

PATORREB 2006

VOLUME II • VOLUMEN II

EDITORES
Prof. Vasco Peixoto de Freitas
Prof. Vitor Abrantes
Prof. César Díaz Gómez

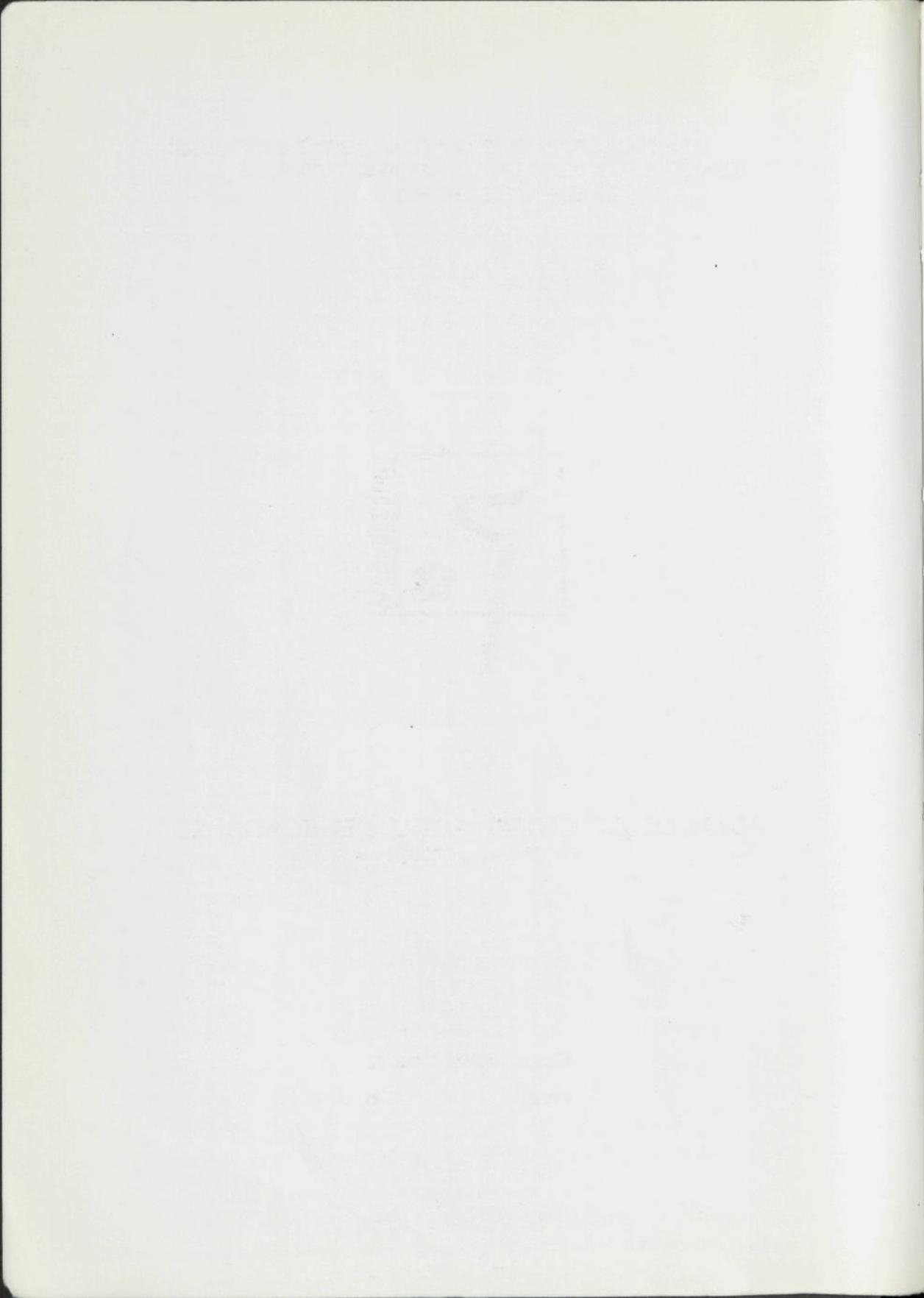
2º ENCONTRO SOBRE PATOLOGIA
E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

2º CONGRESO DE PATOLOGÍA
Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

MARÇO 20-21 MARZO
PORTO 2006

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA



2.º ENCONTRO SOBRE | 2.º CONGRESO DE PATOLOGÍA
PATOLOGIA E REABILITAÇÃO | Y REHABILITACIÓN DE
DE EDIFÍCIOS | EDIFICIOS



ACTAS DO ENCONTRO | ACTAS DEL CONGRESO
VOLUME II | VOLUMEN II

Março 20•21 marzo
Porto 2006

Actas do 2.º Encontro sobre Patologia e
Reabilitação de Edifícios,
PATORREB2006
Porto, FEUP, 20 e 21 de Março de 2006

Actas del 2.º Congreso de Patología e
Rehabilitación de Edifícios
PATORREB2006
Porto, FEUP, 20 e 21 de marzo de 2006

Editado por / Editado por:

Vasco Peixoto de Freitas — vpfreita@fe.up.pt
Vitor Abrantes — abrantes@fe.up.pt
César Díaz Gómez — cesar.diaz@upc.edu



Comissão Organizadora do PATORREB2006
Departamento de Engenharia Civil
Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto – FEUP
Rua Dr. Roberto Frias
4200-465 PORTO
Tel.: 225 081 932 Fax: 225 081 940

Capa / Encadenación:

Ana Stingl

Impressão / Impresión:

Greca – Artes Gráficas

Tiragem / Reproducciones:

1000 exemplares / 1000 ejemplares

ISBN / ISBN:

972-752-085-5

Depósito legal / Depósito legal:

239544/06

A cópia do todo ou de parte destas
Actas, seja por meios mecânicos ou
electrónicos, só será possível na condição
de ser autorizada por escrito pelos editores.

Todos los derechos reservados. Queda
prohibida la reproducción total o parcial de esta
obra, sea por medios mecánicos o electrónicos,
sin la debida autorización por escrito del editor.

Preâmbulo

Realizou-se em Março de 2003, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, o 1.º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios – PATORREB 2003, que contou com mais de 600 participantes (professores, investigadores, estudantes, construtores, projectistas e outros profissionais). O extraordinário interesse manifestado pelo tema motivou a realização do 2.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios – PATORREB 2006 organizado conjuntamente pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e pela Universidade Politécnica da Catalunha, com o intuito de dar um novo impulso na definição de uma estratégia clara para o futuro da reabilitação do património edificado.

A reabilitação é uma área estratégica, que deve não só preocupar-se com as construções históricas e os edifícios antigos, mas também com aqueles que o tempo de utilização exige intervenções de adaptação às exigências actuais. Por outro lado, foram construídos centenas de milhares de fogos, nas duas últimas décadas, que nem sempre apresentam o desempenho esperado, o que exige o diagnóstico das patologias observadas e a sua reparação. Será um erro se no futuro não encarmos a reabilitação de todo o património edificado mas apenas de uma parte dos edifícios.

Consideramos que é necessário clarificar as estratégias Nacionais e Municipais e o enquadramento legislativo no domínio da reabilitação do património edificado; tipificar os edifícios que é necessário reabilitar e qual a metodologia de abordagem; discutir a compatibilização das exigências dos regulamentos actuais com a especificidade dos projectos de reabilitação; avaliar a implementação da reabilitação de edifícios na requalificação urbana; propor o desenvolvimento de um código da construção e do seguro da construção como pilares da qualidade; divulgar tecnologias utilizadas em reabilitação; apresentar tecnologias de diagnóstico e tipificar patologias.

O PATORREB 2006, que conta com a apresentação de cerca de 70 comunicações e 14 palestras, procura reflectir sobre esta problemática, mostrando os últimos avanços da investigação e da prática.

A Comissão Organizadora expressa um profundo agradecimento a todos os membros da Comissão Científica, aos Palestrantes convidados, aos Autores das comunicações, bem como a todas as Empresas e Instituições que patrocinaram ou apoiaram a organização do PATORREB 2006, sem os quais esta iniciativa não seria possível.

Deseja-se que o PATORREB 2006 seja útil para todos os que nele decidiram participar, contribua para a sistematização e o avanço do conhecimento neste domínio e tenha a continuidade desejável com a organização do PATORREB 2009.

Vasco Peixoto de Freitas
Professor Catedrático – FEUP
Comissão Organizadora

Preámbulo

Durante el mes de marzo de 2003 tuvo lugar en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Porto el 1er Congreso Nacional de Patología y Rehabilitación de Edificios - PATORREB 2003, que contó con la presencia de más de 600 participantes entre profesores, investigadores, estudiantes, constructores y técnicos de diversas especialidades. Con satisfacción anunciamos ahora el 2º Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios – PATORREB 2006 organizado conjuntamente por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Porto y la Universidad Politécnica de Cataluña, con la intención de dar un nuevo impulso en la definición de una estrategia clara para el futuro de la rehabilitación del patrimonio edificado.

La rehabilitación constituye una actividad estratégica que no sólo abarca las construcciones históricas y los edificios antiguos, sino también todos aquellos edificios que requieren de algún tipo de intervención para su adaptación a las exigencias actuales o para subsanar el deterioro originado por el paso del tiempo. Por otra parte, en estas últimas décadas han sido construidos centenares de miles de edificios residenciales cuyo estado requiere o requerirá a corto o medio plazo, en un apreciable número de casos, de la aplicación de procesos de diagnosis y reparación. Cometeremos un error si en el futuro no encaramos la rehabilitación de todo el conjunto del patrimonio edificado, y no tan solo el de una parte de los edificios.

Consideramos qué es necesario clarificar las estrategias nacionales y municipales y el desarrollo legislativo en el ámbito de la rehabilitación del patrimonio edificado; establecer criterios sobre los edificios que requieren rehabilitación y la metodología más apropiada a cada caso; analizar la compatibilidad de las exigencias de los reglamentos actuales con la especificidad de los proyectos de rehabilitación; evaluar la implementación de la rehabilitación de edificios en los procesos de recualificación urbana; propiciar el desarrollo de un código de construcción y de un adecuado seguro de la construcción como pilares de la calidad; divulgar tecnologías utilizadas en la rehabilitación; exponer técnicas de diagnosis y métodos de tipificación de los daños en los edificios.

El PATORREB 2006, que cuenta con la participación de cerca de 70 comunicaciones y 14 conferencias, se propone reflexionar sobre estas cuestiones, mostrando los últimos avances de la investigación y de la práctica.

La Comisión Organizadora expresa su profundo agradecimiento a todos los miembros de la Comisión Científica, a los Conferenciantes invitados, a los Autores de las comunicaciones, así como a todas las Empresas e Instituciones que patrocinan o apoyan la organización del PATORREB 2006. Sin todos ellos, la iniciativa sería imposible.

Deseamos que el PATORREB 2006 sea útil para todos los que en él participan, contribuya a la sistematización y al avance del conocimiento en este dominio y tenga la continuidad esperada con la organización del PATORREB 2009.

Vasco Peixoto de Freitas
Profesor Catedrático – FEUP
Comisión Organizadora

Patrocínios / Patrocínios

INH	Instituto Nacional da Habitação
Fase	Estudos e Projectos, S. A.
Imperbor	Comércio e Tecnologia de Revestimentos, L. ^{da}
Losimi	Impermeabilização e Isolamento, L. ^{da}
Lusomapei	Lusomapei, S. A.
Maxit	Maxit Group
Sika	Industria Química, S. A.
S. T. A. P.	Reparação, Consolidação e Modificação de Estruturas, S. A.
STB	Sociedade Técnica de Tratamento de Aços e Betões, L. ^{da}
Weber	Saint-Gobin Weber Cimenfix, S. A.



