrimentos de água e as suas características mecânicas não devem ser significativamente afetadas quando se encontram no estado húmido.

Não deve, portanto, ser excessiva a diferença de aspeto entre as zonas dos paramentos habitualmente batidas pela chuva e as zonas que habitualmente se encontrem abrigadas.

O modo de expressão das exigências para revestimentos de paramentos exteriores de parede é o seguinte [54]:

- Resistência à erosão pela água;
- Resistência à ação de escorrimento de água;
- Alteração das características mecânicas.

O modo de avaliação destas exigências é o seguinte [54]:

- Ensaio de erosão pela água, que consiste em submeter o revestimento á ação de queda de gota de água, em condições normalizado, e verificar se houve perda de espessura ou alteração significativa do aspeto;

- Ensaio de escorrimento de água, que consiste em submeter o revestimento à ação dum fio de água normalizado e verificar se houve perda de espessura ou alteração significativa do aspeto;
- Ensaio de alteração das características mecânicas no estado húmido, que consiste em avaliar as variações das resistências à tração por flexão e à compressão entre o revestimento seco e saturado de água

3.1.4 Exigências De Durabilidade

A durabilidade de um revestimento é dada pelo período de tempo o qual se mantém sem alterações significativas, em condições normais de uso, de conservação e de performance do mesmo [1].

A título indicativo, referem-se em seguida as durabilidades correntemente exigidas a alguns tipos de revestimentos de paredes:

- Revestimentos com base em ligantes hidráulicos e revestimentos por elementos descontínuos > 50 anos;
- Sistemas de isolamento térmico pelo exterior de fechadas por revestimento delgado sobre isolamento (ETICS) > 30 anos [45];
- Revestimentos delgados de massa plásticas para paramentos exteriores de paredes > 15 anos [53];
- Revestimentos de ligantes sintéticos para paramentos interiores de paredes > 10 anos [41];
- Pinturas > 5 anos [41].

De forma a garantir longevidade do revestimento e da sua performance durante o período previsto inicialmente é necessário que os revestimentos resistam satisfatoriamente aos agentes que sobre eles atuam em condições de utilização normais. É por isso importante que os revestimentos, assim como a estrutura de suporte da fachada ventilada, sejam objeto de conservação periódica. A extensão admissível das operações de conservação varia tendo em conta o tipo de revestimento aplicado. Desta forma a durabilidade deve então ser vinculada

às operações de limpeza, renovação e reparação localizada, adequadas para cada tipo de revestimento.

Os agentes cujas ações mais frequentes põem em causa a manutenção das performances dos revestimentos são os choques, a água, os agentes atmosféricos, os agentes químicos do ar e os agentes biológicos. Nos pontos anteriores referimos, entre outras, as exigências relativas ao choque e à água. Nos pontos abaixo serão abordados apenas os agentes atmosféricos, os agentes químicos do ar e ainda as exigências aos agentes biológicos.

A caracterização da durabilidade irá ser feita com base em todos os pontos referidos anteriormente e na performance que os revestimentos apresentam.

3.1.4.1 Exigências De Resistência Aos Agentes Climáticos

Os revestimentos de paredes devem resistir sem danos significativos às variações da temperatura, do seu teor em água e da radiação solar.

Os revestimentos para paramentos exteriores de paredes não devem sofrer alterações físicas ou químicas em consequência das ações isoladas ou combinadas do calor/frio e da água (meteorização). Também não devem provocar qualquer degradação nos revestimentos, quer uma variação brusca da temperatura na sequência duma insolação prolongada seguida duma forte chuvada, quer uma diferença de temperatura acentuada entre zonas sob a ação direta dos raios solares e à sombra.

Sob a ação da luz, os revestimentos devem apresentar uma boa estabilidade das cores. Quando as cargas e os pigmentos forem de natureza mineral pode, em geral, prever-se uma estabilidade aceitável. A formulação de exigências de estabilidade das cores à luz para os revestimentos para paramentos exteriores de paredes deve, no entanto, ser devidamente ponderada, face à previsível alteração de aspeto devido à poluição atmosférica.

Devido à dificuldade de os ensaios convencionais simularem a atuação simultânea dos diversos agentes climáticos e que assim possam ser considerados como reproduzíveis das condições de exposição natural, tem-se

optado preferencialmente por recorrer à realização de ensaios em que os diversos agentes climáticos atuam isoladamente ou combinados dois a dois. Surgem assim vários ensaios cíclicos de aquecimento, de gelo-degelo, de aquecimento-arrefecimento (choques térmicos) e de exposição a radiações ultravioletas.

Modo de expressão das exigências [44]:

- Número de ciclos ou período de exposição aos agentes climáticos a que o revestimento resiste sem se deteriorar. A avaliação do comportamento do revestimento é efetuada por análise visual (para deteção de eventuais deteriorações, com descoloração, amarelecimento, pulverulência, fissuração) e ainda, quando a classe do revestimento o justifique, através da realização do ensaio de permeabilidade à água que já tenha servido para caracterizar do ponto de vista da estanquidade à água o revestimento enquanto novo.

3.1.4.2 Exigências De Resistência Aos Produtos Químicos Do Ar

Os revestimentos para paramentos exteriores de paredes devem resistir aos produtos químicos habitualmente presente no ar ambiente das zonas onde venham a ser utilizados. Podem ser produtos constituintes da própria atmosfera – oxigénio, ozono, dióxido de carbono, dióxido de azoto, etc. – ou produtos contaminantes – dióxido de enxofre, trióxido de enxofre, sais dissolvidos na água, etc.

Existem, de facto, diferenças significativas de durabilidade dum mesmo revestimento conforme o tipo de ambiente em que tenha sido aplicado – ambiente marítimo, industrial, urbano ou rural.

O “Guide des Performances du Bâtiment” belga [44] apresenta um método para avaliação do comportamento dos revestimentos para paramentos exteriores de paredes face a alguns dos agentes atrás referidos – ozono, dióxidos de azoto, dióxido de enxofre a solução amoniacal. Este método pode ser extrapolado para outros produtos cuja presença no ar seja frequente na zona a que um determinado revestimento se destine.

O método recomendado pelo referido guia [44] consiste em submeter o revestimento a ambientes com teores prováveis de ocorrência no ar de cada um dos agentes a considerar. Para cada agente agressivo, faz-se ainda variar ciclicamente a temperatura e a humidade relativa do respetivo ambiente de ensaio.

Os teores recomendados pelo “guide” para ensaio com alguns dos produtos agressivos são os seguintes, em mg de produtos por m³ de ar:

- Ozono (O₃): 1 mg/ m³
- Dióxido de azoto (NO₂): 0.15 mg/m³
- Dióxido de enxofre (SO₂)
 - Zona rural: 0.5 mg/m³
 - Zona industrial: 1 mg/m³
 - Zona urbana: 1.5 mg/m³.

Quando seja necessário definir os teores deste ou doutros produtos contidos no ar de diversos tipos de ambiente para serem reproduzidos em ensaio pode recorrer-se, por exemplo, ao “Manual de calefacción y climatización”, de Recknagel e Sprenger [55, pp. 1-4].

No que se refere à determinação da resistência a atmosferas húmidas contendo dióxido de enxofre, existe já uma norma portuguesa (NP 2019, de 1983 [56]) que estabelece a respetiva técnica de ensaio, para tintas, vernizes e produtos similares.

Modo de expressão das exigências [44]:

- Período de exposição ao ambiente agressivo considerado a que o revestimento resiste sem se deteriorar.

3.1.4.3 Exigências De Resistência À Erosão Provocada Pelas Partículas Solidas Em Suspensão No Ar

Os revestimentos para paramentos exteriores e os revestimentos para paramentos interiores de paredes de alguns edifícios de utilização coletiva – edifícios administrativos ou comerciais, fabricas, etc. – devem ser resistentes à erosão provada pelas partículas solidas em suspensão no ar (pó).

A dimensão das partículas do pó varia em geral entre 0.5 μm e 1 μm , mas só as partículas com dimensão superior a 20 μm ou 30 μm são visíveis. Da composição desse pó podem fazer parte: areia, fuligem, carvão, cinzas, pó de pedra, cimento, partículas vegetais, sementes, pólen, etc. O “Manual de calefacción y climatización” [55, pp. 4 – 7] apresenta valores da concentração de pó no ar, em função de diversos fatores, como o tipo de ambiente, a época do ano, a hora do dia, o nível da camada de ar considerado, etc. O valor médio desse teor em pó do ar situa-se em geral dentro do intervalo de 0 a 3 mg/m³.

Modo de expressão das exigências [44]:

- Coeficiente de abrasão, em g/mm, expresso como o quociente da quantidade de areia (em g) projetada sobre o revestimento em ensaio pela perda de espessura (em mm) do revestimento.

3.1.4.4 Exigências De Resistência À Fixação E Ao Desenvolvimento De Bolores

Se se pretende evitar que os revestimentos de paredes favoreçam a fixação e o desenvolvimento de bolores, deve-se procurar que os seus paramentos se apresentem o mais liso possível e que não permaneçam humedecidos por períodos longos, e que os próprios materiais de revestimento não constituam alimentos para esses bolores.

Nos paramentos exteriores de paredes, as zonas onde é mais provável o aparecimento de bolores são as que se encontram protegidas do vento e as que se encontram expostas a norte.

A incorporação nos revestimentos de agentes fungicidas ou a aplicação destes produtos sobre os revestimentos, apenas poderá retardar – enquanto perdurar o efeito do fungicida – o aparecimento ou o desenvolvimento dos bolores, mas não se resolverá permanente e definitivamente o problema.

Para julgar a eficácia desses produtos ou agentes fungicidas, pode recorrer-se ao ensaio descrito na norma federal norte americana “Federal Test Method Standard nº.141a – method 6271.1” [57]. Este ensaio consiste fundamentalmente em submeter o revestimento (adjuvado com o fungicida ou revestido superficialmente com o produto fungicida), aplicado em pequenos quadrados de papel de filtro (com cerca de 30mm * 30 mm), à ação do fungo *Aspergillus Niger* em meio de cultura, e verificar no termo de ensaio (duas semanas de duração) se houve crescimento desse fungo.

Modo de expressão das exigências:

- Fator de temperatura superficial interior (μ , definido em 3.4.2 do ITE 25), a partir do qual poderá ser estimado o risco de ocorrência de condensações nos paramentos interiores e em particular sobre as pontes térmicas (aplicável no caso de paramentos interiores).
- Taxa horária de renovação de ar nos espaços (aplicável no caso de paramentos interiores).
- Eficácia dos produtos ou adjuvantes fungicidas.

3.1.5 Exigências De Economia

As despesas de investimento inicial e de manutenção do revestimento devem ser reduzidas ao mínimo [39] compatível com a satisfação dos outros tipos de exigências, nomeadamente as de durabilidade.

Na análise deste parâmetro conjuntamente com outros parâmetros, anteriormente descritos neste trabalho, há que referir que a durabilidade é um parâmetro que está muito relacionado com a análise económica do produto, uma vez que estes fatores são muitas vezes associados um ao outro em vários produtos, materiais ou outros elementos quotidianos da vida. A explicação é simples – quanto maior a durabilidade de um produto menor será o seu custo diluído no tempo. Existe um outro conjunto de parâmetros que devem ser igualmente avaliados conjuntamente nesta análise das exigências económicas. Tratam-se dos vários paramentos associados ao desempenho funcional, já atrás

abordados neste trabalho nas suas várias vertentes, intimamente associados ao uso.

3.2 Considerações Finais

Pela pesquisa bibliográfica sobre as exigências funcionais e pela análise feita, conclui-se que:

- Existe já muita documentação francesa e belga, nomeadamente *Cachiers des Prescriptions Techniques e Avis Technique*, que abordam o sistema “bardages rapportés”, a designação francesa para os sistemas de fachada ventilada, com informação técnica importante;
- Existe em Portugal um documento de referência sobre exigências funcionais de revestimentos de paredes, o ITE 25 do LNEC [1]
- Os desempenhos dos elementos ou componentes podem ser avaliados por cálculos ou por ensaios, ou ainda em função da experiência passada; no caso de elementos ou componentes não tradicionais, o conhecimento das respetivas performances pode unicamente resultar da sua prévia e obrigatória homologação;
- É pedido ao revestimento que satisfaça as exigências de segurança contra risco de incendio, estanquidade à água, resistência ao choque e atrito, e durabilidade;
- Os revestimentos de paredes devem contribuir para minimizar o risco de deflagração e propagação do fogo de forma a garantir tempo de alarme;
- A classificação dos materiais de construção quanto à reação ao fogo varia numa escala de sete classes, na qual A1 é a que não tem nenhuma contribuição para o fogo (nada inflamável), enquanto a F tem um comportamento não determinado (mais inflamável).
- Existe também classificação complementar para a produção de fumo, S1, S2 ou S3, ou para a queda de gotículas incandescentes, D0, D1 ou D2.
- A exigência mínima para um revestimento de um edifício com altura inferior a 28 m é D-s3, d1 enquanto que para uma altura igual ou superior a 28 m tem uma classificação de C-s3,d1.

- As paredes de fachada devem ser estanques à água da chuva, embora o grau de estanquidade exigido dependa das condições de exposição das paredes;
- Os revestimentos para paramentos exteriores devem ser resistentes a ações de degradação devidas à água da chuva; o critério de classificação atribui classes entre os valores 0 e 3 (0 – revestimento que se degrada no ensaio 1; 3 – revestimento que não se degrada nos ensaios);
- Os revestimentos de paredes devem resistir sem deterioração significativa, conservando as suas características funcionais, quando submetidas a ações inerente de choque e atrito durante a sua utilização normal;
- A durabilidade de um revestimento é dada pelo período de tempo durante o qual as suas características se mantêm sem alterações significativas;
- O revestimento tem ainda que resistir aos agentes climáticos, aos produtos químicos do ar, à erosão provocada pelas partículas solidas em suspensão no ar e até à fixação e desenvolvimentos de bolores;
- A análise económica de um revestimento e de um sistema de fachada ventilada anda de braço dado com a durabilidade, uma vez que o valor dispendido inicialmente, assim como os custos de manutenção, são diluídos no tempo de durabilidade do revestimento para obtenção duma análise económica;

4. Avaliação De Desempenho

4.1 Seleção Dos Sistemas De Fachadas A Avaliar

No capítulo que se segue fizemos a escolha de dois sistemas/materiais/revestimentos ainda pouco explorados no mercado nacional, mas com uma grande margem de progressão por vários motivos. Em primeiro lugar analisaremos o sistema Placotherm V Glassroc X, um sistema desenvolvido e comercializado pelo grupo Saint Gobain. Decidimos analisar este sistema porque é um sistema recente que propõe utilizar placas de gesso laminado como revestimento exterior de fachadas. Até então, estas placas foram maioritariamente utilizadas em espaços interiores, proporcionado a sua

aplicação pelo exterior um sistema leve e autoportante, com grande potencial para a reabilitação de edifícios e uma alternativa ao ETICS, entre outros.

Posteriormente analisaremos a sistema de mármore tecnológico Compac, porque é um sistema recente e uma alternativa a considerar relativamente ao sistema de revestimento em pedra natural. Comparativamente à pedra natural, este tipo de sistema traz vantagens ao nível da reutilização de material, da resistência mecânica, resistência química e aos agentes atmosféricos, absorção de água e no padrão de cor homogéneo e variado.

4.2 Sistema Placotherm V

4.2.1 Descrição Do Sistema E Usos Previstos

A análise ao sistema do revestimento exterior de fachadas ventiladas Placotherm V tem por base a informação dada pela empresa Saint-Gobain, através de catálogos, fichas técnicas e do documento de adequação ao uso DAU 17/105 B [78].

Este sistema é formado por um revestimento exterior contínuo aplicado in situ sobre placas de gesso laminado revestidas na faces exterior com uma malha de fibra de vidro – placas Glasroc X – fixadas a uma subestrutura de alumínio que permite a formação de uma câmara de ar ventilada ou não ventilada. Pode ainda existir a colocação de isolamento térmico na câmara de ar melhorando o comportamento térmico da fachada e do edifício. A subestrutura, por sua vez, é fixada ao suporte correspondente.

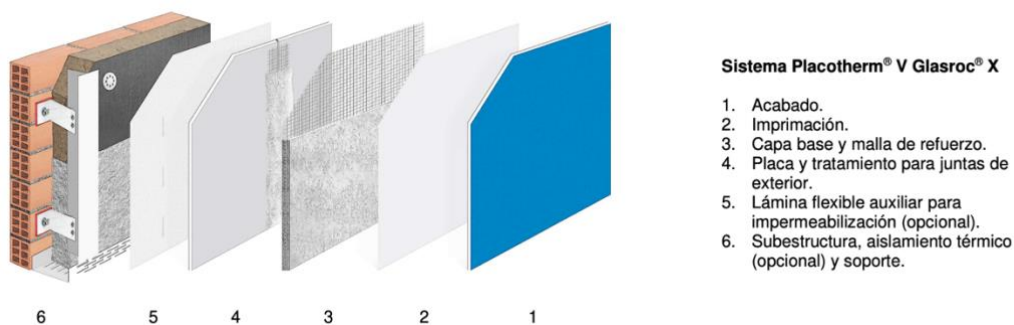


Figura 28 – Esquema representativo da constituição do sistema de fachada ventilada Placotherm V [78].

O sistema Placotherm V Glasroc X pode ser usado como um revestimento exterior de fachadas tanto de edifícios novos como em reabilitação.

O suporte deste sistema pode ser de vários tipos, como por exemplo estruturas metálicas, paredes de tijolo ou bloco, betão armado ou madeira. No entanto, estes suportes devem ter a resistência e a estabilidade adequada para suportar os esforços transmitidos pelo sistema.

As ancoragens da subestrutura do sistema de apoio devem ser escolhidas de acordo com a natureza do suporte e os esforços a que são submetidas.

Os acabamentos e primários da camada de revestimento exterior contínua, devem ter em conta as especificações da Saint-Gobain Ibérica SA para satisfazer as necessidades do projeto.

4.2.2 Resumo Das Prestações Do Produto

Na tabela 5 que se segue resumimos, de forma sintetizada, as exigências, características e prestação do sistema Placotherm V - Glasroc X para o uso como revestimento exterior de fachada.

Exigência	Característica	Prestação
SE	Resistência mecânica e estabilidade	Deve ser justificado por cálculo de que o desenho do sistema de revestimento de fachada utilizado no projeto resiste às ações que lhe são aplicáveis.
SI	Reação ao fogo	A classe de reação ao fogo de todo o sistema é a classe B-s1, d0 (combinação dos componentes constituintes de todo o sistema). A placa Glasroc X tem uma classificação A1, as laminas flexíveis

		<p>auxiliares para impermeabilização variam entre B-s1, d0 (RF) e E (standard).</p> <p>O isolamento térmico da câmara de ar deve atender aos requisitos indicados na seção SI2 do CTE, assim como a uma classificação mínima de A2-s1, d0.</p> <p>A subestrutura de alumínio tem uma classe de reação ao fogo A1.</p>
	Resistência ao fogo	Não aplicável exclusivamente ao sistema de revestimento Placotherm V Glasroc X, mas antes ao conjunto de componentes que constituem a fachada.
HS	Grau de impermeabilidade a água da chuva	<p>Nível de desempenho R3 e B2 ou B3 dependendo se o sistema é ventilado ou não e se inclui uma folha flexível auxiliar para impermeabilização. Consultar o capítulo 4.5.2</p> <p>O grau final de impermeabilidade dependerá da composição da folha principal.</p>
	Limitação de condensação	Aplicável apenas à folha principal.
	Estanqueidade ao ar	Aplicável apenas à folha principal.
SUA	Resistência ao choque	Categoria I. Ver seção 4.5.3
	Equipotencial dos componentes metálicos	Deve ser analisado em projeto se a subestrutura metálica deve ser ligada à terra.

HR	Isolamento ao ruído exterior aéreo	Aplicável essencialmente à folha principal.
HE	Isolamento térmico	Aplicável à folha principal e ao isolamento térmico da câmara de ar. As pontes térmicas produzidas pelos conjuntos de ligações devem ser levadas em consideração.

Tabela 5 – Resumo de exigências, características e prestação do sistema de fachada ventilada Placotherm V [78].

4.2.3 Componentes do sistema

Os componentes do sistema Placotherm V Glasroc X são os constantes no esquema representativo da (Figura 29).

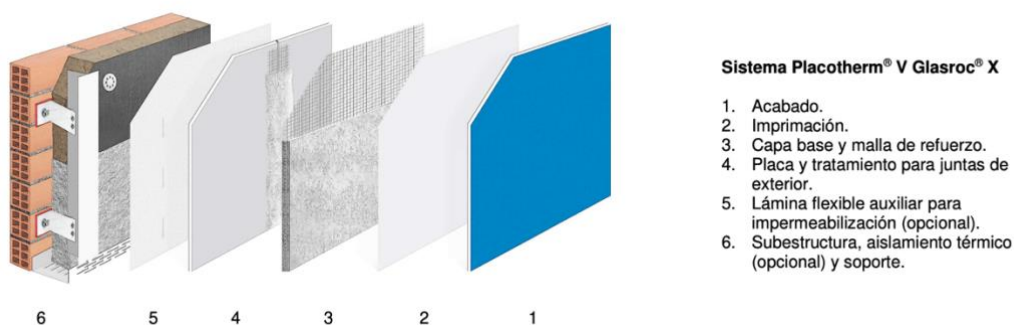


Figura 29 – Esquema representativo da constituição do sistema de fachada ventilada Placotherm V Glasroc X [78].

As camadas e subcamadas do sistema Placotherm V Glasroc X acima representado são de seguida identificadas e elencadas na Tabela 6.

Posição e descrição		Componentes (*)
1ª camada	Revestimento exterior	Acabamentos (1) (**)
	continuo	Primário (2) (**)

		Capa base (3)
		Malha de reforço (3)
2ª camada	Placa exterior	Placa Glasroc X (4)
		Tratamento de juntas exteriores (4)
		Elementos de fixação das placas
3ª camada	Laminas flexíveis auxiliares para impermeabilização (opcional)	Laminas flexíveis para auxiliar a impermeabilização (5) (opcional)
4ª camada	Subestrutura de alumínio	Perfil Vertical T ou L (6)
		Perfil Base (6)
		Elementos de fixação dos perfis verticais
5ª camada	Camara de Ar	Camara de ar
6ª camada	Isolamento	La mineral (MW) ou argamassa para isolamento térmico (T) (6) opcional
(*) Entre parenteses indica-se a referência do componente na (Figura 28).		
(**) Componentes escolhidos em cada projeto que devem atender às especificações indicadas nas tabelas próprias.		

