

DURABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

Estimativa da vida útil de revestimentos
cerâmicos de fachadas

CARLOS ALVARINO DA SILVA LOPES

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

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JUNHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ 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

🌐 <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 - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

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.

À minha querida esposa e filhos

AGRADECIMENTOS

Ao terminar este projecto gostaria de agradecer a todos os que me ajudaram e me incentivaram.

Agradeço à Professora orientadora Doutora Maria Helena Corvacho todo o apoio dado e disponibilidade prestada.

Ao Eng. Dinis Silvestre, do IST, agradeço-lhe por toda a documentação que amavelmente me disponibilizou.

RESUMO

Os revestimentos cerâmicos em fachadas cumprem um papel importante no desempenho global dos edifícios, não só no que diz respeito à estética proporcionada, como também pelo aspecto de durabilidade, valorização e eficiência dos imóveis. As patologias associadas, a este tipo de revestimentos, podem ter origem na concepção ou na execução. As patologias mais frequentes em fachadas de edifícios são: a fissuração, a perda de aderência e as que decorrem da presença da água.

A partir do levantamento fotográfico realizado no âmbito deste projecto, concluiu-se que não só edifícios antigos como também as novas edificações apresentam as mais variadas patologias, mesmo apesar de toda a evolução tecnológica da indústria da construção e do processo de fabrico de cerâmicos.

Neste trabalho, baseado nas determinações da norma ISO 15686, apresenta-se e discute-se o Método Factorial. Este permite estimar a vida útil de materiais e componentes, neste caso revestimentos cerâmicos colados em fachadas, e planear a periodicidade necessária de manutenção e substituição dos referidos revestimentos.

PALAVRAS-CHAVE: durabilidade, revestimento cerâmico, patologias, método factorial, vida útil.

ABSTRACT

The ceramic tiling in façades fulfill an important paper in the global performance of the buildings, not only in what it says aesthetic respect to the proportionate one, as well as for the aspect of durability, valuation of the property and efficiency of these. The Building pathology associates, to this type of coverings, can have origin in the conception or the execution. The Building pathology most frequent in façades of buildings are: the fissuration, the loss of tack and the ones that elapse of the presence of the water.

From the photographic survey carried through in the scope of this work, it was concluded that old buildings as well as the new constructions present the most varied Building pathology, although all the technological innovation of the industry of the construction process and the process of ceramic production.

In this work, based on the determination of norm ISO 15686, it is presented and one argued the Factor Method. Which allows calculate the service life of materials and components, in this case adherent ceramic tiling in façades, and to analyze the necessary regularity of maintenance and substitution of related coverings.

KEYWORDS: durability, ceramic tiling, building pathology, Factor Method, service life

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	viii
ÍNDICE FIGURAS	xi
ÍNDICE QUADROS	xiii

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2. INTERESSE E OBJECTIVO DO TRABALHO	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2. CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERENTES EM FACHADAS	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. COMPONENTES DO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO	5
2.2.1. LADRILHOS CERÂMICOS	6
2.2.2. ENQUADRAMENTO NORMATIVO	7
2.2.3. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	10
2.2.3.1. Absorção de água	11
2.2.3.2. Expansão por humidade	12
2.2.3.3. Dilatação térmica	13
2.3. PRODUTOS DE COLAGEM	14
2.4. JUNTAS	18
2.4.1. JUNTAS DE CONSTRUÇÃO ESTRUTURAIS	19
2.4.2. JUNTAS DE CONSTRUÇÃO INTERMÉDIAS	19
2.4.3. JUNTAS DE CONSTRUÇÃO PERIFÉRICAS	20
2.4.4. JUNTAS DE ASSENTAMENTO	20
2.5. PREENCHIMENTO DE JUNTAS	21
2.6. SUPORTE	21
3. CONCEPÇÃO, EXECUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	25

3.1. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS	25
3.2. QUALIDADE DO PROJECTO	28
3.3. CASOS SINGULARES	29
3.3.1. PONTES TÉRMICAS	29
3.3.2. PLANOS CURVOS	30
3.3.3. TOPOS E COROAMENTOS SUPERIORES DO REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS.....	30
3.3.4. PEITORIS	31
3.3.5. ELEMENTOS DE REFORÇO DE PROTECÇÃO DE PONTOS SINGULARES	31
3.3.6. EDIFÍCIOS EM ALTURA.....	32
3.4. MÃO-DE-OBRA QUALIFICADA E FISCALIZAÇÃO	32
3.5. CONSERVAÇÃO, REPARAÇÃO E LIMPEZA	33
3.5.1. CONSERVAÇÃO	33
3.5.2. REPARAÇÃO	34
3.5.3. LIMPEZA	35
3.6. CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERIOR	35
3.6.1. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS ADVERSAS.....	35
3.6.2. ACÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR	36
3.6.3. ACÇÃO COMBINADA VENTO/PRECIPITAÇÃO.....	37
3.6.4. ACÇÃO COMBINADA TEMPERATURA/GEADA	38
4. PATOLOGIAS DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM FACHADAS	41
4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	41
4.2. CAUSAS DAS PATOLOGIAS	42
4.3. ORIGEM DAS PATOLOGIAS.....	44
4.4. TIPOS DE PATOLOGIAS	44
4.5. CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DOS PRINCIPAIS DEFEITOS DE REVESTIMENTOS DE PAREDES... 45	
4.5.1. DESCOLAMENTO E EMPOLAMENTO	45
4.5.2. FISSURAÇÃO	46
4.5.3. JUNTAS DE ASSENTAMENTO	47
4.5.5. QUADRO RESUMO DE PATOLOGIAS	47
4.6. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DE PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS	50
5. DURABILIDADE DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS.....	61

5.1. INTRODUÇÃO	61
5.2. DURABILIDADE	62
5.2.1 DEFINIÇÕES.....	62
5.2.2. MÉTODO FACTORIAL	63
5.3. VIDA ÚTIL DE REFERÊNCIA.....	64
5.4. AGENTES DE DEGRADAÇÃO NOS RCA	66
5.5. FACTORES MODIFICADORES	67
5.5.1. FACTOR A	68
5.5.2. FACTOR B	69
5.5.3. FACTOR C	70
5.5.4. FACTOR D	71
5.5.5. FACTOR E	71
5.5.6. FACTOR F	73
5.5.7. FACTOR G	73
5.5.8. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL	73
5.6. APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO FACTORIAL	74
5.6.1. BALIZAMENTO DOS CASOS A ESTUDAR	74
5.6.2. CONDIÇÕES DOS PROJECTOS EM ESTUDO	74
5.6.2.1. Projecto X.....	75
5.6.2.2. Projecto Y	77
5.6.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS PROJECTOS EM ESTUDO	79
5.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6. CONCLUSÕES	81
6.1. FRAGILIDADES DO MÉTODO FACTORIAL.....	81
6.2. CONCLUSÕES GERAIS	82
6.3. SUGESTÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	82
BIBLIOGRAFIA.....	83
ANEXO - A1	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1– Museum Brandhorst: plaquetas cerâmicas escondem isolamento e reflectem o interior [1] ..	1
Fig. 2.1 – Esquema representativo do sistema RCA, adaptado de [6]	6
Fig. 2.2 – Exemplos de revestimentos cerâmicos para fachadas [8].....	6
Fig. 2.3 – Esquematização de diferentes tipos de juntas adaptado de [20]	18
Fig. 2.4 – Junta dilatação estrutural adaptado de [21].....	19
Fig. 2.5 – Junta de construção intermédia, adaptada de [21]	20
Fig. 2.6 – Exemplo de suporte em alvenaria rebocada adaptada de [21]	22
Fig. 3.1 - Causas de patologias em edifícios (valores médios europeus)	29
Fig. 3.2 – Ponte térmica na ligação laje-paredes em alvenaria [9]	30
Fig. 3.3 – Aspecto de capeamentos com pingadeira [32].....	30
Fig. 3.4 – Influência da geometria nas direcções de escoamento dos peitoris [34]	31
Fig. 3.5 – Dimensão e geometria dos peitoris segundo a D.T.U. 20.1 [33]	31
Fig. 3.6 – Protecção de arestas em aço inoxidável [35]	32
Fig. 3.7 - Radiação solar média anual em Portugal Continental [37].....	36
Fig. 3.8 – Zonamento do território de Portugal Continental em função da acção do vento segundo o RSA [38].....	38
Fig. 3.9 – Número médio anual de dias com geada [9]	39
Fig. 4.1 – Fachadas com várias anomalias e com “rede de segurança”	41
Fig. 4.2 – Percentagem de ocorrências dos grupos de anomalias em fachadas	44
Fig. 4.3 – Edifício em São Félix da Marinha com várias patologias no sistema RCA. Na fig. lado esquerdo visível a fachada Norte e na fig. lado direito visível a fachada Sul.....	50
Fig. 4.4 – Edifício em Mozelos com descolamento generalizado	51
Fig. 4.5 – Edifício em Santa Maria da Feira com descolamento generalizado.....	52
Fig. 4.6 – Revestimento cerâmico com empolamento e posterior descolamento, associados à elevada expansão dos ladrilhos, à falta de qualidade do material de colagem, a erros sistemáticos de aplicação ou à incompatibilidade entre as várias camadas do sistema	53
Fig. 4.7 – Revestimento cerâmico com descolamento e defeitos quanto ao aspecto: eflorescências e alteração da cor de alguns ladrilhos devida à reparação anterior	53
Fig. 4.8 – Revestimento cerâmico com descolamento generalizado em fachadas de edifício de grande altura sem juntas de esquadramento	54
Fig. 4.9 – Revestimento cerâmico com descolamento pontual com grande expansão devido à rotura coesiva do suporte	54
Fig. 4.10 – Revestimento cerâmico com descolamento pontual devido a fissuras no suporte e eflorescências	55
Fig. 4.11 – Revestimento cerâmico com descolamento pontual devido a fissuras provocadas pelos movimentos diferenciais no suporte na ligação laje-platibanda	55
Fig. 4.12 – Revestimento cerâmico com fissuras nas juntas e desnivelamento, devido a movimento diferenciais no suporte, e com eflorescências.....	55
Fig. 4.13 – Revestimento cerâmico com descolamento devido a fissura do suporte no cunhal e entrada de água para o tardo.....	56

Fig. 4.14 – Revestimento cerâmico com anomalias estéticas devido ao desprendimento do vitrado por agressões do meio ambiente	56
Fig. 4.15 – Revestimento cerâmico com anomalias estéticas provocadas por escorrimentos da água do terraço (impermeabilização degradada) devido à fissuração do suporte na ligação viga-murete de protecção.....	56
Fig. 4.16 – Revestimento cerâmico com anomalias estéticas provocadas por fungos	57
Fig. 4.17 – Fissuração do RCA devido à rotação da laje em consola, acentuada pela sujidade acumulada na fissura	57
Fig. 4.18 – Descolamento por falta de aderência da cola ao suporte devido à picagem “pontual” da camada de reboco pintado ser insuficiente para garantir aderência da cola ao suporte	57
Fig. 4.19 – Juntas de dilatação estrutural com funcionamento ineficaz para o revestimento.....	58
Fig. 4.20 – Fissuração dos ladrilhos, devido à fendilhação do suporte, ou movimentos diferenciais suporte-revestimento, ou contracção/expansão do produto de assentamento dos ladrilhos; na figura da direita as arestas foram alvo de acidente ou vandalismo	58
Fig. 4.21 – Variação da cor e escorrências devidas à entrada e saída de água	58
Fig. 4.22 – Sujidade no revestimento e nas juntas devido à acção da água da chuva nos peitoris das janelas	59
Fig. 4.23 – Descolamento em zona muito exposta (fig. esquerda) e escorrimento grave (fig. direita) devido à falta de capeamento superior de protecção contra a água	59
Fig. 4.24 – Aspecto de fissuração de azulejos exteriores no seu vitrado	59
Fig. 4.25 – Degradação de aresta sem protecção, onde são visíveis fissuras no produto aplicado no remate e dessolidarização.	60
Fig. 5.1 – Metodologia para a previsão do tempo de vida útil [4].....	65
Fig. A.1 – Com 46 lajes, o edifício Terra Brasilis tem 130 metros de altura e fachadas revestidas por composição de cerâmica 7,50 x 7,50 cm e porcelanato no formato 30 x 30 cm. Projecto do arquitecto Bruno Ferraz construído em Recife	89
Fig. A.2 – As arquitectas Maria Fernanda Silveira e Ana Luíza Carvalho do Amaral projectaram a nova sede do Clube XV, em Santos, SP. O conjunto é composto por duas torres de 22 pavimentos e cem metros de altura. As fachadas empregam cerâmica e porcelanato de diferentes medidas	91

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Classificação dos ladrilhos cerâmicos segundo a EN 14411 [10] e seus anexos.....	7
Quadro 2.2 – Caracterização das classes de ladrilhos definidas pela norma europeia EN 14411:2003 (Grupos A e B) [12]	8
Quadro 2.3 – Características exigidas para diferentes aplicações [9].....	10
Quadro 2.4 – Valores característicos médios dos ladrilhos cerâmicos [9]	12
Quadro 2.5 – Valores do coeficiente de dilatação térmica linear – α_1 [16]	13
Quadro 2.6 – Classes de cimento-cola (C) adaptado de [9]	15
Quadro 2.7 – Classes de cimento-cola recomendadas para o assentamento de ladrilhos cerâmicos em fachadas adaptado de [18]	15
Quadro 2.8 – Caracterização dos vários tipos de adesivos para ladrilhos cerâmicos adaptado APICER [9]	16
Quadro 2.9 – Métodos de ensaio para avaliar as características fundamentais dos cimentos-cola. [19]	17
Quadro 2.10 – Espessura mínima de juntas de assentamento, em função do tipo de ladrilhos (s = superfície do ladrilho) [9].....	21
Quadro 2.11 – Classificação dos suportes de revestimento cerâmico em paredes exteriores. [19]....	22
Quadro 2.12 – Classificação das paredes em função do tipo e movimentos esperados [27].....	23
Quadro 2.13 – Classificação do suporte em função do desvio de planeza [9].....	23
Quadro 3.1 - Exigências funcionais para revestimentos de paredes aplicáveis ao sistema de revestimento cerâmico colado, adaptado de [19]	25
Quadro 3.2 – Lista de técnicas de reparação curativas (rc), reparação preventivas (rp) e trabalhos de manutenção (m), adaptado de Silvestre [36].....	34
Quadro 3.3 – Valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores em Portugal Continental [9]	36
Quadro 3.4 – Valores do coeficiente de absorção da radiação solar em função da cor [9]	37
Quadro 3.5 – Zonamento segundo a acção do vento definido pelo RSA [38].....	38
Quadro 4.1 – Classificação das causas das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes [22] ..	42
Quadro 4.2 – Tipos de rotura da ligação ao suporte [39]	46
Quadro 4.3 – Tipos de patologias mais correntes em RCA [39].....	48
Quadro 5.1 – Durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções (anos) adaptado de [47].....	63
Quadro 5.2 – Valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes ¹ (anos) [9]	63
Quadro 5.3 – Vida útil expectável dos revestimentos segundo diferentes autores, adaptado de [12] ..	66
Quadro 5.4 – Agentes de degradação [48]	66
Quadro 5.5 - Valores de desvio em relação à condição de referência	67
Quadro 5.6 – Factores modificadores	68
Quadro 5.7 – Factores modificadores associados à qualidade dos produtos do sistema RCA (A)	68
Quadro 5.8 – Factores modificadores associados à qualidade do projecto (B)	70

Quadro 5.9 – Factores modificadores associados à qualidade da execução (C).....	70
Quadro 5.10 – Factores modificadores associados ao ambiente exterior (E)	71
Quadro 5.11 - Factores modificadores associados ao efeito do uso (F)	73
Quadro 5.12 – Factores modificadores associados à manutenção (G).....	73
Quadro 5.13 – Condições genéricas do Projecto X na situação S1	74
Quadro 5.14 – Projecto X: índices aplicáveis aos factores modificadores na situação S1	75
Quadro 5.15 – Projecto X: índices aplicáveis aos factores modificadores na situação S2	76
Quadro 5.16 – Cálculo da vida útil estimada para as várias situações de projecto X.	77
Quadro 5.17 – Projecto Y: índices aplicáveis aos factores modificadores na situação S1	77
Quadro 5.18 – Projecto Y: índices aplicáveis aos factores modificadores na situação S2	78
Quadro 5.19 – Cálculo da vida útil estimada para as várias situações de projecto Y	79

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A utilização de revestimentos cerâmicos como material de acabamento de paredes de fachadas de edifícios tem sido, frequentemente, utilizada ao longo de vários séculos em Portugal.

Os revestimentos cerâmicos em fachadas dão um contributo importante no desempenho global dos edifícios, não só no que diz respeito à estética proporcionada, como também pelo aspecto de durabilidade, valorização do imóvel e eficiência deste.

Usados na construção, em Portugal, desde o século V, pela civilização árabe, continuam a ser uma excelente opção como revestimento nos tempos actuais.

Um exemplo, da actualidade, é o Museum Brandhorst em Munique. Esta construção, revestida em placas cerâmicas em 23 tons diferentes, é uma atracção não só pelas suas obras de arte como também devido ao jogo de cores do revestimento da fachada, tendo já ganho o cognome de "pulôver colorido"[1].



Fig. 1.1– Museum Brandhorst: plaquetas cerâmicas escondem isolamento e reflectem o interior [1]

Mas, apesar de toda a evolução tecnológica da indústria da construção e do processo de fabrico de cerâmicos, as fachadas de edifícios mais antigos como também de novas construções apresentam graves anomalias.

As patologias em revestimentos cerâmicos em fachadas têm várias origens e diversas causas, desde a fase de projecto até à execução. A causa das patologias mais comuns, que ocorre no sistema revestimento cerâmico, deve-se à falta de formação e informação dos profissionais da área, nomeadamente técnicos e ladrilhadores, sem esquecer a incúria dos promotores e construtores, sendo as patologias mais frequentes: os descolamentos de ladrilhos; as fissuras; e as anomalias estéticas.

A complexidade crescente das construções, a falta de sistematização do conhecimento, a inexistência de um sistema efectivo de garantias e de seguros, a velocidade exigida ao processo de construção, as novas preocupações arquitectónicas, a aplicação de novos materiais, a inexistência na equipa de projecto de especialistas em física e tecnologia das construções são causas fundamentais da não qualidade dos edifícios [2].

Segundo o Censos 2001, os principais revestimentos exteriores de paredes são o reboco tradicional (61,9%), as placas de pedra (14,6%) e os ladrilhos cerâmicos (4,5%).

Os custos dos trabalhos em alvenaria, incluindo revestimentos, representam cerca de 12% a 17% do custo global dos edifícios [3]. No entanto, é notória em Portugal a negligência com que são tratadas as paredes de alvenaria face a sua importância não só económica como social. Sendo, estas, as causas de elevada taxa de anomalias que frequentemente implicam a degradação do interior das habitações.

Com o aumento constante das preocupações ambientais e económicas a indústria da construção civil tem uma responsabilidade acrescida, já que no seu processo construtivo, como no seu produto final, são grandes consumidores dos escassos recursos naturais e energéticos.

Nas últimas décadas, com a introdução de um grande número de novos materiais e tecnologias inovadoras, começou a colocar-se com outra premência o problema da durabilidade, uma vez que não é conhecida, à partida, a variação com o tempo do desempenho dessas novas soluções [4].

1.2. INTERESSE E OBJECTIVO DO TRABALHO

Os elementos construtivos do exterior dos edifícios encontram-se mais expostos aos agentes físicos, mecânicos, químicos e biológicos afectando deste modo a durabilidade das várias componentes do revestimento, logo da edificação em si.

É importante conhecer esses agentes e seus mecanismos de degradação, bem como todas as características das componentes do sistema de revestimentos cerâmicos aderentes (RCA) em fachadas de edifícios, pois só deste modo se pode planear e executar construções isentas de patologias.

Daí haver um crescente interesse em torno da determinação da durabilidade e da vida útil dos materiais e componentes de estruturas e edifícios, bem como a integração da durabilidade na concepção e projecto de edifícios. O “dimensionamento” da durabilidade efectuar-se-á como se de um projecto de cálculo estrutural ou projecto de especialidade.

Esta abordagem é feita baseada no Método Factorial, apresentada pela norma ISO 15686-1 [5], que inclui uma introdução para previsões de longo prazo, baseada em exposição, desempenho de avaliação e estimativas dependentes de factores aplicáveis para ajustar à vida útil de referência.

Este tema tem todo o interesse para o autor, na medida em que exerce actividade profissional neste ramo. Situações relacionadas com o tema abordado, neste trabalho, são frequentemente observadas no quotidiano. Este projecto irá contribuir para aprofundar os conhecimentos e adquirir novas competências profissionais.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Relativamente à estrutura do presente trabalho, este encontra-se dividido em seis capítulos.

No presente capítulo, foi efectuado o enquadramento do tema assim como a descrição do objectivo do trabalho e a metodologia utilizada para o alcançar.

No capítulo 2, efectua-se a caracterização, que se pretende que seja exaustiva, de todo o sistema de revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas, nos seus vários componentes, incluindo o enquadramento normativo.

No capítulo 3, caracteriza-se o ambiente exterior para poder quantificar os factores modificadores. Aborda-se a qualidade do projecto e da qualidade de execução.

No capítulo 4, estuda-se as anomalias que as fachadas revestidas a ladrilhos colados padecem. São referidas as causas, origens, tipos e consequências dos principais defeitos no sistema RCA. Para exemplificar, mostram-se todas as patologias encontradas num levantamento fotográfico realizado na área residencial do autor.

No capítulo 5, estuda-se a durabilidade do sistema RCA através da aplicação do Método Factorial. É elaborada uma análise dos factores que influenciam a vida útil do sistema, quantificando-os, para estimar a vida útil do sistema RCA. Para demonstrar a facilidade de aplicação do método, propôs-se um caso prático e tiraram-se as devidas conclusões para o caso proposto.

No capítulo 6, fazem-se considerações gerais dos resultados obtidos pelo Método Factorial, no caso proposto para análise. Efectuam-se as conclusões finais e propõem-se desenvolvimentos futuros.

2

CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERENTES EM FACHADAS

2.1. INTRODUÇÃO

Inicia-se a abordagem efectuando a caracterização, que se pretende exaustiva, de todo o sistema de revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas, nos seus vários componentes.

De seguida aborda-se a concepção e a manutenção dos revestimentos cerâmicos, para descrever os parâmetros, como a qualidade de materiais empregues e do projecto entre outras.

Também são descritos os diferentes componentes do sistema de revestimento cerâmico e as principais características específicas para aplicação em exteriores.

2.2. COMPONENTES DO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO

O sistema de revestimento cerâmico, figura 2.1, é constituído pelos seguintes componentes: os ladrilhos cerâmicos, o material de colagem, as juntas e o suporte. Cada uma destas componentes tem uma grande variedade de materiais, cujas características se pretendem conhecer.

Quanto à aderência, o sistema de revestimentos cerâmico, pode ser classificado de duas formas:

- Sistema aderente tradicional – os ladrilhos são assentes directamente nos suportes com argamassas tradicionais (método pouco utilizado actualmente);
- Sistemas aderentes colados – os ladrilhos são colados directamente aos suportes com produtos preparados e pré-doseados em fábrica.