Apoios / Apoios

FCT	Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Apoio financeiro ao abrigo do Programa FACC
UP	Universidade do Porto
OE	Ordem dos Engenheiros
OA	Ordem dos Arquitectos SRN
AICCOPN	Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas do Norte
APCMC	Associação Portuguesa dos Comerciantes de Materiais de Construção
IC	Instituto da Construção
Construlink.com	Portal da Construção
G.E.Co.R.P.A	Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico
URBE	Núcleos Urbanos de Pesquisa e Intervenção Revista da Qualidade / Jornal da Qualidade Online
COAG	Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia
CAATB	Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona
UC	Universidade da Coruña Col·legi d'Arquitectes de Catalunya
UPC	Universitat politècnica de Catalunya Instituto Eduardo Torroja



COL·LEGI D'APARELLADORS I ARQUITECTES TÈCNICS DE BARCELONA



Col·legi d'Arquitectes de Catalunya



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



Comissão Científica / Comisión Científica

Prof. ^a Anabela Paiva	UTAD
Prof. Aníbal Costa	FEUP
Prof. António Tadeu	FCTUC
Prof. Barroso de Aguiar	UM
Prof. César Díaz Gómez	ETSAB-UPC
Prof. Fernando Branco	IST
Prof. Fernando Henriques	FCT-UNL
Eng. ^o Grandão Lopes	LNEC
Prof. ^a Helena Corvacho	FEUP
Prof. João Castro Gomes	UBI
Prof. Joaquín Fernández Madrid	ETSAAC
Prof. Jorge de Brito	IST
Prof. José Luís González	ETSAB-UPC
Prof. Juan Monjo Carrió	ETSAM-UPM
Prof. ^a Madalena Teles	FEUP
Prof. ^a Manuela Almeida	UM
Prof. Moret Rodrigues	IST
Prof. Pere Roca Fabregat	ETSICCP-UPC
Prof. Raimundo Mendes da Silva	FCTUC
Eng. ^a M. ^a do Rosário Veiga	LNEC
Prof. Rui Calejo	FEUP
Prof. Vasco Peixoto de Freitas	FEUP
Eng. ^o Vasconcelos de Paiva	LNEC
Prof. Vitor Abrantes	FEUP
Prof. Xavier Casanovas Boixareu	CAATB

CAATB	Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona
ETSAAC	Escuela Técnica Superior de Arquitectura A Coruña
ETSAB-UPC	Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona – Universitat Politècnica de Catalunya
ETSAM-UPM	Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid – Universidad Politécnica de Madrid
ETSICCP-UPC	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona – Universitat Politècnica de Catalunya
FCTUC	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univ. de Coimbra
FCT-UNL	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univ. Nova de Lisboa
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
IST	Instituto Superior Técnico
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
UBI	Universidade da Beira Interior
UM	Universidade do Minho
UTAD	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Comissão Organizadora / Comisión Organizadora

Prof. Vasco Peixoto de Freitas

Prof. Vitor Abrantes

Prof. César Díaz Gómez

Eng.º Nuno Ramos

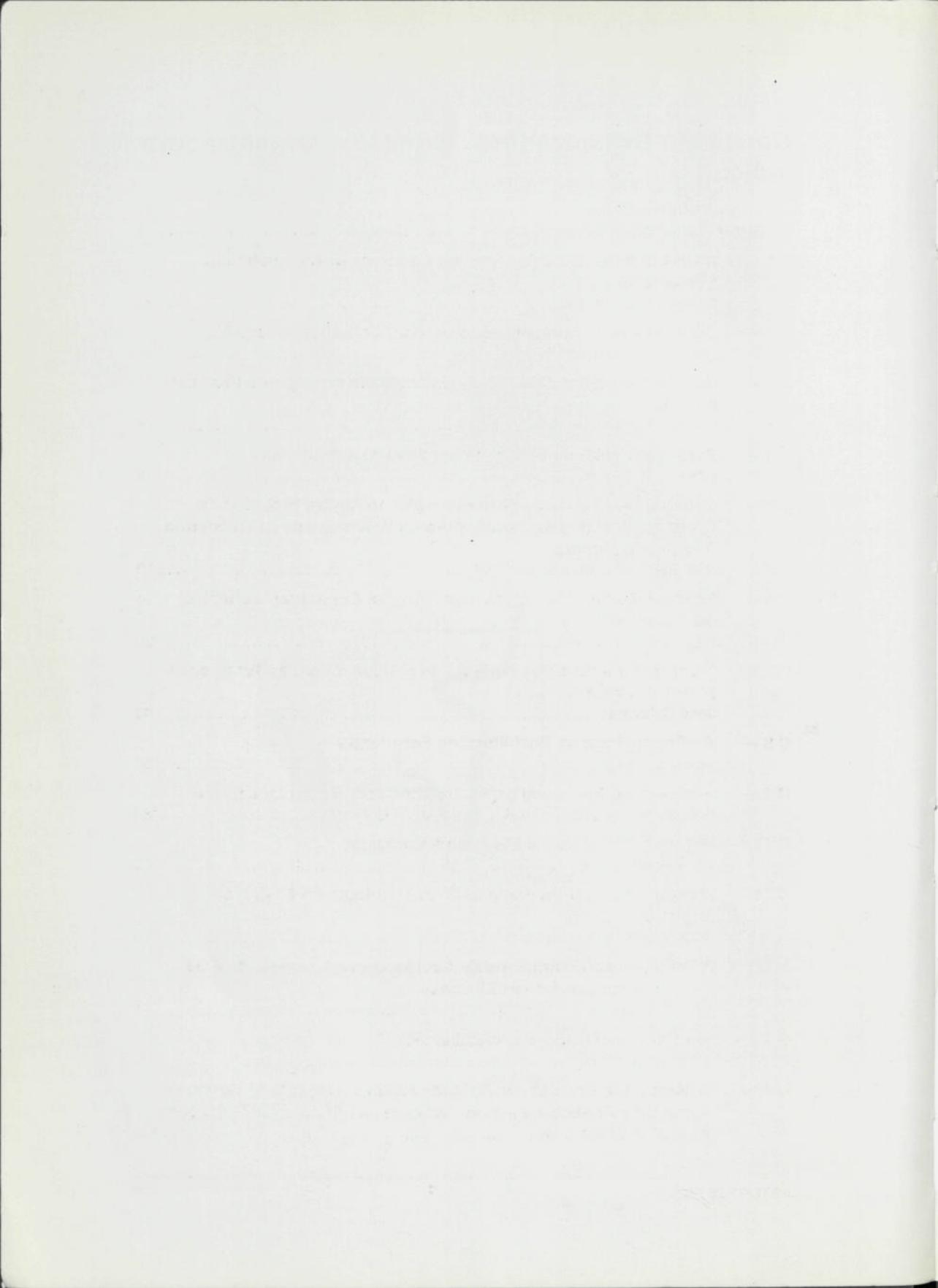
Eng.ª Eva Barreira

Eng.º Nuno Machado

Eng.ª Ana Vaz Sá

Eng.ª Ana Guimarães





Índice

Palestras	1
x C 1 — A Reabilitação de Edifícios como Factor de Desenvolvimento Sustentável A. Canha da Piedade	3
C 2 — Conservação e Requalificação Urbana. Contributos do LNEC José Vasconcelos de Paiva	5
x C 3 — Perspectivar a Reabilitação de Edifícios em Portugal na Próxima Década Vasco Peixoto de Freitas	7
C 4 — Patología e Intervención en Fachadas de Ladrillo Visto César Díaz Gómez	9
C 5 — Estratégias e Técnicas de Intervenção no Centro Histórico de Coimbra. Desafios da Candidatura da Universidade de Coimbra a Património Mundial J. A. Raimundo Mendes da Silva	19
C 6 — Intervenções em Revestimentos Antigos: Conservar, Substituir ou... Destruir Maria do Rosário Veiga	29
C 7 — Tipos y Momentos de Aparición de Fisuras a Edades Tempranas en el Hormigón José Calavera	43
C 8 — As Patologias e as Reabilitações Estruturais Aníbal Costa	57
C 9 — Reabilitação Estrutural de Pavimentos com Novos Materiais Fernando A. Branco, João R. Correia, João G. Ferreira	83
C 10 — Enfoque Global en los Estudios Patológicos Juan Monjo Carrió	103
C 11 — A Importância do Conhecimento da Patologia no Ensino da Engenharia Civil Fernando M. A. Henriques	109
C 12 — A Reabilitação de Edifícios de Acordo com a Proposta do RGE - Regulamento Geral de Edificações Vitor Abrantes	121
C 13 — Um Contributo... para a Reabilitação J. M. Gaspar Nero	123
C 14 — Análise de Anomalias em Coberturas em Terraço: Uma Forma de Aprender a Projectar e a Executar bem as Respectivas Soluções Jorge M. Grandão Lopes	125

Sessão I — Madeiras	137
I 1 — Avaliação da Capacidade Resistente de Estruturas de Madeira com Recurso a Ensaios in-situ Rafael Capuz Lladro, Rafael Diez Barra, Jerónimo Botelho, J. Amorim Faria	139
I 2 — Exposição de Estruturas de Madeira Reforçadas por Colagem a Temperaturas de Serviço Elevadas Helena Cruz, João Custódio	149
I 3 — Reabilitação Pouco Intrusiva de Vigas de Madeira. Um Caso de Estudo Raquel Fernandes Paula, Helena Cruz	159
I 4 — Técnicas de Reabilitação em Estruturas de Madeira Maria de Lurdes B. C. Reis, Fernando G. Branco, Jorge Morarji Mascarenhas	169
 Sessão II — Estruturas de Pedra.....	 181
II 1 — Estudios Previos y Análisis Estructural de la Basílica del Sagrado Corazón de Gijón Alfonso Lozano Martínez-Luengas, Juan José del Coz Díaz, Ángel Martín Rodríguez.....	183
II 2 — Análise e Reforço da Estrutura do Coro-Alto da Igreja do Pópulo, Braga. Um ensaio de Carga João Guedes, Aníbal Costa, Esmeralda Paupério	195
II 3 — Estudio Mediante el MEF de la Rehabilitación del Pórtico y la Bóveda de la Capilla Prerrománica de la Consagración de la Iglesia de Salvador de Valdediós Juan José del Coz Díaz, Alfonso Lozano Martínez-Luengas, Covadonga Betegón Biempica, Paulino José García Nieto, Javier Felgueroso Carrascal	205
II 4 — Estruturas de Alvenaria de Pedra: Intervenção Estrutural em duas Igrejas João Guedes, Aníbal Costa, Esmeralda Paupério	217
 Sessão III — Pedras	 227
III 1 — Pontes de Arame. Um caso de Reabilitação e Reforço Luís Miranda, João Guedes, Aníbal Costa	229
III 2 — Diagnóstico do Estado de Conservação da Abóbada da Capela de S. Jorge de Aljubarrota Eduardo Nuno Brito Santos Júlio, Paulo Maranhã Nunes Tiago, Lídia Maria Gil Catarino, Fernando Pedro Ortega Oliveira Figueiredo, Daniel António Semblano Gouveia Dias da Costa	239

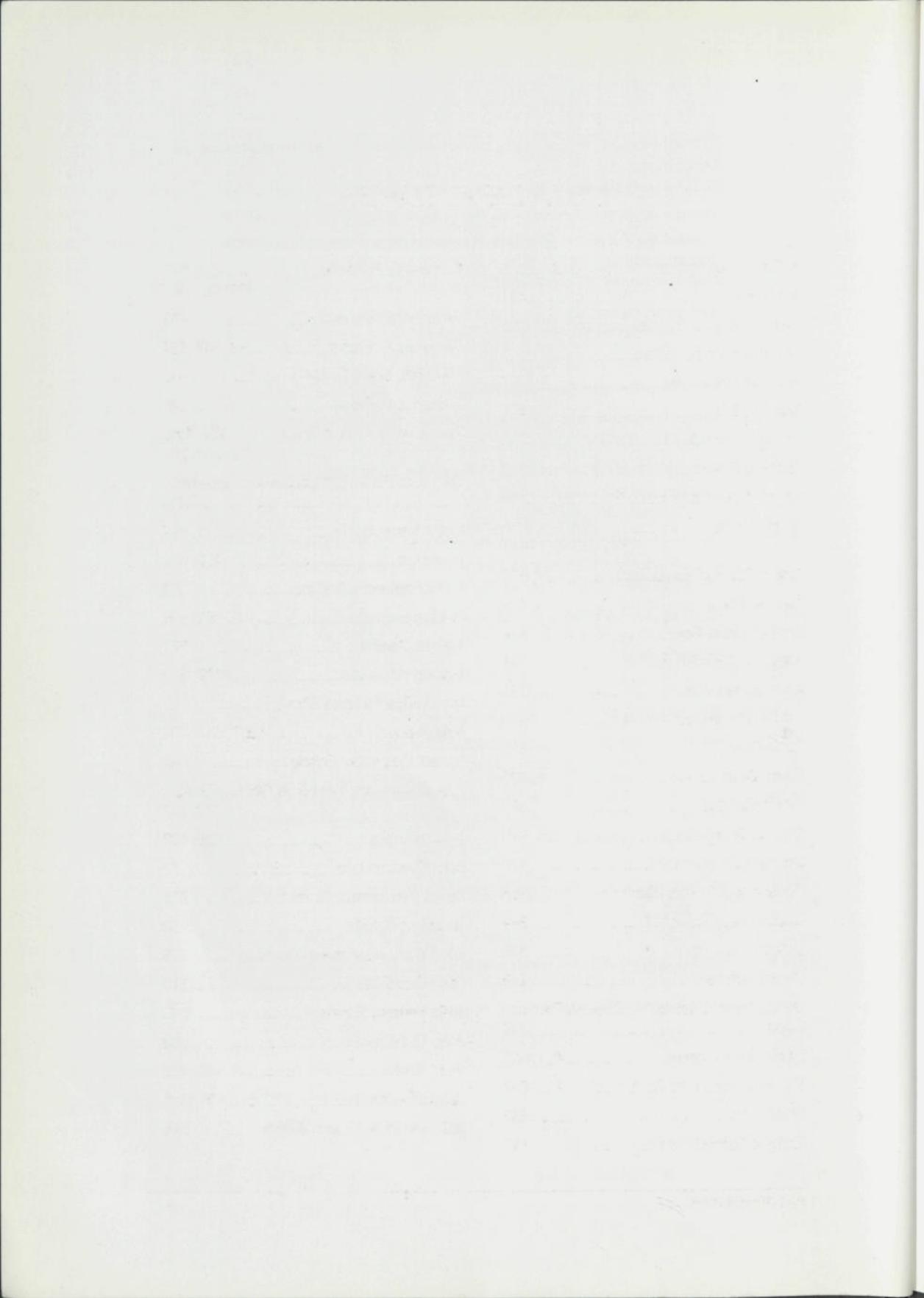
III 3 —	Rehabilitación del Palacio de Mayoralgo en Cáceres José Fernández Salas, Cristina Fernández Cid, Pablo Rodríguez Vales-Villamarín	249
III 4 —	Avaliação do Comportamento Sísmico de um Edifício "Gaioleiro". Reforço com Dissipadores Viscosos Miguel Eduardo Moura Branco, Luís Manuel Coelho Guerreiro	261
Sessão IV — Argamassas/Cal		271
IV 1 —	Construções em Terra: Conservação do Património Existente e Perspectivas Futuras Paulina Faria Rodrigues, Fernando M. A. Henriques	273
IV 2 —	Algumas Vantagens do Uso da Cal em Pasta em Revestimentos Maria Goreti Margalha, Maria do Rosário Veiga, Jorge de Brito	283
IV 3 —	Subprodutos Industriais como Componentes Pozolânicos em Argamassas de Cal Aérea Paulina Faria Rodrigues, Fernando M. A. Henriques	295
IV 4 —	A Resistência Superficial como Característica de Desempenho de Rebocos Exteriores Inês Flores-Colen, Jorge de Brito, Vasco Peixoto de Freitas, Luís Silva	307
Sessão V — Higrotérmica		317
x	V 1 — Reabilitação Energética de Vãos de Janela António Moret Rodrigues, João Ferreira Gomes	319
	V 2 — Avaliação e Certificação do Comportamento Térmico de uma Habitação Sandra Pereira, Anabela Paiva	329
	V 3 — Reforço de Isolamento Térmico pelo Interior. Avaliação Energética e Riscos Potenciais Daniel Aelenei, Fernando M. A. Henriques	339
x	V 4 — Caracterização Experimental de um Sistema de Ventilação Misto em Edifícios de Habitação Manuel Pinto, Vasco Peixoto de Freitas	349
x	V 5 — Análise do Impacto das Práticas Construtivas Actuais nos Níveis de Humidade do Ar Interior Nuno M. M. Ramos, Vasco Peixoto de Freitas	359
	V 6 — Avaliação da Eficiência da Ventilação da Base das Paredes em Função da sua Espessura no Tratamento das Humidades Ascensionais Maria Isabel Morais Torres, Vasco Peixoto de Freitas	369

