

# **DURABILIDADE DAS FACHADAS VENTILADAS**

Aplicação da Norma ISO 15686-1

**FRANCISCO MELO VAZ PINTO MENDES**

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

FEVEREIRO DE 2009

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

## **RESUMO**

O reconhecimento da importância das fachadas para o comportamento dos edifícios tem conduzido a uma crescente atenção à temática da durabilidade, assistindo-se cada vez mais à necessidade da sua integração na fase da elaboração do projecto, tal como se inclui o comportamento estrutural, térmico ou acústico.

O recurso a metodologias de previsão da vida útil dos produtos da construção no sentido de avaliar, em anos de serviço, o seu desempenho nos edifícios tem permitido seleccionar alternativas ao nível da concepção dos edifícios.

É objectivo deste trabalho contribuir para a sistematização da informação existente sobre a durabilidade dos sistemas de fachadas ventiladas, definindo as exigências destes sistemas, caracterizando o seu desempenho face às solicitações a que estão sujeitos e apresentando uma descrição das variáveis que influenciam a sua durabilidade, através da aplicação da norma ISO 15686-1, onde se propõe uma metodologia para a estimativa da vida útil deste tipo de revestimentos.

Estão no âmbito deste estudo os sistemas constituídos por revestimentos efectuados a partir de elementos prefabricados, fixados mecanicamente a um suporte em pano simples em betão ou alvenaria através de uma estrutura intermédia, normalmente metálica ou em madeira, ou de elementos metálicos de reduzidas dimensões, destinados a uma fixação pontual.

**PALAVRAS-CHAVE:** DURABILIDADE, EXIGÊNCIAS, VIDA ÚTIL, FACHADAS, DESEMPENHO.

**ABSTRACT (ARIAL 11PT BOLD)**

The acknowledgment of the importance of the façades performance for the buildings' operation has driven to growing attention around the durability theme and, as a consequence, the façades have started to be more often fully blended with the whole building, right from the design inception stages, in parallel with other specialties such as the structural, thermal and acoustic performance.

The study of the construction products estimated service life has provided relevant information that has been used to select the most adequate materials right from the concept design stage.

The goal of this work is to sort the existing information regarding the durability of the ventilated façades fixed mechanically, through the definition of their current specifications, through the characterization of their performance when subject to live and dead loads and by describing the variables that affect their durability through the application of the ISO 15686-1 standard, which proposes a methodology to determine the estimated service life of this kind of revetments.

The scope of this work comprehends revetment systems made of pre cast elements, mechanically fixed to a reinforced concrete or masonry wall, through an auxiliary structure, often a metallic or wooden element with reduced dimensions, in order to attain a discrete fixation.

KEYWORDS: Durability, Requirements, Estimated Service Life, Façade, Performance.

## ÍNDICE GERAL

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	iii
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJECTO DO TRABALHO .....	1
1.2. A EVOLUÇÃO DAS FACHADAS EM PORTUGAL .....	1
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO ELEMENTO DE CONSTRUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
2.1. ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR .....	3
2.2. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS VENTILADAS .....	4
2.2.1. PROCESSOS DE FIXAÇÃO DE FACHADAS .....	7
2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FACHADAS SEGUNDO O MATERIAL EMPREGUE.....	7
2.2.2.1 Revestimento com Placas de Alumínio Composto (ACM) .....	8
2.2.2.2 Revestimento com Placas de Pedra Natural .....	9
2.2.2.3 Revestimento com Placas Cerâmicas e Grés Porcelânico .....	9
2.2.2.4 Revestimento com Placas de Resinas Fenólicas .....	11
2.3. A CONCEPÇÃO .....	12
<b>3. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO .....</b>	<b>21</b>
3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES DE DEGRADAÇÃO.....	21
3.2. IDENTIFICAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO APLICÁVEIS .....	21
3.2.1. EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA .....	23
3.2.1.1 Resistência Mecânica e Estabilidade .....	23
3.2.1.2 Contra Riscos de Incêndios .....	23
3.2.1.3 Segurança no Uso .....	24
3.2.2 EXIGÊNCIAS DE COMPATIBILIDADE COM O SUPORTE .....	24
3.2.3 EXIGÊNCIAS DE ESTANQUIDADE .....	24
3.2.3.1 À Água da Chuva .....	24
3.2.3.2 Ao Vapor de Água .....	25
3.2.4 EXIGÊNCIAS DE CONFORTO VISUAL .....	25
3.2.4.1 Planeza.....	25
3.2.4.2 Verticalidade.....	25

3.2.4.3 Rectidão das Arestas .....	25
3.2.4.4 Regularidade e Perfeição das Superfícies .....	25
3.2.4.5 Homogeneidade da Cor e Brilho .....	26
3.2.5 EXIGÊNCIAS DE CONFORTO TÁCTIL .....	26
3.2.6 EXIGÊNCIAS DE HIGIENE, SAÚDE E AMBIENTE .....	26
3.2.7 EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE .....	27
3.2.7.1 Resistência a Acções de Choque e Atrito .....	27
3.2.7.2 Resistência à Erosão por Partículas do Ar, pela Água, pelo Granizo e ao Escorrimento de Água .....	27
3.2.7.3 Resistência aos Agentes Climáticos .....	28
3.2.7.4 Resistência aos Produtos Químicos do Ar .....	28
3.2.8 EXIGÊNCIAS DE ECONOMIA E COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO .....	29
<b>4 FACTORES INFLUENTES NA VIDA ÚTIL .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1. IDENTIFICAÇÃO DOS FACTORES MODIFICADORES PARA A ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL .....</b>	<b>31</b>
4.1.1.FACTORES MODIFICADORES .....	32
<b>4.2.DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO .....</b>	<b>34</b>
4.2.1.FACTORES A – QUALIDADE DO PRODUTO DE CONSTRUÇÃO .....	35
4.2.2.FACTORES B – NÍVEL DE QUALIDADE DO PROJECTO .....	35
4.2.3.FACTORES C – NÍVEL DE QUALIDADE DA EXECUÇÃO .....	36
4.2.4.FACTORES D – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE INTERIOR .....	36
4.2.5.FACTORES E – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERIOR .....	36
4.2.6.FACTORES F – CONDIÇÕES DE USO .....	39
4.2.7.FACTORES G – NÍVEL DE MANUTENÇÃO .....	40
<b>5 MATRIZ DE DURABILIDADE .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1. PROPOSTA DE UMA MATRIZ DE DURABILIDADE .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2. TESTE DA MATRIZ PROPOSTA .....</b>	<b>45</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES PARA A CONCEPÇÃO E MANUTENÇÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>6.1. A MANUTENÇÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>7.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>7.2. DESENVOLVIMENTO FUTUROS .....</b>	<b>55</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Evolução das alvenarias ao longo dos anos em Portugal .....	2
Fig.2 - Comparação do gradiente de temperaturas de uma parede dupla com sistema tradicional de isolamento térmico aplicado na caixa-de-ar, e uma parede simples com isolamento térmico aplicado pelo exterior.....	4
Fig.3 – Composição de uma Fachada Ventilada .....	5
Fig.4 – Esquema fluxo de ar numa fachada ventilada .....	6
Fig.5 – Alguns exemplos de fixação oculta .....	7
Fig.6 – Alguns exemplos de fixação à vista .....	7
Fig.7 – Edifícios com revestimento em placas de alumínio composto .....	8
Fig.8 – Estrutura de uma placa de alumínio composto.....	8
Fig.9 – Placas cerâmicas apoiadas no tardo através de estrutura auxiliar.....	10
Fig.10 – Placas de grés porcelânico .....	11
Fig.11 – Sistema de acoplamento oculto aplicado no tardo de uma placa de grés porcelânico .....	11
Fig.12 – Camadas que constituem uma placa de H.P.L.....	12
Fig.13 – Esquema de um Sistema de Fachada Ventilada.....	13
Fig.14 – Colocação do Isolamento.....	15
Fig.15 – Fixação directa da estrutura intermédia ao suporte.....	16
Fig.16 – Fixação indirecta da estrutura intermédia ao suporte.....	16
Fig.17 – Fixação indirecta da estrutura intermédia ao suporte .....	17
Fig.18 – Zonamento Climático de Inverno Verão.....	36
Fig.19 – Distribuição da quantidade de precipitação – Portugal Continental .....	39



## ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 1 – Exigências Funcionais Aplicáveis.....	22
Quadro 2 - Valor de desvio sugeridos pela norma ISO 15686 -1 .....	32
Quadro 3 - Principais Factores Modificadores da Vida Útil - norma ISO 15686-1 .....	33
Quadro 4 - Zonamento Climático de Inverno .....	37
Quadro 5 - Zonamento Climático de Verão .....	37
Quadro 6 - Valores característicos da pressão dinâmica do vento – w [Pa], segundo o RSA.....	37
Quadro 7 - Categorias associadas com impactos nas superfícies da envolvente vertical dos edifícios .....	40
Quadro 8 - Proposta da Matriz de Durabilidade .....	43
Quadro 9 - Aplicação a um caso concreto – Descrição de Projecto .....	45
Quadro 10 - Material 1 – características das placas de revestimento .....	46
Quadro 11 - Teste da Matriz de Durabilidade - Material 1 .....	47
Quadro 12 - Material 2 – características das placas de revestimento.....	49
Quadro 13 - Teste da Matriz de Durabilidade - Material 2 .....	49

## INTRODUÇÃO

A fachada é um elemento fundamental para a valorização de um edifício, pois, juntamente com a cobertura, constitui o invólucro da edificação e, portanto, é responsável pela manutenção das condições ambientais internas como é o caso do conforto térmico, conforto acústico, manutenção dos níveis de segurança ambiental e estrutural, além da privacidade dos usuários.

O tipo de sistema construtivo escolhido para a globalidade de uma fachada tem um papel crucial no desempenho final da envolvente, não só pela sua expressão, mas também porque é correntemente um elemento construtivo potenciador da ocorrência de anomalias.

### 1.1. OBJECTO DO TRABALHO

É objectivo deste trabalho contribuir para a sistematização da informação existente sobre a durabilidade dos sistemas de fachadas ventiladas, definindo as exigências destes sistemas, caracterizando o seu desempenho face às solicitações a que estão sujeitos e apresentando uma descrição das variáveis que influenciam a sua durabilidade, através da aplicação da norma ISO 15686-1, onde se propõe uma metodologia para a estimativa da vida útil deste tipo de revestimentos.

Estão no âmbito deste estudo os sistemas constituídos por revestimentos efectuados a partir de elementos prefabricados, fixados mecanicamente a um suporte em pano simples em betão ou alvenaria através de uma estrutura intermédia, normalmente metálica ou em madeira, ou de elementos metálicos de reduzidas dimensões, destinados a uma fixação pontual.

### 1.2. A EVOLUÇÃO DAS FACHADAS EM PORTUGAL

A concepção das fachadas tem sofrido ao longo dos anos, com o avanço das tecnologias e das exigências de conforto, uma grande evolução nas soluções construtivas. No início dos anos 40, a solução de fachada passava por paredes de grande espessura, em pedra ou tijolo cerâmico maciço. Com o decorrer dos anos e com a necessidade de garantir um maior conforto térmico, acústico e higrotérmico nos edifícios, assistiu-se ao aligeiramento dos paramentos, à redução da espessura e da massa dos materiais e à introdução da parede dupla.

A figura seguinte ilustra a evolução das alvenarias ao longo dos anos em Portugal.

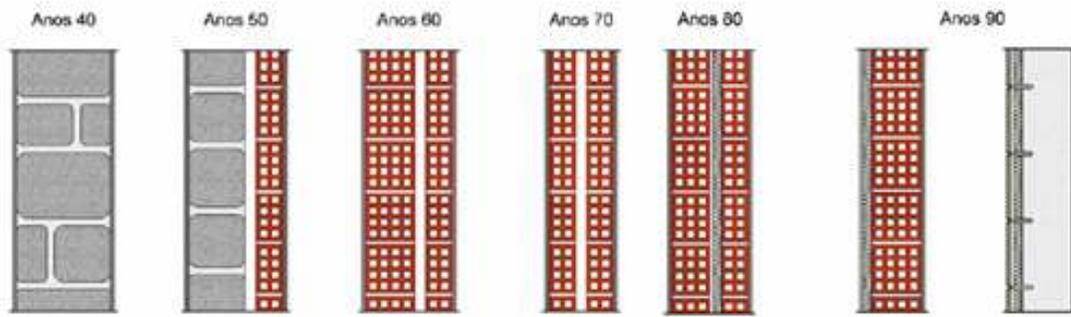


Fig.1 – Evolução das alvenarias ao longo dos anos em Portugal [22]

Por volta dos anos 90, surge em Portugal, uma técnica construtiva inovadora que consiste na colocação do isolamento térmico pelo exterior, como procura da correcção de patologias originadas pelas pontes térmicas em sistemas anteriores.

## 2

# CARACTERIZAÇÃO DO ELEMENTO DE CONSTRUÇÃO

### 2.1. ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

De um modo geral, os sistemas de isolamento pelo exterior são constituídos por uma camada de isolamento térmico aplicada sobre o suporte e um paramento exterior para protecção, em particular, das solicitações climáticas e mecânicas.

Podemos classificar os sistemas de isolamento de fachadas pelo exterior em três grandes áreas:

- Componentes prefabricados constituídos por um isolamento e um paramento, fixados directamente ao suporte – “vêture”;
- Revestimentos descontínuos fixados ao suporte através de uma estrutura intermédia – fachadas ventiladas;
- Rebocos armados directamente aplicados sobre o isolamento térmico – ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems with rendering).