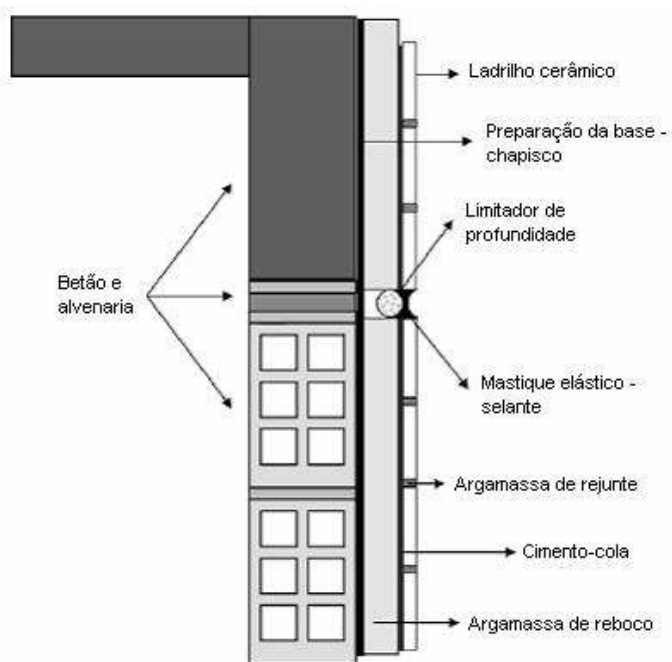


Fig. 2.1 – Esquema representativo do sistema RCA, adaptado de [6]

2.2.1. LADRILHOS CERÂMICOS

O ladrilho cerâmico (exemplos na figura abaixo) é um “*ladrilho delgado (de espessura significativamente inferior às dimensões faciais) obtido a partir de argila, ou de outras matérias-primas inorgânicas, por um processo sequencial de conformação (por extrusão ou por prensagem a seco), secagem e cozedura*” [7].

Ladrilho de Grés Vidrado de Pasta Branca Vitrificado



Ladrilho de Grés Extrudido de Alta Precisão Vidrado e Não Vidrado



Fig. 2.2 – Exemplos de revestimentos cerâmicos para fachadas [8]

A APICER [9] apresenta uma definição do ladrilho mais completa retirada da norma europeia EN 14411 [10], onde descreve o ladrilho como: “*placas finas feitas de argilas e/ou outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas como revestimentos para pavimentos e paredes, usualmente conformadas por extrusão ou prensagem à temperatura ambiente, mas podendo ser moldadas por*

outros processos, em seguida secas e subsequentemente cozidas a temperatura suficientes para se obterem as propriedades requeridas; os ladrilhos podem ser vidrados (GL) ou não vidrados (UGL)”.

2.2.2. ENQUADRAMENTO NORMATIVO

A classificação dos ladrilhos é feita segundo a norma EN 14411 [10], a qual estabelece os seguintes critérios para classificação dos ladrilhos cerâmicos:

- Porosidade medida através da percentagem de absorção da água, E (percentagem em massa absorvida, medida segundo a norma EN ISO 10545-3[11]);
- Processo de fabrico (grupo A – extrusão no estado plástico; grupo B – prensagem a seco; ou grupo C – outros processos).

No Quadro 2.1, encontra-se um resumo dessa classificação, bem como a designação comercial dos mesmos.

Quadro 2.1 – Classificação dos ladrilhos cerâmicos segundo a EN 14411 [10] e seus anexos

Processo de Fabrico	Grupo EN 14411	Tipo	Absorção de Água (E)
Grupo A Extrudido	AI	Grés Extrudido	$\leq 3\%$
	Alla	Grés Extrudido	$3\% < E \leq 6\%$
		Klinker	
		Tijoleira Rústica	
	Allb	Tijoleira Rústica Terracota	$6\% < E \leq 10\%$
	AIII	Tijoleira Rústica	$> 10\%$
Grupo B Prensado a Seco	BIa	Pavimento em Grés	$\leq 0.5\%$
		Klinker	
		Porcelânico	
	BIb	Pavimento em Grés	$0.5\% < E \leq 3\%$
		Klinker	
		Pavimento de Biocozedura	
	BIla	Pavimento de Monocozedura	$3\% < E \leq 6\%$
	BIlb	Revestimento de Monocozedura	$6\% < E \leq 10\%$
	BIII	Azulejo (Faiança)	$> 10\%$

Grupo C Outros Processos (moldagem manual)	CI	---	$\leq 3\%$
	CIIa	Pavimento Rústico	$3\% < E \leq 6\%$
	CIIb	Pavimento Rústico	$6\% < E \leq 10\%$
	CIII	Azulejo Pavimento Rústico	$> 10\%$

Os processos de fabricos dos grupos A e B apenas diferem na fase de conformação. No processo de fabrico por extrusão, a pasta é conformada no estado plástico numa extrusora, sendo a barra obtida cortada em ladrilhos nas dimensões pretendidas e, no caso do processo de fabrico por prensagem a seco, os ladrilhos são formados a partir de uma mistura em pó finamente moída, conformada em moldes a altas pressões. Os ladrilhos fabricados por outros processos, grupo C, são moldados de forma manual, ou seja, por processos diferentes dos anteriores de produção industrial.

O quadro 2.2 resume as principais informações referentes a cada um dos tipos de ladrilhos (grupo A e B) comercializados em Portugal, tais como: cor da pasta, o acabamento superficial, aplicações habituais e as dimensões comerciais [12].

Quadro 2.2 – Caracterização das classes de ladrilhos definidas pela norma europeia EN 14411:2003 (Grupos A e B) [12]

Grupo A – Ladrilhos extrudidos					
Designação e porosidade	Cor da pasta	Tipo de superfície	Aplicação habitual	Dimensões comerciais	Características principais
AI Grés extrudido ($E \leq 3\%$)	Pasta branca	GL ou UGL	Revestimentos em parede ou pavimentos (interiores ou exteriores)	(12 x 12) cm a (40 x 40) cm	Alta resistência à flexão, ao desgaste e à acção do gelo; baixa absorção de água
Alla Clinker (ladrilhos de barro vermelho) ($3\% < E \leq 6\%$)	Pasta vermelha	Natural, GL ou UGL	Pavimentos interiores ou exteriores, mesmo em locais de elevado tráfego	(11,5x11,5)cm a (40x40) cm	Aspecto rústico; boa resistência ao desgaste
AIlb Terracota ($6\% < E \leq 10\%$)	De rosa a vermelha	Natural, GL ou UGL	Pavimentos interiores ou exteriores, mesmo em locais de elevado tráfego	(7 x 7) cm a (30 x 30) cm	Aspecto rústico; boa resistência ao desgaste

AIII					
Tijoleira rústica (E > 10%)	Pasta branca e vermelha	Natural, GL ou UGL	Pavimentos interiores ou exteriores	(10 x 10) cm a (40 x 40) cm	Porosidade alta – elevada expansão com a humidade
Grupo B – Ladrilhos prensado a seco					
Designação e porosidade	Cor da pasta	Tipo de superfície	Aplicação habitual	Dimensões comerciais	Características principais
Bla Porcelânico (E ≤ 0,5%) (normalmente E ≤ 0,1%)	Branca a creme ou com efeitos especiais (cor marmoreada ou com incorporação de grânulos coloridos)	Natural ou polida; GL ou UGL	Revestimentos em parede ou pavimentos (interiores ou exteriores); uso industrial ou locais de elevado tráfego	(2,5 x 2,5) cm (mosaicos ¹) a (60 x 120) cm (rectificado – aplicação sem junta em interiores)	Massa cerâmica completamente vitrificada, de muito baixa porosidade; alta resistência à flexão, ao desgaste e à formação de nódoas; fragilidade ao choque
BIIb Grés extrudido (E ≤ 3%)	Cinzenta, creme ou cor de barro vermelho	Natural, GL ou UGL	Revestimentos em parede ou pavimentos (interiores ou exteriores), mesmo em locais de elevado tráfego	(2,5 x 2,5) cm (mosaicos ¹) a (41 x 41) cm	Alta resistência à flexão, ao desgaste e à acção do gelo
BIIa Pavimento de monocozedura (3% < E ≤ 6%)	Cinzenta creme ou cor de barro vermelho	Natural ou polida; GL ou UGL	Pavimentos interiores ou exteriores	(7,5x11,5) cm a (44,5x44,5)cm	Maior porosidade e menor resistência que o grés (menor grau de vitrificação)
BIIb Revestimento de monocozedura (6% < E ≤ 10%)	Cinzenta creme ou cor de barro vermelho	Natural ou polida; GL ou UGL	Revestimentos em parede interiores ou exteriores	Nenhuma das empresas analisadas comercializa esta tipologia	---

BIII					
Azulejo (E > 10%) (normalmente E>15%)	Pasta branca e vermelha	GL	Revestimentos em parede interiores e exteriores	(15 x 15) cm (mosaicos) a (44,5 x 80) cm (rectificado)	Porosidade alta – elevada expansão com a humidade

¹Os ladrilhos cerâmicos vidrados, mesmo que de reduzidas dimensões, não podem ser confundidos com os ladrilhos constituídos por massa de vidro, a “pastilha de vidro”

2.2.3. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

Nos revestimentos cerâmicos para aplicação em exteriores, as características específicas a ter em conta são [9]:

- Características específicas para aplicação em exteriores:
 - Resistência ao gelo;
 - Expansão por humidade;
 - Dilatação térmica linear;
- Características específicas para ladrilhos vidrados:
 - Resistência à fendilhagem;
- Características específicas para ladrilhos de cor uniforme:
 - Pequenas diferenças na cor.

Dadas as características específicas para aplicação de ladrilhos em exteriores terem particular interesse neste trabalho, serão aprofundadas neste capítulo à frente.

A norma de especificação EN 14411 [10] remete para as normas de ensaio da série EN ISO 10545 [13] a determinação das características dimensionais, propriedades físicas e químicas, tal como é apresentado no quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Características exigidas para diferentes aplicações [9]

	Características	Produtos/Aplicações	Norma de ensaio
Dimensões e qualidade superficial	Comprimento e largura	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-2
	Espessura	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-2
	Rectilinearidade das arestas	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-2
	Planidade (curvatura e empeno)	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-2
	Qualidade superficial	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-2

Propriedades físicas	Absorção de água	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-3
	Resistência à flexão	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-4
	Módulo de ruptura	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-4
	Resistência à abrasão profunda	Pavimentos não vidrados	ISO 10545-6
	Resistência à abrasão superficial	Pavimentos vidrados	ISO 10545-7
	Dilatação térmica linear	Locais sujeitos a temperaturas elevadas ¹	ISO 10545-8
	Resistência ao choque térmico	Locais sujeitos a variações de temperatura ¹	ISO 10545-9
	Resistência à fendilhagem	Ladrilhos vidrados	ISO 10545-11
	Resistência ao gelo	Exterior	ISO 10545-12
	Expansão por humidade	Locais sujeitos a humidade ¹	ISO 10545-10
	Pequenas diferenças na cor	Ladrilhos de cor uniforme	ISO 10545-16
	Resistência ao impacto	Pavimentos	ISO 10545-5
Propriedades químicas	Resistência às manchas	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-14
	Resistência a ácidos e bases em baixas concentrações	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-13
	Resistência a ácidos e bases em altas concentrações	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-13
	Resistência aos químicos domésticos e aditivos para águas de piscina	Pavimentos/Revestimentos	ISO 10545-13
	Libertação de cádmio e chumbo	Locais em contacto com alimentos ¹	ISO 10545-15

¹ Para produtos colocados nos locais indicados

2.2.3.1. Absorção de água

A absorção da água é a percentagem em massa de água absorvida, medida segundo a norma europeia EN ISO 10545-3 [11]. Este parâmetro está directamente relacionado com a porosidade dos ladrilhos cerâmicos, de modo a que, quanto menor for a porosidade do ladrilho cerâmicos, menor a absorção de água, melhores serão as características tais como a resistência mecânica, a resistência ao desgaste, a resistência ao gelo. Os ladrilhos prensados apresentam, de um modo geral, melhores características de resistência mecânica e rigor dimensional que os ladrilhos extrudidos [9].

A BS 5385: Part2, um documento da British Standards Institution, estabelece que o valor máximo de absorção de humidade dos ladrilhos cerâmicos em fachadas é de 3% (para o caso dos ladrilhos não serem vidrados). Comparando estes valores com as aplicações habituais presentes no quadro 2.1,

verifica-se que apenas a Terracota (com $6\% \leq E \leq 10\%$) não cumpre nenhum dos limites sugeridos, correspondendo os restantes ladrilhos com aplicação em fachadas sempre a valores de absorção de água inferiores a 3% [12].

A absorção da água pode ser utilizada para a especificação dos materiais de assentamento, dado que o nível de porosidade vai influenciar as características de aderência. A aderência por ancoragem mecânica das argamassas aos ladrilhos, que acontece pela penetração da pasta de cimento nos poros e nos interstícios dos ladrilhos, será tanto menor quanto menor a sua porosidade e a faixa de absorção destas. Deste modo, nos ladrilhos porcelânicos, onde a absorção é quase nula, a aderência mecânica não ocorre, sendo necessário recorrer-se à adesão química entre estes materiais.

Esta característica é também indicativa da movimentação higroscópica à qual estão sujeitos os revestimentos de fachadas. Assim, quanto maior a absorção de água, maior será a variação dimensional nos ladrilhos cerâmicos provocada pela variação de humidade [12].

No quadro abaixo apresentam-se valores médios obtidos em várias centenas de ensaios realizados em centenas de referências diferentes, ao longo de vários anos. Donde podemos concluir que os ladrilhos prensados têm em regra melhores características de resistência mecânica e rigor dimensional que os ladrilhos extrudidos [9].

Quadro 2.4 – Valores característicos médios dos ladrilhos cerâmicos [9]

Grupo	Absorção de água (%)	Flexão (MPa)	Dilatação térmica linear ($^{\circ}\text{C}$) $\times 10^{-6}$	Expansão por humidade (mm/m) ¹
AI	0,7 a 3,0	17,6 a 38,8	5,3	-
Alla	2,3 a 5,5	20,5 a 38,1	5,3	-
Allb	7,6 a 10,4	10,4 a 15,6	5,3	0,8
Alll	11,4	13,5 a 21,5	4,5	1,9
Bla	0,1 a 0,4	36,2 a 53,0	7,1	-
Blb	0,7 a 2,8	27,6 a 55,6	5,9	-
Blla	3,2 a 4,6	30,4 a 45	5,2	-
Blll	12,4 a 20,3	13,4 a 33,1	5,4	-

¹ Valores de referência

2.2.3.2. Expansão por humidade

Os ladrilhos cerâmicos estão sujeitos a um inchamento quando entram em contacto com a humidade do meio ambiente, logo após a saída do forno. Este inchamento prossegue após as placas terem sido assentes e dá a origem a tensões nos revestimentos, que podem ter importância para a estabilidade do mesmo quando em serviço. A este fenómeno atribui-se o nome de expansão por humidade dos ladrilhos cerâmicos. A ordem de grandeza desta deformação é de 0,3 a 0,7 mm/m, após dois anos de exposição ao ar. Os valores podem ser bem maiores ou até bem menores ou, para corpos cerâmicos de absorção de água próxima de zero, podem ser nulos. Este é o caso dos ladrilhos vitrificados ($E < 0,5$) onde a expansão por humidade é desprezável [12].

Adicionalmente à capacidade de absorção de água, a expansão por humidade está também dependente da constituição mineralógica (mais precisamente das características das argilas), da temperatura e do tempo de cozedura dos ladrilhos. Para a sua determinação, recorre-se à norma europeia EN ISO 10545-10 [14].

A fim de procurar evitar problemas de descolamento das placas cerâmicas, o limite da expansão por humidade efectiva, embora não esteja especificado na NBR 13818, é recomendado como 0,6 mm/m ou 0,6% [15].

Face ao exposto, esta característica, será fundamental para definir a qualidade dos ladrilhos a fornecer à obra (factor A, do método factorial) como para servir de parâmetro num outro factor associado ao ambiente exterior, como veremos no próximo capítulo.

2.2.3.3. Dilatação térmica

A dilatação térmica é uma das características com maior importância no bom comportamento dos revestimentos cerâmicos, em especial nos revestimentos cerâmicos em exterior, dado estarem sujeitos a maiores amplitudes térmicas. “A envolvente exterior dos edifícios pode atingir amplitudes térmicas, ao longo do ano superiores a 50 °C. Estas solicitações podem provocar tensões ou deformações elevadas, consoante existam ou não restrições ao movimento” [9]. A variação dimensional é caracterizada pelo coeficiente de dilatação térmica linear α_l . Os valores típicos para os ladrilhos indicados pela APICER são da ordem de $5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Neste parâmetro, a norma para determinar a dilatação térmica é a norma europeia EN ISO 10545-8 [16].

No sistema de revestimento cerâmico, o suporte e cada um dos seus constituintes apresentariam, se não solidarizados, variações dimensionais diferentes quando sujeitos a uma mesma acção, porque são diferentes os seus coeficientes de dilatação térmica, α_l [9]. No quadro abaixo descreve-se os diferentes coeficientes de dilatação térmica para vários constituintes do sistema RCA. Como se pode observar os valores têm ordens de grandeza bastante diferentes, podendo o valor do “ladrilho extrudido” atingir metade do valor da “argamassa de reboco”, sendo esta diferença a origem de muitas patologias em RCA conhecidas.

Quadro 2.5 – Valores do coeficiente de dilatação térmica linear – α_l [16]

Material	$\alpha_l \text{ (} ^\circ\text{C}^{-1} \text{)}$	Referência
Ladrilho em grés	9×10^{-6}	ISO 10545-8[16]
Azulejo (faiança)	9×10^{-6}	
Ladrilho porcelânico	9×10^{-6}	
Ladrilho extrudido	$(5 \text{ a } 13) \times 10^{-6}$	
Tijolo	$(3,5 \text{ a } 5,8) \times 10^{-6}$	
Argamassa de juntas	$9,6 \times 10^{-6}$	
Argamassa de reboco	$10,0 \times 10^{-6}$	
Cimento-cola	$10,0 \times 10^{-6}$	
Betão corrente	$6,0 \times 10^{-6}$	

2.3. PRODUTOS DE COLAGEM

Para a execução do assentamento de ladrilhos aderentes, existem dois métodos de colagem: argamassas tradicionais ou utilizando colas e cimentos-cola. Em qualquer dos casos, a fixação é feita por colagem provocando a adesão entre o suporte e o ladrilho cerâmico, que se mantêm unidos por forças coesivas de origem molecular. Os ladrilhos podem ser assentes directamente sobre o suporte ou sobre a camada de regularização do mesmo.

No primeiro método, a argamassa é aplicada em camada espessa de 5 a 20 mm (com composição e modo de execução das argamassas tradicionais para o assentamento de ladrilhos de acordo com a norma portuguesa NP-56 – “Assentamento de azulejos e ladrilhos”, de 1963). Esta camada tem como objectivos proporcionar a aderência aos ladrilhos e regularizar o suporte, permitindo compensar as irregularidades no suporte. As desvantagens desta solução são: tensão de adesão menor no ladrilho em relação a outros produtos, uma vez que a colagem é por acção física; a maior sobrecarga da estrutura; o traço aleatório e não sujeito a controlo de qualidade, o tempo de aplicação mais longo e a aplicação ser adequada apenas a suportes e a materiais cerâmicos de elevada porosidade. Caso se pretenda utilizar este material em exteriores, deve ser incorporado na sua constituição um aditivo hidrófugo, de forma a aumentar a sua resistência à penetração de água da chuva [9].

Os materiais empregues no segundo método são pré-fabricados e constituídos por uma mistura de ligantes hidráulicos, inertes e aditivos orgânicos, a qual é misturada água ou outro líquido imediatamente antes da aplicação, classificados pela EN 12004, [17], nos seguintes tipos:

- Tipo C – cimentos-cola – mistura de ligantes hidráulicos, inertes e outros aditivos orgânicos;
- Tipo D – colas em dispersão aquosa – mistura de agentes ligantes orgânicos na forma aquosa constituída por polímeros, aditivos orgânicos e cargas minerais (não são resistentes á água e ao gelo, logo não se podem aplicar nas fachadas);
- Tipo R – colas de resinas de reacção – comercialmente designadas por resinas epoxy, é constituído por uma mistura de resinas sintéticas, cargas minerais e aditivos orgânicos (aplicadas em ambientes quimicamente agressivos, por exemplo em: piscinas, laboratórios, lavandarias e termas).

Destes apenas os cimentos-cola (tipo C) se apresentam como adequados para a utilização em revestimentos de fachadas exteriores. Havendo nestes, ainda a considerar, os seguintes sub-tipos [9]:

- Com adjuvantes orgânicos e inorgânicos;
- De derivados celulósicos;
- De ligantes mistos orgânicos e inorgânicos;
- Aluminosos com ligantes mistos;
- De dois componentes com resinas.

A norma, EN 12004 [17], subdivide ainda estes grupos em classes de acordo com as características de desempenho fundamentais e opcionais correspondendo, da seguinte forma:

- Classes com características fundamentais:
 - 1 – adesivo normal;
 - 2 – adesivo melhorado (em termos de aderência e resistência ao corte).
- Classes de características opcionais:
 - E – adesivo de tempo aberto prolongado;
 - F – adesivo de presa rápida;
 - T – adesivo com resistência ao deslizamento vertical.

No quadro 2.6 encontra-se definido as classes de cimentos-cola ou adesivos existentes, mais adequados a cada aplicação.

Quadro 2.6 – Classes de cimento-cola (C) adaptado de [9]

Norma	Tipo	Classe	Descrição das características principais
EN 12004	C – Argamassas à base de cimento	1	Cimento-cola normal
		1F	Cimento-cola de presa rápida
		1T	Cimento-cola resistente ao deslizamento
		1FT	Cimento-cola de presa rápida e resistente ao deslizamento
		2	Cimento-cola com propriedades específicas melhoradas
		2E	Cimento-cola com propriedades específicas melhoradas e com tempo aberto alargado
		2F	Cimento-cola de presa rápida com propriedades específicas melhoradas
		2T	Cimento-cola com propriedades específicas melhoradas resistente ao deslizamento

No quadro 2.7, apresentam-se as classes de cimentos-cola recomendados para o assentamento de ladrilhos cerâmicos em fachadas [6]. O CSTB [18] define uma classe adicional de cimentos-cola, o C2S, com capacidade de deformação após o endurecimento.

Quadro 2.7 – Classes de cimento-cola recomendadas para o assentamento de ladrilhos cerâmicos em fachadas adaptado de [18]

Revestimentos a colar		Altura da fachada H ¹	
Natureza	Áreas (cm ²)	H ≤ 6 m	6 m ≤ H ≤ 28 m
Mosaico em pasta de vidro ou porcelânico	S ≤ 50	C2	C2S
Plaquetas murais em terracota	S ≤ 231	C2	C2S
Azulejos terracota	S ≤ 300 (15 x 15)	C2	C2S
	S ≤ 2000 (40 x 40)	C2	C2S
Ladrilhos extrudidos ou prensados com E > 0,5%	2000 < S ≤ 3600	C2	Assentamento não admissível por colagem
	S ≤ 2000 (40 x 40)	C2S	C2S

¹A altura da fachada, H, é medida em relação ao pavimento adjacente, que no caso de existir terraços, corresponde à altura da fachada recuada

A aplicação destes materiais faz-se em camadas finas de 2 a 5 mm sobre o suporte ou sobre a sua camada de regularização, podendo-se considerar três tipos de colagem:

- Simples – espalhamento da cola apenas no tardo de cada peça a aplicar;
- Simples – espalhamento da cola apenas no suporte com aplicação do material;
- Dupla – espalhamento da cola no tardo de cada peça e no suporte.

Na aplicação de revestimentos cerâmicos, e em particular em fachadas, é importante considerar regras gerais para a selecção dos materiais e a sua adequação ao uso de modo a garantir no final da obra o comportamento esperado. Para tal, deve-se ter em conta:

- As características dos revestimentos, tendo em atenção a absorção de água, (ver quadro 2.1), o desenho do tardo, a espessura da peça e o peso;
- As características do suporte a revestir e requisitos funcionais [tensões, comportamento térmico e higrotérmico, cargas mecânicas, enquadramento estético e dureza];
- As condições ambientais;
- A posição da superfície a revestir (horizontal e vertical como casos limite);
- A adequação da superfície revestida ao uso previsto.

No quadro 2.8, temos a caracterização dos vários tipos de adesivos usados em ladrilhos cerâmicos.