Sessão VI — Argamassas/Durabilidade	379
VI 1 — Caracterização de Argamassas Pré-Doseadas de Fabrico Nacional	
Paulina Faria Rodrigues, Vasco Moreira Rato, Fernando M. A. Henriques ..	381
VI 2 — Durabilidade dos Revestimentos Exteriores Tipo Monocamada	
Marisa Antunes Quintela, Maria Helena Corvacho, Vasco Peixoto de Freitas	391
VI 3 — Descolagem de um Revestimento Cerâmico em Fachada	
Daniel Silva Pinheiro, Luís Bragança, José L. Barroso Aguiar.....	401
VI 4 — Metodologia para a Avaliação da Durabilidade de Cimentos-Cola em Revestimentos Cerâmicos Aderentes a Fachadas	
Ana Vaz Sá, Vasco Peixoto de Freitas	411
VI 5 — Análisis de las Causas que Han Producido el Desprendimiento Generalizado de Azulejos en un Hotel de Reciente Construcción y Propuesta de Intervención	
Antoni Paricio Casademunt.....	423
VI 6 — Análise das Causas das Anomalias mais Frequentes em Revestimentos Cerâmicos Aderentes (RCA)	
José Dinis Silvestre, Jorge de Brito	433
 Sessão VII — Pedras.....	 445
VII 1 — A Dissolução de Revestimentos Pétreos Aplicados nos Bordos de Piscinas	
Pedro Vaz Paulo, Fernando A. Branco, Clemente Fernandes	447
VII 2 — Comportamento Mecânico de Sistemas de Revestimento em Pedra Natural em Paredes Exteriores por Fixação Directa	
J. A. Raimundo Mendes da Silva, Hugo Filipe Rocha Pinheiro Silva	457
VII 3 — Revestimentos de Fachadas Exteriores em Placas de Pedra Natural. Contributos para a sua Correcta Especificação e Execução	
Hipólito de Sousa, J. Amorim Faria, Rui Sousa	467
VII 4 — Interacção entre os Acessórios Metálicos e a Pedra em Edifícios Históricos	
J. A. Raimundo Mendes da Silva, Susana Cristina Neves Almeida.....	477
VII 5 — Inspeção e Avaliação da Aderência de Revestimentos Pétreos em Fachadas. Caso de Estudo	
Fernanda Rodrigues, Romeu Vicente, H. Varum, A. Velosa	487
VII 6 — Pedra Natural – Um Material Único	
Frank Hesselbarth, Kim Rosenbom, João Garcia, Marta Antunes	497

Sessão VIII — Argamassas/Alvenarias	507
VIII 1 — Caracterização das Alvenarias dos Edifícios da Baixa de Coimbra. As suas Anomalias Típicas	
Romeu Vicente, J. A. Raimundo Mendes da Silva, H. Varum	509
VIII 2 — Lesiones en Revestimientos y Tabiquerías por Deformaciones de la Estructura Soporte	
Aurélio Domínguez Álvarez, Rafael Piñero Martínez de Lecea, D. Izquierdo López	519
VIII 3 — Patologias em Superfícies Rebocadas com Argamassas Pré-Doseadas. Causas, Diagnóstico e Reabilitação	
Artur Jorge Leirós	531
VIII 4 — Técnicas de Diagnóstico e Classificação de Fissuração em Fachadas Rebocadas	
Pedro Lima Gaspar, Inês Flores-Colen, Jorge de Brito	541
 Sessão IX — Diagnóstico/Reabilitação.....	 551
IX 1 — Sociedades de Reabilitação Urbana. Algumas Reflexões Decorrentes da Experiência de Aplicação Concreta	
Rui Mealha, Elisa Babo, Hipólito de Sousa	553
IX 2 — Regime Excepcional de Reabilitação Urbana e Programa REABILITA	
Paulo Filipe Cebola Luz	563
IX 3 — Inspeção e Diagnóstico das Fortificações do Rio Minho. Contributo para a Elaboração do “Plano Director das Fortalezas Transfronteiriças do Rio Minho”	
Esmeralda Paupério, João Guedes, Helena Santos, Aníbal Costa	577
IX 4 — Exploração de Metodologia de Diagnóstico Exigencial de Apoio à Reabilitação de Edifícios de Habitação	
João Carlos Gonçalves Lanzinha, Vasco Peixoto de Freitas, João Paulo de Castro Gomes	585
 Sessão X — Patologia/Reabilitação	 597
X 1 — Degradação de Estruturas de Madeira. Térmitas de Madeira Seca nas Ilhas dos Açores	
Lina Nunes, Helena Cruz, Mário Fragoso	599
X 2 — Proceso de Diagnosis y Rehabilitación de un Edificio de Hormigón Armado de 1960	
Antoni Paricio Casademunt, Victor Brunet Subirats, Lluís González Guerrero.....	609
X 3 — Técnicas de Reabilitação de Patologias de Fissuração num Reboco Hidráulico	
Artur Jorge Leirós	619

X 4 — Patología y Propuesta de Intervención en las Cubiertas Metálicas de Chapa Galvanizada de un Edificio Multiuso en el Prat de Llobregat (Barcelona)	
César Díaz Gómez, Claudia Torres Gilles	625
Sessão XI — Patologia/Reabilitação	635
XI 1 — Intervención en Patología de la Edificación. Actuaciones en un Diagnóstico. Informes	
M.ª Pilar Nasarre Goicoechea, Vanesa Asenjo Monjín	637
XI 2 — Uma Reabilitação Consciente	
Ana Rita Pereira Roders, Jouke Post, Peter Erkelens	647
XI 3 — A Inspeção de Edifícios no Sistema de Gestão de Património Edificado. Buildingslife.com	
Pedro Vaz Paulo, Fernando A. Branco, Jorge de Brito	657
XI 4 — Novas Perspectivas para a Sistematização de Informação Resultante de Inspeções Técnicas	
Xavier Romão, Esmeralda Paupério, João Guedes, Aníbal Costa, Luís Miranda	667
Sessão XII — Manutenção/Reabilitação	679
XII 1 — A Inspeção como Instrumento de Decisão. Apresentação de um Caso Prático num Edifício com Valor Patrimonial	
Cilísia Ornelas, Tiago Dias, João Guedes, Aníbal Costa, Esmeralda Paupério	681
XII 2 — Reabilitação de Caixilharias de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX. Do Restauro à Seleção Exigencial de uma Nova Caixilharia	
Nuno Valentim Lopes, Vasco Peixoto de Freitas, José Manuel Gigante	691
XII 3 — Técnicas de Ensaio in-situ para Apoio à Manutenção Predictiva de Rebocos de Fachadas	
Inês Flores-Colen, Jorge de Brito, Vasco Peixoto de Freitas	701
XII 4 — Classificação das Anomalias mais Comuns Apresentadas por Revestimentos de Piso Lenhosos	
Anabela Delgado, Jorge de Brito	711
Sessão XIII — Estudo de Casos	721
XIII 1 — Tratamento de Patologias no Edifício do Centro de Documentação de Portos Marítimos	
Manuel Maia Gomes, Carla Cruz, António Costa	723
XIII 2 — Reabilitação do Bairro do Farol	
Miguel Sousa, António Costa	733

XIII 3	—	Rehabilitación de Edificios de Vivendas en el Centro Histórico de Barcelona Claudia Torres Gilles.....	743
XIII 4	—	Sistemas de Reparación de Forjados con Documento de Idoneidad Técnica. Análisis Comparado y Consideraciones Constructivas José Ignacio de Llorens Duran	753
XIII 5	—	www.patorreb.com Vasco Peixoto de Freitas, Marília Sousa.....	763
Sessão XIV — Tecnologia de Reabilitação.....			773
x	XIV 1	— Singularidades dos Edifícios: O Caso das Juntas de Fachada Jorge M. Grandão Lopes	775
	XIV 2	— Anomalias em Pavimentos Industriais com Revestimentos Epóxicos e sua Reparação João Garcia, Jorge de Brito	785
	XIV 3	— Seleção de Produtos para Realização de Barreiras Químicas no Tratamento da Humidade Ascensional em Edifícios Ana Sofia Guimarães, Vasco Peixoto de Freitas	795
	XIV 4	— Aplicações de Fotogrametria em Engenharia Civil Jónatas Miguel de Almeida Valença, Eduardo Nuno Brito Santos Júlio, Hélder de Jesus Araújo.....	803
Sessão XV — Estudo de Casos.....			813
	XV 1	— Reabilitação da Habitação Social. Um Caso de Estudo Nuno Abrantes, Fernando Brandão Alves	815
	XV 2	— Reabilitação do Edifício da Porta da Barbacã (Arco de Almedina), em Coimbra. Aplicação de Soluções não Convencionais para a Drenagem Predial Armando Silva Afonso	825
	XV 3	— Estudo de um Edifício de Habitação Multifamiliar com Anomalias não Estruturais Daniel Silva Pinheiro, Luís Bragança, José L. Barroso Aguiar.....	835
	XV 4	— Hundimiento de una Nave Durante la Fase de Construcción Justo Díaz Lozano, Raúl Rodríguez Escribano, Ismael Carpintero García, Enrique Calderón Bello.....	847