Tabela 6 – Elementos constituintes do sistema de fachada ventilada Placotherm V [78].

Nos subcapítulos que se seguem são devidamente enumeradas e detalhadas as especificações técnicas dos componentes e subcomponentes do sistema.

4.2.3.1 Revestimento Exterior Contínuo

O revestimento exterior contínuo do sistema Placotherm V Glasroc X, cujos elementos e características são descritos em detalhe na Tabela 7 e nas tabelas subsequentes, contém os seguintes quatro componentes:

- Argamassas de acabamento que tenham em conta as especificações indicadas na Tabela 8 e tenham a marcação CE de acordo com as especificações técnicas harmonizadas aplicáveis (por exemplo, UNE EN 15824, UNE 998-1, etc.) Tabela 8.
- Primário que cumpra as especificações descritas na Tabela 9.
- Camada base (Placotherm Base) com marcação CE conforme a norma UNE 998-1, Tabela 10.
- Malha de reforço (placotherm Mesh 160) com marcação CE de acordo com a avaliação técnica europeia (ETA 13/0392) Tabela 11.

Revestimento exterior contínuo para o sistema Placotherm V Glasroc X			
Características		Referencia	Especificações mínimas
Componente	Camada de acabamento	---	Argamassa de acabamento de acordo com as especificações indicadas na Tabela 6
	Primário	---	Primário de acordo com as especificações indicadas na Tabela 7
	Camada base	---	Placotherm Base
	Malha de reforço	---	Placotherm Malla 160

Espessura (mm)		---	3.5 – 9.2
Massa por unidade de área (Kg/m ²)		---	5.2 – 13.7
Absorção de água por capilaridade da camada de base (kg/m ²) (*)		17-15708-3017 (confirmar)	<0.20 (depois de 1h) <0.60 (depois de 24h)
Absorção de água por capilaridade do revestimento como um todo incluindo a camada de acabamento (kg/m ²) (*)			<0.10 (depois de 1h) <0.40 (depois de 24h)
Adesão da camada de base no suporte da placa (MPa) (*)		17-15708-3017 (confirmar)	>0.15
Aderência do conjunto de revestimento incluindo a camada de acabamento no suporte da placa			>0.25
Valor-PCSs (*)	(MJ/m ²)	UNE EN	< 54
(**)	(MJ/Kg)	ISO 1716	< 2.7
(*) Dados obtidos incluindo a placa Glasroc X			
(**) Dados calculados a partir dos valores dos PCSs de cada componente da variante e das especificações de acabamento			

Tabela 7 – Características dos revestimentos completos para o sistema Placotherm V Glasroc X [78].

Acabamentos		
Características	Referência	Especificações mínimas
Tipo genérico	UNE EN 15824	Reboco e rebocos acabados em ligantes orgânicos
Espessura de aplicação (mm)	---	0.5-3.0

Rendimento por mm de espessura (kg/m ²)	§A.4 EAD 090119-00-0404	<2.0
Densidade do produto em fornecimento (kg/m ³)	UNE EN 1015-6	1810 +/- 180
Viscosidade (m.Pa.s)	§A.3.3 EAD 090119-00-0404	1130 – 1920
pH	§A.7.2 EAD 090119-00-0404	0.33 – 0.51 70-87 0.93 – 3.14
Extrato seco (%)	§A.5 EAD 090119-00-0404	78-89
Conteúdo de cinzas (450°C) (%)	§A.6.1 EAD 090119-00-0404	52-55
Valor-PCSs (MJ/Kg)	UNE EN ISSO 1716	<0.35

Tabela 8 – Características dos acabamentos [78].

Primário		
Características	Referência	Especificações mínimas
Tipo genérico	---	Dispersão aquosa de resinas sintéticas resistentes a álcalis
Espessura de aplicação (mm)	---	<0.2
Rendimento por mm de espessura (kg/m ²)	---	0.5

Densidade do produto em fornecimento (kg/m ³)	§A.3.1. EAD 090119-00-0404	1550 +/- 95
Viscosidade (m.Pa.s)	---	500 +/- 250
pH	---	8.5 +/- 1
Extrato seco (%)	§A.5 EAD 090119-00-0404	65 +/- 3
Conteúdo de cinzas (450°C) (%)	§A.6.1 EAD 090119-00-0404	16.5 +/- 2
Valor-PCSs (MJ/Kg)	UNE EN ISSO 1716	<6.03

Tabela 9 – Características de primário e tintas de acabamentos [78].

Camada Base		
Característica	Referencia	Placotherm Base
Tipo genérico	UNE EN 998-1	GP -
Apresentação	---	Pó
Cor	---	Branco
Faixa de espessura de aplicação	---	3 – 6
Densidade do pó (kg/m ³)	§A.3.1. EAD 090119-00-0404	1200 – 1400
Granulometria (mm)	UNE EN 1015-1	<1.0
Água de mistura (l/kg)	---	0.22 – 0.26
Rendimento (Kg/m ² e mm de espessura)	---	1.5
Densidade fresca (kg/m ³)	UNE EN 1015-6	1400 - 1600
Densidade endurecido (kg/m ³)	UNE EN 1015-10	1350 +/-50

	§A.3.3 EAD 090119-00-0404	
Resistência a flexão	UNE EN 1015-11	≥2
Resistência a compressão		3.5 a 7.5 (CSIII)
Conteúdo de cinzas (450°C) (%)	§A.6.1 EAD 090119-00-0404	90 +/- 1
Valor – PCS _s (MJ/kg)	UNE EN ISSO 1716	0.59
Reação ao fogo	UNE EN 13501-1	A1
Coeficiente de difusão de vapor de água	UNE EN 1745	$\mu \leq 10$
Condutividade térmica ($\lambda_{10, dry}$) (W/m*K)	UNE EN 1745	0.44
Absorção de água por capilaridade sobre suporte da placa Glasroc X (kg/m ²)	17-15708-3017 (confirmar)	< 0.20 (depois de 1h) <0.60 (depois de 24h)
Adesão em suporte de chapa Glasroc X (MPa)	17-15708-3017 (confirmar)	≥0.15

Tabela 10 – Características da camada base [78].

Malha de reforço		
Característica	Referencia	Placotherm Malla 160
Tipo genérico	ETAA 13/0392	Malha de reforço em fibra de vidro
Espessura (mm)		0.52 +/- 0.02
Largura do rolo (m)		0.1 – 1.1
Largura da quadricula (mm)		3.5 * 3.8
Sobreposição (mm)	---	100
Massa superficial (g/m ²)	ETA 13/0392	160

Resistência a tração (N/mm)		≥ 36
Resistência a tração após envelhecimento (N/mm)		≥ 20
Alongamento a rotura (%)		3.8
Conteúdo de cinzas (625°C) (%)	§A.6.2 EAD 090119-00-0404	82 +/- 1
Valor-PCS _s (MJ/kg)	UNE EN ISO 1716	4.49

Tabela 11 – Características da malha de reforço [78].

4.2.3.2 Placas Glasroc X E Os Seus Componentes

Auxiliares

As placas deste sistema, as Glasroc X, são placas de gesso revestidas em ambas as faces com uma malha de fibra de vidro com tratamento hidrófugo tipo GM-FH1, com marcação CE e seguindo a norma UNE EN 15283-1 Tabela 12. O recobrimento da fibra de vidro está pensado para proporcionar às placas melhores prestações mecânicas, à humidade, aos bolores e à radiação UV. O perfil da borda longitudinal pode ser do tipo reto ou chanfrado, preparado para a aplicação do tratamento da junta, enquanto o perfil de borda transversal só pode ser reto.

Placa Glasroc X		
Características	Referencia	Placa Glasroc X
Designação	UNE EN 15283-1	GM-FH1
Espessura (mm)		12.5 +/- 0.7
Comprimento (mm)		2400 (-5.0) 3000 (-5.0)

Largura (mm)			1200 (-4.0)
Densidade (kg/m ³)		EN 520 (§5.11)	832 – 944
Massa superficial (kg/m ²)		---	10.9 (10.4 – 11.8)
Perfil longitudinal da borda:	Largura	EN 520 (§5.6.1)	60 +/- 20
	Espessura	EN 520 (§5.6.1)	1.2 +/- 0.4
Carga de rotura (N)	Longitudinal	UNE EN 15283-1	≥ 540
	Transversal		≥ 210
Resistência à flexão (MPa)	Longitudinal		≥ 6.0
	Transversal		≥ 4.5
	Combinada		≥ 5.0
Resistência ao cisalhamento da placa (N)			≥ 300
Resistência à penetração da fixação na placa (N)			≥ 300
Resistência ao vapor de água, μ		UNE EN 15283-1	18.2
Absorção de água	Superficial (g/m ² em 2h)	UNE EN 15283-1	<5
	Total (%)	UNE EN 15283-1	0.031
Variação dimensional devido a humidade (*) (%)		UNE EN 12467	0.031
Expansão térmica linear (mm/m*°C)		UNE EN 14581	0.008
Valor-PCs (MJ/Kg)		UNE EN ISO 1716	2.99
Reação ao fogo		UNE EN 13501-1	A1
(*) Mudança dimensional no comprimento em percentagem quando as condições de humidade relativa mudam de 30% para 90%			

Tabela 12 – Características da placa Glasroc X do sistema Placotherm V [78].

Os componentes auxiliares para realizar os tratamentos das juntas podem ser:

- Argamassa Placotherm Base Tabela 10.
- Fita de malha 160, placotherm Malla 160 corta com uma largura de 10 cm Tabela 11.

A fixação das placas à subestrutura de alumínio é realizada com os parafusos THTPF 32 INOX segundo aquilo que é definido pela Placo Tabela 13.

Fixações				
Componentes	Características	Referencia	Parafuso - Placa	Parafuso – Suporte
Parafusos Placotherm	Nome comercial	---	THTPF 32 INOX	---
	Uso	---	Fixações das placas sobre os perfis verticais de alumínio até 2,00 mm de espessura	Fixações entre os perfis verticais de 2 mm de espessura sobre os perfis de suporte de alumínio
	Tipo genérico	UNE EN ISO 15482 (parafusos – placa) UNE EN ISO 15480 (parafusos – suporte)	Parafuso auto-perfurante com cabeça escareada de cruz, com rosca autorroscante	Parafuso autoperfurante com cabeça sextavada, com rosca autorroscante
Dimensões (mm)	UNE EN ISO 15482 (parafusos – placa) UNE EN ISO 15480 (parafusos – suporte)		ST4.8*32	ST5.5*19

		UNE EN ISO 4759-1		
	Diâmetro da broca	UNE EN ISO 15480	---	13.0
	Tipo de ponta	UNE EN ISO 1478	Ponta de broca	Ponta de broca
	Material	UNE EN ISO 3506-1	Aço inoxidável A2-70	Aço inoxidável A2-70
	Força de arrancamento do parafuso – perfil vertical (kN)	Apdo.9.8.2	>1.20	---
	Resistência cortante (kN)	Doc. Ref. Europeia (parafuso – placa) DIN 18516-1 (parafuso – suporte)	>0.30	>5.00
	Reação ao fogo	UNE EN 13501-1	A1	A1

Tabela 13 – Características das fixações das placas e dos perfis verticais [78].

4.2.3.3 Subestrutura De Alumínio

A subestrutura de alumínio do sistema é composta pelos perfis verticais e pelos perfis de mênula, tal como consta nas Tabelas 14 e 15, respetivamente, e nas (Figuras 30, 31, e 32, 33), respetivamente. As características dos materiais estão indicadas na tabela 16, assim como na tabela 13 podemos encontrar as características e propriedades dos elementos de fixação entre os perfis verticais e os perfis de mênula da subestrutura.

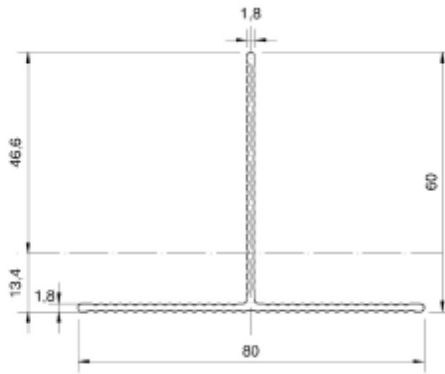


Figura 30 – Perfil T62x80x1.8 [78].



Figura 31 – Perfil L60x40x1.8 [78].

Perfis verticais da subestrutura		
Característica	Perfil T62*80*1.8	Perfil L60*40*1.8
Dimensões	Figura 29	Figura 30
Massa (kg/m)	0.55	0.41
Área da secção (mm ²)	204.4	152.7
Comprimento padrão (m)	3.0 – 6.0	3.0 – 6.0
Momento de inercia I _{xx} (cm ⁴)	7.82	6.29
Momento de inercia I _{yy} (cm ⁴)	6.18	2.22

Momento de inercia Wxx (cm ³)	1.67	1.51
Momento de inercia Wyy (cm ³)	1.55	0.72

Tabela 14 – Características dos perfis verticais [78].

Perfis de suporte da subestrutura		
Características	Perfis de sustentação da subestrutura	Perfis de suporte de retenção
Usar	Ponto de apoio fixo do perfil vertical	Ponto de deslizamento de suporte de perfil vertical
Geometria	Figura 25 (***)	Figura 26 (***)
Dimensões nominais (H x L x B x e) (**)	150*65*40*3.0 150*85*40*3.0 150*125*40*3.0	75*65*40*3.0 75*85*40*3.0 75*125*40*3.0
Diâmetro da broca	10.5	
Espessura Alma	3.0 +/- 0.1	
Espessura Base	4.0 +/- 0.1	
Massa por unidade (g) L=65	211	107
Massa por unidade (g) L=85	241	121
Massa por unidade L=125	282	147
(*) Opcionalmente, os perfis de suporte podem incluir um revestimento de polipropileno de 5 mm de espessura na superfície da base		

(**) L= comprimento da alma; B= largura da base; H= altura; e= espessura da alma.

(***) No caso de suportes de metal e madeira, os furos na base dos perfis de mênsula terão um diâmetro de 6,5 mm e um comprimento de 10,5 mm mostrados nas figuras, o comprimento desses furos permanece igual a 22,0 mm.

Tabela 15 – Características dos perfis de mênsula da subestrutura [78].

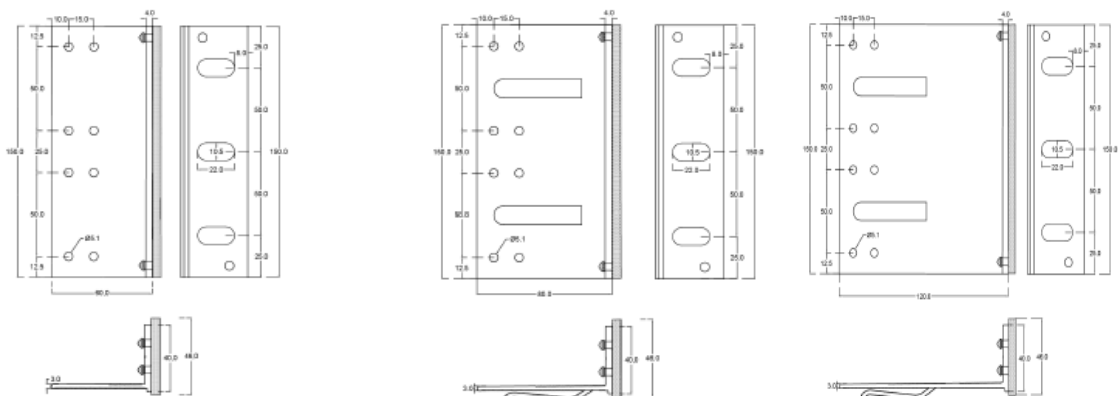


Figura 32 – Perfil de suporte da subestrutura de 150x60x40x3.0 (esquerda) 150x85x40x3.0 (centro) 150x125x40x3.0 (direita) [78].

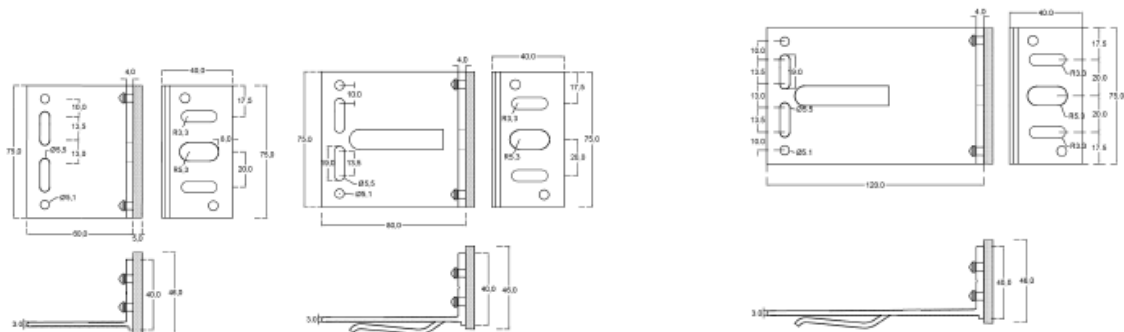


Figura 33 – Perfil de suporte de retenção 75x65x40x3.0 (esquerda) 75x85x40x3.0 (centro) 75x125x40x3.0 (direita) [78].

Material dos perfis verticais e perfis de suporte da subestrutura		
Características	Referencia	Valor
Tipo de material	UNE EN 1999-1-1	AW-6063 T6

Classe de durabilidade		B
Peso específico (kg/m ³)		2700
Módulo de elasticidade longitudinal (MPa)		E=69.500
Módulo de elasticidade transversal (Mpa)		G=26.100
Coeficiente de Poisson		0.33
Coeficiente de dilatação térmica (µm/m*K) (para T ≤ 100°C)		23.4
Limite elástico (Mpa)	UNE EN 755-2 UNE EN 1999-1-1	≥ 170
Limite de rotura (Mpa)		≥ 215
Alargamento ₈₀ (%)		≥ 8

Tabela 16 – Características do alumínio usado nos perfis da subestrutura [78].

4.2.3.4 Elementos De Fixação Entre Os Perfis De Suporte E O Suporte

As ancoragens para as fixações dos perfis de suporte ao suporte (betão, tijolo, madeira, etc) devem ser escolhidos especificamente para cada projeto com base no material de suporte, do tipo de ancoragem e no valor das ações que atuam sobre o sistema. É então recomendável que as ancoragens/fixações sigam as especificações mínimas indicadas abaixo na Tabela 17.

Ancoragens			
Características	Especificações mínimas		
Tipo de suporte	Betão ou Alvenaria	Metálico	Madeira
Tipo de uso	Ancoragem metálica	Parafusos auto-perfurantes com	Parafusos para madeira
	Ancoragem por buchas plásticas		

		Ancoragem por injeção	rosca autorroscante	
Diâmetro mínimo	Fixação	Ø10,0 mm	Ø6,0 mm	Ø6,0 mm
	Broca	Ø17,5 mm	Ø12,0 mm	Ø12,0 mm
Material (*)		Aço inoxidável (A2 e/ou A4)		
Resistência ao arrancamento (**)		> 0.2 KN ou superior a força horizontal no perfil do suporte devido à sucção do vento		
Resistência a cortante sobre chapa de 2 mm e 3 mm		> 0.2 KN ou superior a força vertical no perfil do suporte devido ao peso próprio do sistema		
Marcação CE		Sempre que possível, é recomendado que as ancoragens tenham a marcação CE de acordo com o DEE e/ou (EAD) correspondentemente (ver www.eota.eu). Por exemplo: buchas metálicas para uso em betão; buchas de plástico; buchas metálicas para alvenaria.		As ancoragens devem dispor de marcação CE segundo a norma EN 14592.
Serviço		Na escolha das ancoragens, recomenda-se considerar as condições de serviço a que serão submetidas (direção das ações, tipo de alvenaria, distâncias mínimas até à borda, etc.)		
(*) Para evitar corrosão galvânica, o material de fixação e as anilhas devem ser compatíveis com o alumínio do perfil do suporte.				
(**) A ser garantido nos materiais de apoio				

Tabela 17 – Especificações gerais de ancoragem e fixações entre os perfis e os suportes [78].

4.2.3.5 Isolamento térmico

O sistema pode incluir opcionalmente isolamento térmico. Os que estão previstos da DAU são:

- Placas, bandas ou rolos de lã mineral com marcação CE que cumpra a norma UNE EN 13162.
- Argamassa de isolamento térmico, com marcação CE abrangida pela norma UNE EN 988-1.

Para o uso em fachadas é necessário que reúnam as características apresentadas na Tabela 18 abaixo.

Isolamento térmico (opcional)				
Característica		Referencia	Valor declarado	
Marca comercial recomendada		---	Gama Ecovent e Ecovent VN da Isover	Weber.therm Aislone FV
Tipo genérico		UNE EN 13162 (MW) UNE EN 998-1 (argamassa)	Painel de la minéral (MW)	Argamassa de isolamento térmico (T)
Espessura (mm)		UNE EN 823 (MW)	Entre 40 e 130	Entre 30 e 80
Densidade (kg/m ³)		UNE EN 1602 (MW) UNE EN 1015-10 (argamassa)	30-100 (*)	150 +/- 50 (*)
Condutividade térmica de projeto, λ (W/m*K)		UNE EN 13162 (MW)	≤ 0.038	Classe T1 (≤ 0.10) (**)
Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água, μ		UNE EN 998-1 (argamassa)	1	≤ 5
Absorção de água	Curto prazo por imersão	UNE EN 1609 (MW)	<1.0	---

	parcial (kg/m ²)				
	Longo prazo por imersão total (%)	UNE 12087	EN	<5.0	---
	Por capilaridade (kg/m ² *min ^{0.5})	UNE 1015-18 (argamassa)	EN	---	≤ 0.20 (W2)
Reação ao fogo		UNE 13501-1	EN	A2-S1, d0	A2-S1, d0
Resistividade ao fluxo de ar (kPa*s/m ³)		UNE 29053 (MW)	EN	≥5.0	---
Estabilidade dimensional a 23°C e 90% HR (%)		UNE 1604 (MW)	EN	Δεd < 1.0	_____
Aderência sobre ladrilho cerâmico (Mpa)		UNE 1015-12 (argamassa)	EN	---	≥ 0.08 (*) (rotura coesa)
Resistencia (Mpa)	A compressão	UNE 1015-11 (argamassa)	EN	---	≥ 0.35 (CSI)
	A flexão			---	≥ 0.25

(*) No caso de fachadas ventiladas, deve-se considerar que a camada isolante pode estar sujeita a correntes de ar significativas que podem produzir fragmentação ou perda de material. Nesse sentido, recomenda-se que:

- Painéis de la mineral (MW) utilizados para fachadas ventiladas com densidade mínima de 50 kg/m³ ou que possuam revestimento,

- As argamassas isolantes (T) utilizadas em fachadas ventiladas devem ser devidamente avaliadas, incluindo aspectos de durabilidade. No DAU 17/105B, não foram realizadas as avaliações da argamassa definidas para uso em fachadas ventiladas.