Quadro 2.8 – Caracterização dos vários tipos de adesivos para ladrilhos cerâmicos adaptado APICER [9]

Adesivos	Composição	Aplicações aconselháveis	Vantagens	Cuidados na aplicação
C – Cimentos-cola standard	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas ou calcárias e aditivos orgânicos e inorgânicos	Ladrilhos de porosidade média ou elevada em interiores, em suportes à base de cimento	Custo reduzido, rapidez de aplicação, colagem de peças porosas no interior das habitações	Aplicação em suportes limpos
C – Cimentos-cola de derivados celulósicos	Cimento branco, areias siliciosas e calcárias, adjuvantes e resinas em dispersão	Pavimentos interiores e exteriores (ladrilhos porosos), revestimentos interiores e piscinas	Elevada resistência à água	Aplicação em suportes estabilizados; espessura menor do que 10 mm
C – Cimentos-cola de dois componentes	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas ou calcárias com aditivos orgânicos e inorgânicos	Pavimentos ou revestimentos de parede de betão ou de cerâmica antiga e revestimentos de parede rebocados	Elevado poder de colagem, mesmo em ladrilhos de grande formato	Aplicação em suportes estabilizados e totalmente limpos; espessura menor do que 10 mm

C – Cimentos-cola de ligantes mistos	Cimento branco ou cinza, areias siliciosas ou calcárias com aditivos orgânicos e inorgânicos	Revestimentos de fachada, pavimentos de tráfego intenso; ladrilhos de qualquer formato e porosidade	Alta flexibilidade; colagem sobre madeira	Aplicação em suportes estabilizados e de baixa porosidade; espessura menor do que 10 mm
C – Cimentos-cola aluminosos	Cimento aluminoso, areias, resina sintética e outros adjuvantes específicos	Ladrilhos até (60 x 60) cm, pouco porosos, em todo o tipo de suportes (excepto pavimentos em madeira)	Colagem sobre pavimentos cerâmicos; adequado para exteriores; incluindo ambientes frios	Aplicação em suportes estabilizados e de baixa porosidade e limpos; espessura menor do que 10 mm
D – Colas de dispersão aquosa	Pasta adesiva – resinas sintéticas em dispersão, aditivos orgânicos e cargas siliciosas	Todo o tipo de pavimentos e revestimentos, com excepção de suportes metálicos	Reparação de pavimentos e revestimentos, elevada elasticidade; pasta pronta a aplicar	Aplicação em suportes estabilizados; não resistente à água nem ao gelo
R – Colas de resina de reacção	Mistura de resinas epóxicas, cargas minerais e orgânicos	Pavimentos e revestimentos de indústrias químicas, laboratórios, piscinas	Aplicação em ambientes quimicamente agressivos; aplicação sobre metal; endurecimento por reacção química	Apresenta um custo bastante elevado, devendo a sua utilização ser devidamente justificada

No quadro 2.9, faz-se o enquadramento normativo para os métodos de ensaio dos cimentos-cola.

Quadro 2.9 – Métodos de ensaio para avaliar as características fundamentais dos cimentos-cola. [19]

Características fundamentais	Método de Ensaio
Determinação do tempo de ajustabilidade	EN 1015-9
Determinação do tempo de armazenamento	EN 12004
Aderência (ensaio de resistência a tracção)	EN 1015-2 NP EN 1346 e 1348
Determinação do tempo aberto	EN 1346
Determinação do deslizamento	EN 1308

Determinação do poder molhante	EN 1347
Determinação da resistência química de cimentos-cola de reacção (R)	EN 12808-1
Determinação de resistência ao corte de cimentos-cola em dispersão (D)	EN 1324
Determinação de resistência ao corte de cimentos-cola de reacção (R)	EN 12003
Determinação de resistência ao corte de argamassa cimentícias (C)	EN 1322 EN 12615
Determinação da deformabilidade de argamassas endurecidas	ISO 5271 +2
Determinação da resistência a flexão e da resistência a compressão	EN 1015-11 EN 13888

2.4. JUNTAS

Designam-se por juntas todos os sistemas que interrompem a continuidade da estrutura [9].

Para que um sistema cerâmico aderente tenha um bom funcionamento, é preciso garantir o movimento das partes que o constituem e daí a necessidade de definir e instalar juntas em todo o processo de construção. Estes movimentos podem ter várias origens, entre elas, a variação térmica (expansão e contracção), a variação de humidade e a acção de cargas concentradas e distribuídas.

As juntas são a única zona de revestimento por onde pode ser libertado qualquer tipo de humidade contido no suporte ou no revestimento cerâmico, na forma de vapor de água, particularmente quando o ladrilho cerâmico é vidrado.

Há a considerar vários tipos de juntas (figura 2.3), as juntas de construção, cuja finalidade é limitar o risco de levantamento e rupturas provocadas por movimentos estruturais (contracção/expansão, flexão) e as juntas de assentamento. As juntas de construção podem ser estruturais, intermédias e periféricas.

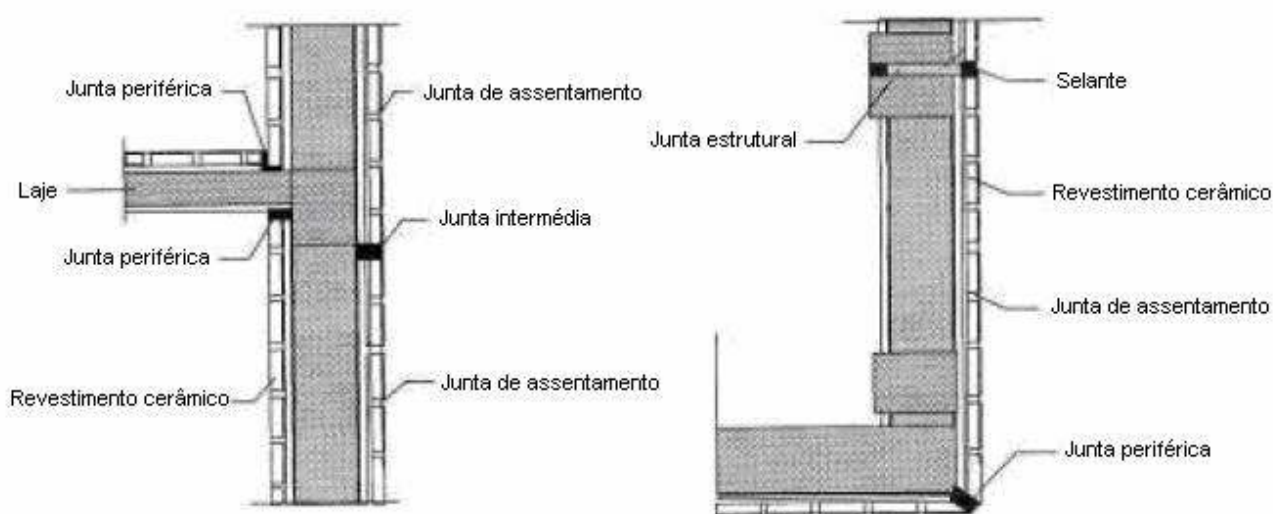


Fig. 2.3 – Esquemática de diferentes tipos de juntas, adaptado de [20]

2.4.1. JUNTAS DE CONSTRUÇÃO ESTRUTURAIS

As juntas estruturais têm como finalidade absorver os movimentos estruturais previsíveis e como tal a sua posição tem de ser imediatamente sobre e na continuação das juntas estruturais do suporte. Podem ser feitas em obra ou pré-fabricadas, reforçadas com perfis metálicos ou plásticos, ou de mástiques sobre fundo da junta, para o seu preenchimento. Estas juntas devem ter uma largura maior ou igual às juntas do suporte e uma profundidade adequada para garantir o prolongamento daquelas, podendo também estar localizadas nas transições de diferentes materiais de suporte (ver exemplo figura 2.4).

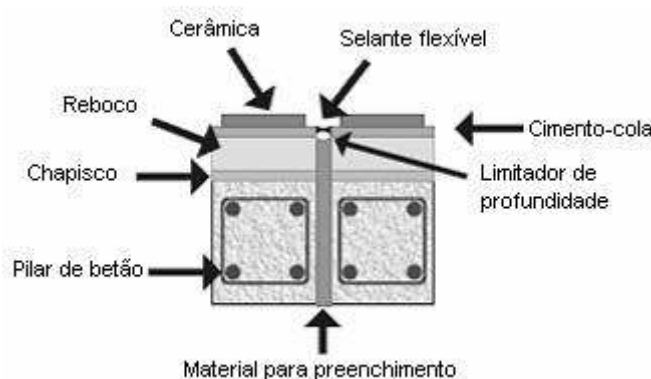


Fig. 2.4 – Junta dilatação estrutural, adaptado de [21]

2.4.2. JUNTAS DE CONSTRUÇÃO INTERMÉDIAS

As juntas intermédias (ver exemplo figura 2.5), também designadas por juntas de esquartelamento ou de fraccionamento, variando a designação de autor para autor, tal como o nome indica, permitem dividir áreas extensas de revestimentos, em áreas menores e aproximadamente quadradas. Têm como principal função evitar a fissuração e o descolamento dos ladrilhos devidos a tensões originadas por deformações de natureza higrométrica do suporte, do material de assentamento e dos ladrilhos, devendo ter uma largura mínima de 5 mm e uma profundidade que permita a penetração na totalidade da espessura da camada de regularização e assentamento. O seu preenchimento é efectuado inicialmente com um material de enchimento (fundo da junta compressível), devendo ser em seguida reforçada com um perfil pré-fabricado metálico ou plástico. Dependendo da largura, a zona superficial da junta deve ser preenchida com o mesmo material utilizado no preenchimento das juntas de movimento do revestimento ou com mástique [22].

É possível não se considerar juntas de fraccionamento, desde que as juntas entre ladrilhos sejam preenchidas com um produto flexível, de módulo de elasticidade não superior a 8 000 MPa [23]. A definição deste tipo de juntas permite dividir o revestimento descontínuo aderente em áreas definidas por juntas verticais e horizontais. O CSTB [23] indica áreas de 60 m² (juntas horizontais espaçadas de 6 m e verticais de 10 m). Outras recomendações permitem um melhor enquadramento arquitectónico, visto que definem áreas quadradas de 20 m² (juntas verticais distanciadas de 4 a 5 m e horizontais ao nível dos pisos) [24].

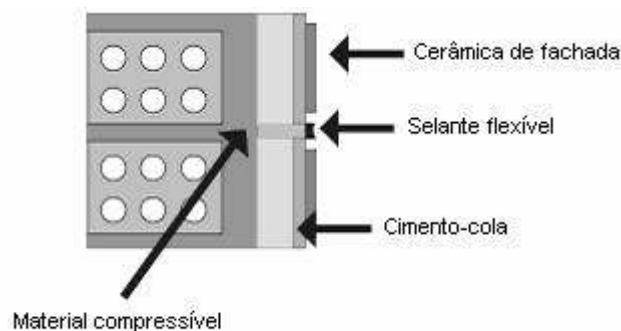


Fig. 2.5 – Junta de construção intermédia, adaptada de [21]

2.4.3. JUNTAS DE CONSTRUÇÃO PERIFÉRICAS

As juntas periféricas são juntas executadas nos limites da superfície revestida e têm como função impedir que os elementos adjacentes possam transmitir ou restringir as deformações dos revestimentos cerâmicos aderentes. Caso estas juntas coincidam com as juntas estruturais, o seu preenchimento deve ser efectuado do mesmo modo que estas. Caso contrário, a sua execução deverá ser semelhante às juntas de esquadramento. Em algumas situações, cantos salientes ou reentrantes, utilizam-se apenas perfis metálicos ou plásticos.

2.4.4. JUNTAS DE ASSENTAMENTO

As juntas de assentamento, ou entre ladrilhos, têm uma grande importância no desempenho do revestimento cerâmico, sendo necessário o seu correcto dimensionamento. As suas principais funções, tendo em conta o comportamento dos revestimentos cerâmicos, são [25]:

- Absorver as suas irregularidades;
- Proporcionar o alívio de tensões – as juntas entre os ladrilhos proporciona a redução do módulo de elasticidade dos revestimentos cerâmicos aderentes, aumentando consequentemente a capacidade de o mesmo absorver as deformações intrínsecas provocadas pelas variações termo-higroscópicas e deformações do suporte;
- Optimizar a aderência dos ladrilhos cerâmicos – o contacto com o material de preenchimento das juntas aumenta indirectamente a área de contacto dos ladrilhos com a base, sobretudo em revestimentos com placas de pequenas dimensões;
- Vedar o revestimento cerâmico – as juntas impedem a passagem de água entre o tardo e o produto de colagem, podendo originar o aparecimento de manchas e de deterioração nos revestimentos.

As juntas de assentamento deverão ser definidas pelo fabricante em função do tipo de aplicação prevista tendo em conta as características dos ladrilhos cerâmicos. Destas características, salienta-se a sua deformabilidade face às diferentes solicitações, em particular as de carácter higrotérmico.

“Como os ladrilhos são impermeáveis, as trocas de humidade do suporte com o exterior têm de ser efectuadas através de juntas as quais têm ainda de ser permeáveis ao vapor de água” [22]. Para que se atinja este último propósito, a norma inglesa BS 5358:Part 2:1978 recomenda que 10% da área revestida seja constituída por juntas de assentamento. A sua finalidade é limitar o risco de levantamento e rupturas provocadas por movimentos estruturais [9].

No entanto, para que haja o cumprimento adequado das suas funções, a APICER [9] recomenda as seguintes, quadro 2.10, espessuras mínimas entre ladrilhos para paredes exteriores.

Quadro 2.10 – Espessura mínima de juntas de assentamento, em função do tipo de ladrilhos (s = superfície do ladrilho) [9]

Tipo de Ladrilhos	Espessura (mm)
Prensados a seco	$S \leq 500 \text{ cm}^2$ 2
	$S > 500 \text{ cm}^2$ 3
Ladrilhos, “plaquetas” de terracota e ladrilhos extrudidos	6
Restantes materiais	4

2.5. PREENCHIMENTO DE JUNTAS

Os produtos de preenchimento das juntas destinam-se a aplicações de refeito dos espaços entre ladrilhos, excepto nas juntas estruturais, e devem ser seleccionados a partir das dimensões das juntas, das características dos ladrilhos, do suporte e do produto de assentamento bem como das condições de utilização.

As juntas entre ladrilhos são preenchidas pelos métodos tradicionais, com pasta de cimento se forem estreitas (de 1 a 4 mm), ou com argamassa tradicional de cimento com mais de 4 mm, ou ainda e preferencialmente, com produtos pré-fabricados, concebidos especialmente para este efeito [9 e 26].

Como as argamassas de cimento têm vindo gradualmente a sofrer alterações pela introdução de pigmentos ou adjuvantes orgânicos, surgiram no mercado produtos de resinas de reacção, direccionados para revestimentos com exigências especiais de higiene, de resistência química, ou de estanqueidade, ou para revestimentos em que seja necessário muita boa aderência do produto das juntas aos bordos dos ladrilhos. [7]

As juntas entre ladrilhos fixados por contacto devem ser preenchidas com argamassas que devem apresentar as seguintes características, [9]:

- Boa trabalhabilidade;
- Reduzida retracção de secagem;
- Boa adesão à face lateral do ladrilho;
- Impermeabilidade;
- Resistência à água, ao calor, aos agentes de limpeza e aos ataques químicos;
- Resistência ao desenvolvimento de microorganismos;
- Resiliência e compressibilidade.

2.6. SUPORTE

O suporte é a parte do sistema de revestimento cerâmico normalmente formado por elementos de alvenaria/estrutura onde é aplicada a cerâmica (ver exemplo na figura 2.6). Portanto, na execução de um revestimento cerâmico aderente deve ter-se em conta as suas propriedades.

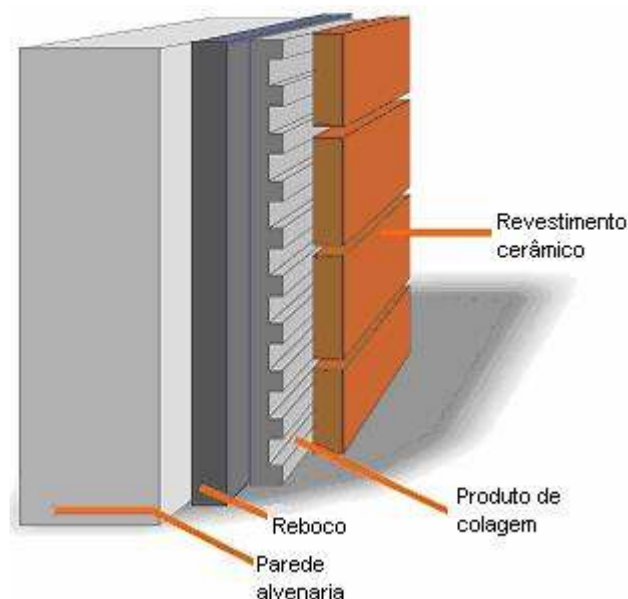


Fig. 2.6 – Exemplo de suporte em alvenaria rebocada, adaptada de [21]

Os suportes são classificados em função da sua natureza, o que constitui também um elemento a considerar na escolha, desde a execução dos substratos intermédios até à aplicação dos materiais cerâmicos de revestimento.

Os suportes onde é admissível que seja aplicado um revestimento cerâmico colado, no caso de fachadas, são apenas os das classes S₁, S₂ e S₃, estando apresentados no seguinte quadro.

Quadro 2.11 – Classificação dos suportes de revestimento cerâmico em paredes exteriores. [19]

Natureza dos suportes	Natureza dos suportes	Classe	Documentos de referência
Paredes de betão ou painéis prefabricados em betão	Acabamento corrente	S ₁	NF P 18-210-1
	Acabamento cuidado	S ₂	NF P 10-210-1
Rebocos a base de cimento sobre paredes de betão ou paredes de alvenaria	Argamassa de cimento	S ₃	NF P 15-210-1
	Argamassa bastarda	S ₃	NF P 15-210-1
	Impermeabilização	S ₃	NF P 15-210-1

A escolha do processo de aplicação do revestimento deve considerar o comportamento provável do suporte para garantir a adequação dos materiais, para tal deverá haver:

- Compatibilidade mecânica;
- Compatibilidade geométrica;
- Compatibilidade química.

A compatibilidade mecânica está relacionada com o módulo de elasticidade e a resistência à tracção do suporte e do revestimento. Se o suporte tiver uma baixa resistência mecânica, são elevados os riscos de

fissuração sob o efeito das tensões geradas pelas deformações de natureza higrotérmica do revestimento. [9]

A compatibilidade mecânica entre o revestimento e o suporte é fundamental, por isso, para a aplicação de revestimentos cerâmicos apenas se consideram os suportes de betão ou alvenaria, com reboco de elevada rigidez que pode ser apenas dos seguintes tipos: [18]

- Emboço sobre chapisco, aplicados manualmente, ou reboco projectado em duas camadas, com uma dosagem em ligantes não inferior a 350 kg/m^3 de areia seca, sendo a dosagem em cimento de, pelo menos, 250 kg/m^3 ;
- Monomassas (rebocos de impermeabilização pré-doseados) com módulo de elasticidade pertencentes à classe E4 (módulo de elasticidade, aos 28 dias, compreendido entre 7500 e 1400 MPa) ou superior e resistência à tracção pertencente, pelo menos, à classe R4 (resistência à tracção por flexão, aos 28 dias, compreendida entre 2,0 e 3,5 MPa).

A prENV 13548 [27] faz ainda uma classificação dos suportes em função do tipo e dos movimentos esperados, que no caso das paredes se apresenta no quadro seguinte.

Quadro 2.12 – Classificação das paredes em função do tipo e movimentos esperados [27]

Classe	Definição	Exemplos de suportes/superfícies de fixação
1	Pequenos movimentos esperados	Reboco à base de cimento sobre blocos maciços
2	Movimentos esperados médios	Revestimento à base de gesso sobre blocos aligeirados
3	Elevados movimentos esperados	Betão novo

A compatibilidade geométrica entre um sistema de revestimento com ladrilhos cerâmicos e o suporte corresponde à necessidade do suporte apresentar planeza e regularidade superficial adequadas à espessura e técnica de aplicação do revestimento [28]. Os suportes classificam-se em função dos desvios de planeza, de acordo com o quadro abaixo.

Em suportes curvos, como por exemplo: pilares redondos, a fixação por colagem só pode ser executada se as dimensões dos ladrilhos forem reduzidas.

Quadro 2.13 – Classificação do suporte em função do desvio de planeza [9]

Tipo de Suporte	Desvio de Planeza (mm)
I	< 6
II	≥ 6 e <10
III	≥ 10

A compatibilidade química entre o sistema de revestimento cerâmico e o suporte tem que ser considerada, para evitar a degradação do elemento construtivo, traduzindo-se por deformações e destacamento do revestimento.

Os critérios para o controlo de qualidade de um suporte dependem da utilização desejada, do tipo de revestimento que se quer aplicar e da sua exposição ao tempo.

Assim, para a aplicação de um revestimento cerâmico as características fundamentais que um suporte deve apresentar estão associadas às que garantam a qualidade final do sistema: revestimento cerâmico/suporte. Para além das exigências atrás referidas, o suporte adequado a um revestimento cerâmico aderente deve apresentar-se perfeitamente limpo, livre de poeiras ou de substâncias que prejudiquem a adesão, plano e coeso.

Logo, a qualidade da colagem é influenciada pelas características do suporte a revestir, nomeadamente pela sua idade, constituição ou estado da superfície. O material constituinte condiciona a absorção de água e a interacção química com a cola. O estado da superfície do suporte engloba conceitos como a planeza, a rugosidade, a coesão, ou o estado de limpeza [29].

Parâmetros estes que terão de se ter em conta na qualidade de projecto, e que serão considerados aquando do estudo da durabilidade no capítulo 5.

CONCEPÇÃO, EXECUÇÃO CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

3.1. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Os diversos elementos e componentes dos edifícios, cada um com as suas funções, contribuem para a satisfação global das necessidades dos utilizadores. Os revestimentos de paredes têm de cumprir determinadas exigências para a satisfação das necessidades humanas.

No quadro 3.1 descrevem-se as exigências funcionais para revestimentos de paredes aplicáveis ao sistema de revestimento cerâmico colado. Na coluna da direita deste quadro assinalam-se as exigências consideradas mais relevantes para o sistema de revestimento cerâmico aderente a fachadas[19].