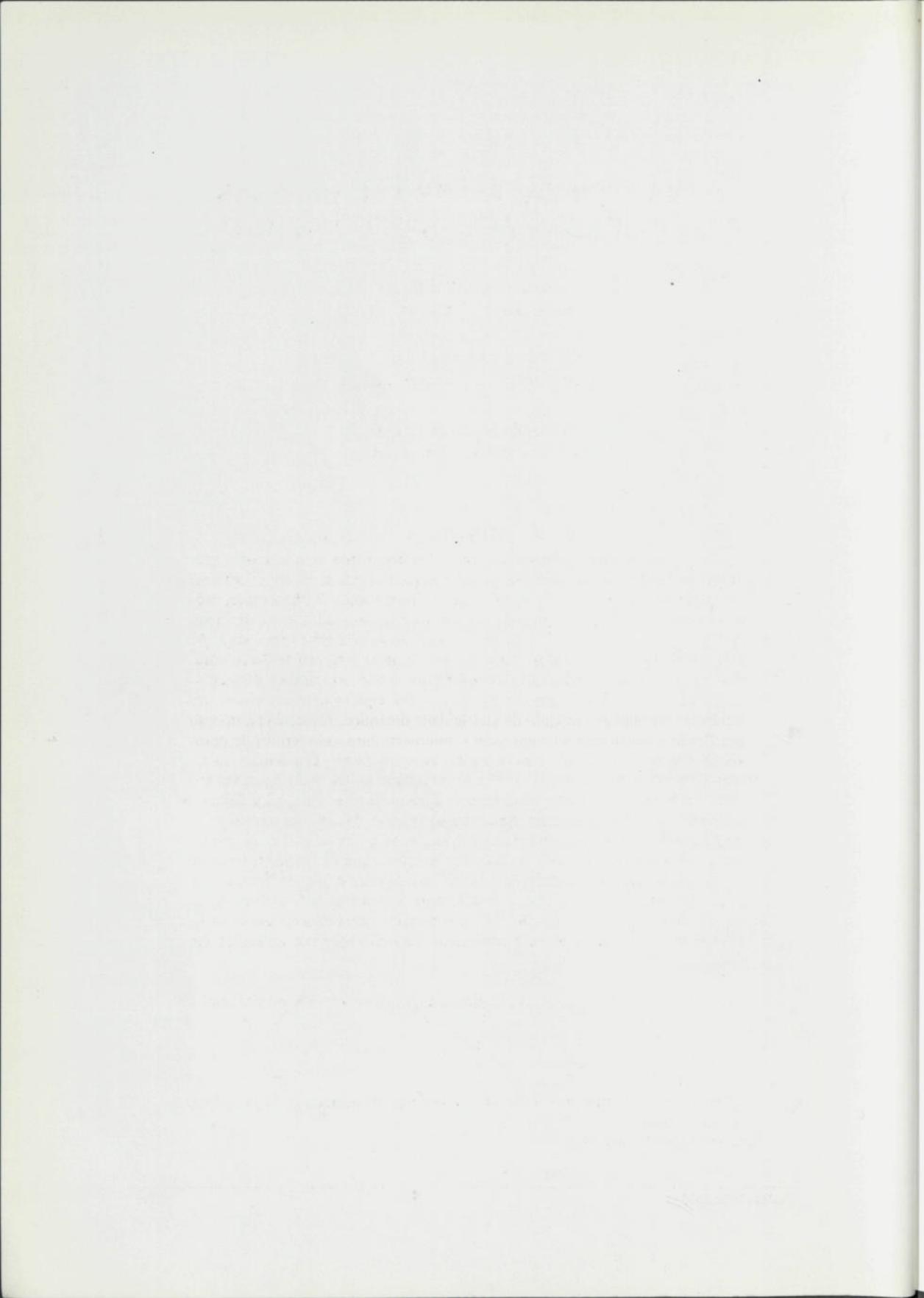
LISTA DE AUTORES

A. Canha da Piedade	3	Esmeralda Paupério	195, 217, 577, 667, 681
A. Velosa.....	487	Fernanda Rodrigues	487
Alfonso Lozano Martínez-Luengas	183, 205	Fernando A. Branco	83, 447, 657
Ana Rita Pereira Roders.....	647	Fernando Brandão Alves	815
Ana Sofia Guimarães	795	Fernando G. Branco.....	169
Ana Vaz Sá	411	Fernando M. A. Henriques.....	109, 273, 295, 339, 381
Anabela Delgado	711	Fernando Pedro Ortega Oliveira Figueiredo	239
Anabela Paiva.....	329	Frank Hesselbarth.....	497
Ángel Martín Rodríguez.....	183	H. Varum	487, 509
Aníbal Costa	57, 195, 217, 229, 577, 667, 681	Hélder de Jesus Araújo.....	803
Antoni Paricio Casademunt.....	423, 609	Helena Cruz	149, 159, 599
António Costa	723, 733	Helena Santos.....	577
António Moret Rodrigues.....	319	Hipólito de Sousa.....	467, 553
Armando Silva Afonso	825	Hugo Filipe Pinheiro Silva.....	457
Artur Jorge Leirós	531, 619	Inês Flores-Colen.....	307, 541, 701
Aurélio Domínguez Álvarez.....	519	Ismael Carpintero García.....	847
Carla Cruz.....	723	J. A. Raimundo Mendes da Silva....	19, 457, 477, 509
César Díaz Gómez	9, 625	J. Amorim Faria	139, 467
Cílsia Ornelas.....	681	J. M. Gaspar Nero.....	123
Claudia Torres Gilles.....	625, 743	Javier Felgueroso Carrascal.....	205
Clemente Fernandes	447	Jerónimo Botelho	139
Covadonga Betegón Biempica.....	205	João Carlos Gonçalves Lanzinha.....	585
Cristina Fernández Cid.....	249	João Custódio	149
D. Izquierdo López.....	519	João Ferreira Gomes	319
Daniel Aelenei	339	João G. Ferreira	83
Daniel António Semblano Gouveia Dias da Costa.....	239	João Garcia.....	497, 785
Daniel Silva Pinheiro.....	401, 835	João Guedes..	195, 217, 229, 577, 667, 681
Eduardo Nuno Brito Santos Júlio	239, 803	João Paulo de Castro Gomes	585
Elisa Babo.....	553		
Enrique Calderón Bello.....	847		

João R. Correia.....	83	Mário Fragoso	599
Jónatas Miguel de Almeida Valença.....	803	Marisa Antunes Quintela.....	391
Jorge de Brito.....	283, 307, 433, 541, 657, 701, 711, 785	Marta Antunes	497
Jorge M. Grandão Lopes.....	125, 775	Miguel Eduardo Moura Branco.....	261
Jorge Morarji Mascarenhas.....	169	Miguel Sousa	733
José Calavera.....	43	Nuno Abrantes	815
José Dinis Silvestre	433	Nuno M. M. Ramos.....	359
José Fernández Salas.....	249	Nuno Valentim Lopes.....	691
José Ignacio de Llorens Duran.....	753	Pablo Rodríguez Vales-Villamarín	249
José L. Barroso Aguiar	401, 835	Paulina Faria Rodrigues	273, 295, 381
José Manuel Gigante.....	691	Paulino José Garcia Nieto	205
José Vasconcelos de Paiva.....	5	Paulo Filipe Cebola Luz	563
Jouke Post	647	Paulo Maranhã Nunes Tiago	239
Juan José del Coz Díaz.....	183, 205	Pedro Lima Gaspar.....	541
Juan Monjo Carrió	103	Pedro Vaz Paulo	447, 657
Justo Díaz Lozano	847	Peter Erkelens.....	647
Kim Rosenbom	497	Rafael Capuz Lladró	139
Lídia Maria Gil Catarino	239	Rafael Diez Barra.....	139
Lina Nunes.....	599	Rafael Piñero Martínez de Lecea	519
Lluís González Guerrero	609	Raquel Fernandes Paula	159
Luís Bragança.....	401, 835	Raúl Rodríguez Escribano.....	847
Luís Manuel Coelho Guerreiro	261	Romeu Vicente.....	487, 509
Luís Miranda	229, 667	Rui Mealha	553
Luís Silva	307	Rui Sousa.....	467
M. ^a Pilar Nasarre Goicoechea.....	637	Sandra Pereira	329
Manuel Maia Gomes	723	Susana Cristina Neves Almeida	477
Manuel Pinto.....	349	Tiago Dias	681
Maria de Lurdes B. C. Reis	169	Vanesa Asenjo Monjín	637
Maria do Rosário Veiga	29, 283	Vasco Moreira Rato	381
Maria Goreti Margalha	283	Vasco Peixoto de Freitas .. 7, 307, 349, 359, 369, 391, 411, 585, 691, 701, 763, 795	
Maria Helena Corvacho.....	391	Victor Brunet Subirats	609
Maria Isabel Morais Torres	369	Vitor Abrantes.....	121
Marília Sousa.....	763	Xavier Romão	667



SESSÃO VI – ARGAMASSAS / DURABILIDADE



CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS PRÉ-DOSEADAS DE FABRICO NACIONAL

Paulina Faria Rodrigues*

Correio electrónico: mpr@fct.unl.pt

Vasco Moreira Rato†

Correio electrónico: vnmr@fct.unl.pt

Fernando M. A. Henriques‡

Correio electrónico: fh@fct.unl.pt

Resumo

Com o objectivo de se obter um maior conhecimento de argamassas pré-doseadas existentes no mercado, poder comparar entre si as características apresentadas e preconizar a sua aplicação de forma mais fundamentada, procedeu-se à caracterização de seis argamassas pré-doseadas correntes para aplicação em rebocos exteriores, procedentes de duas fábricas nacionais. As argamassas foram executadas através de amassadura e compactação mecânicas em laboratório. Analisam-se os resultados obtidos em termos de quantidades de água de amassadura e consistência por espalhamentos aferidos, resistências mecânicas - módulo de elasticidade dinâmico, resistência à tracção por flexão e resistência à compressão -, microestrutura - em termos de porosidade aberta e massa volúmica aparente -comportamento face à água no estado de vapor e líquido - quanto à permeabilidade ao vapor de água, velocidade de absorção capilar e quantidade de água absorvida por capilaridade - e resistência à acção de cloretos. Analisam-se as variações obtidas na caracterização em termos de procedências de fabrico, granulometria dos agregados utilizados (médios ou finos), forma da aplicação a que se destinam (manual ou por projecção), quantidade de água de amassadura e tipo de ligante base utilizado (cimento Portland ou cimento branco). Procuram aferir-se as situações mais vantajosas em função dos tipos de aplicação recomendados nas fichas técnicas dos fabricantes e respectivas especificações de aplicação em obra.

Palavras-chave: argamassa pré-doseada, caracterização laboratorial.

* Professora Auxiliar, DEC, Fac. Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

† Assistente, idem.

‡ Professor Catedrático, idem.

1. Introdução

As argamassas pré-doseadas fabricadas em Portugal resultam de um desenvolvimento específico realizado pelos fabricantes. É aceite por todos os intervenientes que o bom desempenho dessas argamassas nas alvenarias, e particularmente nos casos em que são aplicadas em sistemas de reboco, não dependem apenas da formulação da argamassa em si, mas também das suas condições de amassadura, quantidade de água introduzida, tipo e estado do suporte onde vai ser aplicada, espessura da camada, condições de aplicação e cura (relativas ao ambiente e a aspectos técnicos e humanos). Isto quer dizer que uma "boa" argamassa pré-doseada pode mostrar-se deficiente no revestimento de uma determinada alvenaria (devido a especificidades desse suporte) e mesmo sobre suportes idênticos, essa argamassa pode num caso apresentar desempenho satisfatório, enquanto noutro isso pode não se verificar (eventualmente devido a problemas de aplicação).

No entanto, para se poder prescrever uma argamassa pré-doseada para determinada aplicação com um conhecimento mais alargado do que aquele a que se consegue aceder através das fichas técnicas dos produtos e de eventuais exemplos de aplicações anteriores, considera-se fundamental dispor de uma caracterização mais aprofundada e específica das argamassas, como a que se apresenta a seguir.

2. Desenvolvimento Experimental

Recolheram-se amostras de cinco produtos pré-doseados para a execução de argamassas para rebocos exteriores produzidos numa fábrica nacional e de um outro produto do mesmo tipo procedente de outro fabricante nacional. Apresenta-se a identificação dos diferentes produtos, com base nas fichas técnicas respectivas e de acordo com a EN 998-1 [1]:

ARE Ciarga: argamassa seca hidrofugada cinzenta, da classe CS IV, W1, destinada principalmente a rebocar paredes exteriores, por aplicação manual ou mecânica, composta por cimento, cal, agregados calcários e adjuvantes químicos;

RHP exterior fino Martingança: argamassa seca hidrofugada, composta por ligantes hidráulicos, agregados siliciosos e adjuvantes, da classe CS III, W1, para aplicação por projecção em rebocos exteriores;

RHP exterior branco Martingança: argamassa seca hidrofugada, composta por ligantes hidráulicos, agregados calcários e siliciosos e adjuvantes, da classe CS IV, W2, para aplicação por projecção em rebocos exteriores brancos, dispensando posterior pintura;

RHP exterior manual Martingança: argamassa seca, composta por ligantes hidráulicos, agregados calcários e siliciosos e adjuvantes, da classe CS III,

W1, para aplicação manual em rebocos exteriores cinzentos, permitindo acabamentos areados de granulometria fina ou como base para aplicação de revestimentos cerâmicos ou de pedra natural;

RHP exterior médio Martingança: argamassa seca, composta por ligantes hidráulicos, agregados calcários e siliciosos e adjuvantes, da classe CS III, W1, para aplicação por projecção em rebocos exteriores cinzentos, com acabamento areado ou esponjado ou como base para aplicação de revestimentos cerâmicos ou de pedra natural;

RHP exterior plus Martingança: argamassa seca hidrofugada, composta por ligantes hidráulicos, agregados calcários e siliciosos e adjuvantes, da classe CS III, W1, para aplicação por projecção em acabamentos de rebocos exteriores cinzentos.

Adoptaram-se as designações A, B, C, D, E e F para as argamassas efectuadas com aqueles produtos. Com o produto E foram realizadas duas argamassas com quantidades de água e respectivas consistências por espalhamento ligeiramente distintas, de modo a ser possível aferir a sensibilidade da argamassa obtida face a essa variação. Designa-se a de menor espalhamento (semelhante às restantes) por E e a de maior espalhamento por Em.

As argamassas foram preparadas num misturador mecânico de laboratório. Para cada massa de produto em pó introduziu-se inicialmente a quantidade de água indicada pelo fabricante (água de amassadura inicial). Obtiveram-se as consistências por espalhamento, de acordo com a Fe19 e Fe25 UNL/DEC [2] e a EN 1015-3 [3], que são indicadas na tabela 1. Quando a consistência por espalhamento obtida foi considerada demasiado seca, repetiu-se a amassadura com uma quantidade de água superior (água de amassadura final). Registou-se a consistência por espalhamento final obtida e respectiva quantidade de água final, em termos percentuais.

Tabela 1: Composição das argamassas (produto em pó e quantidade de água) e consistência por espalhamento.

Argamassa	A	B	C	D	E	Em	F
Ág.fabric.(%)	-	15.2	13.6	13.2	13.8	13.8	14.3
Produto pó (g)	3300	4180	4180	3680	3680	3680	3990
Ág.inicial (ml)	528	635	568	486	552	508	625
Espalh.inic (%)	61	58	59	*	**	45	*
Ág.final (ml)	-	-	-	582	557	562	690
Espalh.final (%)	61	59	59	59	60	66	63
Ág. Final (%)	16.0	15.2	13.6	15.8	15.1	15.3	17.3

* Consistência muito seca

** Consistência seca

Com cada uma das argamassas moldaram-se seis provetes prismáticos de 40mm x 40mm x 160mm por compactação mecânica e três provetes circulares, com 10mm de espessura para o ensaio de permeabilidade ao vapor de água. Os provetes foram deixados em cura nos respectivos moldes durante 7 dias, numa sala de ambiente controlado a 20°C e 65% de humidade relativa (HR), tendo sido desmoldados e continuado a sua cura na mesma sala, com todas as faces em contacto com o ar ambiente.