(**) Saint-Gobain Weber Cemarksa SA indica um valor de $\lambda_{10, dry} = 0.042 \text{ W/m}^2\text{K}$ na ficha técnica do produto (valor individual)

Tabela 18 – Características do isolamento térmico [78].

4.2.3.6 Laminas Flexíveis Auxiliares Para Imperialização

O sistema pode incluir opcionalmente, segundo o DAU, lâminas flexíveis auxiliares para impermeabilização da água, mas permeáveis ao vapor de água. As lâminas têm que dispor da marcação CE de acordo com a norma harmonizada EN 13859-2.

As características destas laminas devem seguir o indicado na Tabela 18.

Lamina flexível auxiliar para impermeabilização (opcional)			
Característica	Referencia	Valor declarado	
Marca comercial recomendada	---	Lamina R.F (Dupont™ Tyvek 2066B)	Lamina Estandar (Dupont™ Tyvek 1060B)
Largura da bobina (m)	UNE EN 1848-2	1.50	
Largura útil (m)	UNE EN 1848-2	1.40	
Espessura (mm)	UNE EN 1849-2	0.175	
Massa superficial (g/m ²)	UNE EN 1849-2	68+/- 6	60 +/- 5
Resistência à penetração de água	UNE EN 1928 (A)	Classe W1	
Transmissão de vapor de água (*) (m)	UNE EN ISO 12572 (C)	Sd ≤ 0.025	

Coluna de água (m)	UNE EN 20811	1.3	1.5
Força máxima a tração (N/50 mm)	UNE EN 12311-1	MD:300 +/- 50 XD:300 +/- 50	MD:310 +/- 50 XD:310 +/- 50
Alongamento de força máxima (%)	UNE EN 12311-1	MD:16 +/- 5 XD:18 +/- 5	MD:17 +/- 5 XD:20 +/- 5
Resistência (N)	UNE EN 12311-1	MD:50 +/- 20 XD:50 +/- 20	MD:55 +/- 20 XD:50 +/- 20
Reação ao fogo	UNE EN 13501-1	B-S1, d0	E
<p>(*) $S_d = \mu \cdot d$. Onde: d = espessura da chapa e μ = coeficiente de resistência à difusão ao vapor de água.</p> <p>MD: longitudinal, XD: Transversal</p>			

Tabela 18 – Características das laminas flexíveis auxiliares para impermeabilização [78].

4.2.3.7 Componentes Auxiliares Do Sistema

Para solucionar os pontos singulares do sistema podem implementar-se componentes auxiliares, tais como perfis de reforço de esquinas, para o arranque e remate superior da fachada (coroamento ou capacetes), execução e controlo de juntas de dilatação, soluções de vão livre, entre outros.

4.3 Sistema Mármore Tecnológico

4.3.1 Descrição Do Sistema E Usos Previstos

Com base na informação fornecida pela empresa Compac - The Surface Company, nomeadamente por meio do documento Technical Data Sheet Marble Compac [79], pode ser referido que este sistema construtivo, adiante objeto de análise, é baseado num revestimento exterior para fachadas ventiladas à base de aglomerado de pedra, constituído por mármore (91 a 95%), resina de poliéster e aditivos. Estas e outras placas de pedra artificial são fabricadas e distribuídas

pela Compac, cuja fundação remonta a 1974 numa pequena provocação de Valência (Espanha). A empresa conta com centros de produção em Espanha e Portugal, estando presente nos 5 continentes através de armazéns próprios e com uma rede de mais de 250 distribuidores associados.

Este sistema é formado por um revestimento exterior com junta aberta aplicado in situ, que consiste nas placas de Mármore Tecnológico, fixado a uma subestrutura estudada conjuntamente com a empresa francesa Vetisol, na qual desenvolveram sistemas especialmente projetados para o uso com grampos, perfis ocultos ranhurados na esquina, perfis ocultos ranhurados no reverso e engates com pivôs. O uso de qualquer um destes sistemas permite que se forme uma câmara de ar ventilada ou não ventilada, com possibilidade de colocação de isolamento térmico pelo exterior do suporte. Estas subestruturas, tal como todas as outras, são por sua vez fixadas ao suporte (parede ou outra estrutura divisória entre o exterior do edificado e o interior).

O mármore tecnológico é usada tanto como um revestimento exterior de fachadas como também no interior dos edifícios, novos ou em reabilitações.

As placas deste sistema podem variar quanto aos constituintes utilizado e quanto à cor, assim como as dimensões do revestimento, perfeitamente adaptável ao desejado pelo cliente, desde que o suporte garanta que tem resistência e estabilidade adequada para suporte os esforços transmitidos pelo sistema através da subestrutura.

A ancoragem da subestrutura do sistema de apoio deve ser escolhida com base na natureza do suporte assim como nos esforços que lhe são incutidos pelas combinações de ações a que estão sujeitas.

4.3.2 Resumo Das Prestações Do Produto

Na Tabela 19, resumimos, de forma sintetizada, as prestações do sistema Mármore Tecnológico Compac para o uso como revestimento exterior de fachada.

Exigência	Característica	Prestação
-----------	----------------	-----------

SE	Resistência mecânica e estabilidade	<p>Deve ser justificado através de cálculo tendo em conta os desenhos de projeto, assim como o desenho do sistema de revestimento de fachada utilizado e as ações que lhe são aplicáveis.</p> <p>Com base nos testes feitos de acordo com as UNE EN 14617-15:2005 e UNE EN 14617-2:2005 – método de ensaio para pedra aglomerada, a resistência à compressão, obteve um valor de 133.9 Mpa e a resistência a flexão obteve um valor de 25.5 Mpa.</p>
SI	Reação ao fogo	Classe A2 fl S1 nas condições indicadas pela CTE DB SI na seção SI2. O isolamento térmico da câmara de ar deve atender aos requisitos indicados na seção SI2 do CTE (Código Técnico de la Edificación)
	Resistência ao fogo	Não aplicável exclusivamente ao revestimento em Mármore Tecnológico.
HS	Grau de impermeabilidade a água da chuva	Com base nos testes feitos segundo a UNE EN 14617 – 15:2005 - método de ensaio para pedra aglomerada, e dependendo tipos de revestimento possível, situa-se entre 0.042 e 0.091%.
	Limitação de condensação	Não aplicável ao sistema Mármore Tecnológico.
	Estanquidade ao ar	Não aplicável ao sistema Mármore Tecnológico.
SUA	Resistência ao choque	Com base nos testes feitos ao de acordo com a UNE EN 14617 - 9:2005 - método de ensaio para pedra aglomerada, a resistência ao impacto tem um valor de 5 J.

	Equipotenciais dos componentes metálicos	Deve ser analisado em projeto.
HR	Isolamento acústico	Sem especificações identificadas
HE	Isolamento térmico	Aplicável à folha principal e ao isolamento térmico da câmara de ar. As pontes térmicas produzidas pelos conjuntos de ligações devem ser levadas em consideração.

Tabela 19 – Resumo de exigências, características e prestação do sistema de fachadas ventilada Mármore Compac [79].

4.3.3 Componentes Do Sistema

Os componentes do sistema Mármore Tecnológico Compac de fachada ventilada são os referidos abaixo na Tabela 20.

Elementos constituintes do sistema Mármore Tecnológico COMPAC
Revestimento exterior junta aberta
Placa de mármore e componentes auxiliares
Subestrutura de alumínio
Ancoragem entre os perfis e o suporte
Isolamento térmico
Componentes auxiliares do sistema

Tabela 20 – Elementos constituintes do sistema Mármore Tecnológico COMPAC [79]

4.3.3.1 Placas de Mármore Tecnológico

O revestimento de placas de Mármore Tecnológico Marmol Compac consiste na junção de pedra natural reconstituída, composta por minerais de alta pureza, polímero aglutinante e mistura de aditivos. Este revestimento foi concebido especialmente para aplicações ao ar livre e por isso os polímeros aglutinantes e os aditivos incorporados são especialmente criados para dotar a

pedra natural de resistência às condições climáticas e ambientais (tais como radiação UV, geada, calor, humidade, etc) através de uma tecnologia patenteada pela marca Compac.

Como resultado na tecnologia aplicada e no processo de produção, ao aglomerado de pedra Compac apresenta excelentes propriedades mecânicas e um grau de porosidade muito baixo. Assim o Mármore Tecnológico Compac é adequado para uma quantidade infindável de aplicações, tanto em interiores como no exterior.

Segundo a Compac, o Mármore Tecnológico nasce das limitações da pedra natural para utilização na construção moderna devido à falta de homogeneidade e à sua escassez como matéria-prima, procurando também satisfazer e melhorar o lado sustentável da exploração mineira, tendo em conta a intensa exploração das pedreiras e a grande quantidade de resíduos não aproveitáveis que provoca a extração.

Uma das coisas que diferencia este revestimento de um mármore tradicional em pedra natural próprio para revestimentos de fachadas ventiladas, é o facto de a mistura do aglomerado ser submetida a um processo de vibro-compactação, conseguindo uma distribuição homogénea dos mineiras e, mediante a aplicação do processo de vácuo, eliminar qualquer possibilidade de existência de espaços vazios ou presença de ar, fazendo com que o Mármore Compac, tenha características apreciadas para utilização em fachadas ventiladas, como é o caso da ausência de poros e a absorção praticamente nula de água e humidade. De acordo com a empresa, devido a estas características, o produto requer uma manutenção simples e económica. O facto de ser um material compósito faz com que as propriedades mecânicas apresentadas quando comparadas com produtos naturais sejam superiores, não existindo heterogeneidades que provoquem fissuras ou outro tipo de zonas frágeis como nas pedras naturais.

O fabrico deste produto é feito em blocos compactos dos quais se obtêm placas de diferentes espessuras em função das necessidades do cliente, podendo variar entre 10 mm, 12 mm, 14 mm, 20 mm, ou 30, estas últimas as mais usadas para fachadas ventiladas. O processo de aproveitamento e reconversão da pedra natural para pedra artificial é feito com base nos passos

que de seguida se descrevem. Primeiro, a eleição de rochas adequadas de acordo com as especificações técnicas requeridas, armazenamento segundo os tamanhos. Seguidamente, passa-se à trituração do material, depois as pedras de diversos tamanhos são misturadas com resinas e pigmentações, e passa-se à prensagem do material. A cura em blocos de produção com mais ao menos 306x123x85 cm, é o passo seguinte do processo. A seguir é feita o corte em máquinas de cortar pedra em placas, que são posteriormente processadas para o acabamento pretendido (polido, afilado com pedra, envelhecido, bujardado ou escovado). De seguida é feito o polimento e a calibragens das placas, o controlo de qualidade e no final do processo é feito o armazenamento e envio. Todo o processo é resumido abaixo na (Figura 34).

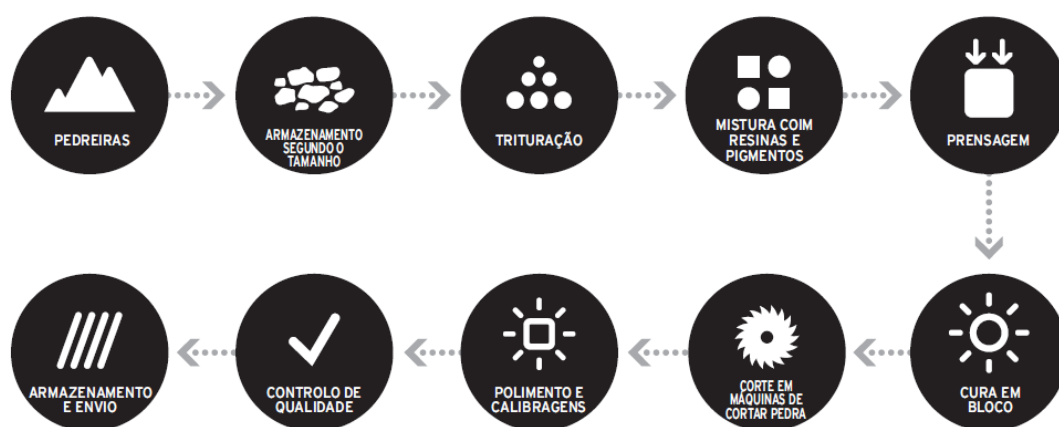


Figura 34 – Esquema resumido do processo de reconstrução da pedra natural [79].

4.3.3.2 Subestrutura De Suporte

A fachada ventilada é um sistema construtivo de revestimento vertical, dependente de uma subestrutura que separa a folha exterior do revestimento da folha interior, deixando espaço para uma caixa-de-ar ventilada (por isso o nome de fachada ventilada) e uma camada de isolamento térmico (com vista a melhorar o comportamento térmico e acústico do edificado). Algumas companhias internacionais especializadas em sistema de fachada ventilada, como é o caso da empresa francesa Vetisol, desenvolveram sistemas especialmente projetados para o uso do Mármore Tecnológico Compac.

Desenvolveram um sistema que envolve grampos, ancoragens ocultas ranhuradas na esquina, ancoragens ocultas ranhurados no reverso ou até mesmo engates com pivôs. O primeiro sistema de fixações mencionado anteriormente “sistema grampeado”, tem sido muito utilizado para instalar fachadas ventiladas de peças cerâmicas. Estas fixações podem ser ocultas ou à vista, podendo variar ainda na qualidade e nas características, mas nunca deixando de comprometer a segurança do sistema. Este tipo de ancoragem é a que apresenta uma menor resistência à pressão do vento. As ancoragens ocultas ranhuradas nas esquinas horizontais têm peças ranhuradas em todo o seu comprimento. A estas ranhuras são acoplados os perfis, tal como se observa na (Figura 35). Estes sistemas de fachada ventiladas apresentam melhores resultados no que toca a segurança uma vez que apoiam os revestimentos em todo o comprimento, assim como as peças na ancoragem de fixação. Permitem ainda ser utilizados em diversos formatos e a sua capacidade de regulação é muito superior ao sistema de fachada ventilado grampeado. Estes perfis admitem uma diversidade no tamanho das juntas e na separação da parede (regulação altura largura do sistema e do seu revestimento).

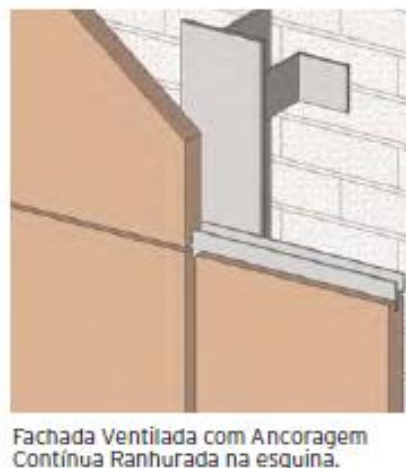


Figura 35 – Esquema representativo de fachada ventilada com ancoragem contínua ranhurada na esquina [79].

As ancoragens ocultas ranhuradas no reverso surgem como desenvolvimento do sistema de ranhura na esquina e apresenta as mesmas vantagens.

Nestes sistemas, as ancoragens horizontais são unidas às peças do revestimento na própria fábrica. As peças dos revestimentos dispostas com

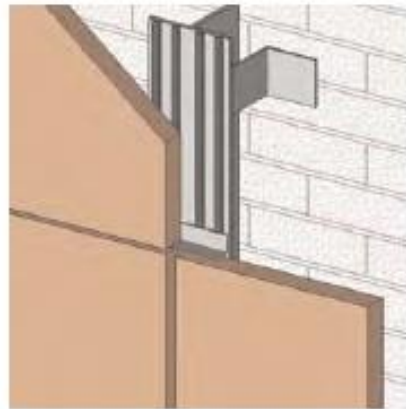
estas ancoragens são posteriormente unidas, na obra, à estrutura de perfis de suporte horizontais ou verticais (Figuras 36 e 37).



Figura 36 – Esquema representativo de fachada ventilada com ancoragem contínua ranhurada pelo reverso [79].

Por último, mas não menos importante, o sistema de engate com pivô, pode ser considerado como um clássico das fachadas ventiladas uma vez que é o mais usado para a ancoragem das pedras naturais em sistemas de fachadas ventiladas. Não é útil em peças de pequena espessura, dado que o diâmetro do pivô normalmente é 5 mm. É um sistema que está a cair em desuso perante outras soluções mais seguras e versáteis.

Segundo a informação transmitida pela Compac, a peça de revestimento é unida à subestrutura mediante um agente adesivo.



Fachada Ventilada com Ancoragem Contínua Colada pelo reverso.

Figura 37 – Esquema representativo de fachada ventilada com ancoragem contínua colada pelo reverso [79].

4.3.3.3 Elemento De Fixação Entre Os Perfis De Suporte Ao Suporte

As ancoragens para fixações dos perfis de suporte ao suporte devem ser escolhidas especificamente para cada projeto com base no material de suporte, do tipo de ancoragem e no valor das ações que atuam sobre o sistema. É recomendável que as ancoragens/fixações sigam as especificações mínimas recomendadas em projeto e pelos fabricantes do sistema.

4.3.3.4 Isolamento Térmico

O sistema pode incluir opcionalmente isolamento térmico. Na documentação técnica apresentada pela empresa não temos qualquer tipo de recomendação, mas podemos optar por várias soluções, entre as quais:

- Placas, bandas ou rolos de lã mineral com marcação CE que cumpram a norma UNE EN 13162.

- Argamassa de isolamento térmico, com marcação CE abrangida pela norma UNE EN 988-1.

- Placas de XPS, entre outros tipos de isolamento térmico de diversos materiais destintos, mas tendo sempre marcação CE devidamente certificada segundo as normas europeias.

4.4 Estudo De Publico Alvo/Mercado

Do conjunto de exigências funcionais aplicáveis aos revestimentos de fachadas ventiladas, foram selecionadas seis para realização de uma análise comparativa entre as duas soluções comerciais em estudo: segurança contra o risco de incêndio, estanquidade à água, resistência ao choque, resistência ao atrito, durabilidade e economia de instalação e manutenção. Esta análise comparativa foi feita em duas fases. Por um lado, realizou-se uma auscultação ao mercado por intermédio de um inquérito, no sentido de perceber qual a perceção dos vários inquiridos relativamente ao desempenho dos dois tipos de revestimento de fachada no que toca aos seis parâmetros em análise. Por outro, recorreu-se aos documentos de adequação ao uso (DAU) e especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes para a comparação do desempenho dos revestimentos. Esta última análise é depois desenvolvida no capítulo 4.5.

Assim, no âmbito da presente dissertação, foi realizado um inquérito a um painel de diversas entidades e pessoas das mais variadas áreas de experiência e atuação. Foram consultados engenheiros, arquitetos, comerciais da construção, designers e operários da construção civil, entre outras profissões que quisemos auscultar de maneira a entender qual o seu conhecimento e sensibilidade para o assunto, e a quem devemos dar a conhecer estes temas uma vez que a construção/edificação é um bem essencial para todos e há que os envolver também nesta área de investigação/trabalho.

Apesar de ser um tema bastante específico, e até desconhecido para uma grande parte dos inquiridos, decidimos abordar um público alargado, uma vez que é importante saber a opinião global e não apenas de quem mais entende do tema.

O questionário elaborado era composto por um conjunto de questões, divulgadas por várias formas de comunicação, seja por email, mensagens, pelas redes

sociais ou até no típico e tradicional passa a palavra. O modelo de questionário encontra-se no Anexo 1.

Através destes meios conseguimos obter 164 (centro e sessenta e quatro) respostas. Com isto conseguimos ter respostas de várias áreas, diretamente relacionadas com a indústria da construção ou não, como por exemplo Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Arquitetura, Gestão, Ciências Farmacêuticas, Design, Música, Medicina, Enfermagem, Direito, Educação, Psicologia, Contabilidade, Turismo, Finanças, Recursos Humanos, Geografia e Ensino, entre outras, como se pode ver abaixo assim como as percentagens na (Figura 38).

Indique, por favor, a área em que se insere:
164 respostas

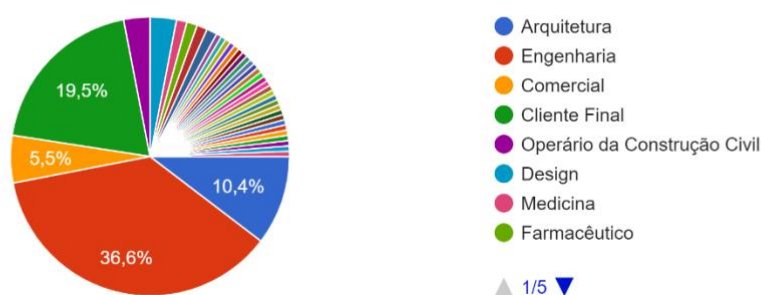


Figura 38 – Área a que pertencem os inquiridos.