Quadro 3.1 - Exigências funcionais para revestimentos de paredes aplicáveis ao sistema de revestimento cerâmico colado, adaptado de [19]

Exigência	Tipos principais de exigências	Tipos discriminados de exigências		
Exigências de Segurança	Exigências de estabilidade	Estabilidade perante solicitações normais de uso	Peso próprio	X
			Solicitações climáticas	X
			Choques normais	X
		Estabilidade perante solicitações de ocorrência acidental	Choques acidentais	X
	Exigências contra riscos de incêndio	Reacção ao fogo		X
		Acção fisiológica		
	Exigências de segurança no uso	Toxicidade		
		Segurança no contacto	Rugosidade dos paramentos	
			Temperatura dos paramentos	

Exigências de compatibilidade com o suporte	Exigências de compatibilidade geométrica		X	
	Exigências de compatibilidade mecânica		X	
	Exigências de compatibilidade química		X	
Exigências de estanquidade	Exigências de estanquidade à água	Estanquidade à água da chuva	Permeabilidade à água	X
			Absorção de água	X
		Estanquidade à água no interior	Permeabilidade ao vapor de água	X
			Permeabilidade à água	
			Absorção de água	
Exigências termo-higrométricas	Exigências de isolamento térmico		X	
	Exigências de secura dos paramentos interiores	Temperatura superficial interior		
Exigências de pureza do ar				
Exigências de conforto acústico				
Exigências de conforto visual	Exigências de planeza	Planeza geral	X	
		Planeza localizada	X	
	Exigências de verticalidade		X	
	Exigências de rectidão das arestas		X	
	Exigências de regularidade e de perfeição de superfície	Defeitos de superfície	X	
		Largura de fissuras	X	
	Exigências dehomogeneidade de enodoamento pela poeira	Homogeneidade da temperatura superficial interior	X	
	Exigências de homogeneidade de cor e de brilho	Diferença de cor	X	
		Diferença de reflectância difusa	X	

Exigências de conforto tátil	Exigências contra a aspreza dos paramentos	Perfil geométrico de superfície		
	Exigências contra a pegajosidade dos paramentos			
	Exigências de secura dos paramentos			
Exigências de higiene	Exigências contra a fixação de poeiras ou de micro-organismos	Aspreza dos paramentos		
		Pegajosidade dos paramentos		
	Exigências de resistência à limpeza			
Exigências de adaptação à utilização normal	Exigências de resistência a acções de choque e de atrito	Resistência aos choques	Choques de corpo mole	X
			Choques de corpo duro	X
		Resistência à riscagem	Classes de resistência à riscagem	X
	Exigências de resistência a acções da água	Resistência à água da chuva		X
		Resistência às projecções acidentais de água		X
		Resistência à lavagem por via húmida		X
		Resistência aos vapores húmidos		X
	Exigências de aderência ao suporte	Resistência ao arrancamento por tracção		X
		Resistência à peladura		X
	Exigências de resistência à formação de nódoas de produtos químicos ou domésticos	Resistência à formação de nódoas		
		Lavabilidade		
	Exigências de resistência ao enodoamento pela poeira	Resistência à formação de nódoas		X
		Lavabilidade		X
	Exigências de resistência à suspensão de cargas			

Exigências de durabilidade	Exigências de resistência aos agentes climáticos	Resistência ao calor	X
		Resistência ao frio	X
		Resistência à água	X
		Resistência à luz	X
		Resistência aos choques térmicos	X
	Exigências de resistência aos produtos químicos do ar	Resistência ao ozono	X
		Resistência ao dióxido de azoto	X
		Resistência ao dióxido de enxofre	X
		Resistência a soluções amoniacais	X
	Exigências de resistência à erosão provocada pelas partículas sólidas em suspensão no ar		X
Exigências de resistência à fixação e ao desenvolvimento de bolores			X
Exigências de facilidade de limpeza			
Exigências de aptidão para o armazenamento			
Exigências de economia			

As exigências funcionais dos revestimentos estão ligadas às exigências funcionais das paredes (ou mais propriamente das partes opacas das paredes).

A satisfação das exigências de segurança no contacto, de aspecto, de regularidade superficial, de conforto visual, de conforto tátil ou de higiene são da responsabilidade dos revestimentos das paredes.

A satisfação das exigências de segurança contra riscos de incêndio, de estanqueidade à água, de resistência os choques e atrito, de resistência à água, de durabilidade compete ao conjunto tosco da parede-revestimento.

De um modo geral, pretende-se que o revestimento para fachadas exteriores que protejam o tosco da parede das acções dos diversos agentes agressivos (água, choques, produtos químicos presentes no ar, poeiras, etc.), proporcione à parede o efeito decorativo pretendido e que se mantenham limpos ou que, pelo menos, tornem fácil a sua limpeza [28].

3.2. QUALIDADE DO PROJECTO

A avaliação do nível de qualidade do projecto deverá ser considerada para todos os produtos utilizados na construção.

A classificação deste factor traduz a avaliação das indicações e recomendações técnicas, elaboradas por todos os projectistas envolvidos, para a instalação e aplicação dos produtos de construção, sejam componentes, sistemas ou materiais produzidos “*in situ*”, bem como medidas de protecção preventivas, para uma adequada solução construtiva.

Assumindo como válido o estudo europeu [30] que atribui uma percentagem elevada (42%) patologias das construções às incorrecções e deficiências de projecto (Figura 3.1), a avaliação da adequada solução construtiva a adoptar para uma construção ganha contornos de grande relevância.

Neste sentido cabe aos técnicos projectistas a responsabilidade de produzirem as peças escritas e desenhadas que permitam a correcta execução do que projectam [31].

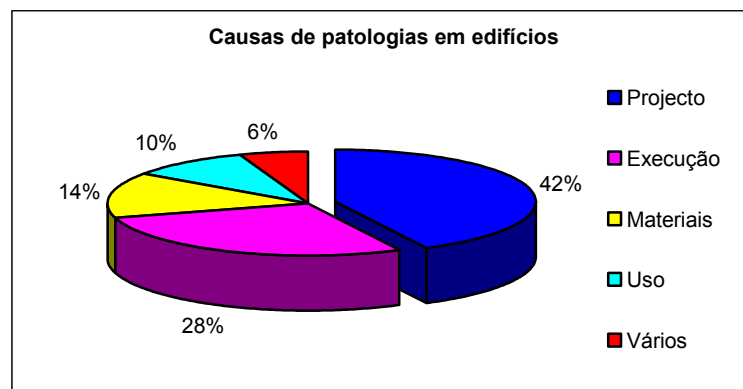


Fig. 3.1 - Causas de patologias em edifícios (valores médios europeus)

Num sistema RCA, há necessidade de desenvolver um projecto detalhado de assentamento do revestimento cerâmico onde se inclui todas as exigências e recomendações das normas técnicas, o controle tecnológico dos materiais empregues e do serviço executado para garantir uma obra com qualidade e isenta das patologias associadas, estudadas no presente trabalho.

O projecto só terá qualidade se os locais, associados a patologias específicas, forem detalhados em projecto no que diz respeito ao remate do revestimento e à solução construtiva. Os casos singulares, abaixo descritos, são exemplos disso.

3.3. CASOS SINGULARES

Quando um revestimento cerâmico é aplicado em fachadas com o suporte em alvenaria existem determinadas situações que requerem tratamentos especiais, como por exemplo, um reforço da camada de regularização do suporte, ou pontes térmicas. Nos pontos seguintes são abordados os mais comuns.

3.3.1. PONTES TÉRMICAS

Os revestimentos cerâmicos não têm uma influência directa no tratamento de pontes térmicas, no entanto as anomalias que lhes estão associadas influenciam o seu desempenho.

Para tal, deve garantir-se a existência de suportes de idêntica condutibilidade térmica em toda a fachada, de forma a evitar a existência de zonas preferenciais de transmissão de calor e de vapor de

água (as quais afectam o revestimento exterior aí localizado) [9 e 22]. A figura seguinte mostra um exemplo de uma ponte térmica.

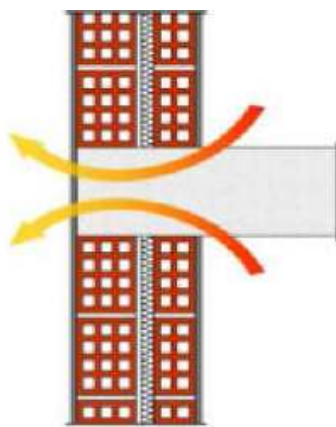


Fig. 3.2 – Ponte térmica na ligação laje-paredes em alvenaria [9]

3.3.2. PLANOS CURVOS

Nas situações em que a fachada a revestir é curva, a opção mais adequada é a escolha de ladrilhos rectangulares que deverão ser aplicados com o lado mais curto paralelo ao perímetro de curvatura, ou de mosaicos porcelânicos, mais conhecidos por “pastilha”, com as dimensões de 2,5x2,5 cm, dado que permitem um acompanhamento mais eficaz da curvatura da superfície [22].

3.3.3. TOPOS E COROAMENTOS SUPERIORES DO REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS

Um dos pontos mais sensíveis à entrada da água da chuva corresponde aos coroamentos superiores do revestimento cerâmico de fachadas. Podendo tratar-se de uma platibanda sem rufagem ou capeamento, uma protecção de varanda ou de uma zona desprotegida, pois qualquer entrada de água pode levar ao aparecimento de eflorescências ou à degradação do material de assentamento do revestimento, com respectivo descolamento, como veremos no capítulo seguinte. Por conseguinte estes pontos devem ser detalhados em projecto no que diz respeito ao remate do revestimento e à solução de impermeabilização deste ponto. Na figura abaixo aspecto de diferentes capeamentos que podem ser utilizados em coroamentos ou protecções de varanda.



Fig. 3.3 – Aspecto de capeamentos com pingadeira [32]

3.3.4. PEITORIS

Os peitoris podem contribuir de modo significativo para a protecção das fachadas contra a acção da água e sujidade localizada nas paredes desde que fabricados com materiais e geometria adequados e cuidadosamente aplicados. Em Portugal, são frequentemente ignorados os princípios elementares da geometria dos perfis, tendo em consideração o desempenho desejado [33].

Em parapeitos de janelas e em coroamentos superiores do revestimento cerâmico de fachadas devem existir pingadeiras na face inferior de modo a impedir que ocorram manchas de sujidade (devido ao arrastamento de sujidade) ou mesmo o descolamento do revestimento, por infiltração da água que escorre pelo revestimento [22].

Se introduzirmos uma pingadeira estes efeitos serão reduzidos (figura 3.4), permitindo que todo o fluxo de água escoe em conjunto, diminuindo a possibilidade de ser empurrado pelo vento para as superfícies verticais inferiores, desde que a sua velocidade e volume sejam suficientes. Isto depende, no entanto, também, do perfil superior do peitoril, como podemos observar na figura 3.5.

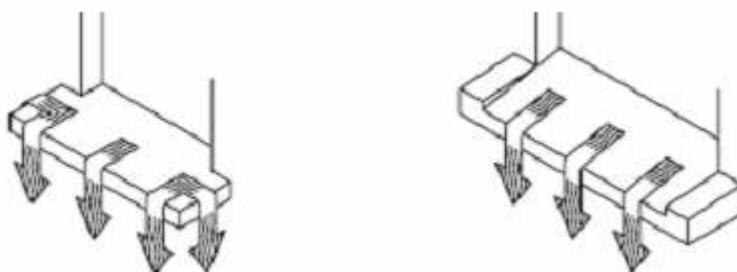


Fig. 3.4 – Influência da geometria nas direcções de escoamento dos peitoris [34]

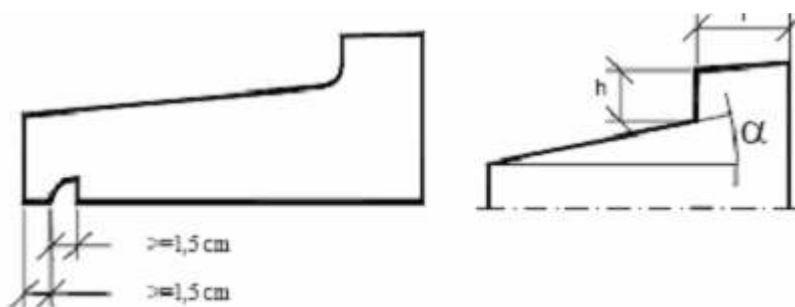


Fig. 3.5 – Dimensão e geometria dos peitoris segundo a D.T.U. 20.1 [33]

3.3.5. ELEMENTOS DE REFORÇO DE PROTECÇÃO DE PONTOS SINGULARES

Os elementos de reforço executam-se com redes de fibra de vidro, ou metálica, nos casos que o justifiquem (situações de descontinuidade estrutural, como por exemplo, ligação estrutura-alvenarias ou caixas de estore). Podem ser inseridos nas camadas de regularização ou nos rebocos, preferencialmente, ou ainda nas camadas de assentamento, nomeadamente na cola. A rede, por ter elevada resistência à tracção, aumenta consideravelmente a resistência à tracção da camada onde fica incorporada, pelo que, perante a formação duma fenda no suporte, ocorre o desligamento,

relativamente ao suporte e sobre a fenda das camadas que se situam sobre a camada armada. Contudo, permanecem solidarizadas entre si pela rede, sem se desprenderem [26].

Os perfis de protecção devem ser usados em pontos singulares do revestimento particularmente sujeitos a acções de choque mecânico ou a tráfego intenso, como acontece nalguns ângulos salientes das paredes, juntas de movimento e bordos dos ladrilhos. Os perfis, são pré-fabricados e são de material plástico ou de metal [26]. A figura abaixo mostra um exemplo de perfil em aço inox, aplicado nos bordos de ladrilhos.

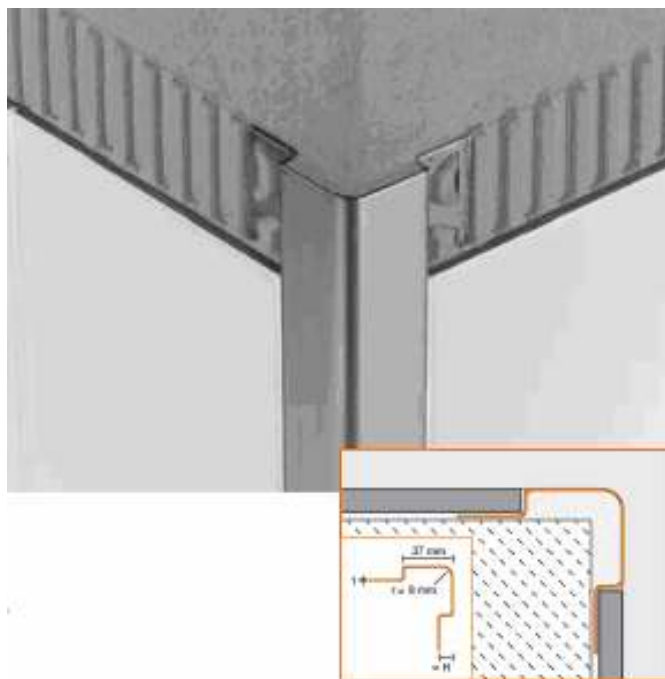


Fig. 3.6 – Protecção de arestas em aço inoxidável [35]

3.3.6. EDIFÍCIOS EM ALTURA

Os revestimentos cerâmicos aplicados em fachadas com mais de dois pisos requerem particular atenção pelo facto de, na hipótese do seu destacamento, colocarem em risco utentes e transeuntes (figura 4.1). Para estas fachadas é conveniente prever uma manutenção periódica do revestimento. Para tal, têm de ser previstos pontos de ancoragem, ou equipamentos de sustentação ao nível da cobertura, para plataformas de trabalho suspensas (bailéus eléctricos ou de manivela), permitindo a execução segura das necessárias operações de reparação pontuais, sem que seja necessário recorrer a utilização de andaimes, minimizando o custo de todas as operações, na situação onde estas poderiam ser mais onerosas e dificultadas [22].

3.4. MÃO-DE-OBRA QUALIFICADA E FISCALIZAÇÃO

A garantia da qualidade de execução, além de depender da qualificação da mão-de-obra, depende do apoio conjunto e coordenado dos serviços técnicos em obra de modo a acompanharem devidamente os trabalhos e tarefas a executar.

A gestão técnica em fase de execução da obra abarca diversas áreas de trabalho distribuídas por vários técnicos com distintas responsabilidades. Sendo estes, de acordo com a terminologia corrente e actual, a direcção técnica da obra, a fiscalização da obra, a gestão da obra e a assistência técnica em obra.

Em Portugal, pode considerar-se como habitual a contratação da direcção técnica da obra e da assistência técnica da mesma. As razões para estes serviços serem frequentemente contratados estão directamente relacionadas com a obrigatoriedade na legislação nacional da existência de um director técnico de obra, normalmente a cargo do empreiteiro, e com a inclusão, por parte dos projectistas, da assistência técnica em obra nos respectivos projectos.

Normalmente, nas obras apoiadas apenas por estes dois serviços técnicos, ou seja, nas obras de pequena e média dimensão, a assistência técnica desenvolvida pelos projectistas restringe-se apenas ao esclarecimento de dúvidas e omissões do respectivo projecto, enquanto a direcção técnica cumpre os actos burocráticos previstos na legislação, tais como o preenchimento do livro de obra, pelo que a prestação destes dois serviços é claramente insuficiente para a satisfação dos objectivos.

De modo a garantir a eliminação da maioria das falhas mais frequentes durante o processo de construção, e garantir a execução da obra em conformidade com os projectos executados, é indispensável a existência da fiscalização de obra e da gestão de obra.

Entende-se por conveniente destacar a actividade da Fiscalização, visto ser a área de intervenção, durante o processo de construção, que tem como competência principal defender os lícitos interesses do dono-de-obra pelo que contempla a seu cargo as principais áreas funcionais do ponto de vista da garantia da qualidade da obra.

Assim, visto a garantia da execução implicar um acompanhamento extremamente próximo da obra, este serviço será classificado segundo a regularidade desse mesmo acompanhamento.

O nível de acompanhamento necessário por parte de todos os serviços técnicos referidos depende da dimensão e do tipo de obra em estudo, pelo que, relativamente à fiscalização, a distinção será efectuada segundo três parâmetros de âmbito geral. Assim, a fiscalização será considerada como ausente se não for contratada pelo dono-de-obra, como regular se a contratação deste serviço incluir a deslocação diária à obra e como pontual se for contratada mas as deslocações à obra não forem diárias. Será de salientar que dependentemente do tipo e dimensão da obra, a calendarização contratada entre o dono-de-obra implica variações significativas na disponibilidade de tempo para satisfazer as necessidades deste serviço, podendo ser necessária a permanência da fiscalização em obra durante o horário completo dos trabalhos na mesma (fiscalização residente) [31].

3.5. CONSERVAÇÃO, REPARAÇÃO E LIMPEZA

3.5.1. CONSERVAÇÃO

As acções de conservação/manutenção correspondem a uma série de medidas, de modo a permitir que as construções desempenhem as suas funções de forma satisfatória durante o seu período de vida. Sendo estas constituídas por operações de limpeza/lavagem, reparações e substituição de determinadas partes da construção em caso de necessidade, entre outras [9].

As operações de manutenção/conservação podem ser consideradas como normais se respeitarem as seguintes condições [9]:

- As primeiras acções de manutenção/conservação só devem ser necessárias após um período de, pelo menos, 10 anos;
- O período entre intervenções sucessivas deverá ser superior a 5 anos.

A agressividade do meio e a intensidade das solicitações contribuem para estes intervalos de tempo, não dependendo apenas do sistema RCA em fachadas.

A realização de acções de manutenção periódicas em RCA permite reduzir a probabilidade de ocorrência de anomalias, evitando as avultadas intervenções reactivas, e manter o desempenho e a vida útil esperados do revestimento [22].

A avaliação dos custos de conservação/manutenção faz parte da determinação do custo global de um sistema de revestimento.

3.5.2. REPARAÇÃO

Silvestre, no seu trabalho [36], distingue entre:

- Técnicas de reparação curativas (rc) – As técnicas de reparação curativas permitem reparar directamente a anomalia, eliminando-a. Estas técnicas utilizam-se nos casos em que apenas a estética da superfície do RCA se encontra degradada por acumulação de vários tipos de sujidade (exemplo Limpeza do RCA, do material de preenchimento das juntas);
- Técnicas de reparação preventivas (rp) – Nas intervenções em edificações, não se deve actuar apenas na reparação das anomalias, já que assim a causa da anomalia persistirá e a anomalia reparada voltará a manifestar-se. Como tal, será necessário utilizar técnicas de reparação preventivas adequadas para cada caso, ou seja, intervenções que, embora possam não tratar directamente a anomalia, são necessárias para eliminar a sua causa. Uma dessas técnicas corresponde à aplicação de um protector da superfície do revestimento, de forma a aumentar a resistência da zona do RCA mais exposta aos agentes agressivos exteriores.

Apresentam-se assim, no quadro seguinte, as técnicas de reparação curativas (rc), preventivas (rp) e trabalhos de manutenção (m) (totalizando 17 tipologias) que se consideram essenciais na reparação de anomalias e eliminação das respectivas causas, em RCA.

Quadro 3.2 – Lista de técnicas de reparação curativas (rc), reparação preventivas (rp) e trabalhos de manutenção (m), adaptado de Silvestre [36]

Componente do RCA	Técnicas de reparação e trabalhos de manutenção
Superfície do RCA	Limpeza do RCA (rc)
	Aplicação de protector de superfície (rp)
Material de assentamento	Injecção de resinas de preenchimento (rc)
	Aplicação de protector de superfície (rp)
Juntas	Aumento da espessura ou inserção de juntas (rp)
	Remoção de elementos metálicos corroídos (rp)
	Substituição do material de preenchimento (rc / m)
	Aplicação de fungicida (rp)

RCA	Substituição de RCA (rc)
	Reparação dos pontos singulares de entrada de água em RCA de fachadas (rc)
	Aplicação de novo RCA sobre o existente (rc)
	Protecção de cantos salientes (rp)
Suporte	Substituição de camada de regularização (rc)
	Reparação de anomalias em canalizações encastradas (rp)
	Reparação de fendas estabilizadas em panos de alvenaria (rp)
Envolvente	Reparação de anomalias em canalizações à vista (rp)
	Limpeza de zonas horizontais de fachadas (rp / m)

3.5.3. LIMPEZA

No final da obra é necessário efectuar uma limpeza dos materiais cerâmicos.

Os materiais contaminantes do final da obra podem ser das seguintes categorias:

- Produto de acabamento construção tais como cimento, cal e gesso;
- Produtos do tipo de óleo e gorduras;
- Outros (frutas, tintas).

Para cada situação, há necessidade de aplicação de um determinado produto de limpeza, pelo que será recomendável testar previamente numa pequena área e analisar o comportamento do suporte e eficácia da remoção.

3.6. CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERIOR

A exposição dos RCA's ao meio ambiente exterior, nomeadamente à acção da radiação solar, à acção combinada temperatura/geada e à acção combinada vento/precipitação devem também ser consideradas no projecto.

Caracterizam-se nos pontos seguintes as acções referidas a que o edifício possa estar sujeito e que vão afectar desfavoravelmente a vida útil dos RCA's, nomeadamente a cor e a implantação do edifício.

3.6.1. CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS ADVERSAS

A ocorrência de condições atmosféricas adversas durante o assentamento e nos momentos imediatamente seguintes prejudica a eficiência da colagem, por provocar a evaporação demasiado rápida ou lenta dos constituintes líquidos da cola, ou a instalação prematura de tensões elevadas, devidas a movimentos diferenciais entre o revestimento e o suporte [26].

Constituem condições adversas as temperaturas elevadas ($>30^{\circ}\text{C}$) ou baixas ($<5^{\circ}\text{C}$), humidades relativas baixas ou muito altas, vento forte e a incidência directa de raios solares ou de água [26].

3.6.2. ACÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR

Conforme já foi referido, a envolvente exterior dos edifícios está sujeita a amplitudes térmicas que podem ser, ao longo do ano, superiores a 50°C. Sendo esta a causa de uma série de patologias nomeadamente a tensões e deformações consoante o tipo de movimentos e as propriedades físicas dos produtos aplicados.

Para além da temperatura exterior de projecto, na avaliação dos ambientes exteriores deverá ser também ponderada a intensidade de radiação solar a que os produtos vão estar sujeitos tendo em conta que a superfície exterior de um produto exposto à radiação solar vai apresentar valores de temperatura superiores à temperatura ambiente (temperatura exterior de projecto).

A figura que se segue pretende ilustrar as zonas de Portugal Continental onde a incidência da radiação solar é mais significativa.