2.1 Resistências Mecânicas

As resistências mecânicas foram avaliadas ao fim de 42 dias de cura das argamassas. Apresentam-se na figura 1 e na tabela 2 os resultados do módulo de elasticidade dinâmico determinado por avaliação da frequência de ressonância longitudinal em seis provetes de cada argamassa, de acordo com a ficha de ensaio Fe08 UNL/DEC [2], e de resistências à tracção por flexão e à compressão efectuadas com uma máquina de tracção, seguindo em termos gerais a norma EN 1015-11 [4] (respectivamente em seis e em três provetes de cada argamassa).

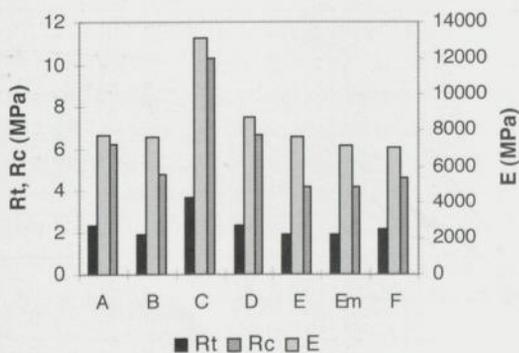


Figura 1: Resistências mecânicas das argamassas analisadas.

2.2 Microestrutura

A microestrutura das argamassas foi avaliada em termos da porosidade aberta e da massa volúmica aparente aos 43 dias de idade das argamassas. O método de ensaio utilizado recorre à introdução de água nos provetes em condições de baixa pressão e a pesagem hidrostática, de acordo com as fichas de ensaio Fe01 e Fe02 UNL/DEC [2]. Os resultados obtidos são apresentados na figura 2 e na tabela 2.

2.3 Comportamento Face à Água

O comportamento face à água na forma líquida e de vapor foi avaliado através dos ensaios de capilaridade e de permeabilidade ao vapor de água, realizados de acordo com as fichas de ensaio Fe05 e Fe06 UNL/DEC [2] e seguindo em termos gerais as normas NP EN 1015-18 [5] e EN 1015-19 [6], a partir dos 42 dias de idade dos provetes. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 2. A permeabilidade ao vapor de água das argamassas foi avaliada pelo método da cápsula “húmida” (interior em ambiente saturado) com os provetes em ensaio colocados numa câmara climática a 20°C e 40% de HR. O comportamento face à capilaridade é expresso em termos do coeficiente de capilaridade, que traduz a velocidade com que se dá a absorção capilar nos primeiros sessenta minutos do ensaio, e do valor assintótico da absorção capilar, que regista a quantidade total de água absorvida. O desenvolvimento da absorção capilar é ilustrada na figura 2. Na figura 3 apresentam-se os resultados da porosidade aberta, do valor assintótico, do coeficiente de capilaridade e da permeabilidade ao vapor de água.

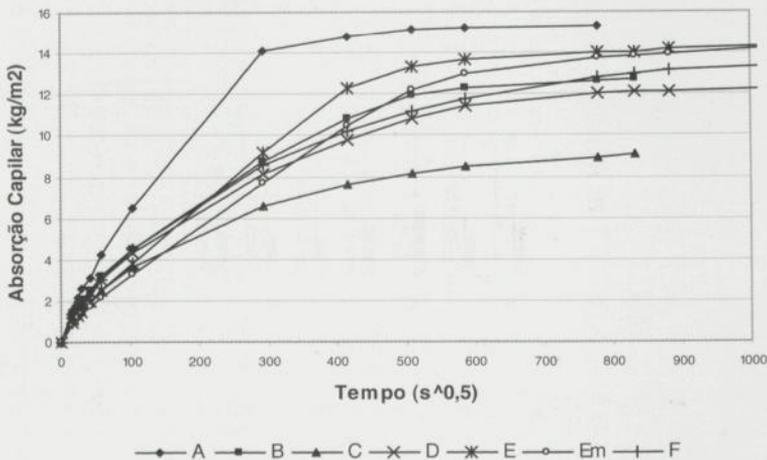


Figura 2: Absorção capilar.

2.4 Resistência à Acção dos Sais Solúveis

Os sais solúveis estão presentes em muitos materiais de construção (caso, por exemplo, de alguns ligantes ou agregados). Para além disso, os edifícios são contaminados pelos sais especialmente quando expostos a ambientes marítimos ou muito poluídos. Daí que seja importante avaliar a resistência aos sais que as argamassas neles aplica-

das possam apresentar. No presente trabalho incluem-se os resultados parciais de um estudo que ainda se encontra em curso e no qual a resistência à acção dos sais solúveis será avaliada em termos do comportamento face à acção de cloretos e de sulfatos. Estes sais estão entre os mais vulgarmente encontrados nas construções e que apresentam acções significativamente distintas.

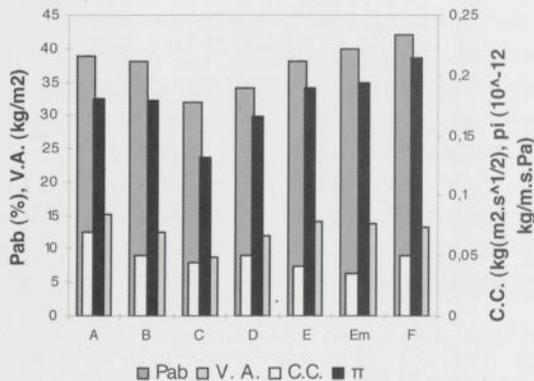


Figura 3: Microestrutura e comportamento face à água das argamassas analisadas.

A acção dos cloretos é fundamentalmente mecânica, interessando que as argamassas apresentem resistência mecânica à acção cíclica de aumento de volume dos cristais de halite no seu seio ou que os seus poros apresentem volume suficiente para que esses cristais possam cristalizar e dissolver-se ciclicamente no seu interior sem produzirem danos na envolvente. A acção dos sulfatos envolve reacções também químicas, interessando nesse caso que as argamassas não desenvolvam demasiados silicatos e aluminatos de cálcio hidratados que, em contacto com os sulfatos, possam resultar em sulfo-silicatos e sulfo-aluminatos de cálcio hidratados, que são muito expansivos e destrutivos.

Os resultados actualmente disponíveis são apenas os relativos à avaliação da resistência aos cloretos, realizada de acordo com a ficha de ensaio Fe12 UNL/DEC [2] desenvolvida pelo grupo de investigação. Estes ensaios foram realizados ao fim de 70 dias de idade das argamassas. Apresentam-se na figura 4 e na tabela 2 os resultados obtidos em termos das quantidades de cloretos retidas pelas argamassas após imersão numa solução saturada de cloreto de sódio e das variações de massa ao longo de 50 ciclos de humedecimento/secagem realizados numa câmara climática.

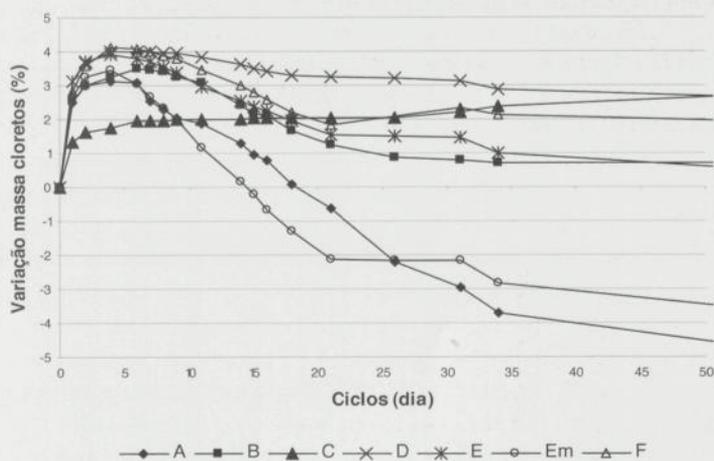


Figura 4: Variação de massa por ação dos cloretos.

Tabela 2: Características das argamassas analisadas.

Argamassa	A	B	C	D	E	Em	F
Espalh. (%)	61	58	59	59	60	66	63
E (MPa)	7742	7600	13115	8765	7679	7126	7086
Rt (MPa)	2.28	1.90	3.65	2.28	1.87	1.83	2.09
Rc (MPa)	6.18	4.73	10.30	6.68	4.20	4.17	4.57
Pab (%)	39	38	32	34	38	40	42
MVap (kg/m ³)	1636	1615	1768	1719	1641	1586	1521
$\pi \times 10^{-11}$ (kg/m.s.Pa)	1.80	1.79	1.32	1.66	1.89	1.94	2.15
Coef.capil. (kg/m ² .s ^{0.5})	0.070	0.050	0.045	0.050	0.041	0.036	0.051
Valor Assint. (kg/m ²)	15.3	12.6	8.9	12.1	14.0	13.8	13.4
Cloret.ret.(%)	3.2	3.0	1.7	2.3	2.5	3.0	2.8
Var.mas.cloret. (ciclo 50 - %)	-4.6	+0.7	+2.7	+2.7	+0.6	-3.5	+2.0

Espalh. - Consistência por espalhamento; E - módulo de elasticidade dinâmico; Rt e Rc - resistências à tração e à compressão; Pab - porosidade aberta; MVap - massa volúmica aparente; π - permeabilidade ao vapor de água; Coef.capil. - coeficiente de capilaridade; Valor Assint. - valor assintótico da absorção capilar; Cloret.ret. - cloretos retidos; Var.mas.cloret. - variação de massa por ação dos cloretos.

3 Análise dos Resultados

Comparando as argamassas A e B, procedentes de fabricantes distintos mas com especificações de aplicação algo semelhantes, verifica-se que embora a primeira apresente resistências mecânicas em termos de flexão e compressão mais elevadas, o módulo de elasticidade (que traduz a capacidade de deformação) mantém-se semelhante. No entanto a argamassa B apresenta melhor comportamento face à acção da capilaridade (tanto ao nível da velocidade com que ocorre a absorção capilar, como no que se refere à quantidade total de água absorvida por esse efeito). A argamassa A apresenta ainda uma fraca resistência à acção dos cloretos. Por análise comparativa, considera-se assim que a argamassa B seria a que melhor desempenho ofereceria em revestimentos de paredes sujeitas à acção da chuva e em ambientes localizados perto do litoral, sujeitos a potencial ataque por cloretos.

No que se refere às características registadas pela argamassa C (de cor branca), verifica-se que apresenta resistências mecânicas bastante elevadas, desnecessárias e eventualmente excessivas para aplicações sobre alvenarias correntes, indiciando uma deformabilidade muito reduzida. Relativamente ao comportamento face à acção da água, a quantidade absorvida por capilaridade é bastante inferior a todas as restantes argamassas analisadas, tal como a sua permeabilidade ao vapor de água. Esta situação, que se pode justificar pela maior compacidade apresentada pela argamassa C, indicia o acesso de menor quantidade de água capilar mas uma maior dificuldade de secagem.

A argamassa D, especificamente indicada para aplicação manual, seguiu a tendência da argamassa C (elevadas resistências mecânicas devidas a elevada compacidade; absorção capilar e permeabilidade ao vapor de água pouco elevadas), mas de um modo menos expressivo.

No caso da argamassa E, concebida para aplicação por projecção mecânica, registou-se a influência que uma maior quantidade de água pode ter nas características analisadas (caso da argamassa Em). Nesta última argamassa Em referida, a maior quantidade de água (registada em termos de maior consistência por espalhamento da argamassa Em comparativamente à E) provoca um ligeiro decréscimo das resistências mecânicas (com uma melhoria da deformabilidade), devido a uma diminuição da compacidade (maior porosidade aberta), um melhor comportamento face à acção da água (aumento da permeabilidade ao vapor de água e redução da absorção capilar), mas acompanhado por uma menor resistência aos cloretos. Esta argamassa mostra não ser adequada para aplicação em ambientes marítimos. Esta situação realça a influência que a quantidade de água de amassadura pode ter na variabilidade das características de uma argamassa pré-doseada.

No que se refere à argamassa F (também indicada para aplicação por projecção mecânica mas contendo agregados mais finos que a argamassa E e su-

postamente resultando de uma melhoria relativamente à argamassa B), verifica-se que, com aumento da resistência à flexão, a argamassa resulta mais deformável (menor módulo de elasticidade dinâmico), com maior porosidade aberta e elevada permeabilidade ao vapor de água, características que podem contrabalançar absorções capilares mais rápidas do que no caso das argamassas comparáveis B e E, mas de menor valor total. A resistência aos cloretos da argamassa F é bastante melhor do que no caso das argamassas anteriores.

Tendo em conta as características analisadas, sobressaem como potencialmente mais eficientes para aplicação em sistemas de reboco para paredes, de entre as argamassas analisadas, a B e a F, sendo a primeira à partida do grupo das mais "correntes" no mercado e a segunda resultando de formulações mais específicas.

Estes resultados preliminares aguardam, contudo, a conclusão do estudo e designadamente o conhecimento do comportamento à acção dos sulfatos, com os quais a sua adequabilidade para aplicação em edifícios recentes ou com patologias específicas poderá ser mais cabalmente avaliada.

4 Conclusões

A diversidade de argamassas pré-doseadas no mercado nacional pode por vezes conduzir à prescrição de produtos desadequados para determinadas aplicações.

Considera-se que um maior detalhe na caracterização das argamassas, para além da informação registada nas fichas técnicas dos produtos, fornece instrumentos indispensáveis para o seu melhor conhecimento, possibilitando uma fundamentação mais rigorosa da sua prescrição.