Resumidamente, e fazendo uma pequena análise numérica as 164 respostas, 36.6% dos inquiridos são da área de Engenharia, 19.5% Clientes Finais, 10.4% de Arquitetura, 5.5% Comerciais, 3% Operários da Construção Civil, 3.6% Designers, 1.2% da área da Medicina, a mesma percentagem de Farmacêutica e da área da saúde, 1.2% de Gestão, 0.6% (1 pessoa) da área de Turismo, 1.8% Financeiro, 1.2% Estudantes, 0.6% Enfermagem, 2.4% Educação, 0.6% Direito, 0.6% Operador de CNC, 0.6% Música, 0.6% Optometria, 0.6% Mecânica automóvel, 1.2 % Psicologia, 0.6% Expedição, 0.6% Desenhador têxtil, 0.6% Segurança, 0.6% Recursos humanos, 0.6% Aviação, 0.6% Geografia, 0.6% Contabilidade e 0.6% Investigação.

Os resultados em cada uma das questões do inquérito são os apresentados de seguida. As respostas a cada uma das questões foram

organizadas de forma a facilitar a sua compreensão por todos os inquiridos, sem os separar em subgrupos.

Na primeira questão tentamos perceber qual a função, dentro das opções dadas, que mais preocupa os envolvidos, podendo estes optar por segurança contra o risco de incêndio, estanquidade a água, resistência ao choque, resistência ao atrito, durabilidade e economia de instalação e manutenção (Figura 39).

Dos seguintes parâmetros qual o que mais valoriza numa fachada ventilada
164 respostas

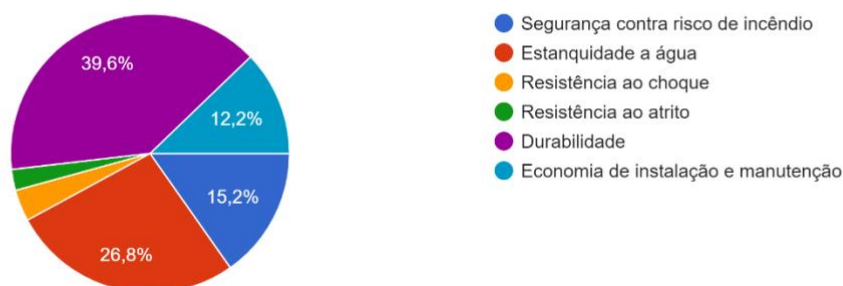


Figura 39 – Maior preocupação dentro das exigências funcionais escolhidas.

39.6% dos envolvidos neste inquérito responderam que a maior preocupação é a durabilidade, seguindo-se a estanquidade à água com 26.8%, com 15.2% a reponderem que a segurança contra o risco de incendio é o que mais os preocupa e 12.2% referindo a economia de instalação e manutenção. Seis pessoas, o equivalente a 3,7%, referem como maior preocupação a resistência ao choque, enquanto que 2,4% dizem que o que mais os preocupa é a resistência ao atrito.

Com base nestes dados podemos assumir que a maior preocupação dos nossos inquiridos é a durabilidade, a que acresce uma preocupação complementar com a economia de instalação e manutenção. Estas duas questões são prioritárias para mais de 50% dos inquiridos.

A distribuição de respostas à questão “No parâmetro segurança contra risco de incêndio, que classificação dá aos seguintes materiais” (entre os valores de 1 que corresponde a nada satisfatório, até 5 que corresponde a muito bom), consta abaixo na (Figura 40).

No parâmetro "Segurança Contra Risco de Incêndio" que classificação dá aos seguintes materiais:

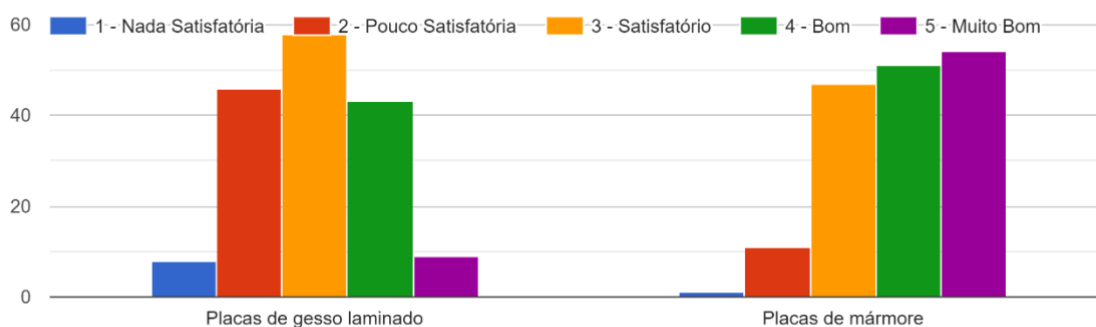


Figura 40 – Distribuição da classificação no parâmetro “Segurança contra risco de incêndio”

Dentro das respostas dadas conseguimos perceber que existe uma tendência, conseguindo-se agrupar as placas de gesso laminado tendencialmente entre os grupos pouco satisfatórios e bom (classificação 3 e 4) enquanto que as placas de mármore segundo os nossos inquiridos variam maioritariamente entre o satisfatório (classificação 3) e o muito bom (classificação 5). Assim, segundo os nossos inquiridos, na resposta dada pelas placas de revestimento na segurança contra o risco de incendio o mármore tem um comportamento melhor.

A segunda questão sobre as exigências funcionais, refere-se à eficiência dos dois tipos de materiais perante a estanquidade a água (Figura 41).

No parâmetro "Estanquidade a Água" que classificação dá aos seguintes materiais:

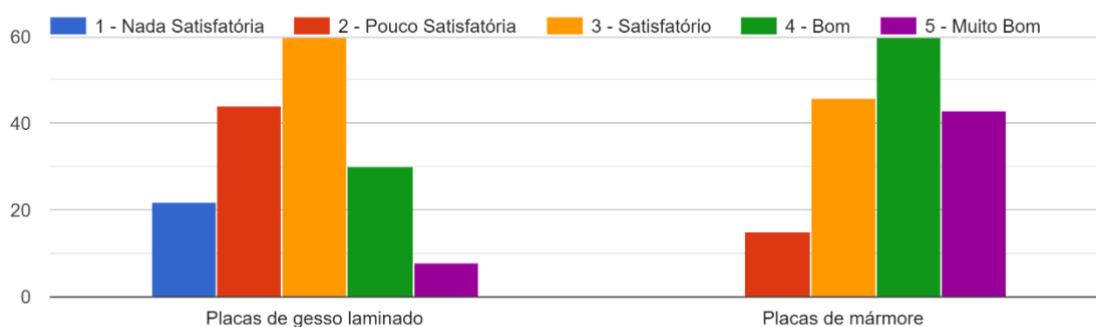


Figura 41 – Distribuição da classificação no parâmetro “Estanquidade a água”

Segundo os inqueridos no que toca á estanquidade a água, o revestimento em placas de gesso laminado tem uma classificação muito diversificada, variando dentro de toda a gama de classificações, embora maioritariamente a mais escolhida fosse a satisfatória (classificação 3). Já no revestimento de placas mármore não foi sequer colocada a opção nada satisfatória, variando os resultados essencialmente entre as classificações 3 e 5, (satisfatória e muito bom). Podemos ainda constatar que a opção mais escolhida foi de bom (classificação 4), com 60 escolhas. Com estes dados concluímos que, segundo os nossos inqueridos, as placas de mármore têm uma melhor resposta no que toca à estanquidade à água.

Na terceira questão, sobre o desempenho na exigência funcional de resistência ao choque, tiveram-se respostas bem diversas, como se pode ver na (Figura 42).

No parâmetro "Resistência ao Choque" que classificação dá aos seguintes materiais:

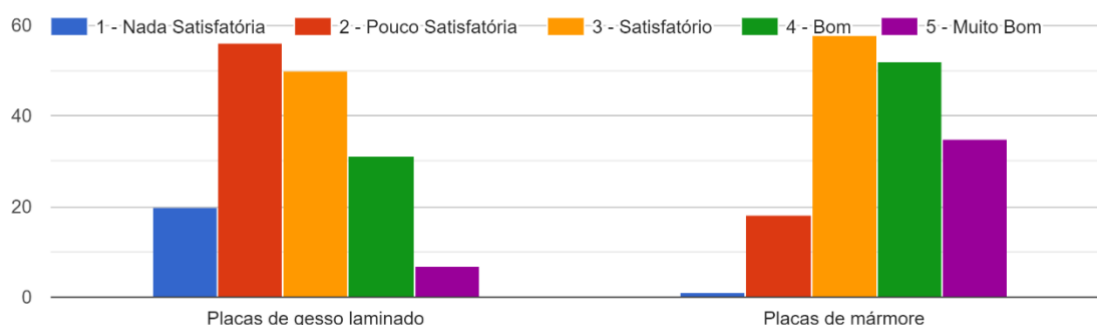


Figura 42 – No parâmetro “Resistência ao choque” que classificação dá.

Com base nos gráficos e nas respostas obtidas chegamos a conclusão que a opinião dos nossos inqueridos é de que as placas de mármore são as que tem maior resistência ao choque, uma vez que 88.4% das respostas se situam numa classificação entre satisfatório e muito bom. Nas placas de gesso laminado as respostas foram diferentes, uma vez que 64.6% das escolhas se situam numa classificação entre pouco satisfatório e satisfatório.

Já no quesito da resistência ao atrito obtiveram-se respostas mais equilibradas no que toca aos dois materiais, como se pode ver na (Figura 43).

No parâmetro "Resistência ao Atrito" que classificação dá aos seguintes materiais:

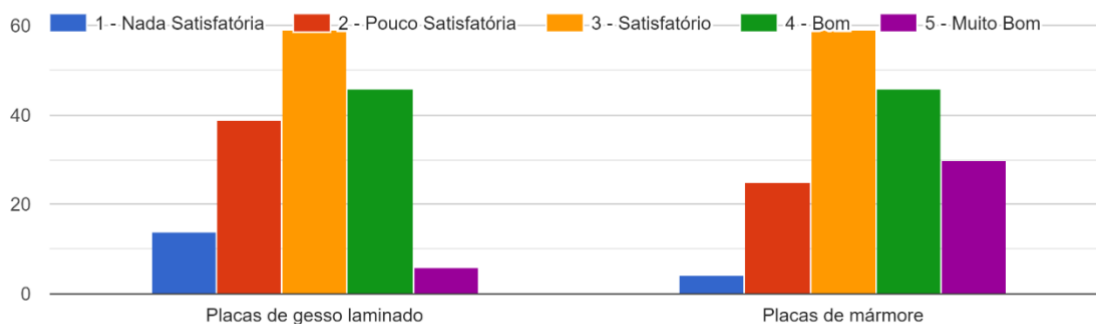


Figura 43 – Distribuição da classificação no parâmetro "Resistência ao atrito".

De facto, as duas classificações que tem mais escolhidas são a 3, com 59 escolhas tanto no revestimento de placas de gesso laminado como nas placas de mármore, e também a 4, com 46 escolhas nos dois revestimentos. No entanto, uma vez mais as placas de mármore obtêm melhores resultados nas restantes classificações, o que se traduz num melhor resultado global nas respostas à resistência ao atrito.

Na quinta e penúltima pergunta neste formato, temos uma comparação entre os mesmo dois materiais no quesito da durabilidade (Figura 44).

No parâmetro "Durabilidade" que classificação dá aos seguintes materiais:

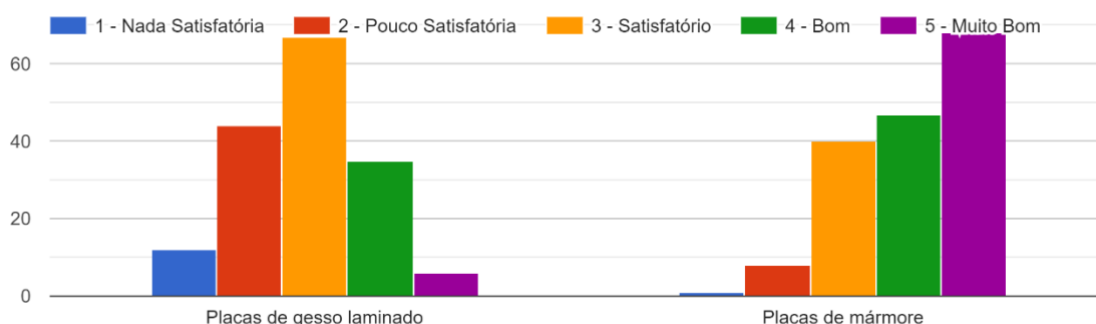


Figura 44 – Distribuição da classificação no parâmetro "Durabilidade".

Neste parâmetro, conseguem-se perceber diferenças óbvias nas respostas. A grande maioria das escolhas das placas de gesso laminada encontram-se no

patamar do satisfatório enquanto nas placas de mármore o nível mais escolhido é o 5 – muito bom. Podemos dizer com toda a certeza que os inquiridos têm a percepção que as placas de mármore são mais duráveis.

Por último, mas não menos importante, analisam-se as respostas sobre o parâmetro economia (Figura 45).

No parâmetro "Economia" que classificação dá aos seguintes materiais:

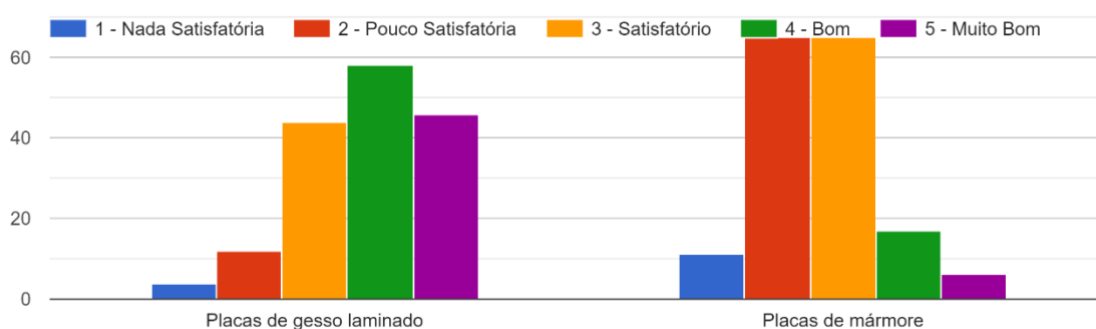


Figura 45 – Distribuição da classificação no parâmetro “Economia”.

Observa-se que as respostas dos inquiridos relativas às placas de gesso laminado se situam numa faixa de classificação superior (entre 3 e 5, com a classificação 4 totalizando 58 respostas), enquanto que as placas de mármore são consideradas mais caras (predominam as respostas 2 e 3 (pouco satisfatória e satisfatória, ambas tem o mesmo número de 65 respostas). Podemos afirmar que no que toca a parte económica as placas de gesso laminadas são as mais escolhidas.

Depois de analisar os vários inquéritos assim como os dados e os gráficos resumo das respostas dadas, conseguimos perceber que o que mais preocupa os nossos inquiridos é a durabilidade dos revestimentos.

Podemos ainda resumidamente concluir que na segurança contra risco de incendio as placas de mármore tem uma classificação de muito bom, enquanto as placas de gesso laminado tem uma análise de satisfatória. Na estanquidade à água as placas de gesso laminado tem uma classificação satisfatória enquanto as placas de mármore tem uma classificação boa. Na resistência ao choque ambos os tipos de revestimentos obtiveram classificações menos positivas,

embora a classificação dos revestimentos de placas de mármore seja satisfatória enquanto que a classificação dada aos revestimentos de placas de gesso laminado foi pouco satisfatória. Na resistência ao atrito a classificação dada foi mais equilibrada. Na exigência funcional durabilidade, o revestimento de placas de mármore obteve uma classificação boa, enquanto que as placas de gesso laminado apenas satisfatória. O único ponto em que as placas de gesso laminado superaram as de mármore foi no parâmetro relativo à economia.

Resume-se a tendência verificada nas respostas aos inquéritos através de uma tabela comparativa, onde observando a cor das células podemos sintetizar de forma genérica e de modo discreto a opinião dos inquiridos. Tabela 21.

Exigências funcionais de revestimentos			
Segurança contra o risco de incendio	Placas de gesso laminado (Clas. 3)	<	Placas de mármore (Clas. 5)
Estanquidade a água	Placas de gesso laminado (Clas.3)	<	Placas de mármore (Clas. 4)
Resistência ao choque	Placas de gesso laminado (Clas. 2)	<	Placas de mármore (Clas. 3)
Resistência ao atrito	Placas de gesso laminado (Clas. 3/4)	<	Placas de mármore (Clas. 3/4)
Durabilidade	Placas de gesso laminado (Clas. 3)	<	Placas de mármore (Clas. 5)
Económica	Placas de gesso laminado (Clas. 4)	>	Placas de mármore (Clas. 2/3)

Tabela 21 – Resumo de resultados obtidos através dos inquéritos feitos.

Será importante referir que esta análise resulta da opinião dos inquiridos relativa a dois sistemas existentes no mercado, sendo que um (mármore/pedra) é sobejamente conhecido e utilizado há longo tempo, enquanto o outro (gesso laminado em exteriores) é um sistema recente, sendo somente bem conhecida a sua variante para aplicação em interiores. Estamos cientes que tão pouco ou nenhum conhecimento deste último sistema e dos sistemas mais recentes em geral terá influenciado negativamente as respostas dos inquiridos a seu respeito. Neste contexto, será importante que muito especialmente a indústria da construção civil, os projetistas e os promotores imobiliários vão tendo contacto e informação com os desenvolvimentos ao nível de produtos, elementos, sistemas e tecnologias inovadoras neste domínio.

Nos próximos pontos, vamos analisar todos estes critérios novamente, mas com base em dados fornecidos pelos fabricantes de ambos os revestimentos e

sistemas, de forma a esclarecer e desmistificar alguns destes pontos questionados aos inquiridos.

4.5 Desempenho Dos Revestimentos

Tendo por base os documentos de adequação ao uso (DAU) e as especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes para a comparação do desempenho dos revestimentos, procede-se de seguida à análise comparativa entre as duas soluções de revestimento exterior de fachadas ventiladas em estudo: segurança contra o risco de incêndio, estanquidade à água, resistência ao choque, resistência ao atrito, durabilidade e economia de instalação e manutenção.

4.5.1 Segurança Contra O Risco De Incendio

Os revestimentos de paredes não devem em caso algum contribuir para o risco de deflagração e propagação de fogo de forma a garantir tempos de alarme, evacuação ou sobrevivência dos utentes. Os revestimentos, para além de não poderem favorecer a propagação do fogo, não devem proporcionar o desprendimento de gotas incandescentes. É primordial saber qual a reação ao fogo dos revestimentos em análise. Esta reação pode variar entre as seguintes classes:

Classe A1 – Nenhuma contribuição para o fogo

Classe A2 – Pouca contribuição para o fogo (quase nula)

Classe B – Contribuição para o fogo muito limitada

Classe C – Contribuição para o fogo limitada

Classe D – Contribuição para o fogo aceitável

Classe E – Reação ao fogo aceitável

Classe F – Comportamento não determinado

Para além desta classificação, os materiais de fachadas têm também outras classificações complementares, como é o caso da “S” e da “D”.

A classificação “S” (Smoke), traduz-se na qualificação que diz respeito a quantidade de fumo produzido pelos materiais em questão, podendo variar entre as classes S1 e S3, como explicado abaixo:

Classe S1 – Não produz fumo

Classe S2 – Produz pouco fumo

Classe S3 – Produz fumo escuro

A classificação “D” (Drop), varia de D0 a D2, sendo que na primeira o material não produz gotas ou partículas incandescentes (D0), e na segunda (D2) produz gotas ou partículas incandescentes. A classe D1 corresponde à queda de gotas ou partículas inflamadas com pouca persistência.

No que toca aos materiais estudados, ambos são produzidos em Espanha, foram ensaiados de acordo com as normativas espanhola e europeia e será considerada a sua aplicação à luz da regulamentação espanhola. No caso da reação ao fogo, e de acordo com a “Seccion SI 2 Propagación exterior” do “Documento Básico SI - Seguridad en caso de incendio (DB-SI)” [80], a classe de reação ao fogo mínima dos sistemas construtivos de fachadas que ocupam mais de 10% da sua superfície será diretamente dependente da altura total da fachada em que vai ser aplicada:

- D-S3, d0 em fachadas até 10 m de altura;
- C-S3, d0 em fachadas até 18 m de altura;
- B-S3, d0 em fachadas superiores a 18 m de altura.

Essa classificação deve considerar a condição de uso final do sistema construtivo, incluindo aqueles materiais que constituem camadas contidas na solução de fachada e que não são protegidas por uma camada que tenha pelo menos uma resistência ao fogo EI30.

Placotherm V – Glasroc X

Segundo o “DAU 17/105 B Documento de adecuación al uso – Sistema Placotherm V Glasroc X” [78], e tendo como base a regulamentação espanhola [80], podemos concluir que os materiais de revestimento exterior aplicados neste sistema cumprem as exigências indicadas, uma vez que a classificação do

sistema é **B-S1, d0**. Isoladamente, a placa Glasroc X tem uma reação ao fogo da classe A1.

A reação ao fogo do sistema Placotherm V Glasroc X foi determinada de acordo com a norma EN 13501-1.

Mármore Tecnológico Compac

Segundo a informação dada pela Compac [79], e embora a única classificação disponibilizada seja para aplicação em pavimentos, concluímos que os materiais de revestimento exteriores aplicados neste sistema deverão cumprir as exigências do DB-SI [80], uma vez que a classificação do revestimento (Euroclasse) é **A2_fS1**.

A reação ao fogo do sistema foi certificada segundo as normas EN 13501-1.

4.5.2 Estanquidade À Água

As paredes de fachada devem ser estanques à água da chuva, mas o grau de estanquidade exigido depende de dois fatores: primeiro do revestimento e depois, mas não menos importante da exposição. Os revestimentos dos paramentos exteriores de paredes devem conferir ao tosco da parede o contributo de impermeabilidade necessário para que o conjunto resultante de ambos seja impermeável.

Este deve sempre apresentar pelo menos a impermeabilidade suficiente para impedir o humedecimento exagerado e prolongado do material do tosco da parede, evitando assim a deterioração de ambos (por ações químicas de sais solúveis transportados pela água ou contidos no suporte, por ação física do movimento (movimentos de contração e/ou expansão), por congelação de água, ou outros motivos) e em particular para obstar à acumulação e permanência de água entre ele e o suporte, o que poderá originar o seu descolamento.