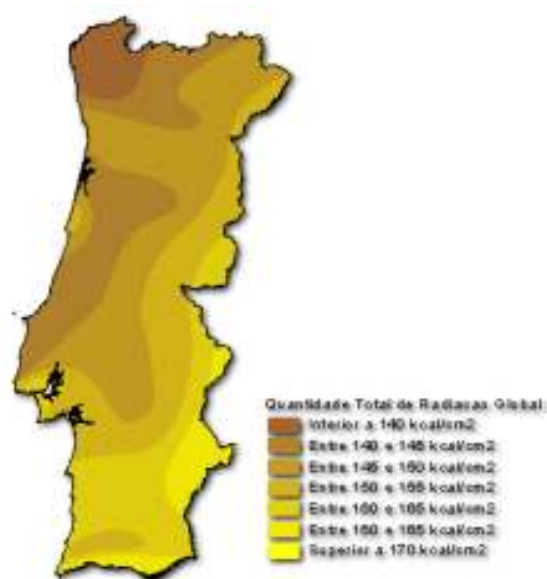


Fig. 3.7 - Radiação solar média anual em Portugal Continental [37]

Para Portugal Continental, os valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores são os seguintes:

Quadro 3.3 – Valores máximos de radiação global incidente sobre superfícies exteriores em Portugal Continental [9]

Estações do ano	Radiação solar global máxima – R [W/m ²]						
	Orientação						
	N	E	SE	S	SO	O	H ¹
Inverno	90	680	940	1050	920	670	750
Primavera/Outono	150	720	980	790	940	700	---
Verão	180	900	880	460	800	780	1100

¹Superfície horizontal, com inclinação entre 0° e 15°

Salienta-se ainda o facto do coeficiente de absorção da radiação solar ser essencialmente condicionado pela cor da superfície exposta do produto utilizado, sendo importante para uma maior durabilidade, a escolha da cor na fase de projecto tendo em consideração os seguintes valores.

Quadro 3.4 – Valores do coeficiente de absorção da radiação solar em função da cor [9]

Cor da superfície	Valor do coeficiente de absorção da radiação solar
Branco	0,2 a 0,3
Amarelo, cor-de-laranja, vermelho claro	0,3 a 0,5
Vermelho escuro, verde claro, azul claro	0,5 a 0,7
Castanho, verde escuro, azul vivo, azul escuro	0,7 a 0,9
Castanho escuro, preto	0,9 a 1,0

Segundo o exposto, se os produtos da construção que estão no âmbito da caracterização do Factor E, na aplicação do método factorial, (ver capítulo 5) obtiverem um resultado para a sua vida útil estimada pouco superior ao mínimo estipulado, deverá ser considerado como critério de projecto o seguinte:

- Para produtos com vida útil estimada aceitável, mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação em zona de insolação solar igual ou superior a 150 Kcal/cm² não deverão ser seleccionados se possuírem um coeficiente de absorção da radiação solar igual ou superior a 0,7 [9], excepto se estes estiverem protegidos pelo efeito de sombreamento, por outros edifícios ou por elementos da própria construção, ou se estiverem exclusivamente expostos ao quadrante solar Norte.

Pelo exposto, a radiação solar média anual em Portugal Continental e os valores do coeficiente de absorção da radiação solar em função da cor dos revestimentos exteriores serão bons indicadores para avaliar o factor modificador associado ao ambiente exterior – Factor E, no método factorial.

3.6.3. ACÇÃO COMBINADA VENTO/PRECIPITAÇÃO

A acção do vento é um factor a considerar nas características do ambiente exterior, combinada ou não com outras acções, que podem afectar o tempo de vida útil dos produtos da construção.

A acção do vento em Portugal encontra-se caracterizada no RSA [38], estando a caracterização descrita em função do zonamento do Território e da Rugosidade Aerodinâmica do Solo.

Segundo o RSA [38], o território nacional encontra-se dividido em duas zonas distintas.

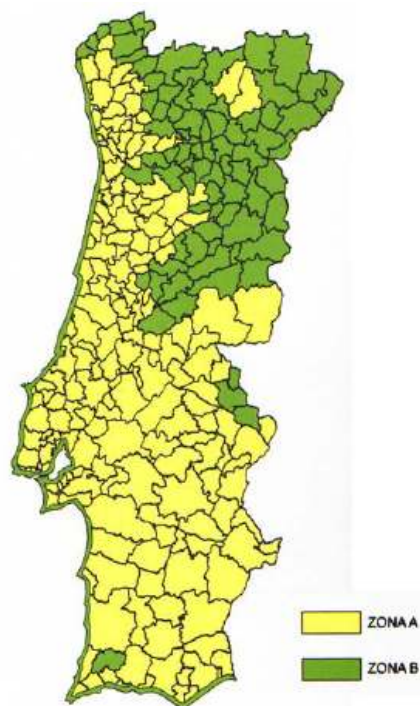


Fig. 3.8 – Zonamento do território de Portugal Continental em função da acção do vento segundo o RSA [38]

Quadro 3.5 – Zonamento segundo a acção do vento definido pelo RSA [38]

Zona	Território abrangido
Zona A	A generalidade do território, com excepção as regiões pertencentes à zona B
Zona B	Os arquipélagos dos Açores e da Madeira e as Regiões do Continente situadas numa faixa costeira com 5km de largura ou a altitudes superiores a 600m

Tendo em conta que a interacção dos factores de degradação acentua o efeito do envelhecimento do RCA e que a acção do vento pode desencadear e/ou acelerar a acção desses mesmos mecanismos de degradação, sendo importante analisar as construções sujeitas à combinação do vento com a precipitação.

“Os revestimentos cerâmicos das fachadas orientadas a Sul, em geral mais sujeitos a variações climáticas, apresentam em alguns casos, um agravamento das patologias que eventualmente se verifiquem nas restantes fachadas” [39].

Para avaliar o factor E, pelo método factorial, (capítulo 5) irá ser usado a orientação da fachada do edifício em estudo conforme se depreende da exposição em cima.

3.6.4. ACÇÃO COMBINADA TEMPERATURA/GEADA

O conhecimento da gelividade da zona de edificação pode ser determinante do ponto de vista da durabilidade uma vez que os valores de resistência ao gelo variam em função do tipo de revestimento.

Como a acção combinada temperatura/geada é relevante para produtos com porosidade aberta, ou seja, produtos com vazios abertos ligados directamente à superfície [40], tais como a grande parte dos ladrilhos cerâmicos e pétreos.

Apresenta-se na figura seguinte os intervalos definidos pelo número de dias no ano com geada em Portugal continental.



Fig. 3.9 – Número médio anual de dias com geada [9]

Segundo o exposto, se os produtos da construção que estão no âmbito da caracterização do Factor E obtiverem um resultado para a sua vida útil estimada pouco superior ao mínimo estipulado, deverá ser considerado como critério de projecto o seguinte [31]:

- Para produtos com vida útil estimada aceitável, mas muito próximo do período mínimo a considerar, quando em análise para aplicação em concelhos com número médio anual superior a 50 dias com geada, não deverão ser seleccionados se a porosidade aberta for uma das suas características, excepto se estes estiverem previstos apenas para locais exteriores mas protegidos da geada, tais como os aplicados em algumas superfícies das varandas.

Pelo exposto, o número médio anual de dias com geada será um bom indicador para avaliar o factor modificador associado ao ambiente exterior – Factor E, no método factorial.

4

PATOLOGIAS DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS COLADOS EM FACHADAS

4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A patologia na construção é entendida como o estudo das anomalias das construções, dos elementos ou dos seus materiais. Por sua vez, a anomalia é considerada como uma redução do desempenho previsto em projecto, sendo decorrente da degradação ou da deterioração do elemento ou material em estudo [41]. As anomalias mais correntes, dos revestimentos cerâmicos, afectam o seu desempenho no campo, da segurança na utilização (falta de aderência), da funcionalidade e do aspecto estético (enodoamento, eflorescências, desgaste, alteração de cor e deterioração das juntas) [39].

A seguinte figura é elucidativa das anomalias que as fachadas de uma construção podem padecer e demonstra até onde se pode chegar para salvaguardar a integridade física dos moradores e transeuntes: colocação de uma “rede de segurança” para protecção contra a queda do revestimento cerâmico.

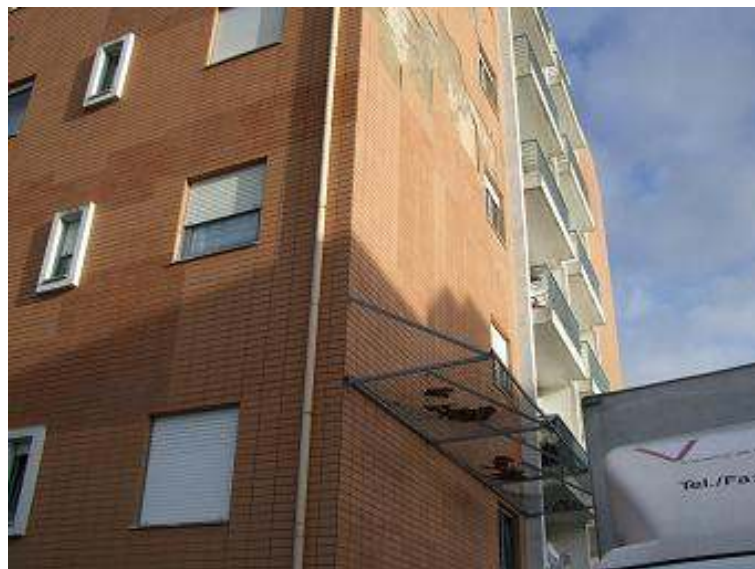


Fig. 4.1 – Fachadas com várias anomalias e com “rede de segurança”

4.2. CAUSAS DAS PATOLOGIAS

Dinis Silvestre [22], no seu estudo, apresenta um sistema classificativo das causas de ocorrência das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes em grupos, apresentando um sistema classificativo das causas de ocorrência das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes em grupos, referindo que estas estão sempre dependentes das características dos revestimentos cerâmicos, da edificação onde estão aplicados, do uso a que foram sujeitos e do seu comportamento em serviço.

No quadro 4.1 apresentam-se as principais causas das patologias em revestimentos cerâmicos aderentes de fachada, organizadas em grupos.

Quadro 4.1 – Classificação das causas das anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes [22]

Grupos	Causas
Erros de projecto	Escolha de materiais incompatível, omissa, ou não adequada a utilização
	Estereotomia não conforme com as características do suporte
	Prescrição de colagem simples em vez de dupla
	Dimensionamento incorrecto das juntas do revestimento cerâmico
	Inexistência de juntas periféricas, de esquartelamento ou construtivas
	Existência de zonas do revestimento cerâmico inacessíveis para limpeza
	Deficiente cuidado na pormenorização das zonas singulares do revestimento cerâmico
	Inexistência ou anomalia dos elementos periféricos do revestimento cerâmico
	Deformações excessivas do suporte
	Humidade ascensional do terreno
Erros de execução	Utilização de materiais não prescritos e/ou incompatíveis entre si
	Aplicação em condições ambientais extremas
	Desrespeito pelos tempos de espera entre as várias fases de execução
	Aplicação em suportes sujos, pulverulentos ou não regulares
	Desrespeito pelo tempo aberto do adesivo
	Espessura inadequada do material de assentamento
	Contacto incompleto do ladrilho – material de assentamento
	Assentamento de ladrilhos nas juntas de dilatação do suporte
	Colagem simples em vez de dupla

Erros de execução	Utilização de material de assentamento ou de preenchimento de juntas de retracção elevada
	Preenchimento de juntas sujas
	Execução de juntas com largura ou profundidade inadequada/não execução
	Preenchimento incompleto das juntas de assentamento
	Desrespeito pela estereotomia do revestimento cerâmico
	Inexistência ou insuficiência de pendentos em pavimentos exteriores
	Encastramento de acessórios metálicos não protegidos nas juntas
Acções de origem mecânica exterior do revestimento cerâmico	Choques contra o revestimento cerâmico
	Vandalismo/ <i>grafitti</i>
	Concentração de tensões no suporte
	Deformação do suporte
Acções ambientais	Vento
	Radiação solar
	Exposição solar reduzida
	Choque térmico
	Lixiviação dos materiais do revestimento que contêm cimento
	Humidificação do revestimento
	Acção biológica
	Poluição atmosférica
Falhas de manutenção	Criptoflorescências
	Envelhecimento natural
	Falta de limpeza do revestimento cerâmico ou de zonas adjacentes
Alteração das condições inicialmente previstas	Limpeza incorrecta do revestimento cerâmico
	Aplicação de cargas verticais excessivas em revestimentos de paredes

No seu estudo, Silvestre [22] inspeccionou e analisou 64 casos de patologias em revestimentos cerâmicos aderentes em paredes exteriores, em várias localidades de Portugal e chegou aos valores que se apresentam na figura abaixo. Pela análise da figura vemos que os erros de projecto têm o mesmo peso que as acções ambientais nas causas de anomalias em fachadas (37%) e que os erros de execução têm um valor bastante inferior (1/3 de cada um dos anteriores).

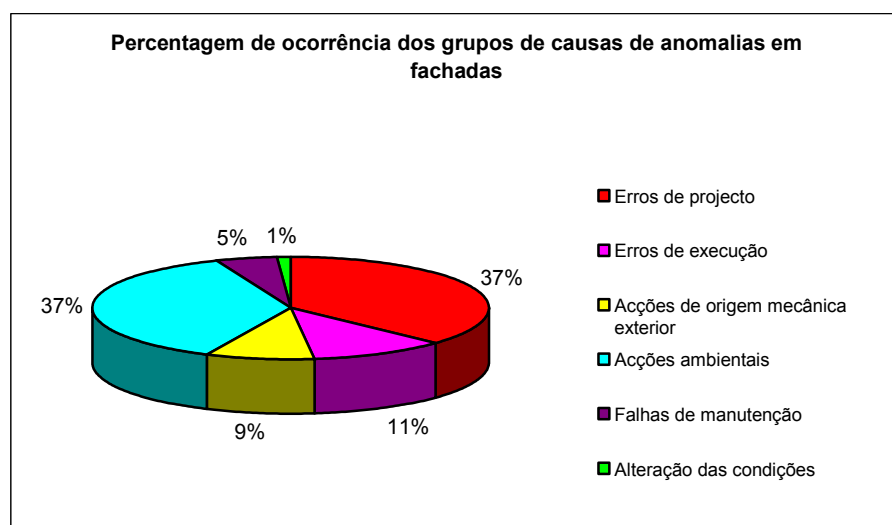


Fig. 4.2 – Percentagem de ocorrências dos grupos de anomalias em fachadas

4.3. ORIGEM DAS PATOLOGIAS

A origem das patologias pode ser classificada em [42]:

- Congénitas – são aquelas originárias da fase de projecto, em função da não observância das Normas Técnicas, ou de erros e omissões dos profissionais, que resultam em falhas no detalhe e concepção inadequada do revestimentos. São responsáveis por grande parte das avarias registadas em edificações;
- Construtivas – quando a sua origem esta relacionada com a fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra desqualificada, produtos não certificados ausência de metodologia para assentamento das peças, o que, segundo pesquisas mundiais, também são responsáveis por grande parte das anomalias em edificações;
- Adquiridas – quando ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou decorrentes da acção humana, em função de manutenção inadequada ou realização de interferência incorrecta nos revestimentos, danificando as camadas e desencadeando um processo patológico;
- Acidentais – caracterizadas pela ocorrência de algum fenómeno atípico, resultado de uma solicitação invulgar, como a acção da chuva com ventos de intensidade superior ao normal, recalques e até mesmo incêndio. A sua acção provoca esforços de natureza imprevisível, especialmente na camada de base e sobre as juntas, quando não atinge ate mesmo as peças, provocando movimentações que irão desencadear processos patológicos em cadeia.

4.4. TIPOS DE PATOLOGIAS

O sistema de revestimento cerâmico colado ao suporte de forma contínua, com recurso a argamassas ou cimentos-cola, é o que apresenta maior número de defeitos recorrentes e sistemáticos, de entre todos os materiais e sistemas utilizados.

Em paredes exteriores, os defeitos mais habituais são:

- Descolamento;
- Fissuração.

Para além destes outros defeitos podem afectar o desempenho dos revestimentos:

- As anomalias estéticas, entre elas, as eflorescências, o enodoamento, o desgaste excessivo, alteração da cor, deterioração das juntas;
- Defeitos que ficam a dever-se aos próprios ladrilhos, entre os quais, crateras, fissuração do vidrado, nódoas;
- Defeitos devido às técnicas e materiais de preenchimento das juntas de assentamento, entre os quais, fissuração, descolamento dos bordos, desprendimento e enodoamento;
- Defeitos de segurança na utilização, entre eles, falta de planeza e falta de aderência.

4.5. CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DOS PRINCIPAIS DEFEITOS DE REVESTIMENTOS DE PAREDES

4.5.1. DESCOLAMENTO E EMPOLAMENTO

O descolamento é a perda de aderência dos ladrilhos cerâmicos relativamente ao suporte [41]. O descolamento dos ladrilhos de um sistema de revestimento cerâmico colado é normalmente considerada a anomalia mais grave que pode afectar este tipo de revestimentos. Fundamentalmente pelas questões de segurança que levanta, por ser inevitável a sua reparação e pelo elevado custo associado. Um revestimento cerâmico afectado por descolamento não só perde completamente a sua funcionalidade como poderá também comprometer seriamente a durabilidade do suporte sobre o qual estava assente [26].

No descolamento de revestimentos de paredes, temos de distinguir entre dois tipos de situações [39]:

- Descolamentos localizados (pontuais) – normalmente associados a deficiências locais de aplicação ou do suporte;
- Descolamentos generalizados, com ou sem empolamento prévio do revestimento – frequentemente associados à elevada expansão dos ladrilhos, à falta de qualidade do material de colagem, a erros sistemáticos de aplicação ou à incompatibilidade entre as várias camadas do sistema.

O descolamento localizado pode ter origem em pequena fissura local, em zonas de concentração de tensões na parede, com entradas pontuais de água para o suporte ou zonas de remate de trabalho, com produtos de colagem no limite do seu tempo de abertura. O uso de produtos de colagem para além do seu tempo de abertura, originam também descolamentos localizados com padrão repetitivo.

O descolamento generalizado com empolamento está normalmente associado a material cerâmico de revestimento com expansão irreversível, não compensada por juntas estruturais e de assentamento com largura e espaçamento compatíveis. Este, poderá ser originado por uma deformação uniforme acentuada da estrutura ou da parede de suporte, como é o caso quando o assentamento é feito sobre reboco armado. A falta de resistência de produto de assentamento ou da sua aderência contribui sempre para o agravamento para as causas principais do deslocamento com empolamento.

Os deslocamentos generalizados sem empolamento dão-se, em geral, por deficiência da camada adesiva, resultante da falta da qualidade do produto, da sua inadequação à função ou da sua má aplicação. De notar que a entrada de água para o tardo dos revestimentos (através de fissuras, peitoris, platibandas), constitui sempre um factor de agravamento.

“Os revestimentos cerâmicos das fachadas orientadas a Sul, em geral mais sujeitos a variações climáticas, apresentam em alguns casos, um agravamento das patologias que eventualmente se verifiquem nas restantes fachadas” [39].

Os tipos de rotura da ligação ao suporte, resumem-se no seguinte quadro:

Quadro 4.2 – Tipos de rotura da ligação ao suporte [39]

Tipos de rotura	Causas da patologia
Rotura adesiva ladrilho-cola	Aplicação de cola que já tinha ultrapassado o seu tempo de abertura real ou de cola que não é adequada para o grau de porosidade dos ladrilhos
Rotura coesiva da cola	Utilização prematura do revestimento, antes da cola ter adquirido o desempenho necessário
Rotura adesiva da cola-suporte	Contágios do suporte por produtos cobertos de pó, ou suporte demasiado quente ou seco no momento da aplicação da cola, ou cola inadequada para o grau de absorção de água do suporte
Rotura coesiva do suporte	Suporte que não apresenta a devida coesão, sem condições para receber um revestimento

Para além dos referidos acima, são diversos os factores que, por si só, ou de forma conjugada, podem contribuir para o deslocamento dos revestimentos cerâmicos de paredes:

- Reduzida elasticidade do produto de colagem;
- Suportes muito jovens;
- Áreas de trabalho demasiado extensas;
- Contacto incompleto dos ladrilhos com a cola, em particular nos limites periféricos das zonas de trabalho;
- Transição entre suportes distintos; suportes irregulares, pouco limpos, pulvurentos ou com porosidade não recomendada;
- Falta de pressão adequada dos ladrilhos no acto de assentamento;
- Falta de planeamento do trabalho e deficiente qualificação de mão-de-obra.

As principais consequências do deslocamento dos revestimentos cerâmicos de paredes são as seguintes [39]:

- Queda, com elevado perigo de danos humanos e materiais;
- Criação de condições para a entrada de grandes quantidades de água para o suporte e para a interface de colagem, com risco de infiltração para o interior e descolagem progressiva e acelerada do revestimento;
- Degradação do aspecto visual e criação da sensação de insegurança para o utente.

4.5.2. FISSURAÇÃO

A fissuração dos revestimentos cerâmicos de paredes resulta da ocorrência de tensões de tracção no plano dos ladrilhos superiores às que são suportadas por este constituinte do revestimento, originando fendas ou fissuras que atravessam toda a espessura dos ladrilhos [7]. As principais causas que

originam esta anomalia são: a fendilhação do suporte, ou movimentos diferenciais suporte-revestimento; contração ou expansão do produto de assentamento dos ladrilhos; choque violento ou choque de ladrilhos mal assentes e rotura por flexão em ladrilhos mal assentes [7]. Este fenómeno ocorre com frequência em revestimentos com uma tensão de aderência alta entre a camada de assentamento e os ladrilhos, dado que, se essa tensão fosse baixa, resultaria no descolamento dos ladrilhos [22].

4.5.3. JUNTAS DE ASSENTAMENTO

As juntas de assentamento são responsáveis pela estanquidade do sistema de revestimento e pela capacidade de absorver deformações, já que sendo uma parede de fachada constituída por várias camadas de diferentes materiais, com coeficientes de expansão-contracção diferentes e sujeitos a diferentes solicitações (de carácter higrotérmico), verificamos que existem acentuados movimentos diferenciais restringidos pelo funcionamento conjunto das várias camadas. Estes movimentos vão criar tensões de corte elevadas nas interfaces que só poderão ser absorvidas com ligações de elevada resistência, razoável elasticidade.

4.5.4. Anomalias estéticas

Nos revestimentos cerâmicos, existem inúmeras anomalias estéticas entre as quais: eflorescências, o enodoamento, o desgaste excessivo, alteração da cor, deterioração das juntas, entre outras.

As eflorescências são as anomalias estéticas mais correntes nos revestimentos cerâmicos aderentes. Esta anomalia consiste na cristalização de sais solúveis na superfície dos revestimentos cerâmicos provenientes de água percolada no interior do sistema de revestimento cerâmico. Apesar de esta anomalia evidenciar infiltrações no interior dos revestimentos cerâmicos, na maior parte dos casos não causa grandes problemas para além das manchas esbranquiçadas inestéticas [43]. No entanto, quando a cristalização dos sais ocorre ainda no interior dos revestimentos cerâmicos – criptoflorescências, o seu aumento de volume pode conduzir ao descolamento do revestimento cerâmico, não fazendo esta anomalia parte integrante das anomalias estéticas [44]. As anomalias estéticas são então todas as anomalias que reduzem apenas o desempenho estético, não conduzindo a alterações no seu funcionamento.

4.5.5. QUADRO RESUMO DE PATOLOGIAS

No quadro 4.3 resumem-se as principais anomalias a que estão sujeitas os revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas.