No entanto, o tipo e estado do suporte no qual as argamassas sejam utilizadas e o modo como a aplicação seja realizada, terão também uma influência primordial nas características finais do reboco.

5 Agradecimentos

As tarefas laboratoriais em que se baseia este trabalho foram desenvolvidas pelos alunos Daniel Maio, Filipe Martelo, Francisco Nogueira, José Avelar, José Pires, Lígia Carvalho, Luís Vaz e Renato Marques, no âmbito da disciplina de Tecnologias de Revestimentos da licenciatura em Engenharia Civil da FCT/UNL.

6 Bibliografia

- [1] Comité Européen de Normalisation (CEN) – Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar with inorganic binding agents. Brussels: CEN, 2003. EN 998-1: 2003.
- [2] Universidade Nova de Lisboa (UNL) / Departamento de Engenharia Civil (DEC) – Fichas de Ensaio – Pedras naturais e artificiais: Análise de argamassas. Caparica: FCT/UNL, 1996 a 2005. Fe01, 02, 05, 06, 08, 12, 19, 25, 27.
- [3] CEN – Methods of test for mortar for masonry – Part 3: Determination of consistency of fresh mortar (by flow table). Brussels: CEN, 1999/2004. EN 1015-3:1999 / A1:2004.
- [4] CEN – Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar. Brussels: CEN, 1999. EN 1015-11: 1999.
- [5] CEN – Methods of test for mortar for masonry – Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar. Brussels: CEN, 2002. EN 1015-18: 2002.
- [6] Instituto Português da Qualidade (IPQ) – Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria. Parte 19: Determinação da permeabilidade ao vapor de água de argamassas de reboco endurecidas. Lisboa: IPQ, 2000. NP EN 1015-19:2000.

DURABILIDADE DOS REVESTIMENTOS EXTERIORES TIPO MONOCAMADA

Marisa Antunes Quintela*

Correio electrónico: marisa@fe.up.pt

Maria Helena Corvacho†

Correio electrónico: corvacho@fe.up.pt

Vasco Peixoto Freitas‡

Correio electrónico: vpfreita@fe.up.pt

Resumo

O reboco tipo monocamada é constituído por uma argamassa industrial concebida para revestimento, aplicada numa só camada e que pretende cumprir todas as funções de protecção e decoração conseguidas por um sistema multi-camada. É aplicado como revestimento exterior de paredes, já há largos anos, em alternativa ao reboco tradicional pintado, contudo, o conhecimento do seu desempenho ao longo do tempo, não é ainda totalmente dominado.

No Laboratório de Física das Construções (LFC) da FEUP, foi desenvolvido um estudo sobre a durabilidade deste tipo de reboco. Tendo como base um produto do mercado, o objectivo passou por: caracterizar o tipo de solicitações a que está sujeito; avaliar as suas características ao longo do tempo; analisar a sua capacidade para continuar a satisfazer as exigências funcionais da parede.

A metodologia deste trabalho passa pela avaliação das propriedades do revestimento no estado inicial e após ter sido submetido a determinados ciclos de envelhecimento artificial acelerado, para posterior comparação. Foram desenvolvidos três procedimentos distintos de envelhecimento acelerado.

Nesta comunicação apresentam-se os principais resultados do referido estudo, nomeadamente no que se refere à aderência ao suporte, à capacidade de impermeabilização e à estabilidade da coloração, para o produto ensaiado.

Palavras-chave: Revestimento de paredes, Monocamada, Durabilidade.

* Engenheira Civil, Instituto da Construção / FEUP.

† Prof. Auxiliar, FEUP – DEC – SCC.

‡ Prof. Catedrático, FEUP – DEC – LFC.

1 Introdução

A utilização de argamassas industriais no revestimento exterior de paredes de edifícios apresenta a vantagem, entre outras, de conduzir a uma racionalização das operações e a uma conseqüente redução dos tempos de execução. Nestas argamassas o doseamento e a mistura das várias matérias-primas são realizados em fábrica bastando, em obra, adicionar a porção de água necessária, de modo a obter-se uma pasta com a consistência pretendida para se proceder à aplicação.

O reboco monocamada, constituído por uma argamassa industrial, é um reboco dito não-tradicional aplicado numa única camada. Do modo de aplicação deriva a designação monocamada, sendo também, em linguagem corrente, frequentemente usada a designação de "monomassa". Este tipo de revestimento é aplicado normalmente por projecção, numa ou duas demãos do produto, espaçadas de algumas horas.

Este tipo de argamassas apesar de serem fortemente adjuvadas, também apresentam limitações, que devem ser devidamente consideradas de modo a evitar-se as anomalias de aspecto, que afectam o revestimento do ponto de vista estético, e as anomalias que afectam o comportamento e durabilidade do revestimento, pondo em causa a satisfação das exigências fundamentais.

Sabe-se que para garantir um desempenho adequado do revestimento é determinante o cumprimento de regras que abrangem todas as fases do processo, desde a concepção até à utilização. No nosso edificado encontramos, independentemente da idade, bons e maus exemplos de desempenho do revestimento monocamada. Contudo, a experiência na aplicação destes produtos, em Portugal, ainda não é suficiente para concluir sobre a sua durabilidade, comparativamente com os rebocos correntes, não se conhecendo claramente a evolução das principais características de desempenho ao longo do tempo. Com o estudo efectuado na FEUP pretende-se dar um contributo para o melhor conhecimento do desempenho após envelhecimento deste tipo de revestimento.

2 Exigências funcionais

O reboco monocamada é classificado como revestimento de impermeabilização. A sua principal função é contribuir para a estanquidade global da parede, exercendo em simultâneo funções de acabamento e decoração.

De um modo geral, podemos dizer que estes revestimentos para poderem contribuir eficazmente para a satisfação das exigências funcionais das paredes, devem manter as seguintes características: boa aderência ao suporte; boa capacidade de impermeabilização, devendo assim ser pouco sensível à fissuração e ter baixa capilaridade; elevada permeabilidade ao vapor de água, de forma a

permitir a secagem do paramento; aspecto estético aceitável e conservação das suas propriedades decorativas, mediante manutenção adequada.

Estes requisitos constituem a parte importante dos requisitos essenciais a cumprir pelos revestimentos, de modo a que possam ser respeitadas as exigências essenciais estabelecidas pela Directiva dos Produtos de Construção [1] e, assim, o produto poder aceder à marcação CE.

3 Metodologia de avaliação do desempenho

3.1 Características avaliadas

A metodologia deste trabalho passa por avaliar as características da argamassa e do reboco no estado inicial (t_0 – com pelo menos 28 dias de cura) e após envelhecimento artificial (t_x).

Atendendo às características que mais condicionam a satisfação das exigências funcionais (referidas §2) e às anomalias que ocorrem com mais frequência neste tipo de revestimento, as características avaliadas foram: a capacidade de impermeabilização (determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade e da permeabilidade à água líquida); a aderência ao suporte (ensaios de arrancamento por tracção) e o controlo das alterações estéticas (fissuração superficial e coloração, recorrendo à observação macroscópica). Complementarmente avaliam-se as alterações da estrutura porosa realizando ensaios de porosimetria, recorrendo ao processo do porosímetro de mercúrio.

Na tabela seguinte faz-se uma síntese das características avaliadas, dos procedimentos e referências normativas tidos como base e dos tipos de provetes e maquetes necessários aos ensaios.

Tabela 1: Características avaliadas.

Características	Referências Normativas / Procedimentos	Suporte de ensaio
Coeficiente de absorção de água por capilaridade	EN 1015-18 [2]	9 provetes (metades de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$)
Porometria	Porosímetro de mercúrio	Fragmentos de revestimento
Aderência ao suporte	EN 1015-12 [3] EN 1015-21 [4]	Maquetes de $30 \times 40 \times 3 \text{ cm}^3$ em alvenaria de tijolo furado, com 1 cm ou 2 cm de revestimento.
Permeabilidade à água	EN 1015-21 [4]	
Controle da fissuração	Observação macroscópica	
Controle da Coloração	Observação macroscópica	

3.2 Envelhecimento artificial acelerado

Para este estudo foram desenvolvidos três procedimentos de envelhecimento artificial acelerado (combinação A, ciclo B e ciclo C), com a intenção de avaliar como diferentes solicitações afectam este tipo de produto.

A combinação A corresponde a uma adaptação do procedimento de envelhecimento referenciado na Norma Europeia 1015-21 de 2002 [4]. Consiste na associação de ciclos de aquecimento/congelamento (ciclo A₁) e de humedificação/congelamento (ciclo A₂), desfasados de um tempo de repouso (48 horas) em ambiente de laboratório. A tabela 2 traduz esta combinação.

Usando a combinação A, foram avaliados 4 graus (tempos) de envelhecimento, através da repetição da solicitação em termos de aquecimento/congelamento e humedificação/congelamento, fazendo n=1, 2, 4 e 8. Assim, para cada tempo de ensaio, o ciclo A₁ é repetido n vezes. Passa-se, então, ao período de repouso, seguindo-se igual número de repetições do ciclo A₂. Este envelhecimento foi conseguido com o recurso a equipamentos básicos do LFC (estufa, arca frigorífica).

Tabela 2: Combinação A.

Ciclo A1 aquecimento/congelamento			+	Ambiente normalizado (ambiente de laboratório)			+	Ciclo A2 humedificação/congelamento		
T	HR	D		T	HR	D		T	HR	D
60°C	n.c.	8 h		20°C	65 %	48 h		Imersão em água		8 h
20°C	65 %	½ h						20°C	65 %	½ h
-15°C	n.c.	15 h						-15°C	n.c.	15 h
20°C	65 %	½ h						20°C	65 %	½ h

T: temperatura [°C] HR: humidade relativa [%] D: duração das condições estabelecidas [h]
n.c.: humidade relativa não controlada

O ciclo B consiste numa variação das condições de temperatura e humidade relativa ao longo de 24 horas (figura 1). Foi determinado por analogia com os registos dos últimos anos de temperatura e radiação, obtidos pela estação meteorológica do LFC. Estas condições foram conseguidas utilizando uma câmara climática.

O ciclo C (figura 2) consiste na variação das condições de temperatura e humidade relativa, associando o efeito da chuva (pulverização com água) e da radiação solar (lâmpada de arco Xénon), tendo uma duração base de 12 horas. Estas condições foram conseguidas recorrendo a uma câmara específica para este tipo de ensaios.

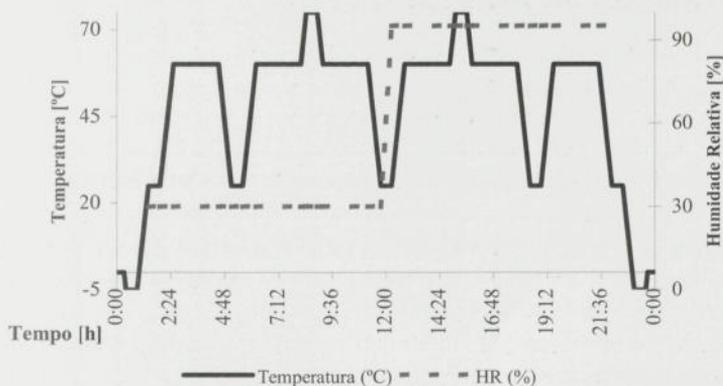


Figura 1: Ciclo B.

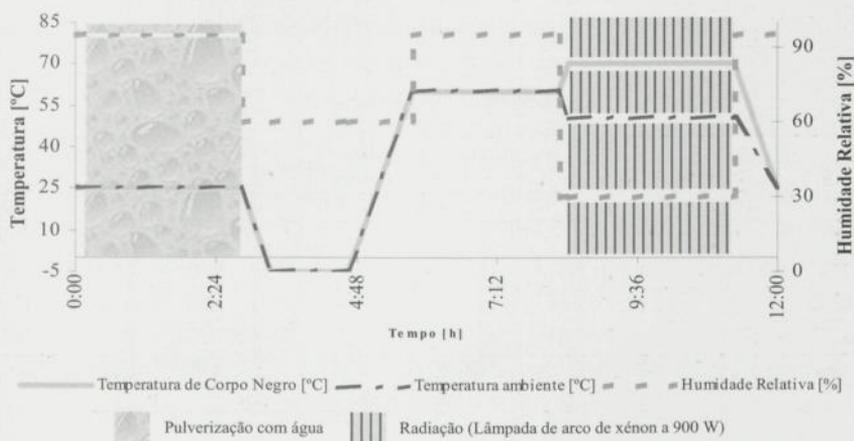


Figura 2: Ciclo C.

Para estes dois últimos ciclos de envelhecimento acelerado (ciclos B e C) foram avaliados 5 tempos, sendo cada tempo sucessivo a duplicação temporal da solicitação anterior. Assim, aos tempos de envelhecimento t1, t2, t3, t4 e t5 corresponde uma repetição do ciclo base de 7, 14, 28, 56 e 112 vezes, respectivamente.

O último grau de envelhecimento, para cada um dos três procedimentos de envelhecimento acelerado (combinação A, ciclo B e ciclo C), teve duração diferente, sendo a mais curta para a combinação A ($n=8 \rightarrow 18$ dias) e a mais longa para o ciclo B, que durou cerca de 4 meses ($n=112 \rightarrow 112$ dias).

4 Resultados dos ensaios

4.1 Resultados preliminares

À data da realização desta comunicação, a campanha de ensaios proposta estava ainda em curso, faltando sobretudo os resultados dos ensaios de porosimetria. Estes resultados permitirão perceber quais as alterações da estrutura porosa ao longo dos diferentes ciclos de envelhecimento.