O isolamento térmico pelo exterior é uma solução técnica de alta qualidade, que tem excelentes vantagens em relação às soluções mais tradicionais, pois permite:

- Redução das pontes térmicas, o que possibilita uma redução da espessura de isolamento térmico para a obtenção de um mesmo coeficiente de transmissão térmica global da envolvente.
- Diminuição do risco de condensações;
- Aumento da área útil dos edifícios devido à diminuição da espessura das paredes exteriores;
- Aumento da insonorização, o que não é conseguido pelos sistemas mais convencionais;
- Aumento da inércia térmica interior dos edifícios, visto 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 devido à capacidade de regulação da temperatura interior;
- Redução do peso das paredes e das cargas permanentes sobre a estrutura o que permite uma optimização da parte estrutural do edifício;
- Redução do gradiente de temperaturas a que são sujeitas as camadas interiores das paredes (ver figura seguinte);

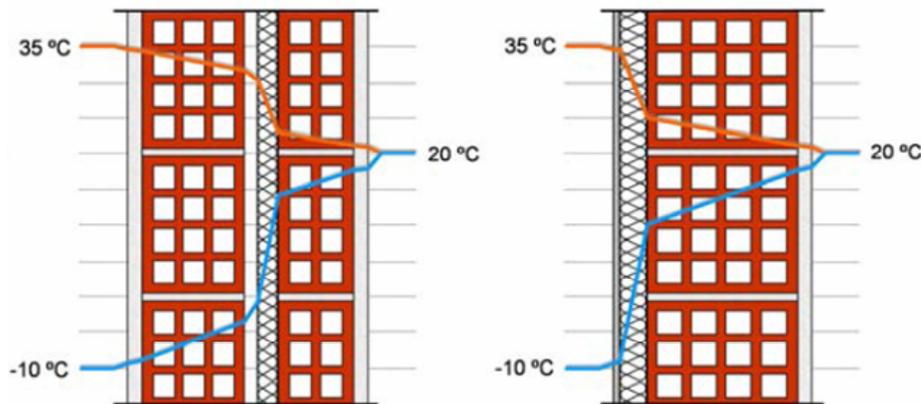


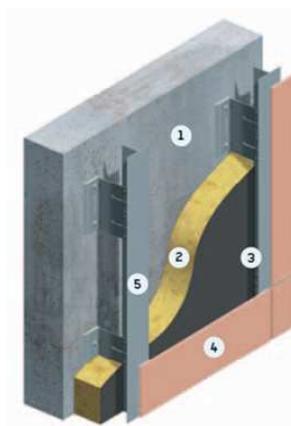
Fig.2 – Comparação do gradiente de temperaturas de uma parede dupla com sistema tradicional de isolamento térmico aplicado na caixa-de-ar, e uma parede simples com isolamento térmico aplicado pelo exterior [13]

Por outro lado existem algumas limitações importantes que podem ser enumeradas no caso das fachadas ventiladas, destacando-se:

- Necessidade de mão-de-obra qualificada e com experiência;
- Ausência de normas e requisitos de desempenho;
- Dependência de mudanças organizacionais nos processos de gestão do empreendimento e da produção;
- Exigência de projecto específico detalhado e que defina o processo de montagem [12];

## 2.2. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS VENTILADAS

O sistema de fachada ventilada é uma solução que tem tido uma importância crescente na arquitectura contemporânea, quer pelas características técnicas quer pela sua imagem estética. Este sistema de construção consiste num revestimento descontínuo exterior fixado mecanicamente a uma estrutura independente (pontual ou linear) de suporte, um isolante térmico aplicado (por colagem ou por fixação mecânica) sobre o suporte de alvenaria e um espaço de ar ventilado entre ambos [21].



- 1- Pano interior da fachada (suporte).
- 2- Isolamento térmico.
- 3- Câmara-de- ar ventilada.
- 4- Revestimento exterior da fachada.
- 5- Sub-estrutura portante (estrutura intermédia).

Fig.3 – Composição de uma Fachada Ventilada [31]

Em Portugal as soluções de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS são muito utilizadas quando se trata de intervenções de reabilitação da envolvente opaca exterior vertical (empenas e fachadas). Por outro lado, as soluções de fachada ventilada, com algumas aplicações em intervenções de reabilitação, apesar de menos utilizadas, estão associadas a uma imagem de qualidade e prestígio. Esta imagem é traduzida pela utilização de um revestimento exterior descontínuo executado por elementos pré-fabricados. As juntas entre os elementos do revestimento descontínuo são mantidas abertas, são fechadas por perfis ou são realizadas por encaixe ou por sobreposição dos elementos.

Como já se referiu, os revestimentos descontínuos das fachadas ventiladas são suportados por fixações pontuais ou lineares, por sua vez fixadas à alvenaria de suporte. Ocorrem com alguma frequência problemas nessas fachadas devido ao desprendimento dos elementos de revestimento devido, quer a sistemas de fixação mal concebidos, quer a uma aplicação deficiente.

A fachada ventilada pode ser definida como um sistema de protecção e revestimento exterior de edifícios, caracterizado pelo afastamento entre a parede do edifício e o revestimento, criando, assim, uma câmara-de-ar em movimento.

O adjectivo “ventilada” deriva, da câmara-de-ar que permite a ventilação natural e contínua da parede do edifício, através do efeito de chaminé onde o ar entra frio pela parte inferior e sai quente pela parte superior (ver figura seguinte). Deste modo, com o fluxo de ar da parede, evitam-se as comuns humidades e condensações características das fachadas tradicionais e consequentemente consegue-se um maior conforto térmico [11].

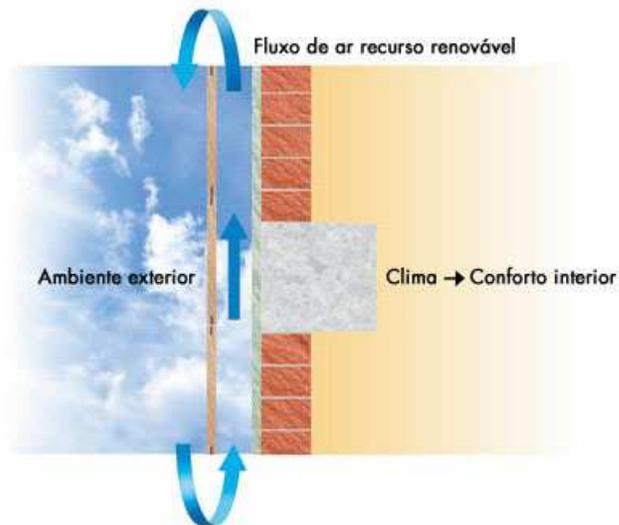


Fig.4 – Esquema fluxo de ar numa fachada ventilada [30]

#### 2.2.1. PROCESSOS DE FIXAÇÃO DE FACHADAS

Distinguem-se claramente dois tipos de fixação:

- Fixação Directa ou Pontual;
- Fixação Indirecta ou Contínua.

No primeiro caso a ligação é feita por elementos de **fixação directa** entre o suporte e o revestimento. Estes elementos não dependem de estruturas intermédias, pelo que o local de fixação no revestimento é feito no suporte. Os sistemas de fixação pontual necessitam de um suporte com resistência suficiente para a sua fixação em quase toda a sua extensão. 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. As sua fixação ao suporte pode ser mecânica ou de chumbar.

Um elemento de **fixação indirecta 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 bem como a aplicação do revestimento sobre a estrutura intermédia” [19]. A composição das estruturas intermédias pode ser em madeira, aço, ferro ou alumínio.

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, caso possua espessura suficiente (ver exemplos na figura seguinte).



Fig.5 – Alguns exemplos de fixação oculta [11]

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 utiliza-se normalmente quando aplicamos revestimentos cerâmicos, recorrendo-se a “clips” metálicos para fixar as placas (ver as figuras seguinte) [12].

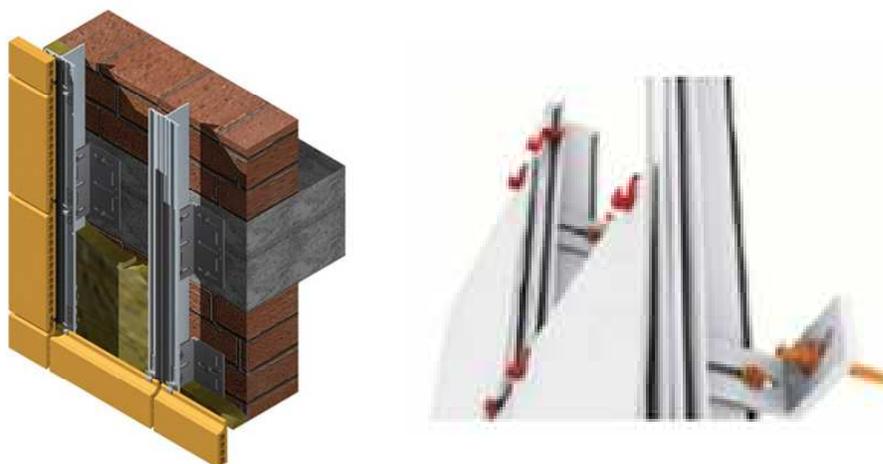


Fig.6 – Alguns exemplos de fixação à vista [11]

#### 2.2.2. CLASSIFICAÇÃO DAS FACHADAS SEGUNDO O MATERIAL UTILIZADO

Existe actualmente uma vasta gama de matérias para aplicar nos revestimentos de fachadas ventiladas. Os materiais mais utilizados neste tipo de revestimento exterior são os seguintes:

- 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 resinas fenólicas.

### 2.2.2.1. Revestimento com Placas de Alumínio Composto (ACM)

O alumínio é conhecido por ser um material excepcionalmente durável, mesmo nas condições mais adversas.



Fig.7 – Edifícios com revestimento em placas de alumínio composto [32]

As placas de alumínio composto (ACM – “Aluminium Composite Material”) resultam da combinação de duas chapas de alumínio e um núcleo de polietileno, o que garante maior rigidez. As placas estão disponíveis em diversas espessuras (3 a 10mm) e cores [12].

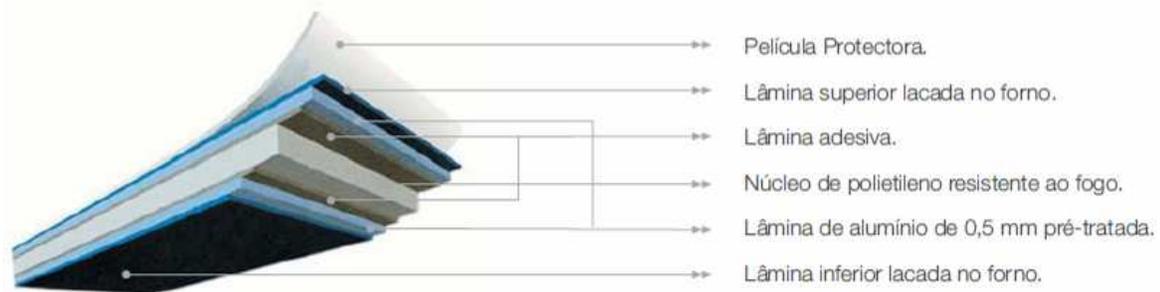


Fig.8 – Estrutura de uma placa de alumínio composto [29]

Os revestimentos em alumínio têm muitas vantagens podendo-se destacar as mais importantes:

- Imensas possibilidades de moldar as placas em formas muito criativas, devido à grande maleabilidade deste material, sem perder as suas qualidades;
- Elevada planeza;
- Grande resistência ao impacto;
- Resistência a condições ambientais extremas;
- Excelente resistência aos raios UV;
- Boa resistência aos sais e à poluição;
- É um material muito leve, reduzindo as cargas sobre a estrutura intermédia, os custos de fabrico e instalação;

- Resistente à poluição;
- Baixa ressonância minimizando os indesejados ruídos da vibração;
- Excelente resistência ao fogo;
- Fácil adaptação junto a cantos e janelas.

#### 2.2.2.2. 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 – calcários, 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, directamente encaixadas através de perfurações executadas na sua espessura, que evitam praticamente a estrutura auxiliar de suporte o que diminui o custo do sistema de fachada ventilada. Este tipo de fixação aumenta a quantidade de fixações ancoradas directamente ao suporte, contribuindo, 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 aplicadas sobre sistemas contínuos. 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 são passíveis de serem usadas 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 submetidos a várias transformações de forma a obterem-se as pedras finais com dimensões e formatos apropriados ao fim a que se destinam. [24]

#### 2.2.2.3. Revestimento com Placas Cerâmicas e Grés Porcelânico

Tradicionalmente os produtos mais utilizados nos paramentos eram as pedras naturais (granitos, mármore, etc) mas devido ao grande progresso tecnológico e aos novos desenvolvimentos em investigação e desenvolvimento, os cerâmicos contam actualmente com placas de grandes dimensões e formatos, apresentando muitas vantagens em relação aos revestimentos mais tradicionais de fachadas.

Os revestimentos de placas cerâmicas oferecem um bom desempenho, uma vez que possuem:

- Elevada resistência ao arrancamento dos fixadores e ao impacto;
- Superfícies pouco rugosas, oferecendo menor resistência ao vento.
- Leveza de todo o sistema (cerca de 30 Kg/m<sup>2</sup>), incluindo as placas, a estrutura auxiliar e todos os restantes acessórios, permitindo reduzir o peso da estrutura de suporte, facilitando a sua instalação [12].

O seu reduzido peso dispensa a utilização de equipamentos especiais para o transporte vertical das placas.



Fig.9 – Placas cerâmicas apoiadas no tardo através de estrutura auxiliar [ 12 ]

O grés porcelânico conta com uma elevada precisão dimensional (com espessura desde 8 mm e dimensões até 1,2 x 1,2 metros), uma grande homogeneidade, não apresenta expansões significativas devido à humidade, tem valores reduzidos do coeficiente de dilatação, resistência à abrasão, alta resistência ao ataque químico (ácidos e álcalis), à radiação solar e ao congelamento, apresentando uma grande uniformidade das cores e facilidade de manutenção. Com o desenvolvimento deste tipo de revestimentos e pelas suas características, estes materiais atingiram níveis do domínio das pedras naturais, que possuem uma resistência à abrasão mais elevada do que a dos produtos cerâmicos esmaltados.

“A utilização de placas de grés porcelânico, como componente de revestimento de fachadas ventiladas, deu-se inicialmente nos principais países europeus produtores de placas cerâmicas, num esforço para a introdução deste componente, em substituição das placas em pedra natural utilizadas até então” [12].

O grés porcelânico tomou-se uns dos principais concorrentes das placas de pedra natural no revestimento de fachadas ventiladas, apresentando as seguintes vantagens em relação às placas em pedra natural:

- Menor absorção de água;
- Menor peso;
- Material mais homogéneo, ao contrário das placas pétreas que devem ser escolhidas e separadas na jazida - Menor probabilidade no aparecimento de manchas;
- Menor controlo na recepção e na escolha dos materiais para a aplicação;
- Facilidade da manutenção;
- Maior durabilidade.