Quadro 4.3 – Tipos de patologias mais correntes em RCA [39]

Tipo de patologia	Sintomas	Causas mais prováveis
Descolamento	Perda de aderência, relativamente ao suporte, com ou sem empolamento Na maior parte dos casos não é possível recolocar os ladrilhos por estes não caberem no espaço que anteriormente ocupava	Movimentos diferenciais suporte-sistema de revestimento. Aderência insuficiente entre camadas do sistema de revestimento Falta de juntas elásticas no contorno do revestimento. Deficiências do suporte (limpeza, planeza e porosidade).
Fissuração	Fissuras que atravessam toda a espessura dos ladrilhos	Retracção de secagem inicial (irreversível) do produto de preenchimento da juntas ou contracções – expansões cíclicas devidas a variações termo-higrométricas. Extensões de rotura, em tracção ou compressão, insuficientes para absorverem os movimentos transmitidos à junta pelo revestimento ou pelo suporte.
Esmagamento ou lascagem nos bordos dos ladrilhos		Movimentos diferenciais suporte-revestimento que resultam da compressão nos ladrilhos.
Enodoamento prematuro	Manchas de produtos enodoantes na face útil dos ladrilhos	Textura superficial ou abertura dos poros na superfície dos ladrilhos, em consequência do desgaste ou de ataque químico, que retêm a sujidade. Seleção inadequada dos ladrilhos, que não teve em conta a severidade do uso inerente ao espaço revestido; ladrilhos com classificação funcional insuficiente para o espaço revestido.
Alteração de cor	Alteração localizada da cor inicial dos ladrilhos	Desgaste nas zonas de maior circulação. Ataque químico.
Despreendimento do vidrado	Crateras rodeadas por fissuras concêntricas	Seleção inadequada dos ladrilhos, que não teve em conta a severidade do uso inerente ao espaço revestido; ladrilhos com classificação funcional insuficiente para o espaço revestido.
Deficiências de planeza		Irregularidade da superfície do suporte que

		o produto de assentamento não pode disfarçar. Não cumprimento das regras de qualidade sobre planeza geral ou localizada da superfície do sistema. Empeno dos ladrilhos.
Escorregamento		Humedecimento inusitado dos ladrilhos. Eliminação, em consequência do desgaste, da rugosidade superficial que garantia a resistência ao escorregamento.
Riscagem ou desgaste prematuro dos ladrilhos	Zonas evidenciando riscagem ou desgaste profundo ou desaparecimento do vidrado dos ladrilhos	Textura superficial ou abertura dos poros na superfície dos ladrilhos, em consequência do desgaste ou de ataque químico, que retêm a sujidade. Seleção inadequada dos ladrilhos, que não teve em conta a severidade do uso inerente ao espaço revestido; ladrilhos com classificação funcional insuficiente para o espaço revestido.
Fendilhação do vidrado	Fissuras afectando apenas o vidrado, que se entrecruzam em forma de rendilhado	Coeficiente de dilatação térmica do vidrado superior, ou não suficientemente inferior, ao da base cerâmica do ladrilho, que o coloca em tracção, ou insuficientemente comprimido, durante o arrefecimento subsequente à cozedura. Choque térmico. Contracção dos produtos cimentícios de assentamento dos ladrilhos transmitida ao vidrado.
Eflorescência	Manchas esbranquiçadas à superfície dos ladrilho	Presença de sais solúveis nos ladrilhos, no material de assentamento ou no suporte que, em consequência de uma humedificação (resultante do assentamento ou do uso do revestimento), são transportados para a superfície e aí se depositam / cristalizam, à medida que a água se vai evaporando.
Esmagamento ou lascagem dos bordos		Movimentos diferenciais suporte-revestimento que resultam da compressão nos ladrilhos.

4.6. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DE PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS

O levantamento fotográfico levado a cabo, neste trabalho, teve como único objecto a apresentação de casos de patologias em fachadas de edifícios revestidos a cerâmica. Os comentários efectuados para cada fotografia têm apenas carácter didáctico.

Durante o levantamento fotográfico, efectuado no decorrer deste projecto, foram muitos os casos de edifícios com patologias observados. Destes, destacam-se três, devido ao grande número de patologias encontradas. Por tal facto, optou-se por efectuar um comentário detalhado de cada uma das situações. Sendo, de seguida mostrados outros exemplos de edifícios com patologias em fachadas.



Fig. 4.3 – Edifício em São Félix da Marinha com várias patologias no sistema RCA. Na fig. lado esquerdo visível a fachada Norte e na fig. lado direito visível a fachada Sul

O edifício apresentado, na figura 4.3, localiza-se em S. Félix da Marinha. Este edifício residencial apresenta falhas em todas as etapas construtivas do RCA. Tendo já sido alvo de uma intervenção há algum tempo atrás, como se pode constatar pela diferença de cor dos ladrilhos e das juntas de assentamento em algumas zonas localizadas de edifício, no entanto as patologias anteriores continuam a manifestar-se em zonas adjacentes às intervencionadas, um pouco por todo o edifício, com queda generalizada do seu revestimento. São visíveis patologias na interface da base (viga de betão armado) com a argamassa de regularização, com desprendimento desta, devido à falta de tratamento adequado, da má qualidade do chapisco ou até mesmo à falta deste. O revestimento cerâmico apresenta descolamento generalizado, devido à rotura adesiva ladrilho-cola, devido provavelmente à aplicação

de cola que já tinha ultrapassado o seu tempo de abertura real ou de cola que não é adequada para o grau de porosidade dos ladrilhos. A fachada Norte evidência bastantes defeitos quanto ao aspecto: eflorescências, enodoamento e alteração da cor dos ladrilhos, bem como alteração da cor das juntas de assentamento. O prédio em análise tem zonas de fachada em curvatura, com o RCA assente “ao baixo”, quando nestes casos a opção mais adequada é a escolha de ladrilhos rectangulares que deverão ser aplicados com o lado mais curto paralelo ao perímetro de curvatura, ou de mosaicos porcelânicos, mais conhecidos por “pastilha”, com as dimensões de 2,5x2,5 cm, dado que permitem um acompanhamento mais eficaz da curvatura da superfície [22].



Fig. 4.4 – Edifício em Mozelos com descolamento generalizado

A figura 4.4 é referente a um edifício localizado em Mozelos. Devido à queda constante de ladrilhos, com consequente falta de segurança dos moradores e transeuntes o condomínio deste prédio colocou redes de protecção por cima das zonas pedonais acessíveis.

Este edifício, com dez anos, apresenta desprendimento generalizado em três fachadas, apesar de já sido alvo de uma intervenção há algum tempo atrás como se pode constatar pela diferença de cor dos ladrilhos e das juntas de assentamento em algumas zonas localizadas de edifício. A outra fachada apresenta descolamento pontual em expansão, devido à entrada de água, agravando ainda mais a patologia. Em princípio dada a localização e a falta de protecção da aresta com capeamento ou rufo, houve entrada de água pontual para o tardoz/produto de colagem/suporte, com desprendimento dos

ladrilhos. A rede de protecção na prumada dá indicação dessa situação e a sua função é proteger os moradores e suas viaturas na entrada das garagens.

Na figura é visível pelos ladrilhos encontrados no local, que há perda de aderência (rotura coesiva do suporte) por deficiências do suporte. Este não apresenta a devida coesão (argamassas de reboco mal doseadas), logo este edifício não tem condições para receber um revestimento cerâmico aderente.

Terá de ser alvo de uma análise completa do seu revestimento, com remoção do actual e encontrado um outro revestimento. Esta solução é preconizada pelo condomínio, mas os moradores não chegam a consenso, devido aos custos envolvidos.



Fig. 4.5 – Edifício em Santa Maria da Feira com descolamento generalizado

O edifício em forma de “U”, figura 4.5, com estabelecimentos comerciais no R/C e habitação nos pisos superiores, está localizado em Santa Maria da Feira.

Devido à queda constante de ladrilhos, com consequente falta de segurança, este prédio tem redes de protecção, fixas na fachada, por cima das zonas pedonais acessíveis como se pode constatar pela figura.

Este edifício apresenta desprendimento generalizado em três fachadas que constituem a perna do “U” (orientação: Nascente, Poente, Sul).

Pelas amostras encontradas no local e mostradas na figura o desprendimento verifica-se na interface ladrilho-cola, logo temos um caso de rotura adesiva ladrilho-cola, devido à aplicação de cola que já tinha ultrapassado o seu tempo de abertura real ou de cola que não é adequada para o grau de porosidade dos ladrilhos.



Fig. 4.6 – Revestimento cerâmico com empolamento e posterior descolamento, associados à elevada expansão dos ladrilhos, à falta de qualidade do material de colagem, a erros sistemáticos de aplicação ou à incompatibilidade entre as várias camadas do sistema



Fig. 4.7 – Revestimento cerâmico com descolamento e defeitos quanto ao aspecto: eflorescências e alteração da cor de alguns ladrilhos devida à reparação anterior

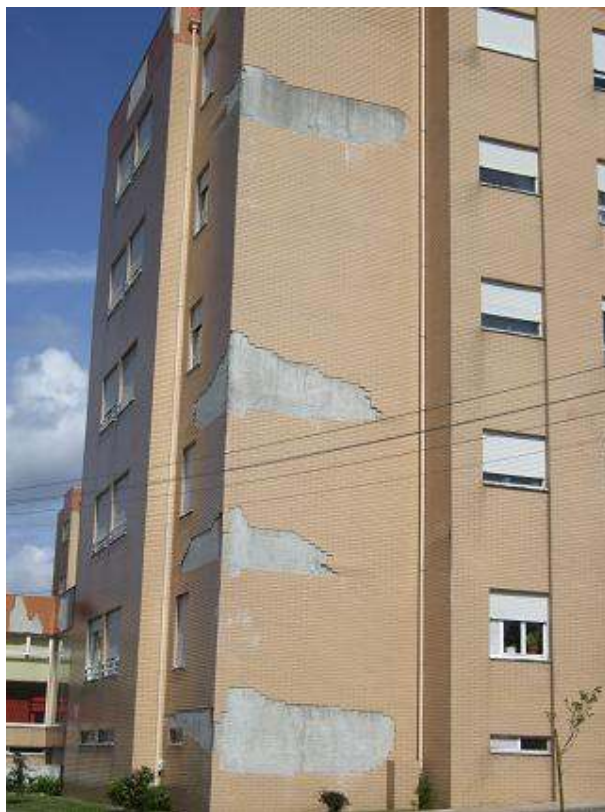


Fig. 4.8 – Revestimento cerâmico com descolamento generalizado em fachadas de edifício de grande altura sem juntas de esquarteamento



Fig. 4.9 – Revestimento cerâmico com descolamento pontual com grande expansão devido à rotura coesiva do suporte



Fig. 4.10 – Revestimento cerâmico com descolamento pontual devido a fissuras no suporte e eflorescências



Fig. 4.11 – Revestimento cerâmico com descolamento pontual devido a fissuras provocadas pelos movimentos diferenciais no suporte na ligação laje-platibanda



Fig. 4.12 – Revestimento cerâmico com fissuras nas juntas e desnivelamento, devido a movimento diferenciais no suporte, e com eflorescências



Fig. 4.13 – Revestimento cerâmico com descolamento devido a fissura do suporte no cunhal e entrada de água para o tardo



Fig. 4.14 – Revestimento cerâmico com anomalias estéticas devido ao desprendimento do vidrado por agressões do meio ambiente



Fig. 4.15 – Revestimento cerâmico com anomalias estéticas provocadas por escorrimentos da água do terraço (impermeabilização degradada) devido à fissuração do suporte na ligação viga-murete de protecção



Fig. 4.16 – Revestimento cerâmico com anomalias estéticas provocadas por fungos



Fig. 4.17 – Fissuração do RCA devido à rotação da laje em consola, acentuada pela sujeira acumulada na fissura



Fig. 4.18 – Descolamento por falta de aderência da cola ao suporte devido à picagem “pontual” da camada de reboco pintado ser insuficiente para garantir aderência da cola ao suporte



Fig. 4.19 – Juntas de dilatação estrutural com funcionamento ineficaz para o revestimento



Fig. 4.20 – Fissuração dos ladrilhos, devido à fendilhação do suporte, ou movimentos diferenciais suporte-revestimento, ou contracção/expansão do produto de assentamento dos ladrilhos; na figura da direita as arestas foram alvo de acidente ou vandalismo

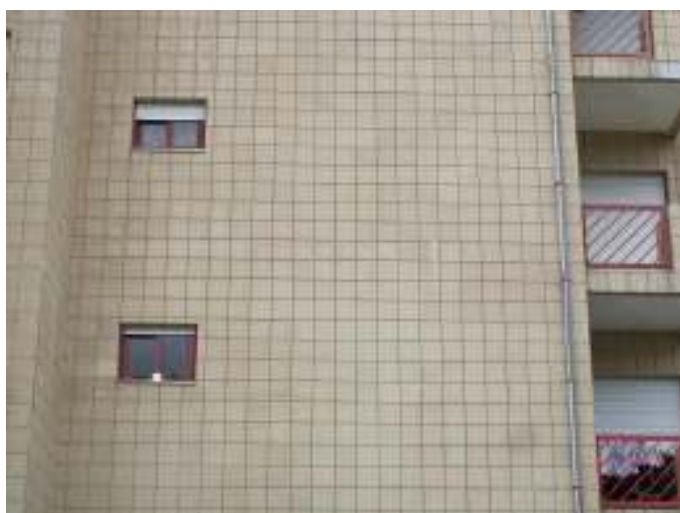


Fig. 4.21 – Variação da cor e escorrências devidas à entrada e saída de água



Fig. 4.22 – Sujeidade no revestimento e nas juntas devido à acção da água da chuva nos peitoris das janelas



Fig. 4.23 – Descolamento em zona muito exposta (fig. esquerda) e escoamento grave (fig. direita) devido à falta de capeamento superior de protecção contra a água



Fig. 4.24 – Aspecto de fissuração de azulejos exteriores no seu vidroado



Fig. 4.25 – Degradação de aresta sem protecção, onde são visíveis fissuras no produto aplicado no remate e dessolidarização.

5

**DURABILIDADE
REVESTIMENTOS
COLADOS****DE
CERÂMICOS****5.1. INTRODUÇÃO**

O estudo da durabilidade da construção, entendida como a capacidade de um edifício ou de partes de um edifício de desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob condições de serviço, exige um conhecimento prévio das características dos materiais, componentes da construção e das características dos ambientes a que estão sujeitos [45].

Até final do século XIX, a construção era feita por tentativa e erro, por imitação de técnicas antigas, seleccionando-se aquelas que melhor respondiam às necessidades das pessoas e, gradualmente, abandonando-se as técnicas ou sistemas que falhavam. Com a revolução industrial e, sobretudo, no pós-guerra, desenvolveram-se técnicas e produtos novos, de aplicação pioneira na indústria da construção, o que levou em muitos casos ao aumento da degradação das construções.

A consciência da importância da durabilidade começou a surgir nos anos 60, nas nações mais desenvolvidas, com parques construídos mais completos, mas com problemas de degradação, com consequências directas ao nível económico, do bem-estar físico e psicológico das populações e no impacto da imagem das cidades [4].

Em particular após as crises petrolíferas dos anos 70, tornou-se claro que, tão importantes como o valor do investimento inicial de uma construção, dever-se-ia considerar – e se possível antecipar – desde a fase de planificação e projecto os custos relacionados com a performance global das edificações: consumo energético, despesas de manutenção, capacidade de resistência à deterioração ou níveis de poluição relacionados com a construção, o uso e a demolição das construções – conceitos que, hoje em dia, se encontram relativamente aceites na ideia de sustentabilidade das construções. Neste sentido, o estudo da durabilidade das construções ganhou uma nova ênfase. Por um lado, verificava-se que a maior parte do parque construído das nações mais desenvolvidas já estava efectivamente construído, para durar dezenas de anos, sendo necessário estudar e minorar o impacto da sua degradação. Por outro, em teoria, qualquer novo investimento seria tanto melhor rentabilizado, quanto maior fosse a durabilidade da construção.

Actualmente, qualquer análise económica relacionada com o investimento ou a sua amortização na construção só poderá ser feita se for feita uma determinação num horizonte de tempo que limite as projecções desejadas, independentemente de se tratar de edifícios existentes ou obra nova.

A durabilidade é hoje um dos conceitos mais importantes na construção, fundamental para entidades que giram grandes parques construídos ou em áreas como seguradoras, que já aplicam, de forma sistemática, métodos de diagnóstico e de estimativa da vida útil de edifícios e das suas componentes como instrumentos para a fixação dos respectivos prémios.

O prolongamento da vida das construções existentes, sobretudo as recentes, é uma área determinante.

Sobretudo se considerarmos que em Portugal grande parte do parque construído cresceu nos últimos 50 anos sem se atender a preocupações de durabilidade. Se nada for feito para alterar esta situação, poderemos assistir a graves problemas sociais e urbanos, com centenas ou milhares de edifícios a precisar de recuperação urgente.

A longo prazo, esta ausência de visão estratégica comporta elevados custos económicos, decorrentes dos prejuízos causados pela falta de durabilidade das construções e dos sistemas construtivos, e pelo custo necessário para a sua reabilitação.

5.2. DURABILIDADE

5.2.1 DEFINIÇÕES

Durabilidade, segundo o dicionário, é “*a duração*”, ou ainda a “*qualidade daquilo que é durável*”. Este conceito está associado à longevidade e à qualidade convivendo-se com a ideia “mais durável = mais qualidade”.

A norma ISO 15686-1 [46] define durabilidade como “*capacidade do edifício ou seus elementos de desempenhar as funções requeridas durante um determinado período de tempo sobre influência dos agentes actuantes em serviço*”.

A norma ISO 15686 define vida útil como “*período de tempo, após a construção, em que o edifício ou seus elementos, igualam ou excedem os requisitos mínimos de desempenho*”.

Já a EOTA, no documento guia GD002 [47] apresenta a seguinte definição: “*período de tempo durante o qual o desempenho dos produtos se mantém a um nível compatível com a satisfação dos requisitos essenciais*”

Resumindo, um edifício que esteja degradado não significa que tenha chegado ao fim da sua vida útil.

A durabilidade das construções representa um dos sectores estratégicos para o desenvolvimento dos países. O estudo da durabilidade permite [26]:

- Avaliar e prever a vida útil dos materiais, componentes, sistemas e edifícios (Método Factorial);
- Definir estratégias de manutenção e substituição dos elementos de construção;
- Prever o impacte ambiental e energético das construções ao longo do tempo;
- Estimar o custo da manutenção, remodelação ou substituição dos edifícios ou das suas partes, ao longo da sua vida útil;
- Estimar os custos e as metodologias requeridas para o prolongamento da vida útil das construções;
- Desenvolver ferramentas de análise e diagnóstico de grandes parques construídos, na perspectiva da sua gestão;
- Definir estratégias de projecto e obra, com vista a uma maior sustentabilidade e qualidade das construções.

O quadro 5.1, adaptado da GD002 [47], relaciona a durabilidade das construções com a durabilidade dos produtos de construção.

Quadro 5.1 – Durabilidade dos produtos em função da durabilidade das construções (anos) adaptado de [47]

Durabilidade das construções ou partes		Durabilidade dos produtos de construção		
Categoria	Anos	Reparáveis ou de fácil substituição	Reparáveis ou substituíveis com mais algum esforço	Para toda a vida da construção ¹
Pequena	10	10	10	10
Média	25	10	25	25
Normal	50	10	25	50
Longa	100	10	25	100

¹Situações em que não são reparáveis

A norma ISO 15686-1 [46] estabelece valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes, como mostra o quadro seguinte.

Quadro 5.2 – Valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes¹ (anos) [9]

Vida de projecto do edifício	Elementos inacessíveis ou estruturais	Elementos cuja substituição é difícil ou dispendiosa	Elementos substituíveis	Instalações e equipamentos
Ilimitada ²	Ilimitada ²	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

¹Alguns dos elementos de fácil substituição (pintura de paredes exteriores) poderão ter uma durabilidade inferior – 3 a 6 anos

²A vida ilimitada deve ser utilizada apenas em alguns casos porque reduz significativamente as opções de projecto

5.2.2. MÉTODO FACTORIAL

O Método Factorial proposto pela ISO 15686 – 1 [46] permite uma estimativa da vida útil de um determinado produto da construção sob determinadas condições.

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.

Os factores modificadores a considerar são os seguintes:

- Factor A – Qualidade do produto de construção (A);
- Factor B – Nível de qualidade do projecto (B);
- Factor C – Nível de qualidade da execução (C);
- Factor D – Características do ambiente interior (D);
- Factor E – Características do ambiente exterior (E);
- Factor F – Características do uso (F);
- Factor G – Nível de manutenção (G).

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

$$\text{Vida útil estimada (VUE)} = \text{Vida útil de referência (VUR)} \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$$

5.3. VIDA ÚTIL DE REFERÊNCIA

A previsão da vida útil de um determinado produto de construção diz respeito a um determinado conjunto de condições as quais raramente coincidirão, exactamente, com as condições de serviço.

À vida útil padrão, que serve de base para a estimativa da vida útil de um edifício ou de uma parte do edifício, denomina-se de “vida útil de referência”.

Os valores apresentados na ISO 15686-1 [46] definem 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.

O valor a considerar para a vida útil de referência pode ser baseado em:

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

Sempre que possível o valor da vida útil de referência deverá ser obtido através de uma metodologia de previsão da vida útil como apresentada anteriormente. Da adequação do valor da vida útil de referência depende a fiabilidade do valor a calcular pelo método factorial.

Tanto quanto possível, o valor da vida útil de referência deverá aplicar-se a condições ambientais próximas ou comparáveis com as especificações da situação a estimar. Assim, os factores a adoptar na estimativa serão o mais próximo possível da unidade, minimizando os erros introduzidos pelo método.

Quando se utilizam dados de fabricantes ou fornecedores deverá tentar-se conhecer as condições relativas às suas previsões e quais os métodos utilizados. Deverá haver o cuidado, por exemplo, de não duplicar a quantificação do efeito de determinadas variáveis. Por exemplo, se na quantificação da vida

útil de referência foi já considerada a variabilidade do desempenho do material, esse aspecto não deverá ser tido em conta, novamente, na estimativa da vida útil para a situação específica.

Na figura seguinte mostra-se esquematicamente a metodologia para a previsão do tempo de vida útil de um produto específico por ensaios.

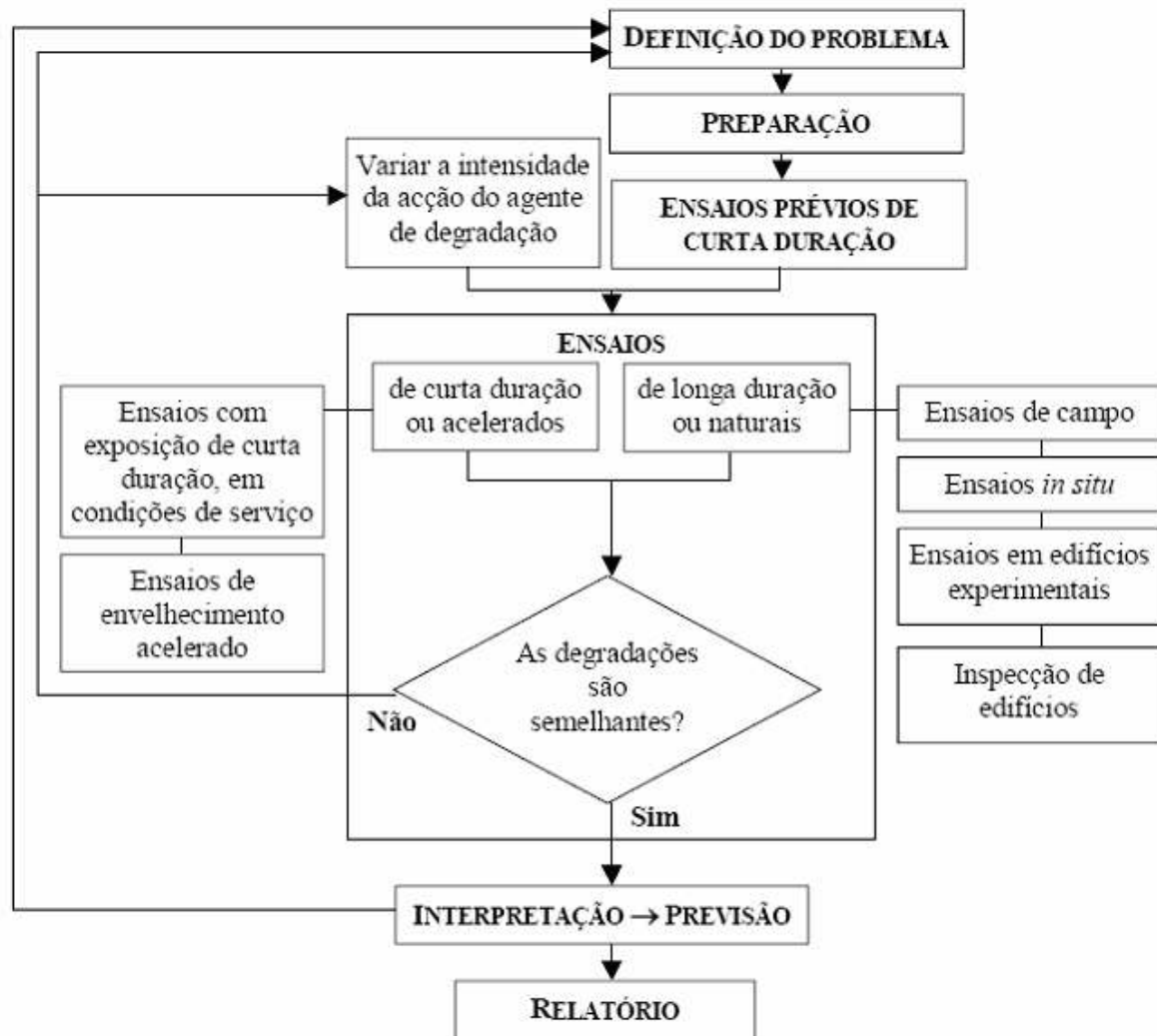


Fig. 5.1 – Metodologia para a previsão do tempo de vida útil [4]

A pesquisa efectuada para encontrar o valor a atribuir a VUR, para os revestimentos cerâmicos, revelou-se pouco conclusiva. Isto, porque não existem dados fornecidos pelos fabricantes, nem foi encontrado nenhum dado de experiências anteriores. Com tal, basearam-se só em bibliografia relacionada com o tema durabilidade. Desconhece-se, qual o método utilizado e em que condições, os valores de referência apresentados foram determinados pelos respectivos autores, daí que tenham que ser vistos com alguma reserva.