Interessa em suma que o revestimento seja o mais impermeável possível à água e o mais permeável possível ao vapor de água. No entanto, acontece que em geral esta situação ideal – baixa permeabilidade à água e elevada

permeabilidade ao vapor de água – não é possível de concretizar, tendo que se ponderar a escolha dos dois parâmetros tendo em atenção os seguintes compromissos fronteira:

- Quanto mais permeável o revestimento for à água, em regra maior deve ser a sua permeabilidade ao vapor de água;

- Quanto menos permeável à água, em regra menos permeável será ao vapor de água;

Segundo o “Documento Básico HS – Salubridad” [81], o grau de impermeabilidade mínimo exigido às fachadas perante a penetração da precipitação varia entre 1 e 5 e é obtido com base em valores tabelados, como se pode ver na tabela apensa à (Figura 46). Estes parâmetros determinam-se através dos seguintes dados:

- A zona pluviométrica, que se obtém através da (Figura 46);

- O grau de exposição ao vento Tabela 22, obtido em função da altura do edifício no terreno, da zona de vento correspondente ao ponto de localização (Figura 47) e à classe do ambiente em que a edificação está inserida (E1 ou E0).

As condições exigidas para cada solução construtiva, expressas pelo correspondente nível de prestação, são depois estabelecidas em função da existência ou não de revestimento exterior na fachada e do grau de impermeabilidade mínimo previamente determinado.

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

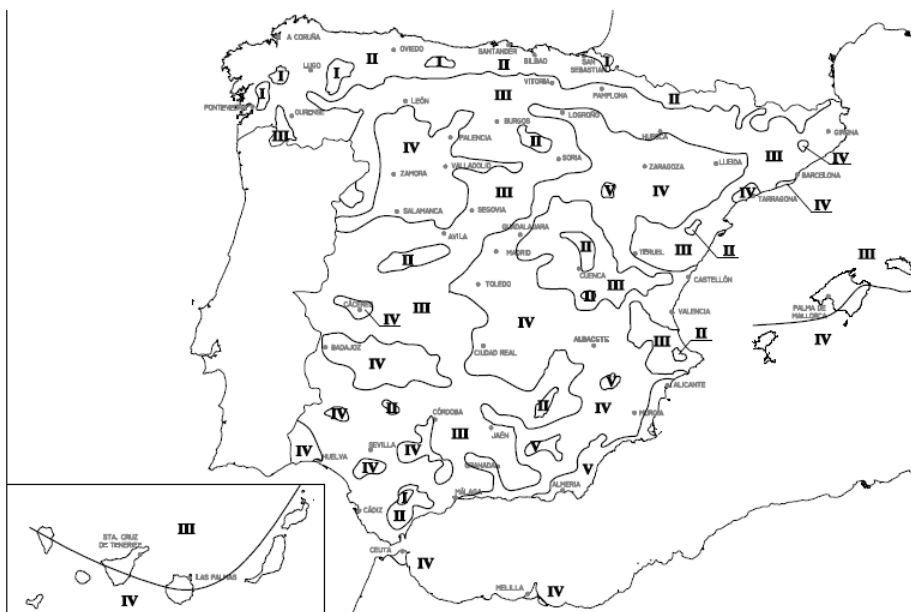


Figura 46 – Zonas pluviométricas de médias baseadas no índice pluviométrico anual [81].

Altura do edifício em m	classe de ambiente de construção					
	E1			E0		
	Zona eólica			Zona eólica		
	A	B	C	A	B	C
< 15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
41 - 100	V2	V2	V2	V1	V1	V1

Tabela 22 – Grau de exposição ao vento [81].



Figura 47 – Zonas eólicas [81].

E0 quando no caso de terrenos Tipo I, II ou III;

E1 nos demais casos.

Terreno Tipo I - corresponde as margens de mar ou lago com área de água na direção do vento de extensão mínima de 5 km;

Terreno Tipo II - corresponde ao terreno rural plano sem obstáculos ou arvores importantes;

Terreno Tipo III - corresponde a área rural acidentada ou plana com alguns obstáculos isolados como arvores ou pequenas construções;

Terreno Tipo IV – Área urbana, industrial ou florestal;

Terreno Tipo V – Centro de negócios de grandes cidades, com profusão de arranha-céus.

Placotherm V – Glasroc X

Para definir o grau de impermeabilidade de uma fachada que tenha o sistema Placotherm V Glasroc X [78], deve ser considerado a equivalência dos elementos do sistema, em relação às condições de fachada indicadas na seção HS1 do DB-

HS [81], A placa de revestimento tem uma absorção total de água inferior a 5% (Classe H1) com a junção dos acabamentos.

Mármore Tecnológico Compac

Segundo os dados fornecido pelo fabricante [79], e com base nos testes feitos ao abrigo da UNE EN14617:1:2013, método de ensaio para pedra aglomerada, determinação da densidade aparente e da absorção de água, a absorção de água deste revestimento é de 0.042%, 0.075% ou 0.091% (dependendo do tipo de placa escolhida) (Classe H1).

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO DE ENSAIO	UNITS	TYPICAL VALUES		
			1	2	3
REAÇÃO AO FOGO (EUROCLASSES)	EUROCLASSES UNE - EN - ISO 9239 - 1:2002 e ISO 1716:2002	EUROCLASSES	A2fl s1	A2fl s1	A2fl s1
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA	UNE EN 14617 - 11:2006 Método de ensaio para pedra aglomerada. Determinação do coeficiente de dilatação térmica	°C - 1	14,8x10e - 6	26,4x10e - 6	15,4x10e - 6
RESISTÊNCIA À FLEXÃO	UNE EN 14617 - 2:2005 Método de ensaio para pedra aglomerada. Determinação da resistência à flexão	MPa	25,5	25,6	19,1
RESISTÊNCIA AO IMPACTO	UNE EN 14617 - 9:2005 Método de ensaio para pedra aglomerada. Determinação da resistência ao impacto	J	5	6	3
ABSORÇÃO DE ÁGUA	UNE EN 14617 - 1:2005 Método de ensaio para pedra aglomerada. Determinação da densidade aparente e da absorção de água	%	0,042	0,072	0,091
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	UNE EN 14617 - 15:2005 Método de ensaio para pedra aglomerada. Determinação da resistência a compressão	MPa	133,9	137,0	127,5
DENSIDADE APARENTE	UNE EN 14617 - 1:2005 Método de ensaio para pedra aglomerada. Determinação da densidade aparente e da absorção em água	g/cm ³	2,49	2,46	2,53
RESISTÊNCIA AOS ARRANHÕES (DUREZA)	UNE EN 1011 Lajes cerâmicas. Determinação da resistência aos arranhões da superfície (dureza) segundo MOHS	MOHS	3 - 4	3 - 4	3 - 4
ENVELHECIMENTO ACELERADO DE MÁRMORE ARTIFICIAL	UNE 48-251-92 Método de ensaio a ciclos alternos de luz ultravioleta e condensação		Não se observam alterações como perda de brilho, fissuras, reembranchamento superficial, etc.		

Os valores apresentados nesta folha técnica têm carácter indicativo, não sendo portanto vinculativos. Para mais informação ponha-se em contacto com o nosso departamento técnico.

1 PERLA CLARO
BLANCO MICRO
MARFIL STONE
AFION
FIJJI
OR
BERING
MICRO THASSOS

2 CARAMELO
NACARADO
BEIGE FARAYA
CREMA ALTEA
CREMA VALENCIA

3 OPALÉ
IVOIRE
CRYPTO
BASALT
MARS
CUIVRE
TRAVERTINE

Figura 48 – Dados técnicos sobre mármore tecnológico Compac.

4.5.3 Resistência Ao Choque

Os revestimentos de paredes devem resistir sem deterioração significativa, conservando as suas características funcionais, às ações de choque inerentes à ocupação e circulação normal do edificado em questão, como por exemplo durante a mobilidade dos utentes e dos utensílios domésticas e as resultantes das operações de limpeza ou manutenção normal.

As ações de choque consideradas de ocorrência normal durante a utilização dependem de dois parâmetros: a localização do paramento (se é no exterior ou interior) ou da acessibilidade aos utentes (zonas dos paramentos ao alcance dos utentes ou em zonas não acessíveis dos paramentos). No caso que pretendemos estudar, as paredes de fachada, a severidade das ações de

choque consideradas normais serão diferentes conforme a ação exercida sobre a mesma, podendo assim considerar ações de fora para dentro (maioritariamente consideramos estas ações), embora possam ocorrer no sentido contrário.

Quantificação das exigências [43, 49, 50, 52 e 51]:

a) Resistência ao choque

a. Paramentos exteriores e interiores de fachadas

- i. As energias mínimas de choque para as quais os revestimentos não podem sofrer deteriorações significativas, em função da acessibilidade dos paramentos e do tipo de choque, constam da Tabela 23.

Tipo de choques		Revestimentos exteriores das fachadas		Revestimentos interiores das fachadas	
		Paramentos acessíveis (*)	Paramentos não-acessíveis (*)	Paramentos acessíveis (*)	Paramentos não-acessíveis (*)
Energia mínima de choque (J)	Choques de grande corpo mole (50 kg)	400	-	400	-
	Choque de pequeno corpo mole (3 kg)	60 (**)	-	30	30
	Choque de grande corpo duro (1 kg)	10	10	-	-
	Choque de pequeno corpo duro (0.25 kg)	-	3	2	2

* - Os paramentos são considerados acessíveis ou não acessíveis conforme, respetivamente, se situam a menos ou a mais de 2 m do nível do piso de circulação.

** - Esta ação de choque deve ser repetida dez vezes [43].

Tabela 23 – Energias mínimas de choque a que os revestimentos dos paramentos das fachadas devem resistir sem se deteriorarem [1].

Placotherm V – Glasroc X

No parâmetro da resistência ao choque o sistema encontra-se na categoria I de impacto pelo exterior, indicando que os painéis podem ser utilizados em zonas propensas a zona de impacto em locais públicos e de acessibilidade pública [78].

Para chegar a esta categoria foi necessário realizar ensaios segundo os métodos indicados no documento de referência europeus. As provetas de ensaio foram usadas com as placas de Glasroc X aplicadas sobre perfis verticais espaçados de 600 mm.

Os impactos de “corpo duro” realiza-se com as variantes de revestimento contínuo mais representativa. Os resultados obtidos estão na Tabela 24.

Tubo de ensaio	Ensaio	Massa (kg)	Energia de Impacto (J)	Número de Impactos	Resultados
Placas de gesso laminado Glasroc X com capa base	Corpo Duro (1)	0.5	1	4	Não deteriora / Não fissura / Diâmetro máximo da pegada 9.4 mm
		0.5	3	4	Não deteriorado / Não fissura / Diâmetro máximo da pegada 11.8 mm
		1.0	10	3	Não deteriorado / Não fissura / Diâmetro máximo da pegada 20,6 mm
	Corpo Macio (2)	3.0	10	4	Não deteriorado / Não fissura / A impressão não está marcada

		3.0	60	4	Não deteriorado / Não fissura / A impressão não está marcada
		50.00	300	1	Não deteriorado / Não fissura / A impressão não está marcada
		50.00	400	1	Não deteriorado / Não fissura / A impressão não está marcada
<p>Esfera de aço com um diâmetro de 50 mm para uma massa de 0,5 kg e um diâmetro de 62,5 para uma massa de 1,0 kg</p> <p>Bola de 100 mm de diâmetro para a massa de 3,0 kg e saco de 400 mm de diâmetro para a massa de 50 kg</p> <p>Os impactos foram feitos apenas na face revestida (parte frontal), mas as observações dos impactos também foram feitas na parte traseira do corpo de prova.</p>					

Tabela 24 – Resultados dos ensaios de resistência ao impacto pelo exterior [78].

A categoria de impacto pelo exterior é feita em quatro grupos, categoria I, II III até IV. A categoria I é o nível mais alto, enquanto a categoria IV é a mais baixa da classificação.

Mármore Tecnológico Compac

No quesito da resistência ao choque, os dados fornecidos pela Compac [79] encaminham-nos para testes feitos com base no método de ensaio para pedra aglomerada e determinação de resistência ao impacto, UNE EN 14617-9:2005. Este valor varia consoante as propriedades implementadas no tipo de revestimento/cor podendo ser 5 J (caso 1 pedra clara), 6 J (caso 2 caramelo) ou 3 J (caso 3 opale).

4.5.4 Resistência Ao Atrito

Os revestimentos de paredes devem resistir, sem deterioração significativa, a ações provenientes de atrito, como por exemplo de riscagem de lápis ou perfurações de outros objetos, durante a ocupação, circulação e uso normal, como acontece em momentos de deslocação de utentes e/ou utensílios domésticos, momentos de limpeza ou de manutenção.

As ações de atrito são consideradas ações de ocorrência normal. Durante a utilização estas dependem essencialmente de dois fatores: localização e acessibilidade aos utentes. Os revestimentos dos paramentos inferiores (até 1,5 m) das paredes de espaços de circulação, são os que mais têm sofrido com as ações de atrito, mas são também os que mais são protegidos contra esse mesmo problema, como se pode ver em várias situações, como corredores, caixas de escadas e/ou átrios, de espaços públicos, principalmente devido à sua utilização intensiva. Em muito destes casos este tipo de espaços tem um tratamento especial, usando em grande parte dos casos materiais diferentes, sendo-lhes aplicado lambrins que tem uma resistência mais elevada. Outro dos locais onde podemos ver um cuidado maior no que toca a resistência ao atrito são os cantos/arestas, minimizando-se os seus efeitos aplicando perfis de cantoneira, ou perfis de reforço, em metal, madeira ou plásticas.

As exigências são expressas através da classe de resistência à riscagem, coincidente com as classes de dureza das minas dos lápis [43].

Placotherm V – Glasroc X

No ponto de vista da resistência ao atrito recorreremos a dados apresentados na ficha técnica das placas de revestimento Glasroc X [82], uma vez que o Documento de Adecuación al Uso 17/105 B [78] não contempla essa especificação. Optou-se então pelo valor obtido para a dureza superficial de acordo com a EN 15282-1.4.9, que apresenta um diâmetro de vestígios menor que 15 mm.

Mármore Tecnológico Compac

No que toca a resistência ao atrito os dados fornecidos pela Compac [79] encaminham-nos para testes feitos com base na Determinação da resistência à riscagem da superfície (dureza) segundo a escala MOHS com base na UNE EN 101 - Lajes cerâmicas. Como acontece na resistência ao choque, diferencia-se consoante a cor do revestimento por causa da constituição do material usado. Embora existam diferentes constituições deste revestimento, com diferentes cores, a resistência aos arranhões (dureza) varia entre 3-4 MOHS (Figura 49).

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO DE ENSAIO	UNITS	TYPICAL VALUES		
			1	2	3
RESISTÊNCIA AOS ARRANHÕES (DUREZA)	UNE EN 101 Lajes cerâmicas. Determinação da resistência aos arranhões da superfície (dureza) segundo MOHS	MOHS	3 - 4	3 - 4	3 - 4

Figura 49 – Dado técnico apresentado na tabela técnica da Compac sobre a resistência aos arranhões (dureza) [79].

4.5.5 Durabilidade

Segundo o laboratório nacional de engenharia civil, a durabilidade de um revestimento é dada pelo período de tempo durante o qual este se mantém sem alterações significativas, em condições normais de uso, de conservação e de performance [1].

Como se pode constatar nos exemplos abaixo, dependendo do tipo de revestimento aplicado, a durabilidade esperada varia:

- Revestimentos com base em ligantes hidráulicos e revestimentos por elementos descontínuos > 50 anos;
- Sistemas de isolamento térmico pelo exterior de fechadas por revestimento delgado sobre isolamento > 30 anos [45];
- Revestimentos delgados de massa plásticas para paramentos exteriores de paredes > 15 anos [53];
- Pinturas > 5 anos [41].

Para que as performances se mantenham durante o período de durabilidade previsto é necessário que os revestimentos resistam satisfatoriamente aos agentes que sobre eles atuam em condições de utilização normais, sejam objeto de conservação periódica e resistam às operações inerentes a esse processo de conservação. A extensão admissível das operações de conservação varia tendo em conta o tipo de revestimento aplicado.

A durabilidade deve, então, ser vinculada às operações de limpeza, renovação e reparação localizada, adequadas para cada tipo de revestimento e ainda, à periodicidade e ao faseamento dessas operações.

Os agentes cujas ações mais frequentes põem em causa a manutenção das performances dos revestimentos são os choques, a água, os agentes atmosféricos, os agentes químicos do ar e os agentes biológicos.

A caracterização da durabilidade irá ser feita com base em todos os pontos falados anteriormente, e da performance que os revestimentos apresentam [1].

Placotherm V – Glasroc X

A durabilidade do sistema é assegurada pela capacidade de resistência do revestimento assim como pelas boas medidas de execução de projeto, pelas variantes construtivas, assim como o acabamento do revestimento juntamente com os isolamentos. É importante dar uma especial atenção à solução de pontos singulares dos detalhes construtivos, uma correta execução e um adequado plano de manutenção. De seguida são apresentados, em vários esquemas representativos, detalhes construtivos recomendados para o sistema de fachada ventilada em questão (Figuras 50 a 64) [78].

Leyenda (para todas las figuras):

1. Muro base.
2. Perfil ménsula.
3. Fijación a soporte.
4. Perfil vertical.
5. Tornillo-Ménsula.
6. Aislante (opcional).
7. Fijación del aislante (opcional).
8. Cámara de aire.
9. Lámina flexible auxiliar para impermeabilización (opcional).
10. Placa Glasroc® X.
11. Tornillo-Placa.
12. Revestimiento continuo.
13. Pieza coronación.
14. Perfil arranque.
15. Perfil junta.
16. Perfil auxiliar.

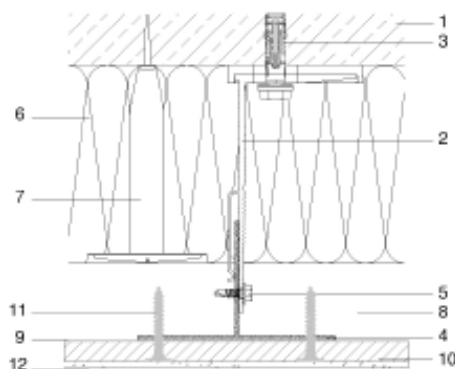


Figura 50 – Detalhe construtivo de corte horizontal do sistema [78].

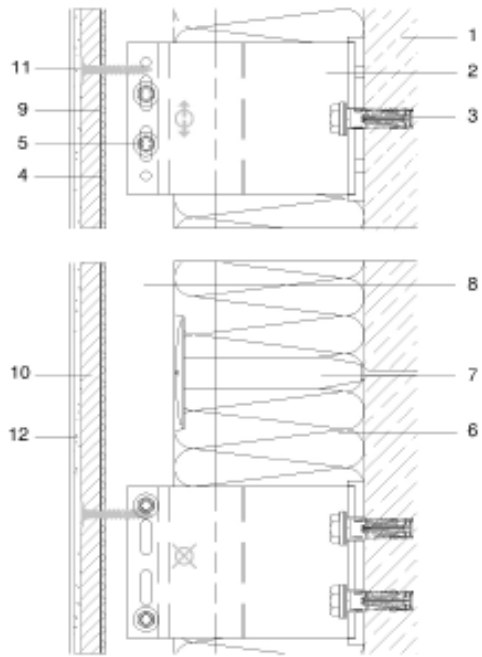


Figura 51 – Detalhes construtivo de corte vertical do sistema [78].

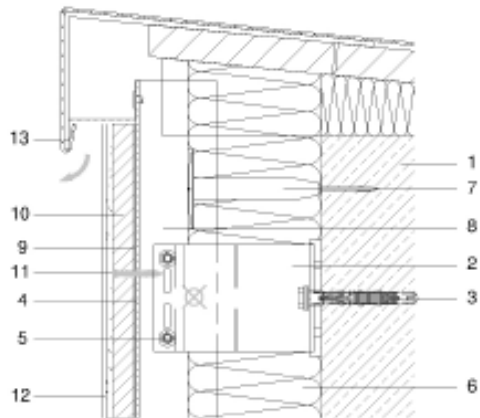


Figura 52 – Detalhe construtivo de corte de cobertura [78].

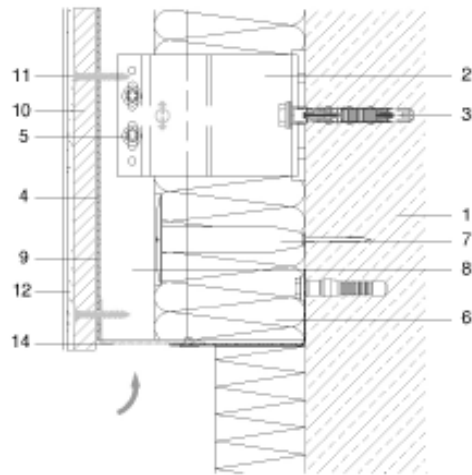


Figura 53 – Detalhe construtivo de corte no arranque do sistema [78].

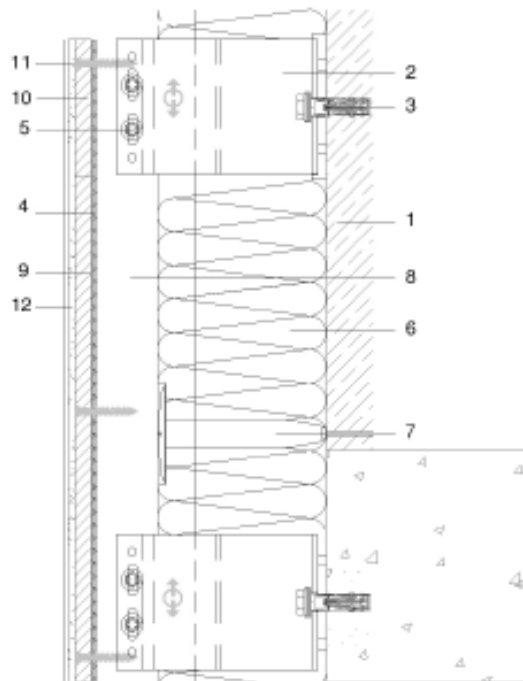


Figura 54 – Detalhe construtivo de encontro com forjado [78].