Fig.10 – Placas de grés porcelânico [ 12 ]



Fig.11 – Sistema de acoplamento oculto aplicado no tardo de uma placa de grés porcelânico [12]

#### 2.2.2.4. Revestimento com Placas de Resinas Fenólicas – Laminados de Alta Pressão

Os materiais habitualmente designados por painéis em resinas fenólicas termoendurecidas (ou H.P.L - High Pressure Laminates), são constituídos por várias camadas de fibras de celulose, impregnadas com resinas fenólicas e melamínicas e sujeitas a um tratamento especial com elevadas pressões e temperaturas que faz com que se funda e posteriormente endureça. Deste processo de fabrico resulta

um produto homogéneo e sem porosidades, cuja composição é, basicamente, celulose (cerca de 60%) e resinas de fenol-formaldeído curadas (cerca de 40%).

Estes painéis são constituídos essencialmente por três partes, sendo elas as seguintes:

- Núcleo – composto por folhas de papel kraft impregnadas com resinas fenólicas para o dotar com estabilidade e rigidez;
- Folha decorativa – composta por uma folha de papel com o desenho pretendido ou folha de madeira natural que é impregnada em resina melamínica, dotando-a assim de elevada resistência à abrasão;
- Película protectora – película (overlay) impregnada em resina melamínica.



Fig.12 – Camadas que constituem uma placa de H.P.L. [11]

Os compostos fenólicos são substâncias naturais a partir das quais se pode produzir resina plástica de alta resistência, podendo também ser utilizada como adesivo interior para as fibras no processo de transformação de aglomerados de madeira, conferindo-lhes propriedades de grande resistência química e mecânica.

A sua versatilidade, elevada resistência e duração e total insensibilidade a uma vasta gama de agentes químicos agressores, tornam os painéis numa opção a ter em conta em todo o tipo de revestimentos, tanto exteriores como interiores.

### 2.3. A CONCEPÇÃO

A concepção tem um papel fundamental no desempenho do sistema de revestimento aqui estudado.

O objectivo deste trabalho é focado essencialmente no revestimento exterior do sistema de fachada ventilada. No entanto, não nos podemos esquecer que faz parte de um conjunto que funciona como um todo. Por isso é necessário diferenciar todos os elementos que constituem esse sistema, que são:

- O suporte;
- O material de isolamento;
- Câmara-de-ar;
- A estrutura intermédia de suporte (quando não temos fixação directa) e as respectivas fixações;
- As juntas;
- O revestimento exterior.

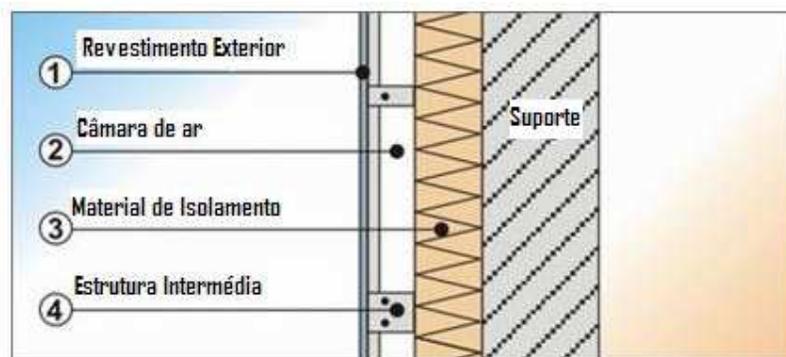


Fig.13 – Esquema de um Sistema de Fachada Ventilada [33]

Num sistema de fachada ventilada é necessário dimensionar os elementos de estrutura auxiliar, para as acções actuantes, sejam os perfis de suporte, as fixações, ou as placas de revestimento. As acções a considerar são as seguintes [19]:

- Peso próprio das placas e todo o material interior de suporte;
- Acção do vento a incidir directamente da fachada, seja sob pressão ou depressão;
- Acções de origem sísmica;
- Solicitações térmicas;
- Acções devido a deformações estruturais;
- Cargas de impacto;
- Acção do fogo;

### O Suporte

A compatibilidade entre o suporte e as estruturas intermédias é um dos principais benefícios da fixação contínua, relativamente à fixação pontual. É admissível qualquer tipo de suporte, desde que a estabilidade dos pontos de fixação principais da estrutura intermédia ao suporte seja assegurada.

Como as estruturas têm os pontos de fixação ao suporte independente dos pontos de fixação ao revestimento, as fixações ao suporte podem ser realizadas nas zonas com mais elevada resistência mecânica, nomeadamente nos elementos estruturais do edifício. Assim, nos casos em que o suporte é constituído por uma estrutura resistente e alvenaria de preenchimento, esta solução é a mais adequada [19].

Não é possível obter o desempenho desejado para o revestimento e estrutura intermédia/fixações se não se garantir a concepção de um suporte capaz de os receber. Por isso deve-se ter em consideração os seguintes aspectos:

- O tipo de estrutura intermédia/fixações a adoptar dependem do tipo de suporte;
- Os suportes devem ser resistentes e estáveis, tendo em conta o máximo número de variáveis possíveis de influenciar os esforços actuantes;
- 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 acção do vento e da chuva, com juntas entre placas abertas, cabe ao suporte assegurar por si só a estanquidade à água;

### **Isolamento Térmico**

O tipo de aplicação do isolamento térmico sobre o suporte poder ser dividido em duas famílias:

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

Os isolantes prefabricados podem ser divididos em 6 categorias:

- Poliestireno expandido moldado;
- Poliestireno expandido extrudido;
- Lã de Rocha;
- Lã de Vidro;
- Vidro Celular;
- Espuma rígida de poliuretano;

Estes elementos têm como principal função reduzir a transferência de calor através dos materiais sobre os quais são aplicados.

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 os recorremos à fixação contínua, visto ser possível garantir uma espessura uniforme e coincidente com os componentes da estrutura intermédia [19].

A aplicação dos isolantes projectados 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 projecção. 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 excepcional. Devido à sua elevada resistência térmica, as dilatações e contracções das estruturas, consequência das solicitações térmicas, são reduzidas, diminuindo assim fissurações em alvenarias, coberturas e consequentes infiltrações [12].

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

Este tipo de isolantes é bastante interessante quando recorremos 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 projecção posterior do mesmo produto em torno dos elementos de fixação [19].



Fig.14 – Colocação do Isolamento [ 34 ]

### A estrutura intermédia de suporte

Quando recorremos à fixação contínua, temos um dispositivo composto por uma estrutura intermédia entre o suporte e o revestimento e pelos restantes componentes que fazem a ligação suporte – estrutura intermédia – revestimento. Estas estruturas são normalmente realizadas em alumínio e podem ser constituídas apenas por elementos paralelos entre si, na horizontal e na vertical, ou por elementos em ambos os sentidos sobrepostos entre si. Quando são compostas apenas por elementos na horizontal ou na vertical, estas estruturas são designadas por "estrutura intermédia simples", enquanto 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 em contacto mais directo com o suporte, devem ser designados por "estrutura primária", enquanto os elementos perpendiculares e sobrepostos a estes devem ser designados por "estrutura secundária"[19].

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 ou por elementos em forma de régua ou lâminas colocadas na vertical.

Para a fixação da estrutura intermédia ao suporte temos três soluções:

- solidária - quando parcialmente introduzida no suporte;
- directa - quando em contacto superficial com o paramento do suporte;
- indirecta - quando contacta com o suporte apenas pontualmente através de espaçadores.

A fixação solidária está normalmente associada a perfis em aço ou fibrocimento inseridos na cofragem do betão.

Quando a fixação da estrutura intermédia ao suporte é directa, as exigências de planeza do paramento assumem particular importância. Por outro lado, se estiver prevista a utilização de isolante térmico, a estrutura não permite a sua aplicação de forma contínua [19].

Quando a fixação é directa devem ser os elementos verticais a garantir esse 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.

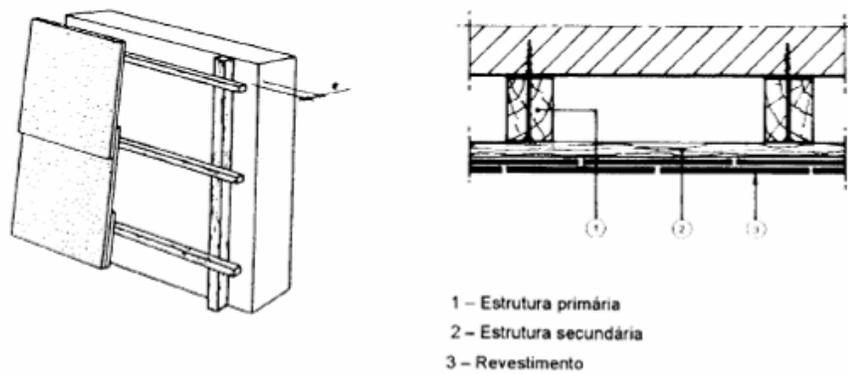


Fig.15 – Fixação directa da estrutura intermédia ao suporte [19]

A fixação indirecta, 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 [19].

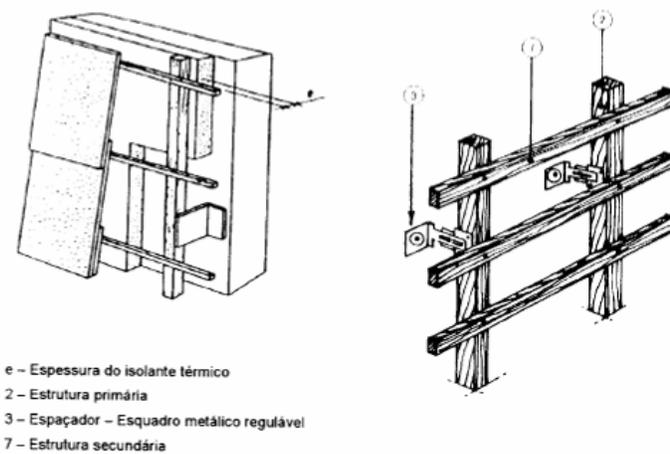


Fig.16 – Fixação indirecta da estrutura intermédia ao suporte [19]

Os esquadros metálicos utilizados para efectuar o afastamento da estrutura intermédia ao suporte, podem possuir diversas configurações. Na figura seguinte pode-se ver os mais utilizados.

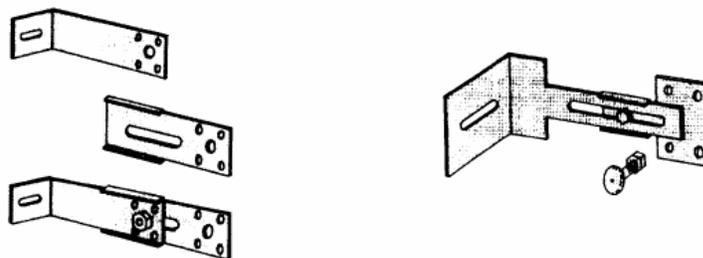


Fig.17 – Fixação indirecta da estrutura intermédia ao suporte [19]

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 intermédias têm 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 [19].

### **As fixações**

Os painéis são “presos” à estrutura intermédia ou directamente 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 [16]. O dimensionamento de toda a estrutura de suporte deve ser bem calculado pelo projectista, de forma a evitar a transmissão de cargas ao revestimento exterior e por 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 parâmetros 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 [16].

### **O revestimento exterior**

Nos projectos 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 projecto de produção da fachada deve ser um projecto interactivo, que depende da presença e actuação do projectista em todas as fases da sua concepção. O projectista deve ter em consideração a complexidade existente na construção de edifícios, onde mesmo com processos de produção com o efectivo controlo, surgem inevitáveis imperfeições na base de suporte da fachada. Estas divergências devem ser consideradas na elaboração do projecto 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 adoptadas, que devem 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. Neste trabalho referem-se os materiais e as soluções de aplicação mais utilizadas em Portugal. 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. É necessário não esquecer que antes de se ver as placas a desempenhar a sua função de revestimento, foi necessário passar pelas fases do fabrico, transporte, armazenagem, e colocação das peças.

Nesta fase, 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 ser observadas as seguintes recomendações [12;16]:

- Deve ser dada a devida formação aos trabalhadores, sobre a forma deve ser feito o manuseamento, transporte e armazenagem de todos os dispositivos, sendo que as peças especiais que requeiram um manuseamento ou utilização específica devem estar devidamente identificadas.
- Devem-se identificar os pontos de apoio e suporte das peças, de forma bem clara e estar devidamente protegidos;
- No transporte deve-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 pesos adequados, de forma a evitar danos.
- Para se deslocar uma placa é necessária levantá-la, para 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,, prevenindo assim eventuais manchas nas placas de revestimento, devido ao contacto destas com a embalagem ou madeiras.
- Separar os metais ferrosos dos não ferrosos, principalmente em condições de humidade, tendo em especial atenção o contacto directo entre o cobre, alumínio e zinco.
- No caso das placas em pedra devem vir directamente da fábrica com os furos já executados, de modo a minimizar eventuais desvios e imprecisões inerentes à furacão executada em obra

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

O projecto do estaleiro de obras deve integrar do projecto da execução da fachada. Devem estar previstos os locais para o armazenamento dos materiais, a forma como será realizado o transporte dos componentes até o 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 correcções 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 projecto 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 actividades de controlo devem servir também para averiguar a aplicabilidade e confiança do sistema, em função dos critérios de projecto estabelecidos.

Este controlo tem por objectivo garantir a conformidade da produção com os padrões estabelecidos em projecto, 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 [12].

### 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 [19]. 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 correcta 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 (superiores a 1m) são normalmente fixados ao plano por intermédio de 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.

Nos produtos colocados com juntas de recobrimento, são normalmente aplicados 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 percepção 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, o seu resultado é uma configuração com aspecto semelhante ao das escamas de peixe, conhecida por colocação em "escama". Este tipo de aplicação é obtida com soluções de fixação com presilhas ou com pregos ou parafusos mas também pode ser obtida através do encaixe entre elementos.

Nos revestimentos de dimensão superior são normalmente aplicados com sobreposição dos elementos. Como estes produtos possuem espessuras muito reduzidas, a sobreposição directa 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 [19].

# 3

## EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO

### 3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES DE DEGRADAÇÃO

É muito importante identificar quais os agentes de degradação que actuam sobre um edifício e que influenciam na durabilidade dos produtos da construção. Torna-se, por isso, necessário ter um conhecimento muito aprofundado do clima onde vai ser construído o edifício.

O processo de degradação afigura-se pela alteração, ao longo do tempo, da composição e propriedades de um produto, resultando na redução do seu desempenho.

A degradação resulta de interações complexas entre um ou mais factores. A actuação conjunta desses factores acelera o processo de envelhecimento, logo a análise dos agentes de degradação não deverá ser efectuada de modo isolado.