Os diferentes valores para VUR, encontrados em referências bibliográfica para os RCA, são os apresentados no quadro abaixo. Neste projecto é adoptado o valor de 35 anos, que será meramente

referencial, não afectando as conclusões finais do presente projecto, pois este será fixo em todas as situações, variando somente os factores modificadores.

Quadro 5.3 – Vida útil expectável dos revestimentos segundo diferentes autores, adaptado de [12]

Bibliografia	Vida útil expectável	Intervalo de variação
SHOHET]	18 anos ¹	15 a 21 anos ¹
	27 anos ²	24 a 29 anos ²
BCIS	35 anos	20 a 50 anos

¹ Edifícios públicos e corporativos

² Edifícios residenciais

5.4. AGENTES DE DEGRADAÇÃO NOS RCA

O processo de degradação apresenta-se pela “alteração ao longo do tempo da composição, microestrutura e propriedades de um produto que resulta numa redução do seu desempenho” [46].

Estando a durabilidade dos produtos da construção influenciada por um conjunto de acções, isoladas e/ou combinadas, torna-se necessário identificar quais os agentes de degradação que actuam sobre um edifício ou parte de um edifício e que afectam negativamente o seu desempenho.

Pelo facto da degradação compreender interacções complexas entre um ou mais factores e pelo facto da actuação conjunta desses factores acelerar o processo de envelhecimento, a análise dos agentes de degradação não deverá ser efectuada de modo isolado.

Nos capítulos 2 e 3 do presente trabalho são caracterizados os parâmetros, os agentes e mecanismos de degradação que os factores estão sujeitos e que podem afectar o desempenho dos RCA e consequentemente o tempo de vida útil das construções.

No quadro que se segue, identificam-se os agentes de degradação que podem afectar o tempo de vida útil dos revestimentos cerâmicos de acordo com a proposta da norma ISO 6241 [48].

Quadro 5.4 – Agentes de degradação [48]

Natureza	Classe	Exemplos
Mecânica	Gravitacionais	Acções permanentes sobrecargas
	Forças aplicadas e deformações impostas ou restringidas	Expansão e contracção, formação de gelo
	Energia cinética	Impactos
	Vibrações e ruídos	Vibrações devidas a tráfego ou equipamentos
Electromagnética	Radiação	Solar, UV, radioactividade
	Electricidade	Iluminação eléctrica
	Magnetismo	Campos magnéticos

Térmica	Níveis extremos ou variações acentuadas de temperatura	Calor, geada, choque térmico, fogo
Química	Água e solventes	Humidade do ar, humidade do solo, precipitação
	Agentes oxidantes	Oxigénio, desinfetantes
	Agentes redutores	Sulfuretos, amoníaco
	Ácidos	Ácido carbónico, excrementos de pássaros
	Bases	Cimento, hidróxidos, cal
	Sais	Nitratos, fosfatos, cloretos, gesso
Biológica	Plantas e micróbios	Bolores, fungos

Nos capítulos 2 e 3 do presente trabalho são caracterizados os factores que podem afectar o desempenho dos RCA e consequentemente o tempo de vida útil das construções, e que terão que se ter em conta para atribuição dos respectivos índices no ponto seguinte.

5.5. FACTORES MODIFICADORES

De modo a contextualizar um produto da construção a determinadas condições específicas, para os factores modificadores a norma prevê 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 da unidade. Em função dos valores sugeridos pela norma ISO 15686-1 [46], o autor deste trabalho, propõe os seguintes índices:

Quadro 5.5 - Valores de desvio em relação à condição de referência

Desvio em relação à condição de referência		Índice proposto
Situação favorável	Quando o factor tem influência positiva sobre o elemento em estudo	1,2
Situação corrente	Quando o factor não apresenta desvio em relação à condição de referência	1,0
Situação desfavorável	Quando o factor tem uma influência negativa sobre o elemento em estudo	0,8

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.

Apresentam-se de seguida as descrições dos factores modificadores propostos na norma 15686-1 [46].

Quadro 5.6 – Factores modificadores

Factores modificadores		Descrição
Factor A	Qualidade do produto de construção	Representa a qualidade dos materiais ou componentes, nas condições em que são fornecidos à obra, segundo as especificações do projectista
Factor B	Nível de qualidade do projecto	Exprime o nível de qualidade do projecto. Este factor tem a ver com a adequação da escolha de uma solução construtiva específica, das medidas de protecção previstas, etc
Factor C	Nível de qualidade da execução	Refere-se à qualidade da execução. A avaliação deste factor deverá reflectir o grau de confiança da mão-de-obra mas também a existência ou não de uma fiscalização rigorosa
Factor D	Características do ambiente interior	Refere-se às características do ambiente interior
Factor E	Características do ambiente exterior	Refere-se às características do ambiente exterior
Factor F	Características do uso	Reflecte o efeito do uso na degradação do material ou componente
Factor G	Nível de manutenção	Refere-se à manutenção e deve dar conta da probabilidade da existência de uma manutenção adequada

5.5.1. FACTOR A

No quadro abaixo são descritos e quantificados os factores modificadores propostos para a qualidade dos produtos do sistema RCA.

Consideram-se os revestimentos cerâmicos e os produtos de colagem (cimento-cola) como mais relevantes para avaliar a qualidade deste factor modificador. Ficando de fora as argamassas de rejunte. A classificação é feita segundo o nível de controlo de qualidade da directiva Europeia 89/106/CEE [49].

Quadro 5.7 – Factores modificadores associados à qualidade dos produtos do sistema RCA (A)

A ₁ – Classificação segundo o fornecimento dos revestimentos cerâmicos		Valor proposto
Boa qualidade	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2
Situação corrente	Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou com Certificado de Qualidade	1,0
Má qualidade	Sem declaração de conformidade CE e sem Certificação	0,8

A ₂ – Determinação da qualidade dos revestimentos cerâmicos, segundo a absorção de água (E)		Valor proposto
Boa qualidade	$E \leq 0.5\%$	1,2
Situação corrente	$0,5\% < E \leq 3\%$	1,0
Má qualidade	$E > 3\%$	0,8
A ₃ – Características do produto de colagem		Valor proposto
Boa qualidade	Utilização de produtos de colagem homologados com elevada qualidade	1,2
Situação corrente	Utilização de produtos de colagem homologados	1,0
Má qualidade	Utilização de produtos de colagem não homologados	0,8
A ₄ – Características do produto de colagem (cimento-cola)		Valor proposto
Altura da fachada: $H \leq 6\text{m}$ e para qualquer tipo e dimensão de ladrilhos ¹		
Boa qualidade	C2S	1,2
Situação corrente	C2	1,0
Má qualidade	Classe inferior	0,8
Altura da fachada: $6\text{m} < H \leq 28\text{m}$ e para qualquer tipo e dimensão de ladrilhos ²		
Boa qualidade	Cimento-cola bicomponente	1,2
Situação corrente	C2S	1,0
Má qualidade	Classe inferior	0,8

¹Excepto para ladrilhos com $E \leq 0,5\%$ e $s \leq 2000\text{ cm}^2$ em que se considera o factor de $6\text{m} < H \leq 28\text{m}$

²Excepto para ladrilhos com $E > 0,5\%$ em que o assentamento não é admissível por colagem

A altura da fachada é medida, no caso de haver terraços a partir do seu pavimento.

5.5.2. FACTOR B

Factores modificadores propostos para a qualidade do projecto.

No quadro seguinte são descritos e quantificados os factores modificadores relativos à qualidade do projecto do sistema RCA, englobando os casos singulares referidos no capítulo 3, no projecto de assentamento de RCA e as características do suporte.

Quadro 5.8 – Factores modificadores associados à qualidade do projecto (B)

B1 – Qualidade geral do projecto		Valor proposto
Boa qualidade	Com projecto de execução e desenhos de pormenores construtivos do sistema de revestimento e especificação de todos os produtos a aplicar, incluindo pontos singulares	1,2
Situação corrente	Com projecto de execução	1,0
Má qualidade	Sem projecto de execução	0,8
B2 – Características do suporte		Valor proposto
Boa qualidade	Suporte com acabamento cuidado, novo em óptimas condições de estabilidade, limpeza, regularidade, humidade, óptima aderência, com desvio de planeza inferior a 6mm e sem fissuras	1,2
Situação corrente	Suporte com acabamento corrente, estável, limpo de poeiras, seco no momento de aplicação do sistema, boa aderência, com desvio de planeza inferior a 6mm e sem fissuras	1,0
Má qualidade	Suporte instável, com fraca aderência, com desvio de planeza superior a 6mm ou com fissuras	0,8

5.5.3. FACTOR C

No quadro seguinte são descritos e quantificados os factores modificadores relativos à qualidade da execução do sistema RCA. Segundo o exposto, para a avaliação da qualidade da execução, optou-se por salientar o nível de qualificação da mão-de-obra, a regularidade da fiscalização em obra e as condições atmosféricas em que foram executados os assentamentos, já que a qualidade da execução pode ser afectada por condições atmosféricas adversas §3.6.1.

Quadro 5.9 – Factores modificadores associados à qualidade da execução (C)

C ₁ – Mão-de-obra		Valor proposto
Boa qualidade	Mão-de-obra especializada e experiente	1,2
Situação corrente	Mão-de-obra experiente	1,0
Má qualidade	Mão-de-obra não qualificada	0,8

C ₂ – Direcção técnica da obra e fiscalização		Valor proposto
Boa qualidade	Existência de técnico qualificado na direcção da obra com visitas regulares	1,2
	Existência de controlo regular de qualidade e de fiscalização independente	
Situação corrente	Existência de técnico qualificado na direcção da obra com visitas pontuais	1,0
	Existência de controlo pontual de qualidade e de fiscalização	
Má qualidade	Não existência de técnico qualificado na direcção da obra nem de fiscalização independente	0,8
C ₃ – Condições atmosféricas		Valor proposto
Situação favorável	Bom tempo e temperaturas amenas	1,2
	Protecção da fachada a revestir com toldos para evitar a exposição à luz directa do sol	
Situação corrente	Temperaturas acima dos 5 °C; se houver períodos de chuva ou sol, existe protecção dos trabalhos com toldos nos andaimes	1,0
Situação desfavorável	Períodos de chuva; temperaturas inferiores a 5 °C ou superiores a 30°C; superfícies expostas ao sol no Verão ou sujeitas a ventos fortes	0,8

5.5.4. FACTOR D

Factores modificadores associados ao ambiente interior: não aplicável no âmbito deste projecto, logo considera-se o valor 1.

5.5.5. FACTOR E

No quadro seguinte são descritos e quantificados os factores modificadores relativos ao ambiente exterior a que estará sujeito o sistema RCA.

Quadro 5.10 – Factores modificadores associados ao ambiente exterior (E)

E ₁ – Acção combinada vento/precipitação		Valor proposto
Definida pela orientação da fachada		
Situação corrente	Restantes Quadrantes	1,0
Situação desfavorável	Quadrante Sul	0,8

E ₂ – Acção da radiação solar		Valor proposto
Exposição solar		
Situação favorável	Sistema parcialmente abrigado da exposição solar (palas, etc.) Temperaturas superficiais do suporte baixas	1,2
Situação corrente	Sistema exposto ao sol	1,0
Situação desfavorável	Temperatura superficial do suporte elevada	0,8
E ₃ – Acção da radiação solar ^a		Valor proposto
Determinado pelo coeficiente de absorção de radiação solar em função da cor do ladrilho		
Situação favorável	Coeficiente inferior a 0,3 (cor branca)	1,2
Situação corrente	Coeficiente entre 0,3 e 0,7	1,0
Situação desfavorável	Coeficiente superior a 0,7	0,8
E ₄ – Acção da radiação solar ^b		Valor proposto
Determinado pela incidência da radiação solar (IRS)		
Situação favorável	IRS inferior a 140 Kcal/cm ²	1,2
Situação corrente	IRS entre 140 Kcal/cm ² e 150 Kcal/cm ²	1,0
Situação desfavorável	IRS ^c superior a 150 Kcal/cm ²	0,8
E ₅ – Acção combinada temperatura/geada ^d		Valor proposto
Função da absorção de água, E, dos ladrilhos		
Situação favorável	E ≤ 0.5%	1,2
Situação corrente	0,5% < E ≤ 3%	1,0
Situação desfavorável	E> 3%	0,8
E ₆ – Acção combinada temperatura/geada ^e		Valor proposto
Determinada pelo nº médio anual de dias com geadas		
Situação favorável	Menos de 25 dias	1,2
Situação corrente	Entre 25 e 50 dias	1,0
Situação desfavorável	Mais de 50 dias	0,8

^a § 3.6.2.^b § 3.6.2. (quadro 3.4)^c Nesta situação, se o coeficiente da absorção da radiação solar for superior a 0,7 não seleccionar o produto em análise (conforme referido em § 3.6.1 – Acção da radiação solar)^d § 3.6.4. (fig 3.9)^e § 3.6.3 (fig. 3.8)

5.5.6. FACTOR F

Factores modificadores associados ao efeito do uso.

No quadro seguinte são descritos e quantificados os factores modificadores relativos às condições e tipo de uso a que estará sujeito o sistema RCA.

Quadro 5.11 - Factores modificadores associados ao efeito do uso (F)

F – Condições e tipo de uso		Valor proposto
Situação favorável	Sistema em locais não acessíveis ou locais com uso restrito.	1,2
Situação corrente	Sistema em locais com uso público ou privado, protegidos de actos de vandalismo	1,0
Situação desfavorável	Sistema em locais com usos excepcionalmente agressivos, potencialmente alvos a actos de vandalismo	0,8

5.5.7. FACTOR G

Factores modificadores associados à manutenção.

No quadro seguinte são descritos e quantificados os factores modificadores relativos ao tipo e frequência da manutenção e acessibilidade da mesma a que estará sujeito o sistema RCA.

Quadro 5.12 – Factores modificadores associados à manutenção (G)

G ₁ – Tipo e frequência da manutenção		Valor proposto
Situação favorável	Operações regulares de manutenção preventiva, reparações e limpeza geral em cada 5 anos	1,2
Situação corrente	Manutenção correctiva ou reactiva com reparações em cada 10 anos	1,0
Situação desfavorável	Ausência de manutenção	0,8
G ₂ – Acessibilidade para manutenção		Valor proposto
Situação favorável	Edifícios até 2 pisos	1,2
Situação corrente	Edifícios facilmente inspeccionados a partir do exterior	1,0
Situação desfavorável	Edifícios com mais de 2 pisos, com uma configuração ou implantação que dificulte uma simples inspecção visual	0,8

5.5.8. APLICAÇÃO DO MÉTODO FACTORIAL

O cálculo da vida útil estimada é efectuado, no método factorial expresso pela seguinte forma:

$$VUE = VUR \times \text{Factor A} \times \text{Factor B} \times \text{Factor C} \times \text{Factor D} \times \text{Factor E} \times \text{Factor F} \times \text{Factor G}$$

Em que cada factor modificador é calculado pela média aritmética dos parâmetros quando tem mais do que um no respectivo factor.

5.6. APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO FACTORIAL

5.6.1. BALIZAMENTO DOS CASOS A ESTUDAR

Para demonstrar a aplicabilidade do Método Factorial, serão estimadas as vidas úteis de um RCA aplicado num projecto com várias situações distintas. A forma de apresentação destes casos, através de tabelas resumo, pretende evidenciar que após executada essa base de trabalho será extremamente simples a aplicação deste Método. De modo a salientar a influência de um factor apenas sobre o resultado da vida útil estimada, opta-se por apresentar um projecto com várias condições equivalentes.

Tendo em conta que a estimativa do tempo de vida útil das construções, integrada na fase de projecto, actualmente apenas se verifica nos projectos de edifícios para os quais se pretende uma elevada qualidade global, opta-se por considerar nestes casos em estudo o índice mais favorável para os três factores do grupo qualidade. Assim, será aplicado ao índice da qualidade do projecto (factor B) e ao nível de qualidade da execução (factor C) o valor 1,2. Quanto ao índice da qualidade do produto (factor A), reflectirá nesse índice a qualidade dos ladrilhos adoptados em projecto. Será de referir que esta opção favorece significativamente os resultados da vida útil.

Relativamente à vida de projecto do edifício, opta-se por considerar uma duração de 60 anos visto, de acordo com o referido neste trabalho, ser o mínimo recomendável para o tipo de edifícios que serão avaliados

5.6.2. CONDIÇÕES DOS PROJECTOS EM ESTUDO

O quadro seguinte resume as condições genéricas do projecto, X, localizado em Espinho, necessárias à aplicação do Método Factorial.

O projecto, Y, localizado em Loulé, encontra-se nas mesmas circunstâncias do anterior e tem as mesmas características dos produtos utilizados.

Quadro 5.13 – Condições genéricas do Projecto X na situação S1

Denominação	Edifício comercial e residencial
Localização	Espinho
Pisos	R/C + 3
Usos	Comércio no R/C e Habitação nos pisos superiores
Qualidade do Projecto	Projecto de assentamento dos revestimentos cerâmicos; definição de todos os produtos a aplicar, bem como, Caderno de Encargos e respectivas Especificações Técnicas
Mão-de-Obra e Fiscalização	Prevista Mão-de-Obra Qualificada e Fiscalização Regular
Vida de projecto do edifício	60 Anos.
Produto a seleccionar	Revestimento das fachadas a porcelânico com certificação e homologação na cor areia Cimento-cola tipo C2S

Situação S1, descrita no quadro seguinte.

Situação S2, idêntica à S1, mas com alteração da cerâmica aplicada na fachada de qualidade inferior. De salientar, que face ao exposto no quadro 5.7, o assentamento não é admissível por colagem para $E > 0,5\%$ daí que a cerâmica a adoptar para situação S2 terá $0,5\% < E \leq 3\%$ como situação mais desfavorável.

5.6.2.1. Projecto X

Quadro 5.14 – Projecto X: Índices aplicáveis aos factores modificadores na situação S1

Factor modificador	Situação 1	Índice	Índice médio respectivo
Factor A ₁	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2	1,15
Factor A ₂	$E \leq 0.5\%$	1,2	
Factor A ₃	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2	
Factor A ₄	Cimento-cola tipo C2S	1,0	1,2
Factor B ₁	Projecto de assentamento de cerâmica detalhado	1,2	
Factor B ₂	Suporte com acabamento cuidado	1,2	
Factor C ₁	Mão-de-obra especializada e experiente	1,2	1,2
Factor C ₂	Técnico residente e fiscalização regular	1,2	
Factor C ₃	Bom tempo e temperaturas amenas Protecção da fachada a revestir com toldos para evitar a exposição à luz directa do sol	1,2	
Factor D	Não aplicável	1,0	1,0
Factor E ₁	Orientação Sul (S)	0,8	1,03
Factor E ₂	Sistema exposto ao sol	1,0	
Factor E ₃	Coeficiente de absorção radiação solar = 0,5	1,0	
Factor E ₄	Radiação entre 145 Kcal/cm ² e 150 Kcal/cm ²	1,0	
Factor E ₅	$E \leq 0.5\%$	1,2	
Factor E ₆	Nº dias de geada inferior a 25	1,2	
Factor F	Local com uso público ou privado	1,0	1,0
Factor G ₁	Manutenção preventiva a cada 5 anos	1,2	1,0
Factor G ₂	Edifícios com mais de 2 pisos	0,8	

Quadro 5.15 – Projecto X: Índices aplicáveis aos factores modificadores na situação S2

Factor modificador	Situação 2	Índice	Índice médio respectivo
Factor A ₁	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2	1,1
Factor A ₂	0,5% < E ≤ 3%	1,0	
Factor A ₃	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2	
Factor A ₄	Cimento-cola tipo C2S	1,0	
Factor B ₁	Projecto de assentamento de cerâmica detalhado	1,2	1,2
Factor B ₂	Suporte com acabamento cuidado	1,2	
Factor C ₁	Mão-de-obra especializada e experiente	1,2	1,2
Factor C ₂	Técnico residente e fiscalização regular	1,2	
	Bom tempo e temperaturas amenas		
Factor C ₃	Protecção da fachada a revestir com toldos para evitar a exposição à luz directa do sol	1,2	
Factor D	Não aplicável	1,0	1,0
Factor E ₁	Orientação Sul (S)	0,8	1,0
Factor E ₂	Sistema exposto ao sol	1,0	
Factor E ₃	Coeficiente de absorção radiação solar = 0,5	1,0	
Factor E ₄	Radiação entre 145 Kcal/cm ² e 150 Kcal/cm ²	1,0	
Factor E ₅	0,5% < E ≤ 3%	1,0	
Factor E ₆	Nº dias de geada inferior a 25	1,2	
Factor F	Local com uso público ou privado	1,0	1,0
Factor G ₁	Manutenção preventiva a cada 5 anos	1,2	1,0
Factor G ₂	Edifícios com mais de 2 pisos	0,8	

As vidas úteis estimadas para o edifício, com as características e condições definidas nos quadros 5.14 e 5.15, aplicado no projecto X são as seguintes:

Quadro 5.16 – Cálculo da vida útil estimada para as várias situações de projecto X.