Nos diferentes tempos de envelhecimento avaliados, nunca foi visível qualquer tipo de fissuração superficial. Contudo, o tipo de acabamento das maquetes (acabamento raspado) não facilita a detecção de fissuração superficial por inspeção macroscópica.

4.2 Coeficiente de absorção de água por capilaridade

O coeficiente de absorção de água por capilaridade, c , associado a uma determinada espessura de revestimento tem influência determinante no comportamento face à capacidade de impermeabilização desse revestimento. A norma EN 998-1:2003 [5] define que os revestimentos monocamada devem ter este coeficiente entre as categorias W1 ($c \leq 0,40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$) e W2 ($c \leq 0,20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$). Foram realizados os ensaios de capilaridade para o tempo inicial (t_0), após os 28 dias de cura, e para os diferentes tempos de envelhecimento acelerado (tx com x de 1 a 5) para a combinação A, e para os ciclos B e C.

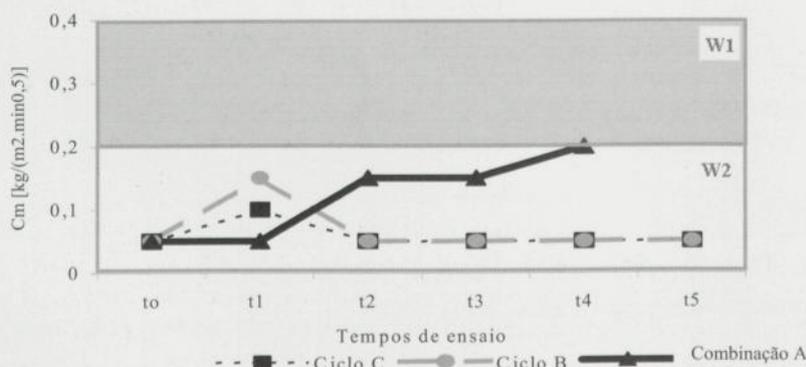


Figura 3: Evolução do coeficiente de absorção de água por capilaridade (valor médio C_m). Comparação entre a combinação A e os ciclos B e C.

Como se pode verificar na figura 3, o coeficiente de absorção de água por capilaridade, após envelhecimento acelerado, mantém-se na categoria mais

exigente, W2. Apenas a Combinação A, correspondente à associação de ciclos aquecimento/congelamento (ciclo A1) e humedificação/congelamento (ciclo A2), tem um efeito significativo nesta característica, fazendo aumentar o coeficiente cerca de 260%, tendo neste caso a capilaridade uma tendência claramente crescente ao longo do envelhecimento. Os ciclos B e C tiveram um efeito muito semelhante não sendo sensível a variação desta característica.

4.3 Permeabilidade à água líquida

A avaliação da permeabilidade à água líquida foi feita, para cada tempo de ensaio, determinando a quantidade de água que em 48 horas passa (através do revestimento) pela superfície da base de um cone com 10 cm de diâmetro. Para avaliara a reprodutibilidade em cada maquete foram efectuados 2 ensaios, obtendo assim 2 valores que na figura 4 aparecem designados por máximo (máx) e mínimo (min.), em maquetes com 1cm e 2 cm de espessura de revestimento (Ma1mB e Ma2mB). Nesta figura apresenta-se os resultados obtidos nas maquetes submetidas à combinação A.

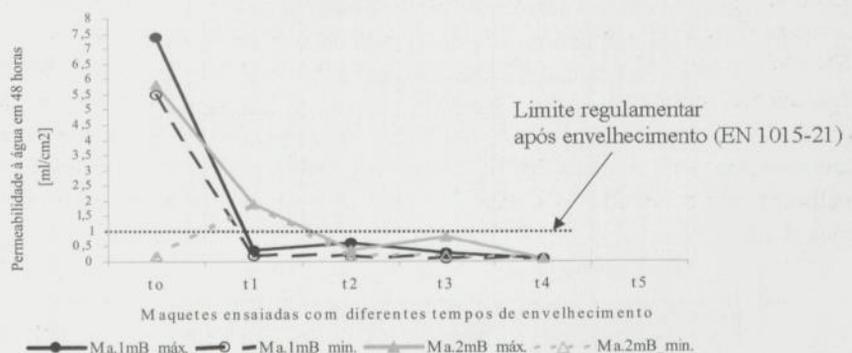


Figura 4: Evolução da permeabilidade à água das maquetes submetidas à Combinação A. Comparação entre maquetes com 1cm e com 2 cm de revestimento.

A análise da figura 4 pode induzir à interpretação de que a permeabilidade à água do reboco monocamada vai diminuindo ao longo do seu envelhecimento, contudo, não podemos fazer essa afirmação. Nos ensaios efectuados sem envelhecimento acelerado (tempo t0) obtiveram-se valores de permeabilidade à água bastante elevados, fora do esperado para este tipo de material. Este fenómeno ocorreu aleatoriamente em diferentes tempos de ensaio, dos três procedimentos de envelhecimento adoptados. Na figura 4 verifica-se, para a maquete com 2 cm de revestimento, que dos dois ensaios realizados resultaram valores muito distintos (máx. 5,8 ml/cm² e min. 0,2 ml/cm²) o que indicia que factores exógenos ao produto (relacionados por exemplo com os cuidados de apli-

cação) ou erros de ensaio (não sendo o caso desta medição em análise), podem adulterar completamente os resultados.

O comportamento desta característica foi semelhante com os diferentes ciclos de envelhecimento. A norma EN 998-1:2003 [5] define que, após envelhecimento acelerado segundo EN 1015-21 [4], os revestimentos monocamada devem ter uma permeabilidade à água, em 48 horas, inferior a 1 ml/cm^2 .

Apesar de com os resultados obtidos não ser possível traçar um curva de comportamento ao longo do tempo, podemos claramente afirmar que este produto ensaiado, após os diferentes tipos de envelhecimento, mostrou-se capaz de garantir o limite regulamentar estabelecido, como se pode verificar na figura 4 para o último tempo de envelhecimento (t_4).

4.4 Aderência ao suporte

Uma boa aderência do revestimento ao suporte é característica necessária para o bom desempenho ao longo da vida útil. Neste estudo, no final da campanha, foram efectuados 528 arrancamentos, 11 em cada maquete, dos quais 8 são efectuados em carotes circulares, 5 em estado seco e 3 em estado húmido, e os 3 restantes são efectuados em estado seco em carotes quadradas.

Também nesta propriedade, à semelhança da anterior, devido à não convergência de valores nos diferentes tempos de envelhecimento, não é possível traçar uma linha de tendência.

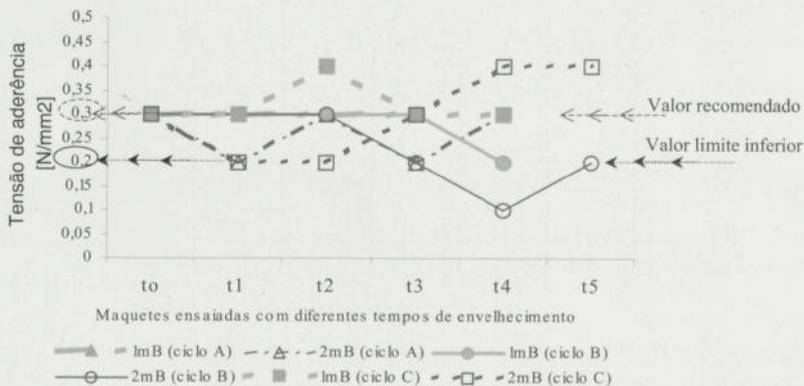


Figura 5: Evolução da tensão de aderência das maquetes submetidas aos 3 procedimentos de envelhecimento. Maquetes com 1cm e com 2 cm de revestimento.

Com a análise da figura 5 podemos perceber que este tipo de produto após envelhecimento acelerado é capaz de conseguir manter valores de aderência muito satisfatórios, acima do valor de referência recomendado. Contudo, apesar de a maioria das roturas nos arrancamentos efectuados terem sido do tipo

coesivo (rotura pelo reboco, o que significa que a tensão de aderência é superior ao valor do ensaio), independentemente do tempo de envelhecimento, alguns resultados aparecem no limiar, ou abaixo, do valor mínimo admitido, o que causa preocupação e poderá indiciar que factores exógenos ao produto terão influência significativa na aderência do reboco ao suporte.

4.5 Controle da coloração

O controle da coloração foi efectuado de modo expedito, através da visualização macroscópica. Podemos concluir que o envelhecimento com a combinação A e com o ciclo B não causa alterações significativas, em termos de coloração das maquetes. As grandes alterações estéticas surgem com o envelhecimento acelerado do tipo C, onde se introduz o efeito da radiação e da pulverização com água. Com este ciclo as alterações são visíveis logo no segundo tempo de ensaio (n=14, isto é, 14 repetições do ciclo base) com alteração localizada da cor, sendo mesmo perceptível escorrimentos de cor mais acentuada. Esta degradação vai aumentando com o grau de envelhecimento.

No último tempo de ensaio, após 112 repetições do ciclo base, as alterações são muito significativas, sendo perfeitamente visível uma lixiviação do revestimento na zona onde se deu a incidência directa da pulverização com água, e na zona central da maquete, uma concentração de pigmentos à superfície (figura 6).



Figura 6: Alteração da coloração e concentração de pigmentos na superfície.

5 Conclusões

O objectivo deste estudo, como foi referido, é fornecer um contributo para a compreensão do desempenho ao longo do tempo deste tipo de revestimento.

Como principais conclusões podemos referir que:

- Este tipo de produto após envelhecimento acelerado é capaz de manter as características principais em valores aceitáveis, apesar do desempenho ser fortemente dependente de factores exógenos ao produto como a aplicação;

- Para a avaliação das características de desempenho do reboco (aderência, capilaridade e permeabilidade), sujeito a envelhecimento acelerado, a adaptação do ciclo da norma EN1015-21 mostrou-se adequado - ciclo A, tendo a vantagem de ser o envelhecimento de mais curta duração;

- Para avaliação do comportamento estético (estabilidade da coloração) é necessário associar o efeito da "chuva" e da "radiação" - ciclo C.

Em síntese, pode-se dizer que o revestimento monocamada analisado, apresenta capacidade de, após envelhecimento, manter as suas características de desempenho em valores aceitáveis, de modo a assegurar as suas funções principais. Contudo, o estudo efectuado mostrou que, em condições de laboratório, o desempenho do revestimento é influenciado pela sua execução. Assim, é de todo o interesse reforçar a ideia da basilar importância da fase de aplicação do produto em obra, que deverá ser planeada e executada com o maior rigor, de forma a se poder esperar um desempenho satisfatório do revestimento ao longo do tempo.

6 Bibliografia

- [1] |P| - Leis, decretos, etc. *Decreto-Lei n.º 113/93 de 10 de Abril e Portaria n.º 566/93*. Lisboa, Diário da República, 1993. Directiva dos Produtos da Construção.
- [2] Comité Européen de Normalisation (CEN) *Methods of test for mortar for masonry*. Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar.2002. EN 1015-18.
- [3] CEN. *Methods of test for mortar for masonry*. Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates.2000. EN 1015-12.
- [4] CEN. *Methods of test for mortar for masonry*. Part 21: Determination of the compatibility of one-coat rendering mortars with substrates.2002. EN 1015-21.
- [5] CEN. *Specification for mortar for masonry*. Part 1: Rendering and plastering mortar.2003. EN 998-1.
- [6] Quintela, M.A.; Corvacho, M.H.; Freitas, V.P. *Avaliação do desempenho ao longo do tempo dos revestimentos tipo monocamada*, 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa, APFAC, Novembro de 2005.
- [7] Freitas, V.P. & Sá, A. Vaz. Cementitious adhesives performance during service life. International conference on durability of building materials and components, 10dbmc. Lyon, France, April 17-20, 2005.

DESCOLAGEM DE UM REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADA

Daniel Silva Pinheiro*

Correio electrónico: dsp@civil.uminho.pt

Luís Bragança†

Correio electrónico: braganca@civil.uminho.pt

José L. Barroso Aguiar‡

Correio electrónico: aguiar@civil.uminho.pt

Resumo

A capacidade de um revestimento cerâmico resistir à descolagem depende da correcta selecção do produto de colagem e do método de colagem. Estes devem ser adequados à intensidade das acções previstas, ao tipo de utilização do revestimento, às características do suporte e ao tipo de revestimento.

Uma cuidada concepção do revestimento e a selecção do produto de colagem adequado para cada situação não garante por si só a eficiência da colagem sendo necessário que essas precauções sejam acompanhadas de uma correcta execução.

Nesta comunicação apresenta-se um trabalho onde se procedeu à análise das causas da descolagem de um revestimento cerâmico de uma fachada. Procedeu-se à caracterização da situação existente e à descrição dos ensaios realizados. Propõem-se soluções de reabilitação e elaboram-se recomendações de aplicação.

Palavras-chave: Descolagem, Revestimentos cerâmicos, Diagnóstico, Reabilitação.

1 Introdução

O Laboratório de Engenharia Civil da universidade do Minho elaborou um estudo sobre as causas da queda de plaquetas cerâmicas das fachadas de um edifício.

* Técnico Superior, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

† Prof. Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

‡ Prof. Associado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.



Esta comunicação descreve os ensaios realizados, analisa os resultados obtidos e apresenta uma proposta de reabilitação. Elaboram-se recomendações de aplicação.