Os principais agentes agressivos que contribuem para a degradação das fachadas e em alguns casos para a degradação das fixações são:

- A água
- Os sais solúveis
- Os gases
- O vento
- A temperatura
- O gelo
- Os seres vivos
- Outros agentes

### 3.2. IDENTIFICAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO APLICÁVEIS

A evolução nas formas de construção tem vindo a trazer novas exigências de desempenho aos diversos elementos constituintes dos edifícios.

O conceito de exigência essencial surge em 1989 na “Directiva dos Produtos de Construção” publicada no jornal oficial das comunidades europeias [8].

O estabelecimento de exigências funcionais para os edifícios e seus componentes, decorre do facto de que os edifícios devem possuir características que permitam a satisfação das necessidades dos seus utentes. Essa satisfação deve ser conseguida em condições económicas, isto é, de modo a que o custo global dos edifícios, integrando os respectivos custos iniciais, bem como os de funcionamento e de manutenção, seja mantido num nível aceitável.

As fachadas, sendo um elemento de transição entre o exterior e o interior, têm, por si só, de garantir diversas funções e de manter o seu desempenho dentro de grandes oscilações de parâmetros ambientais.

As exigências funcionais dos revestimentos de paredes são indissociáveis das exigências funcionais das partes opacas das paredes. De facto, as funções atribuíveis ao conjunto parede / revestimento podem ser exercidas com maior ou menor contributo de cada um desses constituintes. Há no entanto funções que competem em exclusivo, ou quase, a apenas um deles.

Dos revestimentos para paramentos exteriores de paredes espera-se, de um modo geral, que:

- Protejam o tosco da parede das acções dos diversos agentes agressivos: água, choques, produtos químicos presentes no ar, poeiras, etc;
- Resistam eles próprios a esses agentes;
- Contribuam para a estanquidade da parede;
- Confiram à parede características aceitáveis de planeza, verticalidade e regularidade superficial;
- Proporcionem à parede o efeito decorativo pretendido;
- Se mantenham limpos ou que, pelo menos, tornem fácil a sua limpeza.

No entanto, convém mencionar que as exigências funcionais que em seguida se apresentam, dizem respeito unicamente ao sistema de revestimento de fachada aqui em estudo, e não à parede como um todo (revestimento incluído).

As exigências estudadas podem ser resumidas no quadro seguinte.

Quadro 1 – Exigências Funcionais Aplicáveis [24;5]

<b>EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO DO SISTEMA ESTUDADO</b>	
<b>GRUPO EXIGENCIAL</b>	<b>EXIGÊNCIA DE DESEMPENHO</b>
<b>Exigências de Segurança</b>	• Resistência Mecânica e Estabilidade
	• Contra Risco de Incêndio
	• Segurança no Uso
<b>Exigências de Compatibilidade com o Suporte</b>	• Compatibilidade Geométrica, Mecânica e Química
<b>Exigências de Estanquidade</b>	• Estanquidade à Acção da Água da Chuva
	• Estanquidade ao Vapor de Água
<b>Exigências de Conforto Visual</b>	• Planeza
	• Verticalidade
	• Rectidão das Arestas
	• Regularidade e Perfeição da Superfície
	• Homogeneidade da Cor e do Brilho
<b>Exigências de Conforto Táctil</b>	• Perfil geométrico de superfície
<b>Exigências de Higiene, Saúde e Ambiente</b>	• Desempenho perante os odores, resistência ao enodoamento, limpeza e aptidão para a reutilização
<b>Exigências de Durabilidade</b>	• Resistência a acções de choque e atrito.
	• Resistência à erosão por partículas do ar, pela água e pelo granizo e ao escorrimento de água.
	• Resistência aos Agentes Climáticos
	• Resistência aos Produtos Químicos do Ar
<b>Exigências de Economia e Comportamento Higrotérmico</b>	• Coeficiente de Transmissão Térmica

A selecção por parte dos projectistas dos produtos a aplicar num edifício é definida na fase de projecto. Para uma correcta selecção deverá ser tido em conta que o desempenho, ao longo tempo, da construção depende:

- Das condições ambientais;
- Do projecto e da qualidade das suas especificações;
- Do tipo de materiais escolhidos;
- Do nível de qualidade da execução;
- Das acções de manutenção levadas a cabo;
- Do uso.

Algumas exigências de desempenho definidas no Quadro 1 não dependem da selecção dos produtos, mas sim da correcta execução em obra do sistema. Assim, após a selecção dos produtos que constituem o sistema, a concretização da solução em obra deve satisfazer as seguintes exigências de desempenho [19]:

- Perfil geométrico de superfície;
- Planeza das superfícies;
- Verticalidade;
- Rectidão das arestas;
- Regularidade e perfeição das superfícies.

### 3.2.1. EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA

#### 3.2.1.1. Resistência Mecânica e Estabilidade

Os revestimentos da fachada devem resistir, sem descolar nem cair, às solicitações combinadas a que estarão sujeitos em condições normais de uso, como sejam o peso próprio, as solicitações climáticas extremas (vento, choques térmicos) e as diversas acções decorrentes da utilização normal (choques). Em situações acidentais admite-se a rotura ou deformação superficial do revestimento, mas sem que haja atravessamento ou sérios danos na alvenaria.

É de realçar que o contributo para a resistência das paredes exteriores é dado essencialmente pelo comportamento da alvenaria. Os choques acidentais consideram-se em geral a uma cota inferior a 1.5 m (onde a probabilidade de ocorrência é maior) [26;5].

#### 3.2.1.2. Contra Riscos de Incêndios

Na perspectiva da segurança contra incêndio, como é óbvio, não são as paredes de alvenaria, construídas com materiais não-combustíveis ou de combustibilidade limitada, que contribuem para a deflagração ou a propagação do incêndio. Porém, os sistemas de isolamento térmico pelo exterior, sobretudo se o revestimento ou o isolante térmico são constituídos, em maior ou menor grau, por materiais orgânicos, já colocam, e podem continuar a colocar riscos de deflagração e de propagação do incêndio.

Ora, os revestimentos devem contribuir para minimizar o risco de deflagração e propagação do fogo bem como para garantir tempos de alarme, evacuação ou sobrevivência dos utentes. Os revestimentos não podem nunca favorecer a propagação do fogo, nem proporcionar o desprendimento de gotas inflamadas.

A imposição, quer de exigências para o desempenho de reacção ao fogo dos sistemas e dos respectivos componentes, quer da adopção de disposições construtivas adicionais (características das fixações, introdução de barreiras corta-fogo, limitação da utilização de produtos combustíveis em função da altura do edifício, por exemplo) torna-se imperativa de modo a minimizar o risco de ocorrência de sinistros graves [5].

### 3.2.1.3. Segurança no Uso

Os revestimentos não devem, por si próprios, originar condições de riscos ou de insegurança para os utentes dos edifícios. Por isso, não devem:

- Emitir gases tóxicos ou radiações nocivas, nem ser eles próprios nocivos para os utentes, quando lhes toquem ou por acção de escoamento de água;
- Conter arestas cortantes, rebarbas, saliências perigosas localizadas em zonas de circulação.

### 3.2.2. EXIGÊNCIAS DE COMPATIBILIDADE COM O SUPORTE

Estas exigências promovem a necessidade de compatibilização entre o suporte e o revestimento, para que os dois perdurem sem prejudicarem mutuamente os seus desempenhos funcionais.

Compatibilidade geométrica – traduz a necessidade de regularidade do suporte, a fim de não prejudicar o desempenho do revestimento.

Compatibilidade mecânica – as tensões que o suporte pode induzir no revestimento ou vice-versa não podem ser tais que provoquem a deterioração de um deles; assim o suporte e o revestimento deverão ser mecanicamente compatíveis.

Compatibilidade química – a incompatibilidade química entre os elementos pode provocar expansões, empolamentos, descolamentos, etc. nos revestimentos. A selecção dos elementos a utilizar deve ser tal que evite este tipo de situações. [24;5]

### 3.2.3. EXIGÊNCIAS DE ESTANQUIDADE

#### 3.2.3.1. À Água da Chuva

O grau de estanquidade das paredes exteriores resulta da combinação da capacidade respectiva do revestimento e do suporte. O desempenho do revestimento exterior é medido segundo o seu coeficiente de capilaridade e de absorção de água.

Consoante as condições de exposição da parede, o humedecimento exagerado e prolongado dos materiais pode provocar a deterioração quer do revestimento, quer do suporte ou até mesmo do isolamento térmico, caso exista, por acção física (movimentos de contracção / expansão, congelação da água, etc.) ou química (sais solúveis transportados pela água, etc.). O descolamento do revestimento pode resultar também da combinação de água na interface suporte / revestimento.

Em revestimentos de juntas abertas, onde a ventilação é obrigatória, esta exigência apenas pretende garantir que a água não penetre em excesso para o interior do espaço ventilado [24].

### 3.2.3.2. Ao Vapor de Água

A humidade relativa do ar no interior dos edifícios resulta principalmente do equilíbrio entre a produção de vapor de água no interior do edifício e do seu caudal de ventilação. Assim, conforme a produção de vapor de água no interior do edifício e a sua taxa horária de renovação de ar, é possível definir um parâmetro designado por higrometria.

Ora, é importante estabelecer as regras de concepção do sistema em estudo que garantam uma correcta difusão de vapor de água em edifícios com média e forte higrometria.

Ao contrário da estanquidade à água, interessa que a parede interior seja o mais permeável possível ao vapor de água proveniente do interior do edifício. Esta característica é fundamental para que a água da chuva absorvida pelas paredes possa mais tarde ser restituída ao exterior, quando as condições atmosféricas o permitirem. Nesta perspectiva, o revestimento exterior ideal será aquele que conseguir o melhor compromisso entre a estanquidade a água da chuva e o da permeabilidade ao vapor de água.

### 3.2.4. EXIGÊNCIAS DE CONFORTO VISUAL

#### 3.2.4.1. Planeza

As paredes revestidas devem apresentar planeza geral e localizada satisfatória, estabelecendo-se limites admissíveis para as flechas.

Um método expedito consiste em percorrer a fachada com uma regra de 2 m de comprimento para a planeza geral e de 0.20 m para a planeza localizada. Os valores das flechas para as planezas geral e localizadas não poderão ser, respectivamente, superiores a 10 mm e a 2 mm [14].

#### 3.2.4.2. Verticalidade

As paredes revestidas devem apresentar verticalidade quase perfeita, estabelecendo-se desvios admissíveis, controlados “in situ” através de um fio-de-prumo. É admissível para uma parede com altura de 3 m, um desvio máximo de 1 cm [14].

#### 3.2.4.3. Rectidão das Arestas

As arestas verticais e horizontais dos revestimentos de paredes devem desenvolver-se tanto quanto possível segundo uma linha recta. É feita quantificação do desvio da linha da aresta relativamente à sua linha média. Os desvios da linha das arestas relativamente à linha média devem ser limitados para que sejam imperceptíveis. Esse limite deve ser igual ou inferior a 5 mm [14].

#### 3.2.4.4. Regularidade e Perfeição das Superfícies

Através de um exame visual deve-se verificar se os revestimentos de paredes não apresentam defeitos ou irregularidades de superfícies perceptíveis, tais como reentrâncias, saliências localizadas, fissuras, empolamentos, descolamentos, nem pulverulência. A textura da superfície deve ser regular e uniforme. A largura admissível das fissuras em zona corrente deve ser inferior a 0,2 mm [14].

#### 3.2.4.5. Homogeneidade da Cor e Brilho

Nesta característica é feita a quantificação da diferença de cor e da reflectância difusa, estabelecendo-se limites para as diferenças de cor e de brilho para cada caso. Um revestimento de cor não deve apresentar, num mesmo paramento, diferenças de tonalidade ou de brilho sensíveis. Essas diferenças poderão resultar de deficiências do revestimento ou do suporte, ou de execução não cuidada.

A inevitável alteração da cor e do brilho ao longo do tempo deve ocorrer tanto quanto possível de uma forma gradual e uniforme em todo o revestimento.

Os revestimentos de fachadas exteriores devem ser pouco sensíveis a alterações circunstanciais de aspecto quando sujeitos à acção da água da chuva, de forma a evitar diferenças de cor muito contrastantes entre as fachadas abrigadas e as fachadas expostas à intempérie.

Limites estabelecidos [14] :

- Limiar de perceptibilidade da diferença de cor  $\leq 2 \pm 0,6$ .
- Limiar de perceptibilidade da diferença de brilho  $\leq 5\%$ .

#### 3.2.5. EXIGÊNCIAS DE CONFORTO TÁCTIL

Os paramentos exteriores acessíveis aos utentes não devem apresentar rugosidade, nem arestas ou outras discontinuidades incómodas para os utentes, nem ser pegajosos. A existência de revestimentos excessivamente ásperos ou de superfície pegajosa é também indesejável do ponto de vistas das exigências de higiene.

A aspereza pode ser consequência da constituição do próprio revestimento ou resultar do processo de aplicação.

A verificação do cumprimento desta característica deve ser feita através da observação dos desenhos de pormenor e exame “in situ”[24].

#### 3.2.6. EXIGÊNCIAS DE HIGIENE, SAÚDE E AMBIENTE

Os revestimentos a utilizar não devem potenciar a fixação de poeiras ou microrganismos (resistência ao enodoamento). Não devem ser excessivamente ásperos ou pegajosos, especialmente aqueles que pela sua situação ou orientação, fiquem mais expostos à poluição atmosférica ou à poeira transportada pelo vento e que não usufruam de condições favoráveis à sua auto-lavagem (pela água da chuva). A classificação dos materiais, mediante a sua resistência ao enodoamento por produtos químicos, é distribuída pelas classes C0 a C3; no caso da resistência ao enodoamento pela poeira é distribuída pelas classes 1 a 9 [14].

Não devem ser utilizados materiais que necessitem de produtos de limpeza não usuais. Os revestimentos não deverão, ainda, ser afectados pelas operações de limpeza que lhe sejam adequadas, o que implica a definição prévia dos produtos compatíveis com os diversos tipos de revestimentos. Devem também ser resistentes às lavagens frequentes.

Em função do ambiente em que o edifício se insere, dever-se-ão especificar:

- O tipo de produtos a utilizar;
- Frequência das lavagens;
- Mão-de-obra necessária.

Pode-se proceder a um ensaio de lavagem constatando desta forma se, com a utilização dos produtos recomendados, a limpeza é efectiva sem que haja degradação do revestimento.