PROJECTO X	VUR do RCA (anos)	VUE (em anos) = VUR x A x B x C x D x E x F x G
S1	35	$35 \times 1,15 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,03 \times 1,0 \times 1,0 = 60$ anos
S2	35	$35 \times 1,1 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 55,4$ anos

5.6.2.2. Projecto Y

Quadro 5.17 – Projecto Y: Índices aplicáveis aos factores modificadores na situação S1

Factor modificador	Situação 1	Índice	Índice médio respectivo
Factor A ₁	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2	1,15
Factor A ₂	$E \leq 0.5\%$	1,2	
Factor A ₃	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2	
Factor A ₄	Cimento-cola tipo C2S	1,0	1,2
Factor B ₁	Projecto de assentamento de cerâmica detalhado	1,2	
Factor B ₂	Suporte com acabamento cuidado	1,2	
Factor C ₁	Mão-de-obra especializada e experiente	1,2	1,2
Factor C ₂	Técnico residente e fiscalização regular	1,2	
Factor C ₃	Bom tempo e temperaturas amenas Protecção da fachada a revestir com toldos para evitar a exposição à luz directa do sol	1,2	
Factor D	Não aplicável	1,0	1,0
Factor E ₁	Orientação Sul (S)	0,8	1,0
Factor E ₂	Sistema exposto ao sol	1,0	
Factor E ₃	Coefficiente de absorção radiação solar = 0,5	1,0	
Factor E ₄	IRS superior a 150 Kcal/cm ²	0,8	
Factor E ₅	$E \leq 0.5\%$	1,2	
Factor E ₆	Nº dias de geada inferior a 25	1,2	
Factor F	Local com uso público ou privado	1,0	1,0
Factor G ₁	Manutenção preventiva a cada 5 anos	1,2	1,0
Factor G ₂	Edifícios com mais de 2 pisos	0,8	

Quadro 5.18 – Projecto Y: índices aplicáveis aos factores modificadores na situação S2

Factor modificador	Situação 2	Índice	Índice médio respectivo
Factor A ₁	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2	1,1
Factor A ₂	0,5% < E ≤ 3%	1,0	
Factor A ₃	Com declaração de conformidade CE e com Certificado de Qualidade	1,2	
Factor A ₄	Cimento-cola tipo C2S	1,0	
Factor B ₁	Projecto de assentamento de cerâmica detalhado	1,2	1,2
Factor B ₂	Suporte com acabamento cuidado	1,2	
Factor C ₁	Mão-de-obra especializada e experiente	1,2	1,2
Factor C ₂	Técnico residente e fiscalização regular	1,2	
Factor C ₃	Bom tempo e temperaturas amenas		
	Protecção da fachada a revestir com toldos para evitar a exposição à luz directa do sol	1,2	
Factor D	Não aplicável	1,0	1,0
Factor E ₁	Orientação Sul (S)	0,8	0,97
Factor E ₂	Sistema exposto ao sol	1,0	
Factor E ₃	Coeficiente de absorção radiação solar = 0,5	1,0	
Factor E ₄	IRS superior a 150 Kcal/cm ²	0,8	
Factor E ₅	0,5% < E ≤ 3%	1,0	
Factor E ₆	Nº dias de geada inferior a 25	1,2	
Factor F	Local com uso público ou privado	1,0	1,0
Factor G ₁	Manutenção preventiva a cada 5 anos	1,2	1,0
Factor G ₂	Edifícios com mais de 2 pisos	0,8	

As vidas úteis estimadas para o edifício, com as características e condições definidas nos quadros 5.17 e 5.18, aplicado no projecto Y são as seguintes:

Quadro 5.19 – Cálculo da vida útil estimada para as várias situações de projecto Y

PROJECTO Y	VUR do RCA (anos)	VUE (em anos) = $VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$
S1	35	$35 \times 1,15 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 58$ anos
S2	35	$35 \times 1,1 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,0 \times 0,97 \times 1,0 \times 1,0 = 54$ anos

5.6.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS PROJECTOS EM ESTUDO

Estes casos específicos pretenderam demonstrar o procedimento para o dimensionamento da durabilidade, de um produto destinado a revestimento de fachadas, para poder comparar com outros produtos de revestimento e assim decidir qual a melhor solução, não só do ponto de vista do dono-da obra como também do utilizador.

Considera-se conveniente relembrar que os valores obtidos são estimados pelo que devem ser interpretados como indicativos de uma probabilidade de ocorrência próxima dos mesmos.

Se considerar que a vida de projecto do edifício definida nos casos em estudo é de 60 anos e que o revestimento de fachada é passível de substituição, apesar de dispendiosa pode ser comportável, de acordo com o quadro 5.2 este produto deverá ser considerado como elemento substituível, pelo que a sua vida útil estimada deverá ser no mínimo de 40 anos.

Deste modo, as situações S1 e S2, cumprem este pressuposto, ultrapassando-o, quer no projecto localizado em Espinho, quer em Loulé.

5.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores obtidos, quer no projecto X, quer no projecto Y, são da mesma ordem de grandeza. Tal facto deve-se às solicitações ambientais estarem em condições semelhantes, excepto na incidência da radiação solar.

Os valores obtidos, na situação S1 e S2, para ambos os projectos, têm uma diferença da mesma ordem de grandeza, 4 anos. Pois apesar de produtos diferentes as situações adoptadas para a mesma localidade coincidem em todos os restantes parâmetros.

Como as diferenças da vida útil estimada são relativamente pequenas entre ambos os projectos, isto significa que os parâmetros encontrados para caracterizar o factor ambiente exterior não são suficientes para realçar as diferenças de localização. Para tal, seriam necessárias mais características ambientais para definir o respectivo factor modificador tais como, por exemplo, a pluviosidade, a temperatura ambiente exterior e solicitações face à influência marítima.

6

CONCLUSÕES

6.1. FRAGILIDADES DO MÉTODO FACTORIAL

O Método Factorial é criticado por diversos autores por não ser um método sensível à incerteza associada à variabilidade dos fenómenos que ocorrem nos processos de degradação. De facto, pela aplicação deste método, obtém-se apenas um valor absoluto (expresso em anos) que representa o limite expectável da vida útil do elemento analisado, mas não informa da possível dispersão de resultados, não tem em conta a sinergia existente entre os diversos factores, nem o nível de risco associado ao resultado obtido. Este facto decorre de diversos factores, entre os quais se destacam [50]:

- Utilização dos factores de modificação como variáveis absolutas, o que pressupõe uma certa constância no ritmo de degradação contrária ao que se verifica na realidade;
- Utilização apenas de operações de multiplicação como forma de relacionar factores – sobretudo nos seus desenvolvimentos, preconiza a utilização de factores de adição;
- A não hierarquização das variáveis, como distinção das que mais poderão afectar a vida útil do elemento e da sua velocidade de actuação;
- Por fim, note-se que, no estado actual do conhecimento, a determinação dos factores é feita sobretudo de forma empírica, o que pode introduzir pequenas variações ao nível da sua quantificação que se traduzem em grandes diferenças de resultado final (decorrentes da multiplicação de factores), não expressa na apresentação de resultados.

À semelhança de outros métodos para a estimativa da vida útil, alguns destes aspectos só poderão ser ultrapassados com a produção de grandes bases de dados que validem os resultados obtidos.

Da literatura sobre os métodos factoriais, destacam-se algumas pistas de desenvolvimento no sentido de lhes permitir incorporar a variabilidade da realidade, dentre as quais se destacam a manipulação dos factores considerados nos seguintes pontos [50]:

- Aumento do número de factores na equação base, distinguindo as particularidades dos casos estudados;
- Distinção hierárquica entre factores;
- Identificação de novas formas de combinação de factores (novas operações, na equação base e sub equações por factor);
- Introdução dos níveis de risco ou incerteza relacionados com os factores;
- Introdução de factores dependentes de observações de campo.

6.2. CONCLUSÕES GERAIS

Actualmente, não é difícil encontrar problemas nos revestimentos de edifícios. A grande maioria dos problemas tem origem em falhas relacionadas com a realização de uma ou mais das actividades no processo da construção de edifícios.

Bons exemplos de técnicas e cuidados na aplicação dos RCA podem ser visualizados em anexo encontrada durante a pesquisa efectuada para a concretização deste projecto.

A partir do levantamento fotográfico efectuado no decurso deste trabalho, foi observado que, não só os edifícios mais antigos, mas também as novas edificações, apresentam algum tipo de patologia. Mesmo com a indústria da construção evoluindo, com o surgimento de novos materiais, e com um maior controlo do processo construtivo, as patologias continuam a aparecer, sejam estas devido às falhas de projecto, execução ou falta de manutenção. Em relação, à manutenção deve-se privilegiar a manutenção preventiva. Pelo que se deparou, nos casos analisados, estes foram sujeitos apenas a reparação curativa. Se, tivesse sido realizada uma manutenção preventiva, poder-se-ia prever, detectar e eliminar as causas dessas anomalias.

Com este trabalho, espera-se contribuir para que todos os agentes intervenientes no processo construtivo e proprietários, tenham mais informação e possam tomar opções mais conscientes durante as etapas construtivas a durante a própria utilização do edifício.

6.3. SUGESTÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Na aplicação do Método Factorial foi notória a dificuldade em encontrar valores de referência da vida útil para os ladrilhos cerâmicos, como tal sugere-se desenvolver trabalho para a sua quantificação.

Outro aspecto, seria identificar novas formas de combinação de factores, como por exemplo: médias ponderadas e sub-equações por factor, para aferir este método.

Para os revestimentos cerâmicos sugere-se o desenvolvimento de um projecto de assentamento de revestimentos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] www.dw-world.de/dw/article/0,,4284778,00.html. Em 20/05/2009.
- [2] Vasco Freitas em <http://www.patorreb.com/>.
- [3] Sousa, Hipólito de. *Alvenarias em Portugal. Situação actual e perspectivas futuras*. Seminário sobre paredes de alvenaria, Porto, Editores: P. Lourenço & H. Sousa 2002, p. 17-40.
- [4] Corvacho, M.^a Helena. *Durabilidade da Construção. Metodologia do projecto para a durabilidade. Planeamento da vida útil de um edifício*. Texto de apoio à disciplina de Patologia da Construção do Mestrado em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, Porto, 2000.
- [5] International Organization For Standardization (ISO). Buildings and constructed assets – Service Life Planning — Part 1: General principles. *ISO 15686-1:2001*. First edition, B.S.I., United Kingdom, September 2000.
- [6] CSTB-Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB), Classification des Colles à Carrelage-Définition et Spécifications, Cahier 3264 du CSTB, CSTB, 2000.
- [7] Lucas, J. A. Carvalho. *Anomalias em revestimentos cerâmicos colados*. ITMC-28, LNEC, Lisboa, 2001.
- [8] <http://www.cinca.pt/>. Em 14/05/2009.
- [9] APICER *Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos*. Associação Portuguesa das Indústrias Cerâmicas e Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra, Portugal, 2003.
- [10] EN 14411 – Ceramic tiles – Definitions, classification, characteristics and marking (ISO 13006 :1998, modified): 2003.
- [11] International Organization for Standardization (ISO). EN ISO 10545-3 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 3: Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e densidade real, 1997.
- [12] Sousa, Rita Daniel Bordalo de. *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, IST, 2008.
- [13] International Organization for Standardization (ISO). EN ISO 10545.
- [14] International Organization for Standardization (ISO). EN ISO 10545-10 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 10: Determinação da expansão por humidade, 1997.
- [15] http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n03/v5n3_7.pdf. Em 13/05/2009.
- [16] International Organization for Standardization (ISO). EN ISO 10545-8 – Ladrilhos cerâmicos – Parte 8: Determinação da dilatação térmica linear, 1996.
- [17] EN 12004:2001 / A1:2002 – Adhesives for tiles – Definition and specifications.
- [18] CSTB-Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB), Revêtements de Murs Extérieurs en Carreaux Céramiques ou Analogues Collés au Moyen de Mortiers-Colles – Cahier des Prescriptions Techniques d'Exécution, Cahier 3266 du CSTB, CSTB, 2000.
- [19] Sá, Ana Vaz. *Durabilidade de cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios, FEUP, 2005.

- [20] Cecrisa. *Revestimentos Cerâmicos S.A. Sistemas de revestimento cerâmico*. Curso de Engenharia da FE-FUMEC, Belo Horizonte/MG, 1990.
- [21] Manual de Assentamento de Revestimentos Cerâmicos Fachadas – Brasil.
- [22] Silvestre, José Dinis. Brito, Jorge de. *Análise das causas das anomalias mais frequentes em revestimentos cerâmicos aderentes*. 2º PATORREB – Encontro sobre patologia e reabilitação de edifícios, FEUP e UPC, FEUP – Porto, 20-21 Março de 2006, volume II, pp. 433-443.
- [23] CSTB - Revêtements de murs extérieurs en carreaux ceramiques ou analogues colles au moyen de mortie-colles. Paris: Livraison 413, n.º 3266, 2000.
- [24] Silvestre, José Dinis. *Sistema de apoio a inspecção e diagnostico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes*. Lisboa: IST, 2005. Dissertação de Mestrado em Construção, in Reabilitação de Paredes de Alvenaria Revestidas Gonçalves, Adelaide, Brito, Jorge de, Branco, Fernando, IST, Portugal.
- [25] Ribeiro, Fabiana. *Especificações de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: Levantamento do estado da arte*. Dissertação de Mestrado da Universidade Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006, p. 158.
- [26] Abreu, Miguel M. *Revestimentos Cerâmicos Colados, Recomendações para a minimização do risco de descolamento*, LNEC, Portugal.
- [27] European Committee for Standardization (CEN). General Rules for the Design and Installation of Ceramic Tiling. prENV 13548 – Final Draft. CEN, Bruxelles, Maio de 1999.
- [28] Lucas, J. A. Carvalho. *Exigências funcionais de revestimentos de paredes*. ICT, Informação Técnica de Edifícios - ITE 25. LNEC, Lisboa, 1990.
- [29] Freitas, Vasco Peixoto de, Sousa, Augusto Vaz Serra e; Silva, J. A. *Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos*. Associação Portuguesa das Indústrias Cerâmicas e Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra, Portugal, 2003.
- [30] Chamosa, J.V.; Ortiz, J.R. - *Patologia de la construcción en España: aproximación estadística. Informes de la Construcción*. Madrid, 1984. Vol. 36 nº.1, p. 364.
- [31] Matos, Maria José da Silva. *Durabilidade como critério de projecto: O Método Factorial no contexto português*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Reabilitação do Património Edificado, FEUP, Porto, 2007.
- [32] <http://www.ulmapolimero.eu/pt/prefabricados-edificacion/albardillas/>. Consultada em 16/5/2009.
- [33] Silva, J. Mendes, Torres, M. Isabel. *Deficiências do desempenho dos peitoris na protecção das fachadas contra a acção da água*. 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios (PATORREB-2003), FEUP, Porto, 18-19 Março 2003.
- [34] BSI-BS8200. Code of practice for design of non-loadbearing external vertical enclosures of buildings. BSI, London. 1985.
- [35] www.ulmapolimero.eu/img/albardilla_mj_recta.jpg. Em 16/5/2009.
- [36] Silvestre, José Dinis, Brito, Jorge. *Inspecção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes* in Revista Engenharia Civil, nº 30, Centro de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Guimarães, Janeiro de 2008, pp. 67-82.
- [37] www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp. Consultada em 25/05/2009.

- [38] Decreto-Lei n.º 235/83, Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA). D.R. - I Série. Lisboa: 31 de Maio.
- [39] Silva, J. Mendes; Sousa, Graça. *Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos*. Coimbra, Março de 2003.
- [40] Lanzinha, João Carlos, Freita, Vasco Peixoto de. *Propriedades higrotérmicas de materiais de construção: um catálogo: actas das 6as Jornadas de Construções Cívicas*. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1998, pp. 127-142.
- [41] Lucas, J., Abreu, M. *Revestimentos cerâmicos colados – descolamento*, ICTPRC-4, LNEC, Lisboa, 2006.
- [42] Pedro, Edmundo Gonçalves; Maia, Luiz E. F. Correa; Rocha, Marcelle de Oliveira; Chaves, Vieira Mauricio. *Patologia em revestimento cerâmico de fachada – síntese de monografia*. Trabalho monográfico apresentado ao Curso de Pós-graduação do CECON, como requisito a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias, Belo Horizonte, 2002.
- [43] Meira, A. *Patologia das construções*, Apostila, João Pessoa: CEFET-PB 2003.
- [44] Costa, A., Meira, A. *Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas: o caso do edifício-sede da justiça eleitoral da Paraíba*, PRINCIPIA, João Pessoa, n.º 11, 2004, pp. 24-29.
- [45] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) – Revêtements de sol : notice sur le classement UPEC et classement UPEC des locaux. Cahier 3509. Groupe spécialisé n.º 12. Paris: CSTB, 2004.
- [46] ISO 15686-1:2000, Buildings and constructed assets – Service Life Planning –Part 1: General principles. Geneva: ISO.
- [47] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA) - Assumption of Working Life of Construction Products in Guideline for European Technical Approval, European Technical Approvals and Harmonized Standards – Guidance Document 002. Bruxelas: EOTA, 1999.
- [48] ISO 6241:1984, Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).
- [49] COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (CEE) – Directiva Europeia 89/106/CEE – Directiva dos Produtos da Construção (DPC). Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 40 de 11/02/89, alterada pela Directiva 93/68/CE, publicada Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L 220 de 30/08/93. Bruxelas, 1993.
- [50] Gaspar, P. Manuel. *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Dissertação elaborada para a obtenção do grau de Mestre em Construção pelo IST. Dezembro 2002.
- [51] <http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/ceramica-e-porcelanato-tecnicas-e-28-04-2005.html>. Consultada em 21/06/2009.

Anexo – A1

ANEXO A1

Neste anexo são mostrados dois bons exemplos de técnicas e cuidados na aplicação dos RCA [51].

EDIFÍCIO TERRA BRASILIS, RECIFE



Fig. A.1 – Com 46 lajes, o edifício Terra Brasilis tem 130 metros de altura e fachadas revestidas por composição de cerâmica 7,50 x 7,50 cm e porcelanato no formato 30 x 30 cm. Projecto do arquitecto Bruno Ferraz construído em Recife

Seguindo a tradição nordestina, o projecto do Terra Brasilis especificou fachadas revestidas. Elas têm maior durabilidade e protegem o edifício contra o calor. O prédio com 130 metros de gabarito, vem sendo apontado como o maior edifício residencial do país com estrutura de concreto moldado in loco. Desenhado por Bruno Ferraz para a construtora e imobiliária Conic & Souza Filho, o edifício, localiza-se à beira do rio Capibaribe.

Os produtos escolhidos para as faces externas foram a cerâmica grés da linha Prisma, no formato 7,50x7,50 centímetros, que reveste a maior parte da fachada, e o porcelanato Galeria D'Arte

Domênico Verde de 30x30 centímetros nos detalhes. Os dois são da Portobello, empresa que deu total orientação para a aplicação dos 11 mil metros quadrados de revestimentos.

A Portobello, para assegurar a melhor execução e o bom desempenho das fachadas, acompanhou o trabalho das equipes técnicas. Os riscos elevados de uma obra desse porte levaram ao desenvolvimento de um detalhado projecto de assentamento, que incluiu todas as exigências e recomendações das normas técnicas. O controle tecnológico dos materiais empregados e do serviço executado levou a Portobello a garantir a instalação por 20 anos.

Os testes para escolha da argamassa de chapisco e emboço também foram feitos de acordo com as orientações da fornecedora do revestimento. Parâmetros como módulo de deformação estático da argamassa de emboço, resistência de aderência à tracção directa ou resistência à tracção superficial foram considerados.

Ainda por recomendações da empresa, as interfaces entre a alvenaria e os pilares, nos pontos de balanço, receberam telas metálicas eletrossoldadas, com fio de 1,50 milímetro e malha de 1,50 x 1,50 centímetro. A função delas é reduzir as possibilidades de fissura no emboço.

Pela mesma razão, foram feitas juntas de movimentação em todos os fundos de viga e juntas verticais que formam panos de no máximo oito metros de largura. Também foram utilizadas telas nos pontos de encontro entre a alvenaria externa e os pilares nos primeiros e nos últimos cinco pavimentos.

Para o assentamento do porcelanato, foi utilizada a técnica da dupla colagem empregando a Superliga Fachada e Superliga Ultraflexível Bicomponente entre o primeiro e o vigésimo pavimento. As diferentes condições dos andares superiores levaram ao uso da Superliga Ultraflexível e da Superliga Ultraflexível Bicomponente a partir do 21º andar. No rejuntamento do grés, foi empregado o E-Flex; no do porcelanato, o P-Flex.

Devido à frequência de chuvas, a execução total da fachada consumiu 12 meses, dois a mais do que o previsto em projecto. O edifício possui 46 lajes ocupadas por 40 apartamentos-tipo de 290 metros quadrados, cobertura dúplex, heliponto, dois níveis de estacionamento e um de lazer, incluindo quadra de ténis, campo de futebol, piscinas e pista de cooper. O prazo de execução do empreendimento totalizará 40 meses no final de Maio de 2005, quando as obras devem ser concluídas.

CLUBE XV, SANTOS, SP

Fig. A.2 – As arquitectas Maria Fernanda Silveira e Ana Luíza Carvalho do Amaral projectaram a nova sede do Clube XV, em Santos, SP. O conjunto é composto por duas torres de 22 pavimentos e cem metros de altura. As fachadas empregam cerâmica e porcelanato de diferentes medidas

As duas torres da nova sede do Clube XV, com 22 andares, e de frente para o mar, serão protegidas da acção do sol, vento e maresia por revestimentos de cerâmica (18 mil metros quadrados) e porcelanato (12 mil metros quadrados). Localizada no bairro do Boqueirão, em Santos, SP, a obra, de responsabilidade da construtora Vilela e Martins, deve ser finalizada em 2005. Segundo Ana Luíza Carvalho do Amaral, sócia do escritório paulistano Carvalho & Silveira Arquitectura, autor do projecto, outras opções de revestimento foram consideradas. Porém, escolha recaiu sobre cerâmica branca de 10 x 10 centímetros, assentada com argamassa colante do tipo ACII, e porcelanato em tons bege-acinzentado e rosa desenvolvidos especialmente para essa obra pela Eliane. A empresa também forneceu cerâmica, argamassas, rejuntas, aditivos e selantes. Do embasamento até o quinto andar, o revestimento é a cerâmica; a torre Ibis apresenta porcelanato 29,50 x 29,50

centímetros da metade para cima e as faixas das sacadas da torre Parthenon são revestidas com porcelanato de 39,50 x 39,50.

Revestir edifícios desse porte com material cerâmico requer cuidado redobrado para evitar o risco de descolamento das peças, explica Arsênio Paiva Júnior, engenheiro residente da obra. O assentamento foi planejado antes do início dos trabalhos para garantir as condições mais adequadas em vista de insolação, ventos, maresia e da própria altura das torres.

A construtora fez ensaios de arrancamento, testando diferentes produtos, e optou pela massa para fachada Qualimassa Externa, da Lafarge, e pelo Ibochapisco rolado da Quartzolit. De acordo com os procedimentos da empresa, foi dado prazo mínimo de 14 dias para a cura do emboço. O porcelanato foi fixado com o Ligamax Carga Mineral, da Eliane. “Ele é preparado na obra, seguindo as proporções de pó e líquido, e aplicado com uma espátula de oito milímetros de dente. Passamos uma demão na parede e outra no verso da placa”, detalha o engenheiro.

Na maioria dos pontos, as juntas de dilatação do porcelanato formam panos de 3 x 3 metros. Poderíamos ter panos maiores, mas a paginação definiu essa medida”, esclarece Paiva Júnior. As juntas têm um centímetro de largura e são abertas da superfície até a alvenaria com a maquita. Em seguida é aplicado o mástique de poliuretano Selafácil e a espuma tarucel, cuja função é limitar a expansão do poliuretano, que só pode aderir à cerâmica, e não à massa da fachada, explica o engenheiro. O rejuntamento usado foi o Junta Larga Comum, da Eliane. De acordo com Paiva Júnior, as fachadas devem ser lavadas e vistoriadas periodicamente. O rejunte deve ser refeito a cada dois anos, aproximadamente, conforme as acções do vento e da maresia.

Em ambos os edifícios foram previstos pontos na cobertura para a descida de andaimes empregados na manutenção geral das fachadas e limpeza dos vidros.

O conjunto substituiu a demolida sede do clube, projectada por Pedro Paulo de Melo Saraiva e equipe. Nele está incluso a torre de apartamentos e um prédio que tem a metade inferior ocupada por hotel e a superior reservada para escritórios. Além disso, há três níveis de estacionamento, centro de convenções e todas as instalações de lazer de um clube no embasamento, totalizando 40 mil metros quadrados de área construída.