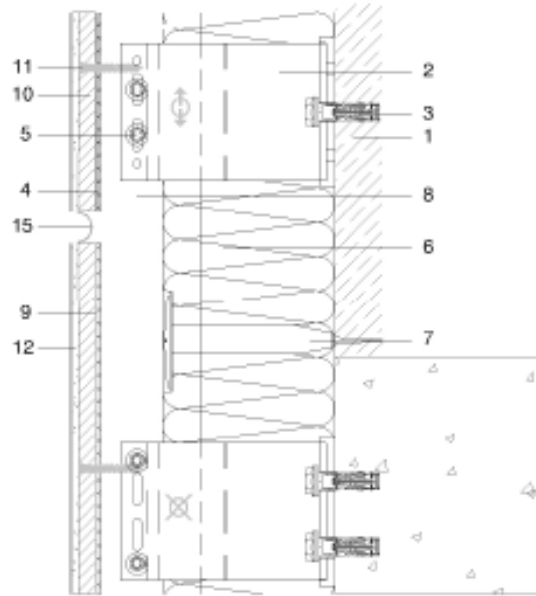


Figura 55 – Detalhe construtivo de junta horizontal do sistema (junta de controle) [78].

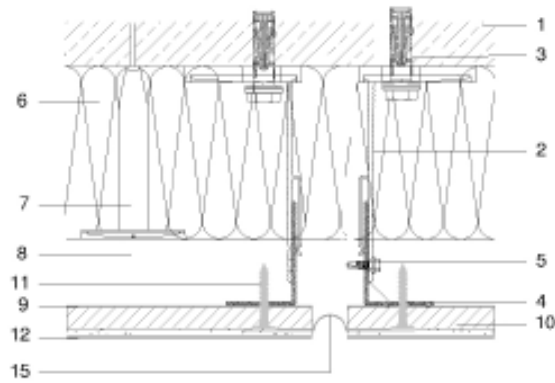


Figura 56 – Detalhe construtivo de junta vertical do sistema (junta de controle) [78].

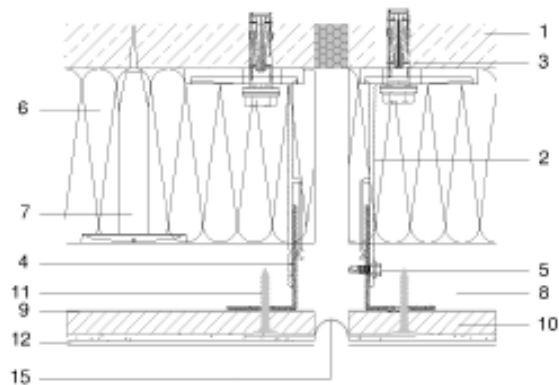


Figura 57 – Detalhe construtivo em corte de junta de dilatação do edifício [78].

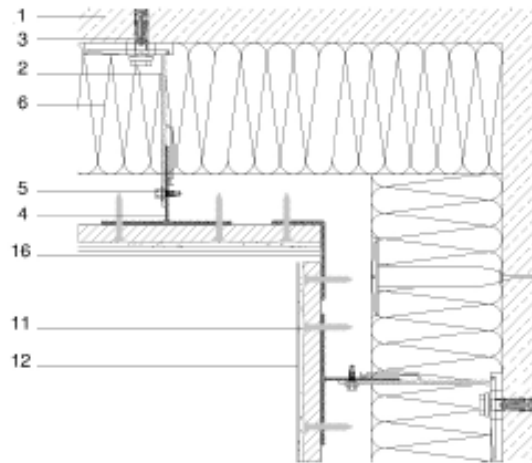


Figura 58 – Detalhe construtivo de esquina entrante [78].

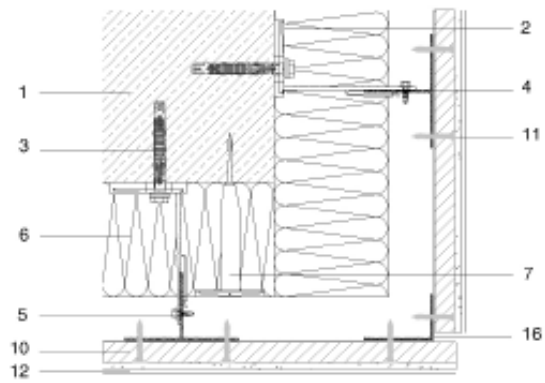


Figura 59 – Detalhe construtivo de esquina saliente [78].

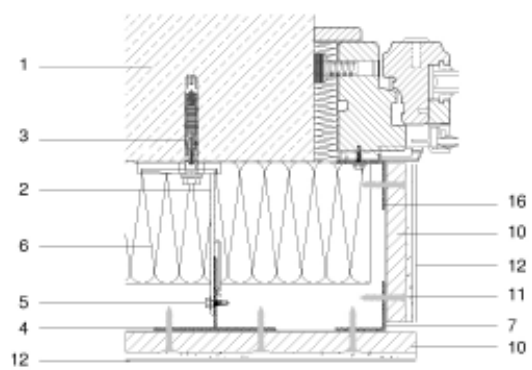


Figura 60 – Detalhe construtivo de ligação entre a fachada e caixilharia corte horizontal [78].

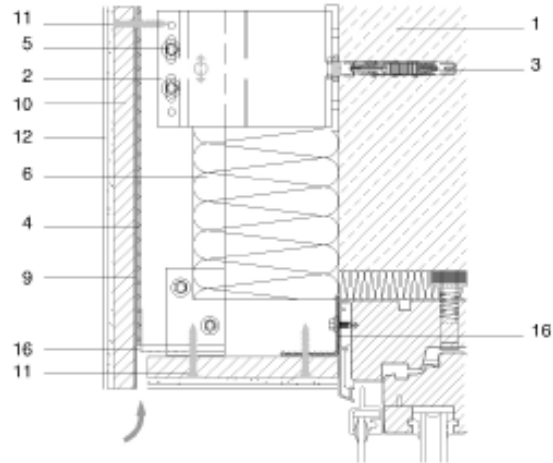


Figura 61 – Detalhe construtivo de lintel com placas Glasroc X – Corte Vertical [78].

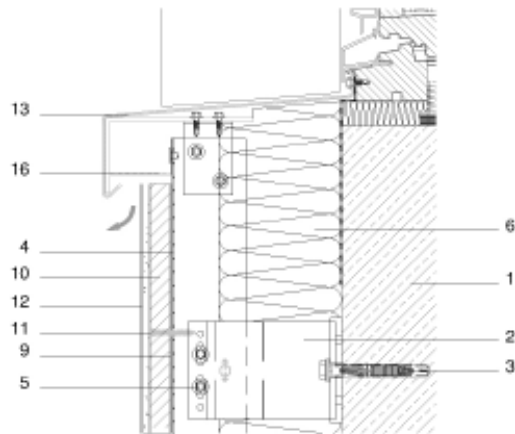


Figura 62 – Detalhe construtivo de peitoril de janela [78].

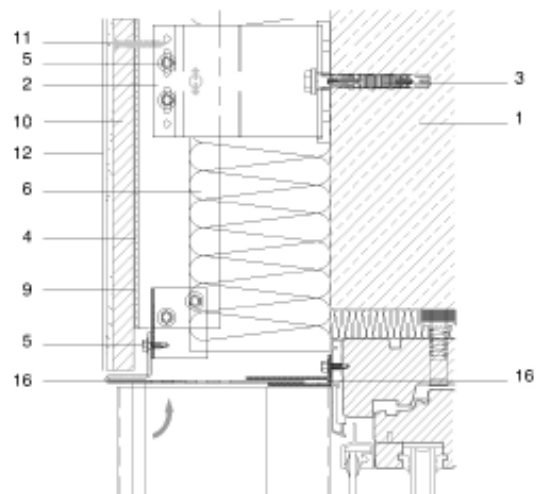


Figura 63 – Detalhe construtivo de lintel com perfil metálico [78].

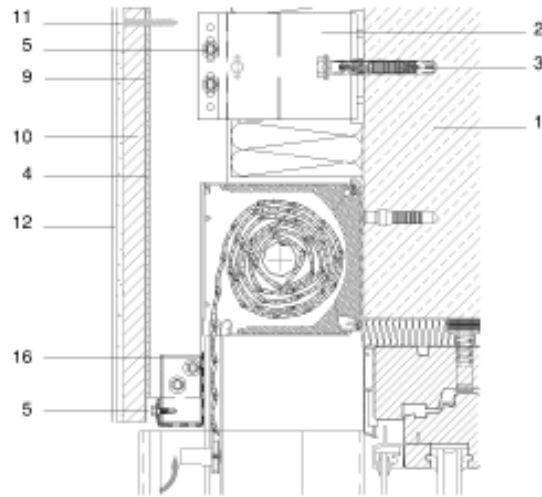


Figura 64 – Detalhe construtivo lintel com caixa de estores [78].

Para além dos cuidados a ter e da importância que tem que ser dada aos detalhes construtivos do sistema para os vários fins, é igualmente importante ter em atenção os critérios de execução do sistema (Figuras 65 e 66).

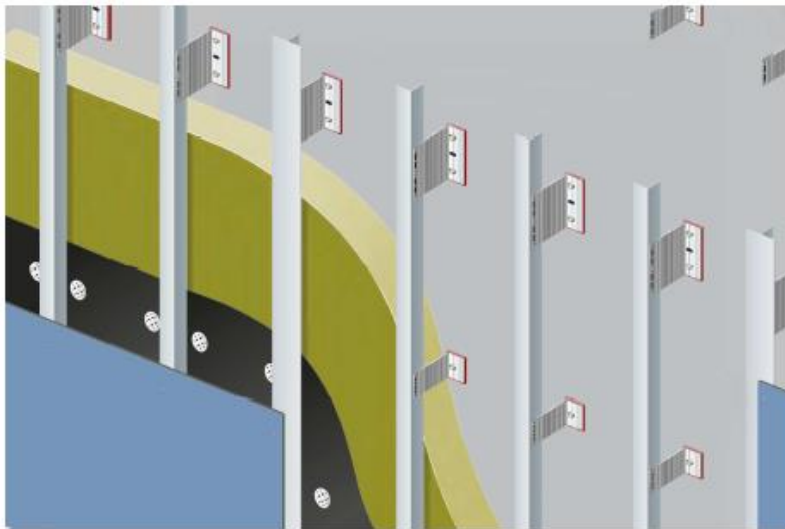


Figura 65 – Vista geral da montagem do sistema [78].

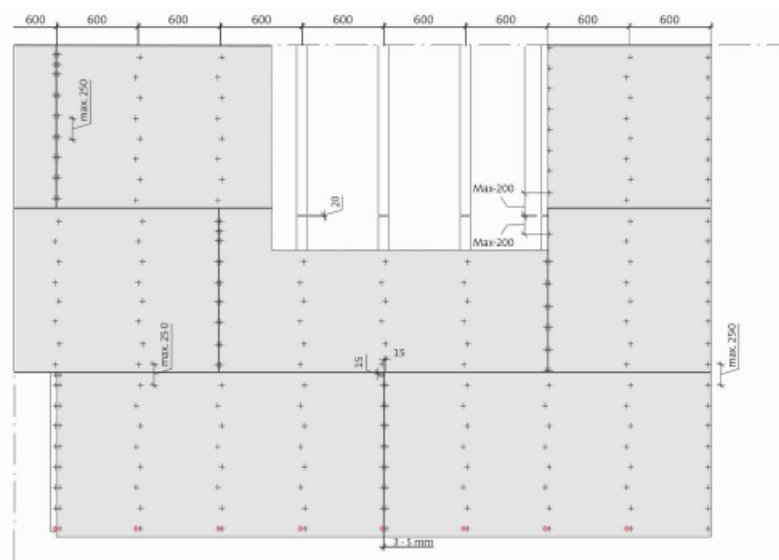


Figura 66 – Detalhes técnicos de montagem das placas Glasroc X no sistema [78].

Não menos importante, o comportamento do sistema frente aos ciclos higrotérmicos e a resistência das placas aos raios UV são pontos essenciais para a durabilidade do revestimento e do sistema. Assim, para determinar o comportamento do sistema aos ciclos higrotérmicos, foi realizado um teste de acordo com os documentos de referência a nível europeu (relatório 17-15708-3017). Uma vez realizados os ciclos, não se observou qualquer deterioração ou descolamento das camadas de revestimento contínuo, das juntas entre placas ou juntas com os furos. Nenhuma deformação foi observada na superfície dos corpos de prova. Além disso, foram realizados testes de absorção de água por capilaridade e aderência. Foi também realizado um teste de resistência à exposição aos raios UV da chapa Glasroc X. O procedimento aplicado consiste nas seguintes condições: número total de horas 1000, com ciclos contínuos de 102 minutos de luz e depois 18 minutos de luz + spray de água. Posteriormente, foram realizados ensaios de absorção de água superficial de acordo com a norma UNE EN 520+A1 e envelhecimento da cor, obtendo-se uma classe de absorção de água H1 (< 180 gr/m²), e constatando-se que entre a amostra submetida ao envelhecimento acelerado e a amostra sem envelhecimento, observa-se uma diferença de cor (ΔE) inferior a 1 unidade CIELAB, considerada uma diferença insignificante.

Uma vez que é um revestimento ainda muito recente no mercado, não é ainda possível ter um feedback baseado na experiência da utilização no terreno a longo prazo das placas de gesso laminado Glasroc X e do respectivo sistema.

Mármore Tecnológico Compac

A durabilidade do sistema é função de vários fatores, entre eles as variantes construtivas e o desenvolvimento do sistema, assim como as soluções construtivas recomendadas pela empresa para os pontos singulares ou críticos (Figuras 67 a 74).

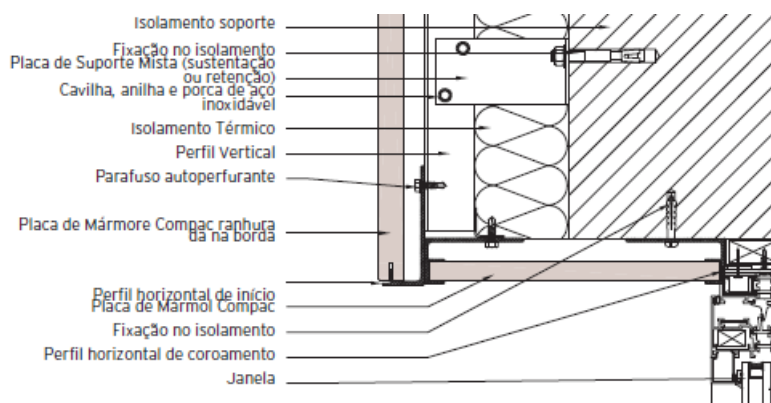


Figura 67 – Detalhe construtivo de remate superior – lintel [79].

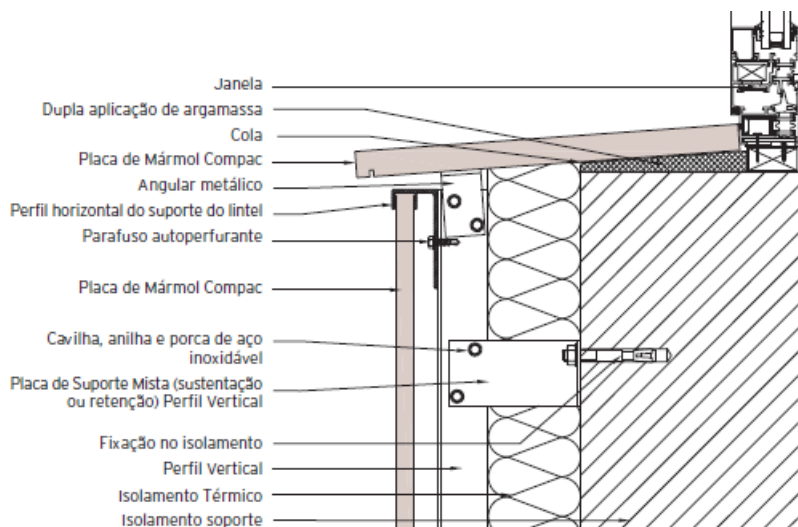


Figura 68 – Detalhe construtivo de remate inferior – Goteira [79].

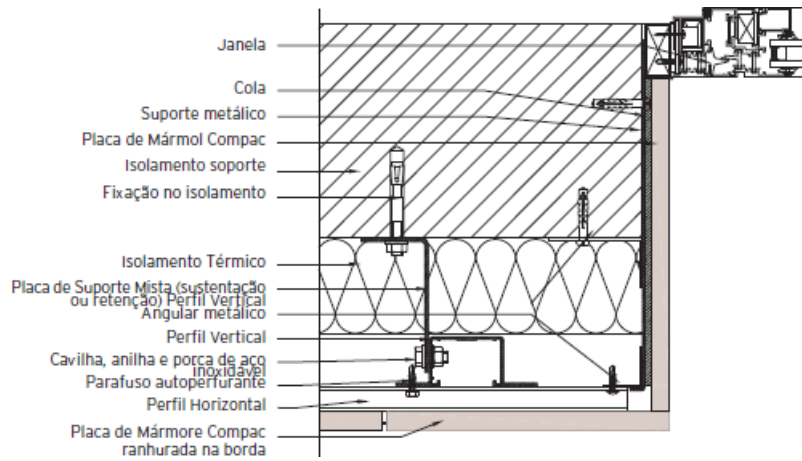


Figura 69 – Detalhe construtivo de remate lateral – Blocos niveladores [79].

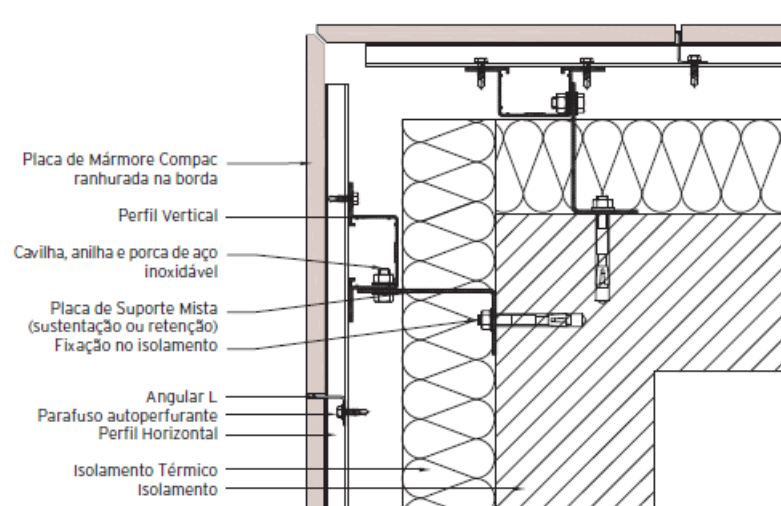


Figura 70 – Detalhe construtivo de pormenor de aresta [79].

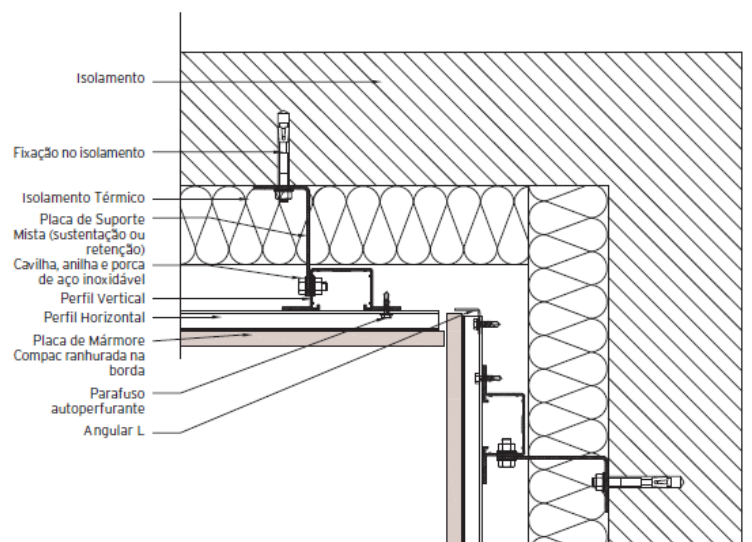


Figura 71 – Detalhe construtivo de pormenor de ângulo [79].

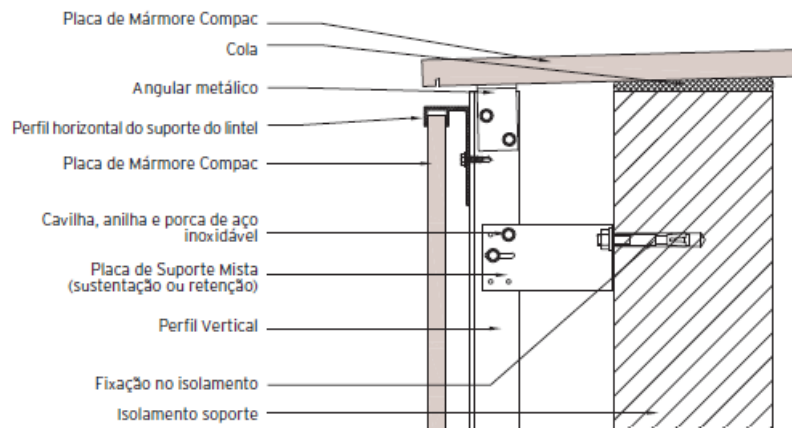


Figura 72 – Detalhe construtivo de remate superior – coroamento [79].