Os acabamentos ásperos são também desaconselháveis em paramentos que permaneçam húmidos, uma vez que facilitarão a fixação de bolores ou outros microrganismos vegetais.

Os revestimentos deverão ter aptidão para reutilização. Devem ser descritas as potencialidades para a sua reutilização após a remoção do sistema.

### 3.2.7. EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE

A durabilidade de um revestimento corresponde ao período de tempo durante o qual mantém as suas performances e desempenho, em condições normais de uso e de conservação.

A durabilidade das fixações deve ser idêntica à do suporte, dado não serem acessíveis para manutenção periódica.

Para revestimentos descontínuos de fachadas exteriores, a durabilidade correntemente exigida é de, pelo menos, 50 anos.

Para que as performances se mantenham dentro do período de durabilidade previsto, é necessário que os revestimentos:

- Resistam satisfatoriamente aos agentes que sobre eles actuam em condições de utilização normal;
- Sejam objecto de conservação periódica;
- Resistam às operações inerentes ao processo de conservação.

#### 3.2.7.1. Resistência a Acções de Choque e Atrito

Para as acções de choque e de atrito resultantes do uso normal dos edifícios, os revestimentos devem resistir sem degradações que comprometam as suas principais funções. As acções de choque e de atrito consideradas de ocorrência normal durante a utilização dependem da localização do revestimento e da sua acessibilidade aos utentes.

De forma a avaliar a resistência dos materiais de revestimento às acções de choque, devem ser feitos ensaios de impacto de grande corpo mole, pequeno corpo mole, grande corpo duro e pequeno corpo duro.

A avaliação da resistência à riscagem é feita através da passagem de uma série de lápis de minas de dureza crescente. A mina de resistência 4H não deve deixar vincos no revestimento [14].

#### 3.2.7.2. Resistência à Erosão por Partículas do Ar, pela Água, pelo Granizo e ao Escorrimento de Água

Os revestimentos de fachadas exteriores devem ser resistentes à acção da chuva, granizo e ao escoamento de água e as suas características mecânicas não devem ser significativamente afectadas quando o revestimento se encontra no estado húmido.

Para avaliar a resistência dos revestimentos exteriores à acção da água, deve-se proceder aos seguintes ensaios [9;14]:

- Ensaio de erosão pela água;
- Ensaio de escoamento de água;

- Ensaio de alteração das características mecânicas no estado húmido.

Recomenda-se para a resistência dos revestimentos as seguintes constatações [26;14]:

- Os revestimentos não devem apresentar perda de espessura nem alteração significativa do aspecto nos ensaios de erosão pela água e de escorrimento de água;
- As resistências à tracção por flexão e à compressão do revestimento saturado de água não devem ser significativamente inferiores a idênticas características no estado seco.

As partículas existentes no ar podem provocar, por erosão, a deterioração dos revestimentos exteriores das fachadas.

Um dos ensaios possíveis para determinar a resistência à erosão dos revestimentos consiste em projectar areia sobre a superfície do revestimento medindo-se em seguida a diferença de espessura deste. Desta forma, determina-se um coeficiente de abrasão que será específico de cada material. Em função do local de construção, dever-se-ão exigir coeficientes de abrasão mínimos.

### 3.2.7.3. Resistência aos Agentes Climáticos

Esta exigência é quantificada pelo número de ciclos e períodos de exposição aos agentes climáticos a que o revestimento resiste sem se deteriorar [14].

Os revestimentos exteriores das fachadas não se devem degradar significativamente durante o tempo de vida que lhe são atribuídos, quando sujeitos às acções do calor, do frio, da água da chuva, da iluminação solar e dos choques térmicos.

É difícil o estabelecimento de um ensaio convencional que simule a actuação simultânea dos diversos agentes climáticos e que possa ser considerado como reproduzível das condições de exposição natural.

Para se simular de uma forma isolada cada acção ou, no máximo, combinações de duas acções, prevêem-se os seguintes ensaios [26;14]:

- Ciclo do gelo-de-gelo para determinar a resistência mecânica dos revestimentos a este tipo de acções (o número de ciclos deve ser superior ou igual a 10 sem que se verifique fissurações ou desagregações de material);
- Ciclos de aquecimento para determinar a resistência dos revestimentos às variações de temperatura (o período de exposição aos ciclos não deverá ser inferior a 10 dias);
- Choque térmico para determinar a resistência do revestimento a bruscas variações da temperatura superficial (o número de ciclos deve ser superior ou igual a 10 sem que se verifique fissurações ou desagregações de material);
- Exposição às radiações ultra violetas para determinar até que ponto o revestimento resiste ao envelhecimento e à eventual desagregação, assim como para avaliar a estabilidade das cores à luz do sol (o período de exposição aos ciclos deve ser superior a 1000 horas);
- Permeabilidade à água serve para determinar até que ponto a estanquidade do revestimento quando novo se mantém após ter sido submetido aos ensaios anteriores (o revestimento deverá manter as suas qualidades iniciais).

### 3.2.7.4. Resistência aos Produtos Químicos do Ar

Os revestimentos exteriores devem resistir aos produtos químicos presentes no ar ambiente das zonas onde venham a ser utilizados sem se deteriorarem. Podem ser produtos constituintes da própria atmosfera – oxigénio, ozono, dióxido de carbono, dióxido de azoto – ou outros produtos contaminantes – dióxido de enxofre, trióxido de enxofre, sais dissolvidos na água.

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

A normalização Belga [26] prevê ensaios para cada tipo de agente químico, onde se faz variar ciclicamente a temperatura e a humidade relativa do ambiente. O número de ensaios a realizar dependerá dos agentes agressivos, cuja presença no ar seja provável nas zonas em que o revestimento venha a ser aplicado.

Se após os ensaios não se verificarem a existência de degradações tais como a formação de manchas, alteração generalizada de cor, pulverência, etc., o material possui resistência suficiente.

### 3.2.8. EXIGÊNCIAS DE ECONOMIA E COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO

A selecção de um determinado tipo de revestimento em detrimento de outro vem não só em função das características tecnológicas dos mesmos, mas também em função do aspecto económico.

É fundamental na escolha do tipo de revestimento exterior ter a preocupação de seleccionar materiais que permitam uma economia a longo prazo. Essa preocupação passa também por escolher um isolamento que tenha um coeficiente de transmissão térmica (K) que permita uma redução da utilização de equipamentos de regulação da temperatura interior.

Deve-se também ter em conta que o investimento inicial associado às despesas de manutenção ao longo do tempo de vida útil do revestimento ditará, juntamente com a durabilidade, a viabilidade financeira.



# 4

## FACTORES INFLUENTES NA VIDA ÚTIL

### 4.1. IDENTIFICAÇÃO DOS FACTORES MODIFICADORES PARA A ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL

Segundo a norma ISO 15686-1, o tempo de vida útil de um edifício ou de parte de um edifício “é o período de tempo, após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhe é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina”. Torna-se, então, necessário considerar e caracterizar um conjunto de condições e factores que vão ter implicações no desempenho ao longo do tempo, quer nos produtos aplicados à construção, quer à globalidade do edifício, nomeadamente a acção dos agentes de degradação. A mesma norma define que a vida útil de um edifício é limitada pela degradação dos elementos da construção que não são passíveis de serem substituídos ou cuja substituição seja demasiado dispendiosa, tornando-se provavelmente incomportável ao longo do ciclo de vida do edifício.

A vida útil de qualquer sistema depende de diversos factores com origens igualmente diversas. Como tal, no nosso caso, devemos identificar claramente os factores que influenciam a durabilidade em relação às placas, e ao sistema de fixação, assim como em relação ao comportamento de todo o sistema.

Os factores podem ser, em relação às placas e ao sistema de fixação, de origem interna ou externa. Ou seja, os factores internos estão directamente relacionados com as características dos materiais e seu desempenho, por outro lado, os factores externos dependem das condições exteriores onde o sistema se encontra instalado.

Em muitos casos, os factores mais influentes da vida útil dos elementos são exclusivamente devidos a erros de concepção e projecto. Um bom projecto é essencial ao sucesso de qualquer edifício pelo que é provavelmente o factor mais importante a considerar. Mas também, mesmo com um bom projecto, caso a sua execução seja deficiente, o resultado final poderá promover o aparecimento de patologias ou até mesmo o desastre completo. Assim, deve-se também, dar especial atenção à execução do sistema no que diz respeito aos processos de aplicação, qualificação da mão-de-obra, adequabilidade das ferramentas, grau de fiscalização, condições climáticas, aquando da execução, etc.

Outro factor muito importante e que não se pode ignorar é sem dúvida alguma as condições do uso. Será fácil imaginar os efeitos nocivos que uma incorrecta utilização do sistema estudado originaria, como, por exemplo, os efeitos de uma eventual sobrecarga das fixações devido à colocação de cargas não previstas.

Não nos podemos esquecer, como factor influente da vida útil do sistema estudado, a manutenção do sistema, nomeadamente o facto de esta se adequar ou não às exigências necessárias, assim como a frequência dessas acções de manutenção. As manutenções periódicas são fundamentais para assegurar todo o processo de durabilidade. Assim, o plano de manutenção a implementar, deve ser eficaz na acção sobre as patologias que se verifiquem, assim como prever o número adequado de manutenções.

#### 4.1.1. FACTORES MODIFICADORES

A norma ISO 15686-1 prevê o recurso ao Método Factorial para estimar a vida útil dos elementos de construção sob determinadas construções. Partindo de uma duração da vida útil de referência, esperada em condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições particulares pretendidas através da multiplicação da vida útil de referência por uma série de factores relacionados com diversos aspectos determinantes para a durabilidade. Esses factores denominam-se por factores modificadores. Os valores a utilizar como factores modificadores devem ter por base experiências anteriores. Por exemplo, se as condições que prevaleceram num determinado caso levaram à deterioração ou ao aumento da durabilidade de um produto de construção, as mesmas condições, noutra local, devem servir de referência aos valores dos factores modificadores.

A norma prevê para os factores modificadores uma classificação em três níveis de acordo com o grau de influência que esta vai exercer sobre esse mesmo produto. Os valores sugeridos representam um desvio em relação às condições de referência (vida útil de referência) e, por isso, apresentam-se sempre próximos do valor 1,0.

Os valores de desvio sugeridos pela norma ISO 15686-1 em relação à condição de referência são os seguintes:

Quadro 2 – Valor de desvio sugeridos pela norma ISO 15686 -1

Valor	Desvio em relação à condição de referência
0,8	Quando o factor tem uma influência negativa sobre o elemento.
1,0	Quando o factor não tem influência sobre o desempenho do elemento.
1,2	Quando o factor tem uma influência positiva sobre o elemento.

A classificação dos níveis de influência em relação às condições de referência deverá ser efectuada com o cuidado de não duplicar a contabilização da influência de uma determinada condição.

Assim sendo, vamos enquadrar os principais factores que influenciam a vida útil do nosso sistema de revestimento no quadro 3.

Quadro 3 – Principais Factores Modificadores da Vida Útil - norma ISO 15686-1

<b>Factores Modificadores da Vida Útil</b>		<b>Condições Relevantes (exemplos)</b>
<b>Factores de Qualidade</b>	<b>A - Qualidade dos Componentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Qualidade e características das placas e das fixações</li> <li>▪ Qualidade da empresa</li> <li>▪ Condições de fabrico</li> <li>▪ Aplicação de acabamentos</li> <li>▪ Processos de qualidade implementados</li> </ul>
	<b>B - Qualidade do Projecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Qualidade das peças desenhadas e escritas</li> <li>▪ Nível de detalhe do projecto</li> <li>▪ Compatibilidade do sistema ao edifício</li> <li>▪ Qualificação do projectista para o sistema em causa</li> <li>▪ Apoio técnico dos fabricantes</li> </ul>
	<b>C - Qualidade da Execução</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Qualificação da mão-de-obra</li> <li>▪ Processos de aplicação</li> <li>▪ Adequabilidade das ferramentas</li> <li>▪ Condições climáticas aquando da aplicação</li> <li>▪ Apoio do projectista</li> <li>▪ Nível de fiscalização</li> </ul>
<b>Factores Ambientais</b>	<b>D – Características do Ambiente Interior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No caso das fachadas ventiladas não vamos considerar as características do Ambiente Interior porque não influenciar directamente o elemento em estudo.</li> </ul>
	<b>E – Características do Ambiente Exterior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Humidade</li> <li>▪ Temperatura</li> <li>▪ Água</li> <li>▪ Gelo</li> <li>▪ Chuvas ácidas</li> <li>▪ Vento</li> <li>▪ Exposição das fachadas</li> <li>▪ Altura do edifício e presença de sais</li> </ul>
<b>Factores Operacionais</b>	<b>F - Condições de Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Choques</li> <li>▪ Impactos</li> <li>▪ Riscagens</li> <li>▪ Tipo de utilizadores</li> <li>▪ Vandalismo</li> </ul>
	<b>G - Nível de Manutenção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Existência de plano de manutenção</li> <li>▪ Qualidade e frequência das intervenções</li> <li>▪ Facilidade de acesso</li> <li>▪ Necessidade de produtos especiais</li> <li>▪ Necessidade de apoio técnico</li> </ul>

O ponto de partida do Método Factorial é a vida útil de referência, que consiste no período de tempo que um componente deverá durar, sobre condições de serviço bem definidas, baseado nos seguintes pontos:

- a) Dados fornecidos pelo fabricante ou resultados de um laboratório de ensaios (para um produto novo, normalmente, apenas se tem acesso a dados do fabricante);
- b) Dados de experiências anteriores ou observações de construções similares ou que se encontram em condições similares;
- c) Informação contida em Documentos de Homologação ou outra documentação desse tipo;
- d) Informação recolhida em bibliografia relacionada com o tema da durabilidade.

Sempre que possível, o valor da vida útil de referência deverá aplicar-se a condições ambientais próximas ou comparáveis com as específicas da situação onde vamos executar o sistema de fachada em estudo. Assim, os factores a adoptar na estimativa deverão ser o mais próximo possível da unidade, minimizando os erros introduzidos pelo método.

## 4.2. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Os métodos para a avaliação da durabilidade de um elemento da construção podem basear-se em modelos experimentais e/ou em modelos teóricos e pretendem prever a vida útil dos produtos da construção em condições padrão.

A identificação e quantificação dos fenómenos que contribuem para a deterioração dos produtos da construção levou ao desenvolvimento de vários métodos de avaliação da durabilidade dos produtos com o objectivo de estimar, sob determinadas condições específicas, o desempenho da exigência de durabilidade de determinado produto da construção.

No nosso caso, utilizamos o método de estimativa sugerido norma ISO 15686-1 (Método Factorial).

É importante referir que o Método Factorial tem como objectivo obter resultados para a Vida Útil Estimada dos produtos a utilizar em determinada construção, sendo que, a precisão e fiabilidade dessa estimativa, dado o número de parâmetros a considerar e a variabilidade própria dos edifícios, pode nem sempre atingir a precisão que procuramos. Assim, a fiabilidade da estimativa depende principalmente dos dados disponíveis e das simplificações assumidas.

O Método Factorial proposto pela ISO 15686 – 1 permite uma estimativa da vida útil de um determinado produto da construção sob determinadas condições. A partir de uma duração da vida útil de referência, esperada em determinadas condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições particulares pretendidas através da multiplicação da vida útil de referência por uma série de factores relacionados com diversos aspectos determinantes para a durabilidade.

O método para estimar a vida útil de determinado produto da construção expressa-se na seguinte fórmula:

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$$

- VUE – Vida Útil Estimada
- VUR – Vida Útil de Referência

Os factores a considerar são os seguintes:

- Factor A – Qualidade do produto de construção
- Factor B – Nível de qualidade do projecto
- Factor C – Nível de qualidade da execução
- Factor D – Características do ambiente interior

- Factor E – Características do ambiente exterior
- Factor F – Características do uso
- Factor G – Nível de manutenção

Cada um dos factores pode ser igual a:

- 0.8 – Fraco
- 1 - Médio
- 1.2 – Bom

Os valores dependem das verificações das condições expostas na Matriz de Durabilidade.

#### 4.2.1. FACTOR A – QUALIDADE DO PRODUTO DE CONSTRUÇÃO

Este factor avalia a qualidade dos elementos a aplicar em obra. A qualidade dos elementos de construção depende da qualidade e características das matérias-primas utilizadas e das condições de fabrico.

#### **Classificação da Qualidade do Produto**

De acordo com D.L. 4/2007 de 8 de Janeiro, os produtos de construção com a marcação CE cumprem as seguintes exigências essenciais:

- Resistência Mecânica e Estabilidade;
- Segurança contra Incêndio;
- Higiene, Saúde e Ambiente;
- Segurança na Utilização;
- Protecção contra o Ruído;
- Economia de Energia e Isolamento Térmico.

As empresas certificadas segundo a norma EN ISO 9001:2000 [3], têm que efectuar um controlo rigoroso durante a concepção dos seus produtos [25]. Este controlo deve passar pelas seguintes fases:

- Controlo das matérias-primas e aditivos;
- Inspeção durante a produção;
- Inspeção do produto acabado;
- Inspeção da garantia de rejeição de produtos com defeito;
- Inspeção de armazenamento e transporte dos produtos acabados;
- Controlo e calibração dos equipamentos de ensaios e inspeção.

#### 4.2.2. FACTOR B – NÍVEL DE QUALIDADE DO PROJECTO

Este factor avalia a qualidade do nível de projecto, verificando-se o grau de informação fornecido, a facilidade de compreensão e detalhe dos desenhos, a existência de caderno de encargos, especificações técnicas, memória descritiva completa e desenhos à escala adequada.

#### 4.2.3. FACTOR C – NÍVEL DE QUALIDADE DA EXECUÇÃO

Este factor avalia a capacidade de controlo da execução dos trabalhos e o cumprimento das recomendações de aplicação e controlo descritas pelo fabricante. O nível de qualidade da execução depende da qualidade da mão-de-obra, processos e condições de aplicação, condições climáticas aquando da aplicação e do apoio técnico do projectista e fiscalização.

#### 4.2.4. FACTOR D – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE INTERIOR

A avaliação deste factor tem importância para todos os produtos de construção que após a sua aplicação tenham contacto permanente com o interior dos edifícios. As solicitações higrotérmicas são responsáveis pelas principais acções a que os elementos de construção estão sujeitos no ambiente interior. Neste caso e por se tratar dum revestimento exterior vai-se considerar o índice 1,0 por se considerar que as características deste factor têm uma influência pouco relevante na estimativa do tempo de vida útil do sistema de fachadas ventiladas.

#### 4.2.5. FACTOR E – CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERIOR

Este factor avalia a exposição dos revestimentos das fachadas aos agentes do ambiente exterior e de que forma estes podem influenciar a sua durabilidade. As solicitações a que os revestimentos da envolvente exterior dos edifícios estão sujeitos são inúmeras. A temperatura, vento, gelo, chuvas ácidas, precipitação, bem como a poluição e os sais são alguns exemplos de solicitações a que os revestimentos podem estar sujeitos. A exposição das fachadas, a localização do imóvel e a sua altura são também factores determinantes e a ter em conta na estimativa da vida útil dos elementos. Assim, para se quantificar a intensidade das agentes climáticos sobre os elementos de construção, recorreu-se a alguns documentos que a seguir se descrevem, para ajudar a quantificar este factor modificador.

No novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [17], no Anexo III – Zonamento Climático, é apresentado um mapa de Portugal dividido em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e em três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3). A delimitação destas zonas é a indicada nas figuras seguintes.

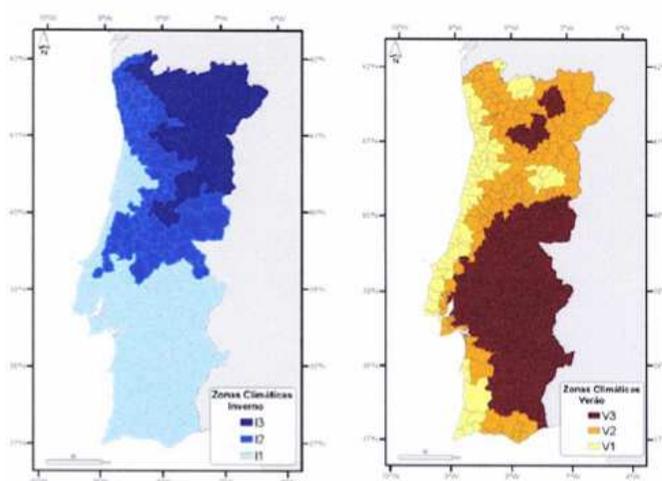


Fig.18 – Zonamento Climático de Inverno Verão [17]

A distribuição dos concelhos de Portugal Continental segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência, encontra-se no Anexo III, Quadro III.1, do RCCTE. Nesse quadro constam, ainda, os seguintes dados climáticos de referência de Inverno e de Verão: Número de graus-dias de aquecimento (na base de 20°C) correspondente à estação convencional de aquecimento; Duração da estação de aquecimento; Temperatura exterior de projecto de Verão e Amplitude térmica média diária do mês mais quente.

Os quadros seguintes indicam as alterações, em função da altitude dos locais, a introduzir relativamente ao zonamento e aos dados climáticos de referência indicados no quadro III.1, do RCCTE.

Quadro 4 – Zonamento Climático de Inverno [17]

Zona climática de Inverno do concelho (segundo o quadro III.1)	Altitude (z), do local (m)					
	z > 400 e z ≤ 600		z > 600 e z ≤ 1 000		z > 1 000	
	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus (°C.dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)
I <sub>1</sub> .....	I <sub>2</sub>	z + 1 500 — 6,7	I <sub>3</sub>	z + 1 700 — 7,3	I <sub>3</sub>	z + 1 900 — 8
I <sub>2</sub> .....	I <sub>2</sub>	Quadro III.1 —	I <sub>3</sub>	z + 1 700 — 7,3	I <sub>3</sub>	z + 1 900 — 8
I <sub>3</sub> .....	I <sub>3</sub>	Quadro III.1	I <sub>3</sub>	Quadro III.1	I <sub>3</sub>	z + 1 900 — 8

Quadro 5 - Zonamento Climático de Verão [17]

Zona climática de Verão do concelho	Altitude (z) do local (m)							
	z > 600 e z ≤ 800		z > 800 e z ≤ 1 000		z > 1 000 e z ≤ 1 200		z > 1 200	
	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)
V <sub>1</sub> .....	V <sub>1</sub>	Quadro III.1	V <sub>1</sub>	30	V <sub>1</sub>	29	V <sub>1</sub>	27
V <sub>2</sub> .....	V <sub>2</sub>	Quadro III.1	V <sub>1</sub>	31	V <sub>1</sub>	29	V <sub>1</sub>	27
V <sub>3</sub> .....	V <sub>2</sub>	33	V <sub>1</sub>	31	V <sub>1</sub>	29	V <sub>1</sub>	27

A acção combinada do vento e chuva [4] tem uma influência muito importante na durabilidade das fachadas ventiladas. Apesar de uma das principais funções dos sistemas de fachadas ventiladas ser minimizar este efeito sobre o edifício, não deixam de ser afectadas por ele.

Em termos de acção do vento, O RSA [18] considera que Portugal se divide em duas zonas distintas, sendo:

- Zona A – A generalidade do território, com excepção das regiões pertencentes à zona B;
- Zona B – Os arquipélagos dos Açores e da Madeira e as regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5 km de largura ou altitudes superiores a 600 m.

Consideram-se, no RSA [18], dois tipos de rugosidade aerodinâmica, para ter em conta a variação da acção do vento com a altura acima do solo, sendo:

- Rugosidade do tipo I – a atribuir aos locais situados no interior de zonas urbanas em que predominem edifícios de médio e de grande porte;
- Rugosidade do tipo II – a atribuir aos restantes locais, nomeadamente zonas rurais e periferias urbanas.

As pressões ou depressões que se exercem sobre as fachadas e coberturas podem se calculadas multiplicando os valores da pressão dinâmica do vento  $w$  (Pa) pelos coeficientes de pressão definidos no RSA [18].

Quadro 6 - Valores característicos da pressão dinâmica do vento –  $w$  [Pa], segundo o RSA [18]

Altura Acima do Solo $h$ [m]	<i>Estruturas Identicamente Solicitadas pelo Vento</i>				<i>Restantes Estruturas</i>			
	Zona A		Zona B		Zona A		Zona B	
	Rugosidade		Rugosidade		Rugosidade		Rugosidade	
	Tipo I	Tipo II	Tipo I	Tipo II	Tipo I	Tipo II	Tipo I	Tipo II
0	921	1212	1115	1467	709	932	857	1128
10	921	1212	1115	1467	709	932	857	1128
15	921	1347	1115	1630	709	1036	857	1254
20	1025	1454	1240	1760	788	1119	954	1353
40	1309	1759	1584	2129	1007	1353	1219	1638
70	1616	2064	1956	2498	1243	1588	1505	1921
120	2000	2419	2420	2927	1538	1861	1861	2251

Em relação à pluviosidade o território Nacional é dividido em 3 zonas em função da altitude com se pode observar na figura seguinte.

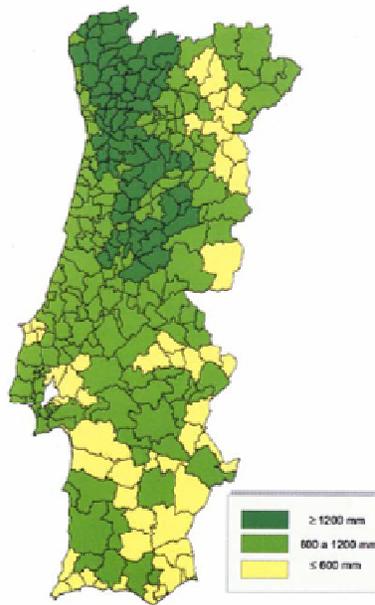


Fig.19 – Distribuição da quantidade de precipitação – Portugal Continental [15]

As zonas localizadas acima dos 1200 metros apresentam uma precipitação muito intensa, as zonas situadas entre os 600 e os 1200 metros têm uma precipitação moderada, enquanto que as zonas com uma altitude inferior aos 600 metros são pouco pluviosas.

#### 4.2.6. FACTOR F – CONDIÇÕES DE USO

Na avaliação das características do uso deverão ser considerados todas as fachadas que sejam sujeitas a determinadas acções de desgaste, consoante o uso do local onde sejam aplicados e a sua exposição aos mesmos. A variação da exposição à acção dos choques dos revestimentos exteriores varia de edifício para edifício e depende essencialmente da área de actividade do edifício e do tipo de ocupação (privada ou pública). As acções de desgaste mais relevantes são os choques, impactos, riscagens e vandalismo.

A norma BS 8200:1985 define 6 categorias, consoante o tipo de exposição a impactos dos paramentos exteriores dos edifícios. As categorias são as seguintes:

Quadro 7 - Categorias associadas com impactos nas superfícies da envolvente vertical dos edifícios [5]

Category	Description	Examples	
A	Readily accessible to public and others with little incentive to exercise care. Prone to vandalism and abnormally rough use	External walls of housing and public buildings in vandal prone areas	Zone of wall up to 1.5 m above pedestrian or floor level
B	Readily accessible to public and others with little incentive to exercise care. Chances of accident occurring and of misuse	Walls adjacent to pedestrian thoroughfares or playing fields when not in category A	
C	Accessible primarily to those with some incentive to exercise care. Some chance of accident occurring and of misuse	Walls adjacent to private open gardens. Back walls of balconies	
D	Only accessible, but not near a common route, to those with high incentive to exercise care. Small chance of accident occurring or of misuse	Walls adjacent to small fenced decorative garden with no through paths	
E	Above zone of normal impacts from people but liable to impacts from thrown or kicked objects	1.5 m to 6 m above pedestrian or floor level at location categories A and B	
F	Above zone of normal impacts from people and not liable to impacts from thrown or kicked objects	Wall surfaces at higher positions than those defined in E above	

Nesta tabela pode-se concluir que as zonas dos edifícios com alturas superiores a 6 metros, categoria F, estão mais protegidas em relação a impactos que as restantes categorias.

#### 4.2.7. FACTOR G – NÍVEL DE MANUTENÇÃO

A vida útil de referência de um elemento é indicada com o pressuposto que existirá um determinado nível de manutenção. O nível de manutenção deve considerar um conjunto de acções aplicadas aos produtos da construção, de modo a permitir que estes desempenhem a sua função durante o período de vida estimado.

Entende-se por acções de manutenção, as operações de limpeza, incluindo lavagens, reparações e substituições de determinados produtos da construção [8].

Os produtos de construção, submetidos a acções decorrentes da utilização normal, devem apresentar, durante a totalidade do seu tempo de vida útil, um aspecto idêntico ao inicial, mesmo que para tal sejam necessárias intervenções de manutenção, de reparação e/ou de substituição parcial de acordo com o definido pelo fabricante.