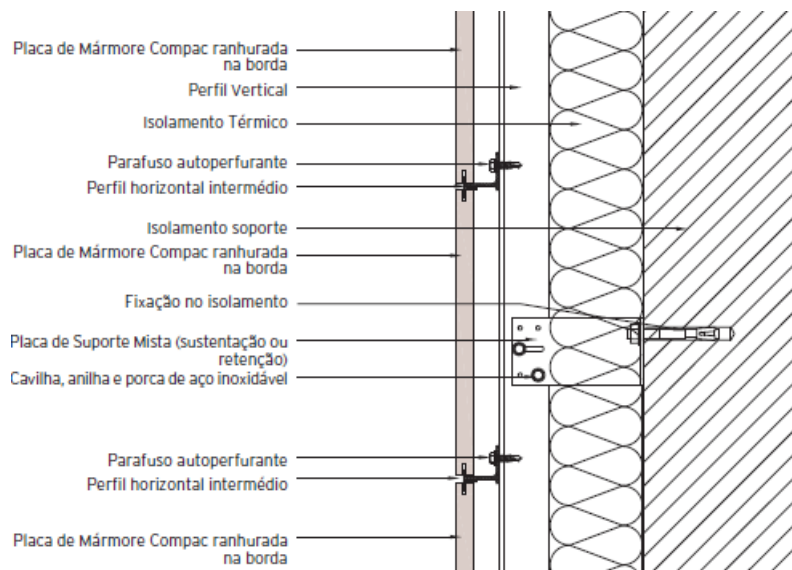


Figura 73 – Detalhe construtivo de remate intermédio [79].

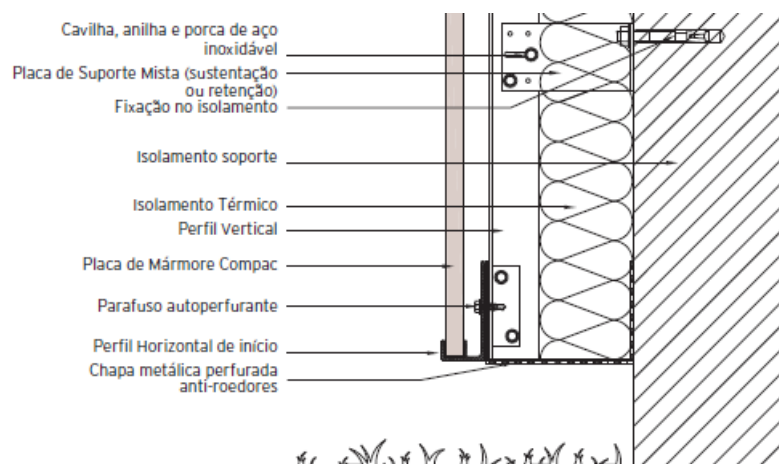


Figura 74 – Detalhe construtivo de remate inferior – Base [79].

Como noutros sistemas, para além dos cuidados a ter e da importância que tem que ser dada aos detalhes construtivos do sistema para os vários fins, é

igualmente importante ter em atenção os critérios de execução do sistema (Figura 75).

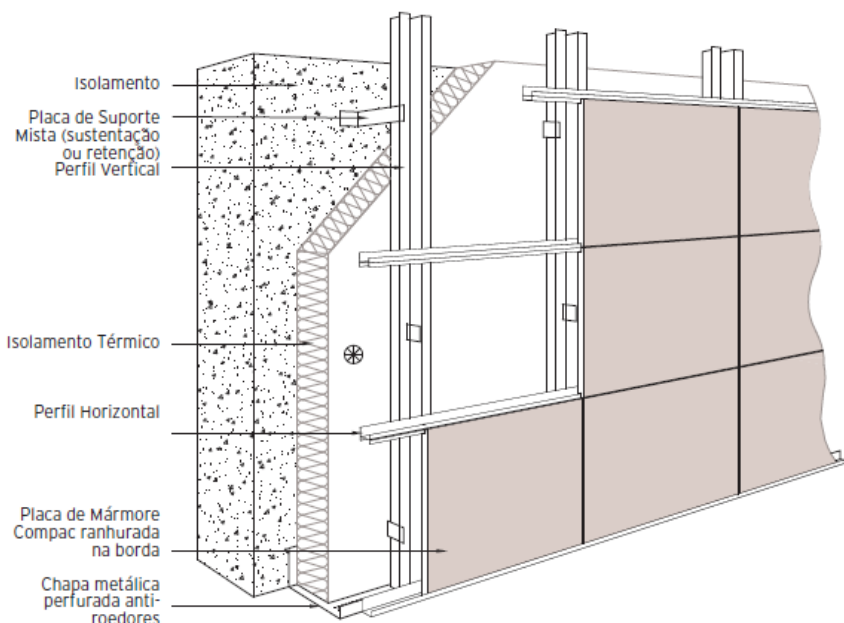


Figura 75 – Exemplo de sistemas de fixação do sistema vetisol – axonométrica [79].

Não menos importante, o comportamento do sistema frente aos ciclos higrotérmicos e a resistência das placas aos raios UV são pontos essenciais para a durabilidade do revestimento e do sistema. O mármore artificial Compac não tem vestígios de envelhecimento acelerado, não se observando alterações como perda de brilho, fissuras ou reembranquecimento superficial, de acordo com os ensaios feitos de acordo com a UNE 48-251-92 - Método de ensaio a ciclos alternos de luz ultravioleta e condensações.

É por fim muito importante um adequado plano de manutenção de forma a aumentar a durabilidade do revestimento, assim como de todo o sistema em geral.

4.5.6 Economia De Instalação E Manutenção

Para fazer uma análise económica de revestimento de um edifício/construção, deve ter-se em conta vários fatores e indicadores.

Como por exemplo á rentabilidade no que toca a montagem do revestimento, através da mão de obra, custo de manutenção, tempo de execução dos

trabalhos, assim como outros fatores. Com base nos pontos falados anteriormente completamos e analisamos de forma mais rápida e simples os indicadores de liquidez de toda a execução, transportes, montagem, trabalhos acessórios, entre outros pontos igualmente importantes, diluídos no investimento inicial.

No que toca a análise económica do investimento inicial deve ter-se em conta os custos de manutenção, montagem assim como alguns custos indiretos com o objetivo de reduzir/aproximar para valores aceitáveis ou próximo do pretendido.

Custo diluído (€/ano) = custo inicial + custo de manutenção / durabilidade

Placotherm V – Glasroc X

Como forma de obter um valor de referência, e uma vez que não temos um projeto associado e quantidades estipuladas para esse projeto, recorreremos a uma fonte credível e facilmente acessível no domínio da orçamentação de obras de construção civil - o Gerador de Preços CYPE <http://www.geradordeprecos.info/>. (Figura 76).

Revestimento exterior de fachada ventilada, de placas de gesso laminado GM-FH1 / EN 15283-2 - 1200 / 2800 / 12,5 / com os bordos longitudinais afinados, Glasroc X 13 "PLACO", colocação com parafusos, através do sistema Placotherm V Glasroc X "PLACO" com DAU n.º 17/105 A, sobre subestrutura suporte de alumínio extrudido de montantes verticais de perfis em T e em L, de 1,8 mm de espessura com uma modulação de 600 mm; impermeabilização com membrana altamente transpirante impermeável à água da chuva, Tyvek Estándar, camada base de argamassa polimérica de altas prestações reforçada com fibras, Placotherm Base, cor branco, composta de cimento branco, cargas minerais, resinas hidrófugas redispersáveis, fibras e aditivos especiais armada com malha de reforço CMALL 160 e camada de acabamento de argamassa acrílica Weberterne Premium M "WEBER", cor a escolher, gama Estándar, acabamento em gota, com um tamanho máximo de partícula de 1,2 mm, à base de silicato de potássio, cargas minerais, pigmentos resistentes aos raios UV e aditivos especiais sobre primário Weberprim Silicato "WEBER". Inclui suportes de sustentação e de retenção para a fixação da subestrutura suporte, parafusos para a fixação das placas, fixações para a ancoragem dos perfis, argamassa Placotherm Base e fita CMALL 160 "PLACO", para o tratamento de juntas, perfil de PVC com malha de fibra de vidro anti-álcalis, Perfil Goteo "PLACO", para remate de padieiras, e fita adesiva de dupla face para a fixação da membrana altamente transpirante. O preço não inclui o isolamento

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt12ple300a	Ud	Suporte de sustentação de alumínio extrudido de liga 6063 e tratamento térmico T66, com isolamento de polipropileno de 5 mm de espessura, para ruptura de ponte térmica, "PLACO", de 65 mm de comprimento.	0,460	4,54	2,09
mt12ple310a	Ud	Suporte de retenção de alumínio extrudido de liga 6063 e tratamento térmico T66, com isolamento de polipropileno de 5 mm de espessura, para ruptura de ponte térmica, "PLACO", de 65 mm de comprimento.	1,390	3,49	4,85
mt12plt100	Ud	Bucha de nylon com parafuso de aço galvanizado com cabeça hexagonal, "PLACO", de 10 mm de diâmetro e 80 mm de comprimento, para fixação de suportes.	2,315	1,47	3,40
mt12lp300	m	Perfil em T de alumínio extrudido de liga 6063 e tratamento térmico T-66, "PLACO", de 1,8 mm de espessura, fornecido em barras de 6 m de comprimento.	0,830	6,28	5,21
mt12lp310	m	Perfil em L de alumínio extrudido de liga 6063 e tratamento térmico T-66, "PLACO", de 1,8 mm de espessura, fornecido em barras de 6 m de comprimento.	0,830	4,96	4,12
mt12plt060	Ud	Parafuso autoperfurante de aço inoxidável "PLACO", com cabeça hexagonal, de 19 mm de comprimento.	4,630	0,78	3,61
mt15mvp010a	m	Membrana altamente transpirante impermeável à água da chuva, Tyvek Estándar "PLACO", de 175 µm de espessura e 60 g/m ² , de 0,01 m de espessura de ar equivalente face à difusão de vapor de água, segundo NP EN 1931, estanquidade à água classe W1 segundo EN 1928, permeabilidade ao ar 2 m ³ /h·m ² a 50 Pa, (Euroclasse E de reacção ao fogo, segundo NP EN 13501-1), fornecida em rolos de 1,50x50 m, segundo NP EN 13859-2.	1,100	2,95	3,25
mt12plk010fe mbc	m ²	Placa de gesso laminado GM-FH1 / EN 15283-2 - 1200 / 2800 / 12,5 / com os bordos longitudinais afinados, Glasroc X 13 "PLACO", formada por um núcleo de gesso revestido nas duas faces com fibra de vidro com tratamento hidrófobo.	1,050	17,61	18,49
mt12plq020b	Ud	Parafuso THTPF 38 "PLACO", com cabeça de trombeta, de 38 mm de comprimento, para instalação de placas de cimento sobre perfis.	20,000	0,06	1,20
mt28mpp010a	kg	Argamassa polimérica de altas prestações reforçada com fibras, Placotherm Base, "PLACO", cor branco, composta de cimento branco, cargas minerais, resinas hidrófugas redispersáveis, fibras e aditivos especiais, para aplicar com palustra, para tratamento de juntas e emassado superficial de placas em sistemas Placotherm, tipo GP CSIII W2, segundo EN 998-1.	4,600	0,62	2,85
mt28fvp010a	m	Fita de juntas de malha de fibra de vidro anti-álcalis, CMALL 160 "PLACO", de 160 g/m ² de massa superficial, de 100 mm de largura e 0,52 mm de espessura, fornecida em rolos de 50 m de comprimento.	25,000	0,21	5,25
mt28fvp020a	m	Malha de reforço de fibra de vidro anti-álcalis, CMALL 160 "PLACO", de 160 g/m ² de massa superficial, de 1,1 m de largura e 0,52 mm de espessura, fornecida em rolos de 50 m de comprimento.	1,100	1,86	2,05
mt28fvp050	m	Perfil de PVC com malha de fibra de vidro anti-álcalis, Perfil Goteo "PLACO", para remate de padieiras, fornecido em barras de 2,5 m de comprimento.	0,170	2,13	0,36
mt28mac030a k	kg	Argamassa acrílica Weberterne Premium M "WEBER", cor a escolher, gama Estándar, acabamento em gota, à base de silicato de potássio, cargas minerais, pigmentos resistentes aos raios UV e aditivos especiais. Segundo NP EN 15824.	3,000	3,81	11,43
mt15pdw100a	m	Fita adesiva de dupla face, com adesivo acrílico, de 50 mm de largura, com resistência aos raios UV, intervalo de temperatura de trabalho de -20 a 100°C, fornecida em rolos de 50 m de comprimento.	1,600	0,45	0,72
mo052	h	Oficial de 1.º montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas.	0,713	20,72	14,77
mo099	h	Ajudante de montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas.	0,713	19,67	14,02
	%	Custos directos complementares	2,000	97,67	1,95
Custo de manutenção decenal: 14,44€ nos primeiros 10 anos.				Total:	99,62

Referência e título da norma	Aplicabilidade(a)	Obrigatoriedade(b)	Sistema(c)
EN 13859-2:2010 Membranas de Impermeabilização flexíveis — Definição e características de barreiras flexíveis colocadas sob paredes — Parte 2: Barreiras flexíveis para paredes	142011	142012	
EN 15283-1:2008+A1:2009 Placas de gesso reforçadas com fibras — Definições, requisitos e métodos de ensaio — Parte 1: Placas de gesso reforçadas com tecido	162010	162011	
EN 998-1:2010 Especificação de argamassas para alvenarias — Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores	162011	162012	4

(a) Data de entrada em aplicação da norma harmonizada e início do período de coexistência

(b) Data final do período de coexistência / entrada em vigor da marcação CE

(c) Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

Figura 76 – Extrato orçamental gerado pelo gerador de preços para a fachada ventilada com o sistema Placotherm V [73].

O valor médio por metro quadrado para o tipo de fachada ventilada com o sistema Placotherm V Glassroc X é de 99.62 €/m². A este valor estão associados no extrato orçamental todos os constituintes do sistema, mão de obra qualificada, meios para realizar o trabalho, assim como ferramentas. É importante referir que não foram tidas em conta deslocações ou outros trabalhos secundários, sendo no entanto considerados os valores de manutenção do sistema.

Mármore Tecnológico Compac

Tal como no caso anterior relativamente ao sistema Placotherm V – Glasroc X, para a obtenção duma estimativa de valor médio por metro quadrado para o sistema Compac, recorreremos, ao Gerador de Preços CYPE <http://www.geradordeprecos.info/>. (Figura 77). O valor estimado é de 136,98 €/m², e também aqui inclui todos os constituintes do sistema, mão de obra qualificada, meios para realizar o trabalho e ferramentas. É importante referir que não foram tidas em conta deslocações ou outros trabalhos secundários, sendo no entanto considerados os valores de manutenção do sistema.

Note-se que o revestimento pode ser adaptado ao projeto em questão, reduzindo os desperdícios de revestimento, adaptando as dimensões do revestimento. O tipo de suporte e fixações a usar pode também ser analisado e adaptado de forma mais correta para a fachada em causa.

Este sistema é cerca de 38% mais caro do que o Placotherm V – Glasroc X. Em boa parte tal justifica-se devido à grande diferença de preço entre as placas – 17,61 €/m² para o caso das Placo Glasroc X, e 61,00 €/m² para o caso das Compac. Já no que toca à manutenção, e embora no caso do sistema Compac esta seja mais cara, o seu peso em relação ao custo total do sistema é idêntico em ambos os casos.

.

m² Revestimento exterior de fachada ventilada, de painéis compostos Marmore Compact

Revestimento exterior de fachada ventilada, de painéis compostos de 600 a 1200 mm de comprimento, 300 a 600 mm de altura e 14 mm de espessura, compostos por resinas e mármore de diferentes cores, acabamento mate, com filme de protecção, unidas por um núcleo central mineral, Euroclasse A2fl S1; colocação em posição vertical através do sistema de ancoragem oculto com peças de suspensão, sobre subestrutura suporte de alumínio extrudido. Inclui peças de neopreno para evitar as pontes térmicas e tira-fundos e ancoragens mecânicas de expansão de aço inoxidável A2, para a fixação da subestrutura suporte.

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt12ple300a	ud	Suporte de sustentação de alumínio extrudido de liga 6063 e tratamento térmico T66 com isolamento de polipropileno de 5 mm de espessura, para ruptura de ponte térmica, de 65 mm de comprimento	0,650	7,27	4,73
mt12ple310a	ud	Suporte de retenção de alumínio extrudido de liga 6063 e tratamento térmico T66, com isolamento de polipropileno de 5 mm de espessura, para ruptura de ponte térmica, de 65 mm	1,390	5,59	7,77
mt12pit100	ud	Bucha de nylon com parafuso de aço galvanizado com cabeça hexagonal, de 10 mm de diâmetro e 80 mm de comprimento, para fixação de suportes	2,315	1,47	3,40
mt12plp300	m	Perfil em T de alumínio extrudido de liga 6063 e tratamento térmico T66, de 1,8 mm de espessura, fornecido em barras de 6 m de comprimento	0,870	10,05	8,74
mt12plp310	m	Perfil em L de alumínio extrudido de liga 6063 e tratamento térmico T66, de 1,8 mm de espessura, fornecido em barras de 6 m de comprimento	0,870	7,94	6,91
mt12pit060	ud	Parafusos autoperfurantes de aço inoxidável, com cabeça hexagonal, de 19 mm de comprimento	4,630	0,78	3,61
mt15mvp010a	m	Membrana altamente transpirante impermeável à água da chuva, de 175µm de espessura e 60 g/m ² , de 0,01 m de espessura de ar equivalente face à difusão de vapor de água, segundo NP EN 1931, estanquidade à água classe W1 segundo EN 1928, permeabilidade ao ar 2 m ³ /h.m ² a 50 Pa, (Euroclasse E de reação ao fogo, segundo NP EN 13501-1), fornecida em rolos de 1,50*50 m segundo NP EN 13859-2	1,100	3,20	3,52
	m ²	Painel Compósito de 600 a 1200 mm de comprimento, 300 a 600 mm de altura com 14 mm de espessura, composto resinas e pedra mármore, como acabamento mate.	1,000	61,00	61,00
mo052	h	Oficial de 1º montador de sistemas de fachadas pré-fabricadas	0,840	20,72	17,40
mo099	h	Ajudante de montador de sistema de fachada pré-fabricadas	0,840	19,67	16,52
	%	Custos directos complementares	3,000	112,58	3,38
Custo de manutenção decenal: 19,71€ nos primeiros 10 anos.				Total:	136,98

Figura 77 – Extrato orçamental gerado pelo gerador de preço para a fachada ventilada complementado com dados fornecido pela empresa Compac.

4.6 Considerações Finais

- Com a evolução dos mercados e das exigências de funcionais, têm surgido diferentes sistemas e diferentes materiais de revestimento; é com base nesta evolução de materiais que escolhemos dois materiais ainda recentes no mercado dos revestimentos de fachadas ventiladas: as placas de gesso laminado do sistema Placotherm V Glasroc X, e as placas do sistema de mármore tecnológico Compac, compostas por um aglomerado de resinas e pedra de mármore;

- O sistema de Placotherm V Glasroc X é um sistema de revestimento exterior formado por um revestimento contínuo aplicado in situ por placas de gesso laminado, revestidas em ambas as faces com uma malha de fibra de vidro, fixadas a uma subestrutura de alumínio que permite a formação de uma câmara de ar ventilada que pode conter no seu interior isolamento térmico e acústico, de forma a melhorar o comportamento térmico e acústico do edificado;

- No que toca à reação ao fogo, este sistema apresenta uma classificação B-S1, d0, e a placa de revestimentos tem a classificação de A1;
- O grau de estanquidade à água do sistema depende muito do tipo da composição da placa, o que acaba por influenciar toda a classificação do sistema; a placa de revestimento acabada tem uma absorção total de água inferior a 5% (Classe H1);
- A classificação obtida na resistência ao choque deste sistema é a categoria I; de salientar que tudo no sistema tem uma influencia muito grande nessa classificação, desde a placa de revestimento, os elementos de suporte do revestimento e até mesmo os elementos de fixação escolhidos para suportar o sistema;
- A durabilidade dos dois sistemas analisados não depende somente do comportamento das placas aos ciclos higrotérmicos e da sua resistência à radiação UV, mas também de outros fatores como a manutenção e outros trabalhos de preservação das condições iniciais dos revestimentos e da estrutura de suporte;
- O sistema de fachada ventilada desenvolvido pela Compac consta dum revestimento em mármore tecnológico (aglomerado de pedra de mármore com resinas), sendo este revestimento não continuo devido a necessidade de juntas entre as placas de revestimento; o revestimento é fixado a uma subestrutura de suporte, geralmente fabricada em alumínio devido à sua capacidade de resistência, leveza, resistência à oxidação e durabilidade em geral, e capacidade de adaptação in situ; esta subestrutura permite a criação de uma camara de ar ventilada que pode conter no seu interior isolamento térmico e acústico ou não;
- No que toca a reação ao fogo estas placas apresentam uma classificação A2fl S1; a classificação do sistema depende do tipo de subestrutura e sistema selecionados, visto que a Compac não utiliza sistemas próprios;
- O grau de estanquidade à água depende muito do tipo de sistema utilizado (juntas, subestrutura, câmara de ar), o que acaba por influenciar toda a classificação do sistema; dependendo do tipo de cor da placa escolhida, a absorção de água deste revestimento é de 0.042%, 0.075% ou 0.091%;

- Embora existam diferentes constituições deste revestimento, com diferentes cores, a resistência à riscagem (dureza) das placas de de aglomerado de mármore Compac varia entre 3-4 MOHSompac.

5. Conclusões

As fachadas ventiladas são um sistema de revestimento de fachada que, pelas vantagens que apresenta, está cada vez mais a ganhar espaço no mercado da construção civil, e muitas empresas têm vindo a explorar diferentes materiais e sistemas aplicáveis a este tipo de fachadas. Estes desenvolvimentos têm procurado novas texturas, cores, formas, materiais e constituição de sistemas de fachada, de forma a cumprir e até melhorar as exigências funcionais exigidas aos novos projetos, quer sejam construção nova ou reabilitações de edifícios já existentes.

No mercado português, os sistemas de fachada ventilada são ainda relativamente pouco populares, havendo apenas alguns fabricantes especializados nas componentes de fixação ou nos elementos de revestimento, mas não comercializando em regra o sistema completo. Seria desejável que as empresas nacionais já ligadas aos materiais de revestimento de fachadas desenvolvessem sistemas completos, à imagem de empresas estrangeiras já presentes no mercado nacional. Das soluções analisadas, uma delas, a Placo, comercializa o sistema completo, enquanto a outra, a Compac, não o faz, embora se tenha associado a fabricantes de subestruturas de fachadas ventiladas.

Bibliografia

- 1 - LUCAS, José A. Carvalho – Exigências funcionais de revestimentos de paredes (LNEC) - 2008.
- 2 - <https://news.cbre.co.uk/2021-a-record-year-for-european-real-estate-investment/> - (10/10/2021)
- 3 - EPRA, & NREV. Real Estate in the real economy. NREV (p.12). Retrived-2012
- 4 - Wood, T. The Commercial Real Estate Tsunami : A Survival Guide for Lenders, Owners, Buyers, and Brokers (Wiley Finance) (p. 2016). John Wiley & Sons. Retrieved from <http://www.amazon.co.uk/The-Commercial-Real-Estate-Tsunami/dp/0470626828> - 2010
- 5 - Cushman & Wakefield. Sustainability Briefing. September 2012. Is sustainability really influenciien investment decisions? (p. 7). Retrieved from http://annualreview.cushwake.com/download/03_sustainability_briefing_2012.pdf - 2012
- 6 - Cushman & Wakefield. Global Trend In Real Estate Outsourcing – Corporate Occupier & Investor Services Publication – 2012 -2013 (p.16). Retrieved from http://annualreview.cushwake.com/downloads/03_global_trends_RE.pdf - 2013
- 7 - McKinsey Global Institute. Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs (p. 224). Retrieved from http://www.mckinsey.com/insights/energy_resources_materials/resource_revolution - 2011
- 8 - <https://www.vivadecora.com.br/pro/fachada-ventilada/> (12/10/2021)
- 9 - FREITAS, Vasco Peixoto., Abrantes, Vitor. International Symposium on Moisture Problems in Building Walls. Proceeding, Porto - 11 a 13/9/95.
- 10 - <https://www.argsmartconstruction.com/artigos/8-fatos-sobre-fachadas-ventiladas> - (15/10/2021)

11 - FREITAS, Vasco Peixoto. Seleção exigencial de painéis prefabricados em betão da Pégaia para aplicação em fachadas. Relatório HT 171/01, Porto - 2002.

12 – LUCAS, José A. Carvalho. Classificação geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou betão LNEC, Lisboa – 1990.

13 - FREITAS, Vasxo Peixoto. Isolamento térmico de fachadas pelo exterior. 21/10/05 from <http://paginas.fe.up.pt/~vpfreitas/ETICS.pdf>. - (17/03/2022)

14 - SOUSA, Fernando Manuel Fernandes. Fachadas Ventiladas em Edifícios Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento, Porto – 2010

15 - CAMPOSINHOS, Rui de Sousa. Fachadas pressurizáveis. Congresso Construção 2007 – 3º Congresso Nacional, 17 a 19/12/2007, Universidade de Coimbra, Porto: ISEP, Coimbra – 2007

16 - <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-24042003-170338/publico/Revisada.PDF> - (09/06/2022)

17 - SILVA, B.; COUTINHO, J.; NEVES, S.. Betão leve estrutural usado agregados leves de argila expandida. Encontro nacional de betão estrutural 2004, Porto – 2004

18 - <https://www.placo.pt/sites/gypsum.eeap.placo.es/files/content/files/190729-placo-catalogo-fachadas-pt-web.pdf> - (05/05/2021)

19 - UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – Paris – Directivas UEAtc para a homologação de sistemas de isolamento térmico exterior de fachadas por revestimentos delgados sobre isolante. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 1980. Tradução nº 739.

20 - RIBAS, D.A.; CURADO, A.; CACHIM, P.B. Comparison of a set of façade walls regarding economical sustainability, Viana do Castelo, Porto, Aveiro – 2019

21 - DELGADO, J.M et al. Indoor hygrothermal conditions and quality of life in social housing: A comparison between two neighbourhoods. Journal Sustainable cities and Society, Volume 38, pp. 80-90, 2018

- 22 - MANSO, A.C ; FONSECA, M.S & ESPADA, J.C; Informação sobre Custos. Fichas de rendimentos, Lisboa: Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC) – 2013
- 23 - RIBAS, D.A. Metodologias de Avaliação da Sustentabilidade Económica de Edifícios com Base no Ciclo de Vida, Universidade de Aveiro, Aveiro – 2015
- 24 - RIBAS, D.A; MORAIS, M.M & CACHIM, P.B, Definition of benchmarks for the assessment of the economic performance of building. Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, 29 June – 1 July. CRC Press 2016, Taylor & Francis Group, p. 623-630 – 2016
- 25 - FREITAS, Vasco Peixoto. Isolamento térmico de fachadas pelo exterior. Sistema HOTSKI8. Relatório HT 191A/02, MAXIT – Tecnologias de Construção e Renovação, Lda. Porto - 2002.
- 26 - Rodrigues, Adelino de A. Fachadas com Revestimentos Exteriores Descontínuos e Independentes. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2003.
- 27 - Cunha, Márcio M. F. Desenvolvimento de um Sistema Construtivo de Fachadas Ventiladas. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.
- 28 - NBS –Section H92 – Rainscreen Cladding. Norma. 2006
- 29 - <https://www.placo.pt/sites/gypsum.eeap.placo.es/files/content/files/190729-placo-catalogo-fachadas-pt-web.pdf> - (05/05/2021)
- 30 - <https://blofer.pt/pt/inicio/1235-placa-esferovite-para-capoto-10mm-100x50.html> - (02/09/2021)
- 31 - <https://pt.topeca.pt/catalogo/isolamentos-termicos-e-acusticos/placa-xps/placa-xps-parede.html> - (02/09/2021)
- 32 - https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Construcao/Isolamento/Isolamento-termo-acustico/WPR_REF_14607656 - (02/09/2021)
- 33 - <https://casaconstrucao.org/materiais/la-de-vidro/> - (02/09/2021)
- 34 - <https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-vidro-de-espuma-vidro-celular-definicao/> - (02/09/2021)
- 35 - <https://www.espumasivone.com.br/isolamento-termico-poliuretano.php>
[02/09/2021](#) - (02/09/2021)

36 - <https://www.grespania.com/placas-cer%C3%A2micas-para-fachadas-ventiladas/ref640011pt#prettyPhotograpa/0/> - (02/09/2021)

37 – Sousa, Fernando C., Teixeira, Bernardo. Durabilidade na Construção. Seminário de Construção 2, FEUP, 2003.

38 - GOMES, Ruy José – Necessidades humanas e exigências funcionais da habitação Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 1978. Memória nº501.

39 - LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (LNEC) – Lisboa – Edifícios Recomendações para a elaboração de Especificações de Comportamento. Especificações LNEC E 326 – 1979.

40 - LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (LNEC) – Lisboa – Exigências funcionais para edifícios de habitação. Capítulo I: Princípios e conceitos gerais. Seminário LNEC n 224, junho de 1978.

41 - D'HAVÉ, Raymond ; SPEHL, Pierre – Le guide des performances du bâtiment. Compte-rendus du 3. Eme colloque ASTM/CIB/RILEM, volume 2, 1982.

42 – ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION (ISO) – Genève – Normes de performances dans le bâtiment. Principes d'établissement et facteurs à considérer. Avant – projet ISO/DP 6241, document 149F, Novembre 1981.

43 – SYNDICAT D'ÉTUDES INTERINDUSTRIES – CONSTRUCTION (IC – IB) ; CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION (CSTC) ; BUREAU DE CONSTROLE POUR LA SÉCURITÉ DE LA CONSTRUCTION (SECO) – Bruxelles – Recherches sur les performances du bâtiment (1.er Juin 1975 – 31 Mai 1977). Compte – rendu d'études et de recherche nº23, 1979.

44 – SYNDICAT D'ÉTUDES INTERINDUSTRIES – CONSTRUCTUIN (IC – IB) ; CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION (CSTC) ; BUREAU DE CONTRÔLE POUR LA SÉCURITÉ DE LA CONSTRUCTION (SECO) – Bruxelles – Guide des performances du bâtiment, Janvier 1–80.

- 45 - UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – Paris – Directivas UEAtc para a homologação de sistemas de isolamento térmico exterior de fachadas por revestimentos delgados sobre isolante. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 1980. Tradução nº –39.
- 46 - Cunha, Márcio M. F. Desenvolvimento de um Sistema Construtivo de Fachadas Ventiladas. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2–07.
- 47 - FEITAS, Vasco Peixoto. *Isolamento térmico de fachadas pelo exterior. Sistema HOTSki8*. Relatório HT 191A/02, MAXIT – Tecnologias de Construção e Renovação, Lda– Porto - 2002.
- 48 – BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI) – Code of practice for internal plastering. London BS5492 :1977.
- 49 – UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – Paris – Directivas Comuns UEAtc para homologação de fachadas leves. Lisboa, Laboratório Nacional da Engenharia Civil (LNEC), 1974. Tradução nº 587.
- 50 – UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – Paris – Directivas Comuns UEAtc para a homologação de divisórias leves. Lisboa Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 1972. Tradução nº 730.
- 51 – UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – Paris – Directivas UEAtc pour l'agrément des éléments de remplissage. Paris, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTV), Cahiers du CSTB, Cahier nº 1762, (227), Mars 1982.
- 52 – UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – Paris – Directivas UEAtc relativas a choques em elementos de construção verticais opacos. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). 1982. Tradução nº 769.
- 53 – UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) – Paris – Directivas Comuns UEAtc138 homologação de revestimentos delgados de massas

- plásticas para paredes. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) 1978. Tradução nº 701.
- 54 – COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER DES AVIS TECHNIQUES SUR DES PROCÉDÉS, MATÉRIAUX OU ÉQUIPEMENTS UTILÉS DANS LA CONSTRUCTION – Paris – Guide technique spécialisé pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique – enduits extérieurs d'imperméabilisation de mur à base de liants hydrauliques. Avril 1980.
- 55 – RECKNAGEL; SPRENGER – Manual de calefaccion y climatization. 1ª ed, Madrid e Barcelona, Editorial Blume, 1974.
- 56 – DIREÇÃO-GERAL DA QUALIDADE (DGQ) – Lisboa – Tintas e vernizes. Determinação da resistência a atmosferas húmidas contendo dióxido de enxofre. Norma Portuguesa NP 2019, 1983.
- 57 – FEDERAL SUPPLY SERVICE – U.S.A – Mildew resistance. Federal test method standard nº 141a – methode 6271.1. U.S. Governement Printing Office, September 1965.
- 58 – PORTUGAL / MINISTÉRIO DO EQUIPAMENTO MÊSIAL (MES) – Lisboa – Recomendações técnicas para habitação social. Novembro de 1974.
- 59 – Bikas D., Tsikaloudaki K., Kontoleon K.J., Giarma C., Tsoka S., Tsigirioti D., Ventilated Facades: Requirements and Specifications Across Europe.
- 60 – Dutra M. R., Caracterização de revestimentos em Fachadas Ventiladas Análise do Com-ortamento - Lisboa, Março 2010
- 61 – Melo Vaz Pinto Mendes F., Durabilidade das Fachadas Ventiladas – Aplicação da norma ISSO 15686-1 – Porto, fevereiro 2009
- 62 – Araújo Ferreira Santos Novais A., Avaliação do ciclo de vida de soluções de reabilitação – Caso de estudo – Porto, Junho 2017
- 63 – CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment), Directives communes pour l'agrément dès façades Légères— 1968
- 64 - <https://construir.saint-gobain.pt/assets/view/media/21701> - (03/01/2022)
- 65 – Melo Vaz Pinto Mendes F., Durabilidade das fachadas ventiladas aplicação das normas ISO 15686-1 – Porto, Fevereiro 2009

- 66 - https://www.dspfixsolucoes.com/fixacao_1.html - (05/02/2022)
- 67 - Construlink. Dossier Técnico e Económico – Fachadas Ventiladas . Ficha Técnica, 2006.
- 68 - <https://www.perfilnorte.com/produtos-perfilnorte/norpac/norpac-detail> - (10/02/2022)
- 69 - http://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Fachadas/Ventiladas/Pano_exterior_de_pedra_natural/FAP020_Pano_exterior_de_pedra_natural_LEV.html - (10/02/2022)
- 70 - <https://www.archiexpo.com/pt/prod/faveton/product-58847-1856030.html> - (11/02/2022)
- 71 - http://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Fachadas_divisoas_e_proteccoes/Fachadas_ventiladas/FAG_Sistemas_de_placas_de_gres_por/FAG005_Sistema_de_placa_de_gres_porcelanic.html - (11/02/2022)
- 72 - http://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Fachadas_divisoas_e_proteccoes/Fachadas_ventiladas/FAA_Sistemas_de_placas_laminadas_c/FAA020_Sistema_FUNDERMAX_de_placas_lamin.html - (12/02/2022)
- 73 - http://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Fachadas_divisoas_e_proteccoes/Fachadas_ventiladas/FAY_Sistemas_de_placas_de_gesso_la/FAY020_Sistema_Placotherm_V_EGRG_PLACO_d.html - (13/02/2022)
- 74 - https://pt.compac.es/wp-content/uploads/2015/04/000117FACADE_CAT_PT.pdf - (20/02/2022)
- 75 - <file:///C:/Users/Utilizador/Downloads/how-buildings-work-the-natural-order-of-architecture-third-edition-pdf.pdf> - (21/02/2022)
- 76 - https://www.apsei.org.pt/media/eventos/OD16-Passiva/2_LNEC.pdf - (25/02/2022)

77 -

<http://www.prociv.pt/bk/SEGCINCENDEDEF/ATIVIDADESCIEANPC/Documents/134991810.pdf> - (26/02/2022)

78 – Saint-Gobain Placo Ibérica SA, 17/105B Documento de adecuación al uso Sistema Placotherm V Glasroc X, 2020.

79 – Compac the surfaces company, Mármole tecnológico fachada ventiladas, Valencia, 2020

80 – Ministerio de Fomento, Documento Básico SI - Seguridad en caso de incendio, 2019

81 – Ministerio de Fomento, Documento Básico HS - Salubridad, 2019

82 - <https://construir.saint-gobain.pt/Documentos/ficha-tecnica/ficha-tecnica-glasroc-x.pdf-0> - (04/04/2022)

Lista de Normas

N1- NP EN 13830 :2009, Fachadas-cortina – Norma de producto. IPQ - Março 2009

Código Técnico de la Edificación de 17 de marzo de 2006. Documentos Básicos del CTE: DB SE, DB SI, DB HS, DB SUA, DB HR y DB HE.

DA DB HE/1. Documento de apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

DA DB HE/2. Documento de apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos.

SI2, DB SI, CTE. Apartado del Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio referente a la propagación exterior.

HS1, DB HS, CTE. Apartado del Documento Básico de Salubridad referente a protección frente la humedad.

Decisión 2000/532/CE, de 3 de mayo, que sustituye a la Decisión 94/3/CE y a la Decisión 94/904/CE en la que se establecen una lista de residuos de conformidad y residuos peligrosos respectivamente.

EAD 330232-00-0601 (ETAG 001). Anclajes metálicos para hormigón.

EAD 090119-00-0404. Kits para revestimientos exteriores de fachada de paneles minerales con revestimiento aplicado in-situ.

EAD 330284-00-0604 (ETAG 020). Anclajes de plástico para fijación múltiple en elementos de hormigón y obra de fábrica para aplicaciones no estructurales.

EAD 330076-00-0604 (ETAG 029). Anclajes metálicos por inyección para fábrica de albañilería.

RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

RD 842/2013, de 31 de octubre, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.

UNE EN 1015-6. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 6: Determinación de la densidad aparente del mortero fresco.

UNE EN 1015-10. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 10: Determinación de la densidad aparente en seco del mortero endurecido.

UNE EN 1015-11. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido.

UNE EN 1015-12. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 12: Determinación de la resistencia a la adhesión de los morteros de revoco y enlucido endurecidos aplicados sobre soportes.

UNE EN 1015-18. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 18: Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad del mortero endurecido.

UNE EN 12087. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la absorción de agua a largo plazo por inmersión.

UNE EN 12311-1. Láminas flexibles para impermeabilización. Parte 1: Láminas bituminosas para la impermeabilización de cubiertas. Determinación de las propiedades de tracción.

UNE EN 12467. Placas planas de cemento reforzado con fibras. Especificaciones del producto y métodos de ensayo.

UNE EN 13051. Fachadas ligeras. Estanqueidad al agua. Ensayo "in-situ".

UNE EN 13162+A1. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral.

UNE EN 13501-1+A1. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

UNE EN 13823+A1. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Productos de construcción excluyendo revestimientos de suelos expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo.

UNE EN 13830. Fachadas ligeras. Norma de producto.

UNE EN 13859-2. Láminas flexibles para impermeabilización. Definiciones y características de las láminas auxiliares. Parte 2: Láminas auxiliares para muros.

UNE EN 14581. Método de ensayo para piedra natural. Determinación del coeficiente lineal de dilatación térmica.

UNE EN 15283-1+A1. Placas de yeso laminado reforzadas con fibras. Definiciones, requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Placas de yeso laminado reforzadas con tejido de fibra.

UNE EN 15824. Especificaciones para revocos exteriores y enlucidos interiores basados en ligantes orgánicos.

UNE EN 1602. Productos aislantes térmicos para la edificación. Determinación de la densidad aparente.

UNE EN 1604. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad.

UNE EN 1609. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la absorción de agua a corto plazo. Ensayo por inmersión parcial.

UNE EN 1848-2. Láminas flexibles para impermeabilización. Determinación de la longitud, de la anchura, de la rectitud y de la planeidad. Parte 2: Láminas plásticas y de caucho para la impermeabilización de cubiertas.

UNE EN 1849-2. Láminas flexibles para impermeabilización. Determinación del espesor y de la masa por unidad de superficie. Parte 2: Láminas plásticas y de caucho.

UNE EN 1928. Láminas flexibles para impermeabilización. Láminas bituminosas, plásticas y de caucho para la impermeabilización de cubiertas. Determinación de la estanqueidad al agua.

UNE EN 1999-1-1. Eurocódigo 9: Diseño de estructuras de aluminio. Parte 1-1: Reglas generales.

UNE EN 20811. Textiles. Determinación de la resistencia a la penetración de agua. Ensayo bajo presión hidrostática.

UNE EN 29053. Acústica. Materiales para aplicaciones acústicas. Determinación de la resistencia al flujo de aire.

UNE EN 755-2. Aluminio y aleaciones de aluminio. Varillas, barras, tubos y perfiles extruidos. Parte 2: Características mecánicas.

UNE EN 823. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del espesor.

UNE EN 998-1. Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido.

UNE EN ISO 10140-1. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos.

UNE EN ISO 10140-2. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo.

UNE EN ISO 10140-5. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 5: Requisitos para instalaciones y equipos de ensayo.

UNE EN ISO 12572. Prestaciones higrotérmicas de los productos y materiales para edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua.

UNE EN ISO 11925-2. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única.

UNE EN ISO 1478. Rosca de tornillos autorroscantes.

UNE EN ISO 15480. Tornillos autotaladrantes con cabeza hexagonal de arandela, con rosca autorroscante.

UNE EN ISO 15482. Tornillos autotaladrantes con cabeza avellanada de huevo cruciforme, con rosca autorroscante.

UNE EN ISO 1716. Ensayos de reacción al fuego para productos de construcción. Determinación del calor de combustión.

UNE EN ISO 3506-1. Características mecánicas de los elementos de fijación de acero inoxidable resistente a la corrosión. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones.

UNE EN ISO 4759-1. Tolerancias para elementos de fijación. Parte 1: Pernos, tornillos, espárragos y tuercas. Productos de clase A, B y C.

UNE EN ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.

ETA 13/0392. Glass fibre meshes for reinforcement of cement-based renderings.

DIN 18516-1. Cladding for external walls, ventilated at rear. Part 1: Requirements, principles of testing.

UNE EN 520+A1. Placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

UNE EN ISO 717-1. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

Anexo 1

Estudo comparativo de revestimento em gesso laminado ou mármore em fachadas ventiladas

Inquérito realizado no âmbito da Tese de Mestrado em Engenharia Civil e do Ambiente - Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

*Obrigatório

1. Indique, por favor, a área em que se insere: *

Marcar apenas uma oval.

- Arquitetura
 Engenharia
 Comercial
 Cliente Final
 Operário da Construção Civil
 Outra: _____

2. Dos seguintes parâmetros qual o que mais valoriza numa fachada ventilada *

Marcar apenas uma oval.

- Segurança contra risco de incêndio
 Estanquidade a água
 Resistência ao choque
 Resistência ao atrito
 Durabilidade
 Economia de instalação e manutenção

3. No parâmetro "Segurança Contra Risco de Incêndio" que classificação dá aos seguintes materiais: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 - Nada Satisfatória	2 - Pouco Satisfatória	3 - Satisfatório	4 - Bom	5 - Muito Bom
Placas de gesso laminado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Placas de mármore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. No parâmetro "Estanquidade a Água" que classificação dá aos seguintes materiais: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 - Nada Satisfatória	2 - Pouco Satisfatória	3 - Satisfatório	4 - Bom	5 - Muito Bom
Placas de gesso laminado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Placas de mármore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. No parâmetro "Resistência ao Choque" que classificação dá aos seguintes materiais: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 - Nada Satisfatória	2 - Pouco Satisfatória	3 - Satisfatório	4 - Bom	5 - Muito Bom
Placas de gesso laminado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Placas de mármore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. No parâmetro "Resistência ao Atrito" que classificação dá aos seguintes materiais: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 - Nada Satisfatória	2 - Pouco Satisfatória	3 - Satisfatório	4 - Bom	5 - Muito Bom
Placas de gesso laminado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Placas de mármore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. No parâmetro "Durabilidade" que classificação dá aos seguintes materiais: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 - Nada Satisfatória	2 - Pouco Satisfatória	3 - Satisfatório	4 - Bom	5 - Muito Bom
Placas de gesso laminado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Placas de mármore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. No parâmetro "Economia" que classificação dá aos seguintes materiais: *

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 - Nada Satisfatória	2 - Pouco Satisfatória	3 - Satisfatório	4 - Bom	5 - Muito Bom
Placas de gesso laminado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Placas de mármore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Caso pretenda, indique outros pontos fortes e/ou fracos que, em sua opinião, apresenta o revestimento em placas de mármore em fachadas ventiladas.

10. Caso pretenda, indique outros pontos fortes e/ou fracos que, em sua opinião, apresenta o revestimento em placas de gesso laminado em fachadas ventiladas.