A periodicidade das intervenções está frequentemente relacionada com a agressividade do meio em que os produtos da construção vão estar inseridos e com a intensidade das solicitações a que os mesmos vão estar sujeitos [15].

A vida útil de uma fachada e dos seus componentes deve estar relacionada com a vida útil do edifício mas não tem que ser exactamente a mesma. O sistema de fachadas ventiladas também designados por revestimentos descontínuos e independentes devem ser, tal como o nome indica, independentes da estrutura do edifício e devem permitir a sua substituição total ou parcial, durante a vida útil do edifício. O projectista deve dentro do possível estimar a durabilidade mínima do sistema de fachada, considerando a manutenção de rotina necessária que pode incluir a reparação e substituição de algumas partes do sistema, e transmitir essa informação ao proprietário do edifício [5].

Ao nível da manutenção é importante considerar os seguintes pontos para calcular o índice aplicável neste factor:

- Existe um plano de manutenção e encontra-se implementado;
- As inspecções são ou não realizadas conforme o plano previsto;

- As intervenções são adequadas em qualidade e em número;
- O acesso aos componentes da fachada é fácil;



## 5

## MATRIZ DE DURABILIDADE

## 5.1. PROPOSTA DE UMA MATRIZ DE DURABILIDADE

Quadro 8 – Proposta da Matriz de Durabilidade

Matriz de Durabilidade			
Factores		Classificação	
<b>QUALIDADE</b>	<b>A</b>	<b>Qualidade do Produto de Construção</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Com declaração de conformidade CE;</li> <li>Com certificado de qualidade ISO 9001:2000;</li> <li>Os elementos a aplicar foram ensaiados em laboratórios certificados e cumprem todas as normas dos parâmetros a que foram avaliados.</li> </ul>	1,2
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Com declaração de conformidade CE;</li> <li>Sem certificado de qualidade ISO 9001:2000;</li> </ul>	1,0
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Sem declaração de conformidade CE;</li> <li>Sem certificado de qualidade ISO 9001:2000;</li> <li>As placas e o sistema de fixação não cumprem as respectivas normas.</li> </ul>	0,8
	<b>B</b>	<b>Nível de Qualidade do Projecto</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordenação perfeita entre as peças desenhadas e escritas;</li> <li>Os desenhos estão à escala adequada;</li> <li>Pormenores construtivos muito bem detalhados e em número adequado;</li> <li>O Projectista tem experiência e domina o sistema a implementar;</li> <li>Participação dos fabricantes na elaboração do projecto;</li> <li>O Projecto inclui Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas.</li> </ul>	1,2
		1,0	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>As peças desenhadas são de fácil compreensão;</li> <li>Pormenores construtivos bem detalhados;</li> <li>O Projectista tem alguma experiência mas não domina o sistema a</li> </ul>	

		implementar.	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>As peças desenhadas são de difícil compreensão;</li> <li>Pormenores construtivos pouco detalhados;</li> <li>O Projectista tem pouca experiência no sistema a implementar.</li> </ul>	0,8
		<b>Nível de Qualidade da Execução</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>A mão-de-obra é qualificada e tem experiência no sistema a aplicar;</li> <li>A fiscalização acompanha todo o processo;</li> <li>As condições climáticas necessárias foram rigorosamente cumpridas;</li> <li>O projectista dá todo o apoio e está presente quando necessário.</li> </ul>	1,2
		<ul style="list-style-type: none"> <li>A mão-de-obra tem pouca experiência no sistema a aplicar;</li> <li>A fiscalização acompanha algumas fases do processo;</li> <li>As condições climáticas necessárias foram cumpridas;</li> <li>O projectista dá algum apoio.</li> </ul>	1,0
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A mão-de-obra não é qualificada;</li> <li>A fiscalização é ausente;</li> <li>Não foram tidas em conta as condições climáticas necessárias;</li> <li>O projectista não deu o apoio necessário.</li> </ul>	0,8	
<b>FACTORES AMBIENTAIS</b>	<b>D</b>	<b>Características do Ambiente Interior</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		No caso das fachadas ventiladas não vamos considerar as características do Ambiente Interior porque não influenciar directamente o elemento em estudo.	1
	<b>E</b>	<b>Características do Ambiente Exterior</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Edifício situado numa Zona Climática pouco agressiva;</li> <li>O edifício tem uma altura inferior a 6 metros;</li> <li>Localiza-se numa zona sem poluição.</li> </ul>	1,2
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Edifício situado numa Zona Climática pouco agressiva;</li> <li>O edifício tem uma altura inferior a 28 metros;</li> <li>Localiza-se numa zona alguma poluição.</li> </ul>	1,0
<ul style="list-style-type: none"> <li>Edifício situado numa Zona Climática agressiva;</li> <li>O edifício tem uma altura superior a 28 metros;</li> <li>Localiza-se numa zona poluída ou zona marítima.</li> </ul>	0,8		
<b>FACTORES OPERACIONAIS</b>	<b>F</b>	<b>Condições de Uso</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Edifício protegido de eventuais choques;</li> <li>Os impactos são inexistentes;</li> <li>O edifício encontra-se num local calmo não sujeito a actos de vandalismo;</li> <li>O edifício destina-se à utilização privada (habitações privadas).</li> </ul>	1,2

<b>G</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifício não sujeito a choques frequentes;</li> <li>• Os impactos são reduzidos;</li> <li>• O edifício encontra-se num local pouco propício a actos de vandalismo;</li> <li>• O edifício destina-se à utilização colectiva (condomínios, escritórios, etc).</li> </ul>	1,0
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifício sujeito a choques frequentes;</li> <li>• Os impactos são violentos;</li> <li>• O edifício encontra-se num local propício a actos de vandalismo;</li> <li>• O edifício destina-se à utilização pública (Superfícies Comercias, Hospitais, Escolas, etc);</li> <li>• Edifício sujeito a fortes vibrações devido ao tráfego automóvel, ou devido a metro ou comboio ou actividades industriais [16].</li> </ul>	0,8
	<b>Nível de Manutenção</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe plano de manutenção e encontra-se implementado;</li> <li>• As inspecções são realizadas conforme o plano previsto;</li> <li>• As intervenções são adequadas em qualidade e em número;</li> <li>• O acesso é fácil;</li> </ul>	1,2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe plano de manutenção;</li> <li>• As inspecções são realizadas sempre que solicitadas;</li> <li>• As intervenções são adequadas mas em número reduzido;</li> <li>• O acesso é complicado.</li> </ul>	1,0
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não existe plano de manutenção;</li> <li>• As inspecções são realizadas muito raramente;</li> <li>• As intervenções são de pouca qualidade e em número reduzido;</li> <li>• O acesso é complicado e exige meios onerosos.</li> </ul>	0,8

## 5.2. TESTE DA MATRIZ PROPOSTA

Neste ponto, pretende-se efectuar a aplicação da Matriz de Durabilidade com base no Método Factorial, a um determinado projecto mas experimentando duas soluções de revestimento diferentes, para se compreender a aplicação dos seus índices no cálculo da estimativa da Vida Útil de uma fachada ventilada.

Assim temos:

Quadro 9 – Aplicação a um caso concreto – Descrição de Projecto

<b>Descrição Genérica do Projecto</b>	
<b>Tipo de Edifício</b>	Edifício Multifamiliar.
<b>Localização</b>	Rua do Bicalho – Massarelos (na marginal do Rio Douro.
<b>Implantação</b>	Edifício isolado com acesso pela via pública.
<b>Uso</b>	Comércio no R/C e habitação nos restantes pisos.

<b>Pisos</b>	R/C + 6.
<b>Características do Projecto</b>	No Projecto de Execução os Desenhos estão à escala adequada ao trabalho a executar em obra; inclui Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas; Boa coordenação entre as peças desenhadas e escritas.
<b>Mão-de-Obra</b>	Qualificada e com experiência.
<b>Fiscalização</b>	Regular.
<b>Vida de projecto do edifício</b>	60 anos
<b>Plano de Manutenção</b>	Existe e encontra-se implementado

Para testar a matriz foi inicialmente escolhido um revestimento em placas de resinas fenólicas termoendurecidas (HPL) da Trespa Meteon por ser um material muito versátil e por ser fabricado por uma empresa que prima pela qualidade dos seus produtos. O tempo de vida útil de referência para as placas foi baseado nos dados fornecidos pelo fabricante, sendo as condições relativas à sua previsão de acordo com ensaios de durabilidade normalizados nos países de origem.

Quadro 10 – Material 1 – características das placas de revestimento

<b>Características das Placas</b>	
<b>Denominação</b>	Trespa Meteon FR.
<b>Descrição do produto</b>	Placas de resinas fenólicas termoendurecidas (HPL).
<b>Certificações e Marcações</b>	Certificação pelas normas ISO 9001 e 14001 e pelos seguintes institutos: TORROJA, KOMO, DIBt, BUTgb, BBAe CSTB; Certificado de conformidade CE.
<b>Especificações Técnicas</b>	Avis Technique 2/06-1223.
<b>Vida Útil de Referência</b>	50 anos.
<b>Propriedades do Produto</b>	Em conformidade com a norma EN 438.

Apresentam-se de seguida a tabela com a consideração das condições do projecto e as características do elemento em estudo que influenciam na estimativa da vida útil, segundo o Método Factorial, bem como os respectivos Índices aplicáveis a cada factor modificador.

Quadro 11 – Teste da Matriz de Durabilidade - Material 1

<b>Matriz de Durabilidade</b>			
<b>Factor Modificador</b>		<b>Classificação</b>	
<b>QUALIDADE</b>	<b>Factor A</b>	<b>Placas Trespa Meteon FR</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com declaração de conformidade CE;</li> <li>• Com certificado de qualidade ISO 9001:2000;</li> <li>• Os elementos a aplicar foram ensaiados em laboratórios certificados e cumprem todas as normas dos parâmetros a que foram avaliados.</li> </ul>	1,2
	<b>Factor B</b>	<b>Nível de Qualidade do Projecto</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa coordenação entre as peças desenhadas e escritas;</li> <li>• Os desenhos estão à escala adequada;</li> <li>• Pormenores construtivos muito bem detalhados e em número adequado;</li> <li>• O Projecto inclui Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas.</li> </ul>	1,2
	<b>Factor C</b>	<b>Nível de Qualidade da Execução</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• A mão-de-obra é qualificada e tem experiência no sistema a aplicar;</li> <li>• A fiscalização acompanha todo o processo;</li> <li>• As condições climáticas necessárias foram rigorosamente cumpridas;</li> </ul>	1,2
<b>FACTORES AMBIENTAIS</b>	<b>Factor D</b>	<b>Características do Ambiente Interior</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		No caso das fachadas ventiladas não vamos considerar as características do Ambiente Interior porque não influenciar directamente o elemento em estudo.	1
	<b>Factor E</b>	<b>Características do Ambiente Exterior</b>	<b>Índice Aplicável</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifício situado numa Zona Climática pouco agressiva;</li> <li>• Localiza-se numa zona poluída e junto ao Rio Douro.</li> </ul>		0,8	

<b>FACTORES OPERACIONAIS</b>	<b>Factor F</b>	<b>Condições de Uso</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifício não sujeito a choques frequentes;</li> <li>• O edifício encontra-se num local pouco propício a actos de vandalismo;</li> <li>• O edifício destina-se à utilização colectiva</li> </ul>	1,0
	<b>Factor G</b>	<b>Nível de Manutenção</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe plano de manutenção e encontra-se implementado;</li> <li>• As inspecções são realizadas conforme o plano previsto;</li> <li>• As intervenções são adequadas em qualidade e em número;</li> <li>• O acesso é fácil;</li> </ul>	1,2

Conforme anteriormente, o método para estimar a vida útil de determinado produto da construção expressa-se na seguinte fórmula:

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$$

A=1,2

B=1,2

C=1,2

D=1

E=0,8

F=1

G=1,2

VUR= 50

Assim temos,

$$VUE = 50 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,2 \times 1 \times 0,8 \times 1 \times 1,2 = 83 \text{ anos.}$$

Assim para o elemento em estudo temos uma vida útil estimada de 83 anos. O edifício tem uma vida útil estimada de 60 anos. Por isso em condições normais de uso não será necessário substituir o revestimento da fachada ventilada durante o tempo de vida útil do edifício.

Agora, vai ser testado para o mesmo edifício outro tipo de revestimento com placas de cerâmico Face da Soladrilho.

Quadro 12 – Material 2 – características das placas de revestimento

<b>Características das Placas</b>	
<b>Denominação</b>	Face - Soladrilho.
<b>Descrição do produto</b>	Placas de revestimento cerâmico
<b>Certificações e Marcações</b>	Certificação pelo seguinte instituto : UKAS.
<b>Especificações Técnicas</b>	Não especificado.
<b>Vida Útil de Referência</b>	40 anos.
<b>Propriedades do Produto</b>	Em conformidade com a norma EN 10545.

Apresentam-se de seguida a tabela com a consideração das condições do projecto e as características do elemento em estudo que influenciam na estimativa da vida útil, segundo o Método Factorial, bem como os respectivos Índices aplicáveis a cada factor modificador.

Quadro 13 – Teste da Matriz de Durabilidade - Material 2

<b>Matriz de Durabilidade</b>			
<b>Factor Modificador</b>		<b>Classificação</b>	
<b>QUALIDADE</b>	<b>Factor A</b>	<b>Placas Face - Soladrilho</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Sem declaração de conformidade CE;</li> <li>Sem certificado de qualidade ISO 9001:2000;</li> </ul>	0,8
	<b>Factor B</b>	<b>Nível de Qualidade do Projecto</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Boa coordenação entre as peças desenhadas e escritas;</li> <li>Os desenhos estão à escala adequada;</li> <li>Pormenores construtivos muito bem detalhados e em número adequado;</li> <li>O Projecto inclui Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas.</li> </ul>	1,2
	<b>Factor C</b>	<b>Nível de Qualidade da Execução</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>A mão-de-obra é qualificada e tem experiência no sistema a aplicar;</li> <li>A fiscalização acompanha todo o processo;</li> <li>As condições climáticas necessárias foram</li> </ul>	1,2

		rigorosamente cumpridas;	
<b>FACTORES AMBIENTAIS</b>	<b>Factor D</b>	<b>Características do Ambiente Interior</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		No caso das fachadas ventiladas não vamos considerar as características do Ambiente Interior porque não influenciar directamente o elemento em estudo.	1
	<b>Factor E</b>	<b>Características do Ambiente Exterior</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifício situado numa Zona Climática pouco agressiva;</li> <li>• Localiza-se numa zona poluída e junto ao Rio Douro.</li> </ul>	0,8
<b>FACTORES OPERACIONAIS</b>	<b>Factor F</b>	<b>Condições de Uso</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifício não sujeito a choques frequentes;</li> <li>• O edifício encontra-se num local pouco propício a actos de vandalismo;</li> <li>• O edifício destina-se à utilização colectiva</li> </ul>	1,0
	<b>Factor G</b>	<b>Nível de Manutenção</b>	<b>Índice Aplicável</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe plano de manutenção e encontra-se implementado;</li> <li>• As inspecções são realizadas conforme o plano previsto;</li> <li>• As intervenções são adequadas em qualidade e em número;</li> <li>• O acesso é fácil;</li> </ul>	1,2

Conforme anteriormente, o método para estimar a vida útil de determinado produto da construção expressa-se na seguinte fórmula:

Assim temos,

$$VUE = 40 \times 0,8 \times 1,2 \times 1,2 \times 1 \times 0,8 \times 1 \times 1,2 = 44 \text{ anos.}$$

Assim para o elemento em estudo temos uma vida útil estimada de 44 anos. O edifício tem uma vida útil estimada de 60 anos e o revestimento de fachada é passível de substituição que apesar de dispendiosa pode ser comportável, logo este produto deverá ser considerado como elemento substituível.

# 6

## RECOMENDAÇÕES PARA A MANUTENÇÃO

### 6.1. A MANUTENÇÃO

A manutenção é parte integrante do processo da durabilidade, tendo um papel crucial na coordenação do desempenho funcional e estético do revestimento em causa.

Para que a manutenção seja eficaz e possa contribuir de forma decisiva para a durabilidade, torna-se necessário que seja elaborado um manual de manutenção e deve ser entregue ao proprietário do edifício mal este esteja pronto. Este documento deve conter todos os procedimentos normais de manutenção, assim como, deve alertar para algumas situações menos vulgares mas que necessitem de uma intervenção mais urgente por parte de especialistas. Em relação às fachadas ventiladas o documento deve conter toda a informação necessário a sua inspecção, manutenção e limpeza das fixações se necessário. Deve definir o intervalo de tempo entre intervenções [7].

#### Fixações

A durabilidade das fixações é muito importante visto os elementos de fixação não serem na maior parte da vezes acessíveis para manutenção periódica e serem normalmente constituídas por madeira ou metal, ou seja, por materiais susceptíveis de deterioração acelerada se não cumprirem determinados requisitos mínimos de durabilidade.

Como existem componentes metálicos em todas as soluções de fixação, será de todo conveniente determinar as características mínimas dos metais a utilizar no sistema em estudo.

Os metais utilizados com mais frequência são o aço inoxidável e o alumínio para fixações pontuais e fixações contínuas respectivamente, mas visto serem normalmente utilizados componentes em aço na realização de fixações contínuas, é conveniente definir os acabamentos mínimos a que o aço deverá ser sujeito.

Deve-se dar especial atenção a estes pequenos componentes, visto serem frequentemente responsáveis pelo início do processo de deterioração de todo o sistema através da sua corrosão.

Consoante a atmosfera exterior a que a fachada está sujeita, as características mínimas dos metais a utilizar são distintas, pelo que é necessário ter especial atenção a este aspecto.

Muitas vezes a fixações ficam expostas por razões arquitectónicas (fixações à vista). Quando as fixações são acessíveis a sua durabilidade depende da manutenção que deve ser feita regularmente. O método de limpeza é feito normalmente com água sobre pressão. Nas fixações em aço inoxidável para

manter a sua aparência requerem uma manutenção regular. O aço inoxidável pode ser limpo com sabão, detergente ou uma solução de amónia, que deve ser usado com uma escova. Depois deve-se passar água e um pano seco. É recomendável que as fixações à vista sejam inspeccionadas para verificar se ocorrem danos mecânicos, contaminações superficiais ou corrosão, em função da agressividade do meio em que se inserem. Quando as fixações são de materiais menos resistentes é necessária uma inspecção mais regular para detectar qualquer defeito que possa afectar a durabilidade esperada [7].

Na verdade a maior parte das fixações não são acessíveis. Nas fixações ocultas o acesso directo é praticamente impossível sem a remoção das placas, pelo que o projectista deve escolher materiais que não necessitem de manutenção e que sejam muito resistentes. É por isso muito importante que seja garantida uma boa execução desde a concepção dos materiais até à sua instalação para assegurar uma performance a longo prazo. Neste tipo de fixações normalmente não é necessário efectuar inspecções durante a vida útil do edifício, mas caso seja necessário pode-se recorrer a um cabo de fibra óptica para esse efeito. As fixações ocultas não podem ser consideradas seladas e isoladas. A água e os ácidos podem penetrar dentro da câmara-de-ar e danificar as fixações. Alguns revestimentos exteriores são limpos com líquidos à base de ácidos e apesar dos revestimentos oferecerem alguma protecção, a água e os produtos de limpeza podem conseguir entrar na câmara-de-ar. Soluções de ácidos fortes nunca devem entrar em contacto com qualquer metal, incluindo o ácido inoxidável. Se isso ocorrer, deve-se fazer todos os possíveis para retirar os ácidos, aplicando água abundantemente e depois deve-se chamar um especialista para observar [25].

### **Revestimento Exterior – Painéis**

O sistema de fachada ventilada deve ser alvo de uma inspecção de rotina após a sua instalação para evitar que os agentes de degradação desencadeiem patologias indesejáveis. O programa de inspecção deve estar de acordo com as recomendações do responsável pelo projecto e deve fazer parte do manual de manutenção. A frequência destas acções deve ser: duas vezes no primeiro ano de vida do edifício e anual, daí para a frente, excepto nos casos em que haja, por exemplo, uma tempestade, actos de vandalismo ou outro tipo de situações que possa danificar os painéis de revestimento. Para manter o revestimento com um aspecto limpo, o proprietário deve incluir a limpeza dos painéis, na operação de manutenção anual, devendo conciliar esta acção com a limpeza das janelas. O agendamento deste tipo de rotina depende de vários factores como o tipo de ocupação e uso do edifício (condomínio, hospital, escritórios, espaço comercial, etc), a sua localização em função aos agentes de degradação e do tipo de material utilizado nos painéis. Normalmente para este tipo de limpeza basta esfregar uma solução suave de detergente ou sabão e água, seguido de uma passagem com água limpa e depois um pano para absorver a água, utilizando técnicas padrão de limpeza, é tudo o que é normalmente exigido [6].

No caso de as placas serem em pedras naturais, por exemplo nos granitos, é necessário proceder a processos de limpeza mais complexos e onerosos. Esses processos de limpeza são os seguintes.

- Procedimentos mecânicos a seco – Tem por objectivo a dissolução de eflorescências e sujidade que aderiu as placas. São procedimentos lentos que exigem mão-de-obra especializada. Utilizam-se escovas de disco.
- Procedimentos mecânicos com água – Tem por objectivo a dissolução de eflorescências e sujidade que aderiu as placas. Consiste em humedecer a superfície com o objectivo de amolecer a sujidade acumulada, limpando-se depois com escovas de diferentes durezas consoante o tipo de placas.

- Sistemas de projecção de água sob pressão - Tem por objectivo a dissolução de eflorescências e sujidade que aderiu as placas. Consiste em projectar água com regulação através de uma pistola.
- Sistemas de projecção de partículas – Tem por objectivo a desincrustação de superfícies corroídas e acção de decapagem. A projecção de partículas sob a forma de areia ou pó de vidro elimina os inconvenientes da água e aumenta a eficácia da decapagem. Necessita de mão-de-obra muito especializada.
- Aplicação de produtos químicos - Tem por objectivo o desprendimento da sujidade e desincrustação dos depósitos acumulados. O produto sobre a forma líquida ou em pasta é mantido durante determinado período de tempo, segundo as especificações, sendo depois retirado, lavando-se de seguida a superfície.
- Aplicações de raios laser – Tem por objectivo a desincrustação de parâmetros pétreos deteriorados de não consolidados. Através de uma emissão fotónica eliminam a sujidade sem atacar nem alterar a superfície pétre da placa de granito. O raio laser provoca a microfissuração das crostas vaporizando-as instantaneamente, transmitindo apenas calor à superfície da pedra.

Após a limpeza da fachada deve-se proceder à aplicação de produtos de protecção biocida, anti-grafitti e de hidrofugação [24].



## CONCLUSÕES

### 7.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Com a publicação da norma ISO 15686, o Método Factorial tem vindo a despertar um crescente interesse e começam a surgir estudos que pretendem contribuir para a previsão quantificada da durabilidade dos produtos da construção de modo a permitir a opção por determinada solução construtiva na fase de projecto.

Dada a importância que as fachadas ventiladas actualmente assumem na solução dos diversos problemas construtivos dos edifícios, designadamente térmicos e infiltrações de humidades, o presente trabalho propôs-se aplicar o Método Factorial ao estudo da durabilidade de uma fachada ventilada, procurando definir, no caso português, os seus factores modificadores.

De referir que, embora a sua identificação “in situ” possa não ser totalmente exaustiva e estes factores se encontrem ainda em fase de definição e teste, procura-se de uma forma realista encontrar soluções que permitam seleccionar as melhores opções na fase de projecto.

É importante referir que os valores obtidos são estimados pelo que devem ser interpretados como indicativos de uma probabilidade de ocorrência e não como valores exactos. A matriz proposta servirá sobretudo para análises comparativas entre soluções e não para estimar valores absolutos de vida útil.

### 7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O presente trabalho centrou-se fundamentalmente no estudo da durabilidade do sistema de fachadas ventiladas. Ora este tema abarca muitos outros domínios, que merecem ser objecto de desenvolvimentos futuros. De referir: análise custo-benefício com vista a avaliar a real diferença de custo entre este sistema e outros sistemas alternativos; estudo de sistemas modulares para optimização da sua execução e dos seus desempenhos, procurando atingir um aperfeiçoamento contínuo, através da sua aplicação em casos concretos.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] – APCER – *Guia Interpretativo – ISO 9001:2000 – 2003*.
- [2] Amaral, Marco; Mendes, Francisco. *Durabilidade dos Revestimentos em Madeira*. Seminário de Construções 2, FEUP, 2003.
- [3]- APCER – *Guia Interpretativo – ISO 9001:2000 – 2003*.
- [4]- BRE – Building Elements Performance, diagnosis, maintenance, repair and the avoidance of defects – “Walls, Windows and Doors” – 1998.
- [5]- BS 8200:1985. *Code of practice for -Design of non-loadbearing external vertical enclosures of buildings*. British Standards (BSi).1985
- [6]- CEP. *Rainscreen System Installation Data & Details*. 2008.
- [7]- CIRIA. *Cladding Fixings. good practice guidance*.2000.
- [8] – Comissão das Comunidades Europeias (CEE). *Directiva do Conselho n.º 89/106/CEE – Directiva dos Produtos de Construção (DPC)*, Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.ºL40, 11/02/1989, p.13, Bruxelas,1993.
- [9] – *Bureau de Controle Pour la Sécurité de la Construction*. Guides des performances du bâtiment. CSTC, Bruxelas, 1980.
- [10] - Construlink. *Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior*. Ficha Técnica, 2007.
- [11] – Construlink. *Dossier Técnico e Económico – Fachadas Ventiladas* . Ficha Técnica, 2006.
- [12] – Cunha, Márcio M. F. *Desenvolvimento de um Sistema Construtivo de Fachadas Ventiladas*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.
- [13]- FEITAS, Vasco Peixoto. *Isolamento térmico de fachadas pelo exterior .Sistema HOTSkin*. Relatório HT 191A/02, MAXIT – Tecnologias de Construção e Renovação, Lda. Porto - 2002.
- [14]- ITE 25. *Exigências Funcionais de Revestimentos de Paredes*. LNEC, Lisboa, 1990.
- [15] – Matos, Maria José da Silva. *Durabilidade como Critério de Projecto – O Método Factorial no Contexto Português*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2007.
- [16] - NBS –*Section H92 – Rainscreen Cladding*. Norma. 2006
- [17]-- RCCTE - *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril,2006.
- [18]- RSA. *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*. Decreto-lei n.º 235 / 83, de 31 de Maio, 1983
- [19] - Rodrigues, Adelino de A. *Fachadas com Revestimentos Exteriores Descontínuos e Independentes*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2003.
- [20]- Sá, Ana Margarida V. D. O. *Durabilidade de Cimentos-cola*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2005.
- [21] - Santos, Carlos Pina. *Evolução das Soluções de Paredes Face a Novas Exigências Regulamentares*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Lisboa, 2007.
- [22] – Sousa, Augusto V.S. *Manual de Alvenaria de Tijolo*, Apicer, Coimbra, 2000.

[23]- Sousa, Augusto V.S., Freitas, Vasco. *Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos. Alvenaria de Tijolo*, Apicer, Coimbra, 2003.

[24] – Sousa, Fernando C., Teixeira, Bernardo. *Durabilidade na Construção*. Seminário de Construções 2, FEUP, 2003.

[25]— TRESPA – *Sistema de revestimiento de fachadas ventiladas con placas TRESPA METEON FR*. Documento de idoneidad técnica – 2005.

[26] – UEAtc – *Directivas comuns UEAtc para a homologação de fachadas leves*. Tradução 587,Lisboa,LNEC, 1974

[27] – Veiga, Maria do Rosário. *Revestimentos de Paredes de Edifícios Recentes*. Seminário, FAUL, 2007.

#### Internet:

[28] - <http://www.allface.at/pdfs/Allface%20Technic%20Folder%20ENG.pdf>. 20/12/2008

[29] - <http://www.inor.pt/?1&it=catalogo&mop=1>. 01/01/2009

[30] - <http://www.ulmapolimero.com/pt/sistemas-prefabricados-para-fachadas-ventiladas/eficiencia-energetica/>. 26/12/2008

[31] - <http://www.allface.at/pdfs/Allface%20Technic%20Folder%20ENG.pdf>. 10/01/2009

[32] - [www.metalwerksusa.com](http://www.metalwerksusa.com) . 12/01/2009

[33] - [www.u-kon.com](http://www.u-kon.com). 12/01/2009

[34] - [www.porcelanosa.com](http://www.porcelanosa.com) – 15/01/2009