2 Visita ao local e análise documental

O edifício é composto por rés de chão e 4 andares tendo-se verificado que:

- Algumas plaquetas cerâmicas se destacavam com um simples toque enquanto outras se encontravam solidamente fixas ao suporte;
- As plaquetas não são vidradas e as suas juntas não se encontravam preenchidas (figura 1).

A análise da documentação existente permitiu conhecer as características da monomassa que suporta o revestimento (tabela 1) mas não permitiu esclarecer as características dos elementos cerâmicos e do cimento cola utilizados.

Tabela 1: Características da monomassa de acordo com o catálogo do fabricante.

Característica	Valor declarado
Massa volúmica aparente em pó	1655 kg/m ³
Massa volúmica aparente endurecida	1657 kg/m ³
Resistência à tracção por flexão aos 28 dias	3.2 MPa
Resistência à compressão aos 28 dias	8.3 MPa

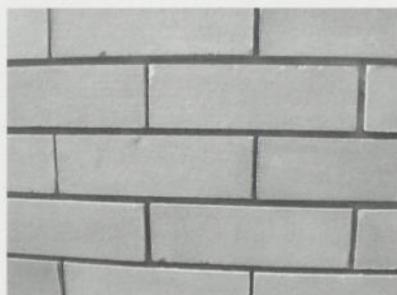


Figura 1: Aspecto das plaquetas.

3 Ensaios

Com vista a determinação das causas da queda do revestimento realizaram-se ensaios de arrancamento in situ, ensaios de determinação da dilatação térmica linear e de determinação da dilatação convencional por humidade com água fervente sobre provetes retirados das fachadas.

3.1 Determinação da dilatação térmica linear

A determinação do coeficiente de dilatação térmica linear foi efectuada sobre 2 provetes de acordo com a ISO 10545-8 [1]. O ensaio consistiu no aquecimento dos provetes entre os 20°C e os 100 °C a uma velocidade de 5 °C / min. Os resultados dos ensaios são apresentados na tabela 2. O coeficiente de dilatação térmica linear médio é de 65.45 E-7 / °C.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de determinação do coeficiente de dilatação térmica linear.

Provete	Coeficiente dilatação térmica linear
A	65.00 E-7 /°C
B	65.90 E-7 /°C

3.2 Determinação da dilatação convencional por humidade com água fervente

A determinação da dilatação convencional por humidade com água fervente foi efectuada em 7 provetes de acordo com a ISO 10545-10 [2]. O ensaio consiste no recozimento dos provetes num forno a uma velocidade de aquecimento de 150 °C/h com patamar de 2 horas a 550 ± 15 °C. Após o seu recozimento, os provetes são deixados arrefecer no interior do forno até 70 ± 10 °C sendo posteriormente retirados e mantidos num exsiccador com sílica-gel por um período de 24 a 32 horas. Após recozimento procede-se à determinação do comprimento inicial dos provetes, aproximado a 0.5 mm, através de duas medições intervaladas de 3 horas. Os provetes são de seguida mergulhados em água fervente destilada e desmineralizada durante 24 horas consecutivas. Após o período de imersão em água fervente os provetes são retirados e deixados arrefecer até a temperatura ambiente. O comprimento final dos provetes é obtido através de duas medições efectuadas após 1 hora da retirada da água fervente e novamente após 3 horas de intervalo.

A dilatação convencional por humidade com água fervente é obtida pela subtracção da média das duas medições após o tratamento com água fervente e a média das medições após recozimento. Os resultados dos ensaios são apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados dos ensaios de determinação da dilatação convencional por humidade com água fervente.

Provete	1	2	3	4	5	6	7
Expansão por humidade (mm/m)	0.7	0.6	1.2	2.1	1.4	0.2	0.8

Os resultados do ensaio de dilatação convencional por humidade com água fervente estão compreendidos entre os 0.2 e os 2.1 mm/m.

3.3 Ensaio de arrancamento

Os ensaios de arrancamento visam avaliar as condições de aderência (figura 3). A resistência ao arrancamento foi obtida através da colagem de uma peça metálica à superfície das plaquetas (figura 4) que foi depois sujeita a uma força perpendicular ao seu plano. Os ensaios de arrancamento foram precedidos de uma carotagem prévia. Nos locais onde as plaquetas cerâmicas se destacaram durante a carotagem foram realizados ensaios no reboco de forma a avaliar a sua coesão interna / aderência ao suporte. A força necessária para provocar o arrancamento foi medida com um dinamómetro. Os resultados dos ensaios são apresentados nas tabelas 4 a 6.

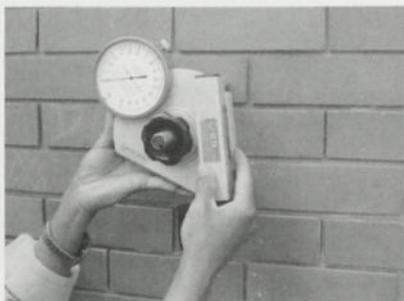


Figura 2: Equipamento para ensaios de tracção.



Figura 3: Peça metálica usada nos ensaios de arrancamento.

4 Análise dos resultados e causas das anomalias

Os principais factores que afectam a aderência de revestimentos cerâmicos colados são:

- As características das peças cerâmicas (rigidez, dimensões, cor, etc.) que determinam as deformações a que estarão sujeitas e, consequentemente, as tensões que serão transmitidas ao suporte);

- A acção da temperatura, da humidade, dos ciclos de gelo-degelo e choque térmico que afectam a resistência mecânica dos sistemas de fixação;
- A aplicação em obra.

Tabela 4: Tensão de aderência dos provetes com rotura adesiva pela interface plaqueta / cimento cola.

Ensaio	Força de rotura (kN)	Diâmetro (mm)	Área (mm ²)	Tensão (MPa)	Notas
C1	-	-	-	-	Descolou-se / 70% ladrilho, 30% reboco
C9	0.70	44.0	1519.8	0.46	80% ladrilho / 20% reboco
C11	0.10	44.0	1519.8	0.07	90% ladrilho / 10 % reboco

Tabela 5: Tensão de aderência dos provetes com rotura adesiva pela interface cimento cola / reboco.

Ensaio	Força de rotura (kN)	Diâmetro (mm)	Área (mm ²)	Tensão (MPa)	Notas
C2	0.60	44.5	1554.5	0.39	
C6	0.60	44.2	1533.6	0.39	

Tabela 6: Tensão de aderência dos provetes com rotura adesiva pela interface reboco /alvenaria.

Ensaio	Força de rotura (kN)	Diâmetro (mm)	Área (mm ²)	Tensão (MPa)	Notas
C3	1.10	44.2	1533.6	0.72	Descolou na carotagem / ensaio reboco
C4	0.60	44.2	1533.6	0.39	Descolou na carotagem / ensaio reboco
C5	1.35	44.1	1526.7	0.88	Descolou na carotagem / ensaio reboco
C7	0.80	44.1	1526.7	0.52	Descolou na carotagem / ensaio reboco
C8	1.20	44.2	1533.6	0.78	
C8A	-	-	-	-	Destacou-se após carotagem
C10	0.60	43.9	1512.9	0.40	

No que diz respeito às características das peças cerâmicas verifica-se que o quadro normativo internacional (ISO) ou europeu (EN), não contém metodologias para definição dos domínios de utilização dos materiais existentes no mercado. Esse quadro normativo não estabelece, portanto, um método que, a partir das características determinadas de acordo com as normas, permita ava-

liar a adequação para o uso pretendido. Por outro lado, para um grande número de características, não são fixadas exigências, nem mesmo níveis mínimos de comportamento. De forma a ultrapassar as lacunas da normalização vigente e para a especificação de ladrilhos cerâmicos, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) tem vindo a estabelecer níveis exigenciais fixos ou por classes para todas as características previstas na norma ISO 13006 [3]. Para paredes exteriores em geral, o LNEC recomenda [4] a utilização de ladrilhos cerâmicos com valores da dilatação com a humidade inferiores ou iguais a 0.1 mm/m. Atendendo aos resultados dos ensaios de dilatação convencional por humidade com água fervente, os ladrilhos apresentam valores da dilatação convencional à humidade superiores a 0.1 mm/m pelo que, de acordo com [4], não são adequados à utilização em paredes exteriores.

A norma ISO 13006 [3] não fixa exigências para o coeficiente de dilatação térmica linear de ladrilhos pelo que as exigências deverão ser fixadas por parte dos clientes ou dos projectistas em função das condições particulares de utilização. Neste caso, dado que o coeficiente de dilatação térmica linear das plaquetas cerâmicas está de acordo com os valores habitualmente encontrados nos produtos cerâmicos e os mesmos não serão sujeitos a amplitudes térmicas elevadas considerou-se que eles possuem características de dilatação térmica adequadas à utilização em fachadas.

Os ensaios de arrancamento mostram que as condições de aderência são bastante heterogéneas. A aderência é praticamente nula (nos locais onde o revestimento se destacou por toque e em C11), muito baixa nos locais onde se destacou durante as carotagens e aceitável a muito boa nos restantes locais. Refira-se que nos ensaios de adesão dos produtos de colagem com vista à sua homologação é exigido quer para aplicações normais, quer sob acção de temperatura, humidade, etc., um valor nunca inferior a 0.5 MPa.

Os resultados dos ensaios de arrancamento realizados sobre a monomassa mostram que esta apresenta tensões de aderência à parede de alvenaria superior ou igual a 0.3 MPa pelo que atendendo a [5] esta possui uma aderência ao suporte adequada. A resistência a tracção por flexão e compressão aos 28 dias apresentadas na tabela 1 mostram que esta possui boas características mecânicas para servir de suporte a um revestimento cerâmico.

As anomalias devem-se ainda a uma deficiente aplicação em obra. As roturas adesivas na interface plaqueta cerâmica / cimento-cola podem indiciar a utilização de um adesivo que já tinha ultrapassado o seu tempo máximo de abertura ou adesivo inadequado para o grau de porosidade do revestimento. As roturas adesivas na interface cimento-cola / suporte podem indiciar uma contaminação do suporte por produtos pulverulentos, suporte excessivamente quente ou seco no momento da aplicação ou adesivo inadequado para o seu grau de porosidade. O descolamento do revestimento da fachada pode dever-se

à molhagem do suporte devido a inexistência de juntas entre plaquetas e, eventualmente, pela acção de temperaturas, choque térmico e ciclos gelo-degelo.

5 Proposta de reparação das anomalias

Para a reparação das anomalias sugere-se a completa remoção das plaquetas cerâmicas dado não serem adequadas à utilização em paramentos exteriores de paredes [4]. As principais características do material cerâmico a aplicar são apresentadas na tabela 7 (para outras características tais como resistência química, ao desgaste, à formação de nódos, etc., consultar [4]).

Tabela 7: Principais características do revestimento cerâmico a aplicar.

Característica	Modo determinação	Requisito de desempenho
Absorção de água (A)	NP EN ISO 10545-3	$3\% \leq A < 6\%$
Dilatação com a humidade	NP EN ISO 10545-10	$\leq 0.1 \text{ mm / m}$
Resistência a flexão	NP EN ISO 10545-4	$\geq 35 \text{ MPa}$
Dureza superficial	NP EN 101	≥ 7

O sistema de revestimento a colocar deverá ser compatível com o seu suporte do ponto de vista mecânico (módulo de elasticidade e resistência à tracção), geométrico (planeza e regularidade superficial) e químico. O produto de colagem e o método de colagem deverão ser adequados não só à intensidade das acções previstas, mas também ao tipo de utilização do revestimento, às características do suporte e ao tipo de produto cerâmico. Aquando do seu assentamento, a superfície do suporte ou o tardo das peças cerâmicas deverão estar isentos de produtos que possam prejudicar a aderência tais como produtos pulverulentos ou gordurosos. Essas superfícies poderão, caso seja necessário, ser preparadas pela aplicação dum primário para favorecimento da aderência.

As juntas entre plaquetas deverão ser definidas em função das características de deformabilidade das plaquetas face as solicitações a que estarão sujeitos, em particular as de carácter higrotérmico, não se recomendando valores inferiores a 6 mm [6]. O produto de preenchimento das juntas deverá ser adequado e seleccionado em função da sua impermeabilidade, resistência à água, ao calor, aos ataques químicos, ao desenvolvimento de microrganismos, resiliência e compressibilidade. Os produtos de preenchimento das juntas deverão ser capazes de garantir uma boa aderência aos bordos dos ladrilhos. Atendendo a [6] poderá usar-se uma argamassa tradicional composta por 2 volumes de cimento para 1 de areia ou produtos industriais especiais para juntas.

As juntas de dilatação do suporte deverão ser integralmente respeitadas, isto é, não podem ser recobertas pelo revestimento nem terem a sua largura re-

duzida e devem ser capazes de absorverem os movimentos previstos. Deverão ser previstas juntas flexíveis de contorno em todas as fronteiras confinadas do revestimento. Para a redução do nível de tensões no revestimento deverão ser executadas juntas de fraccionamento que deverão definir painéis com área não superior a 36 m² [7]. As juntas de fraccionamento deverão atravessar toda a espessura do revestimento e o reboco e deverão ter uma espessura de pelo menos 6 mm. Essas juntas deverão ser preenchidas com mastique sobre fundo de junta ou, preferencialmente, com perfis prefabricados [7].

6 Conclusões

O descolamento dos ladrilhos cerâmicos deve-se a uma deficiente concepção e a uma deficiente aplicação em obra.

A deficiente concepção traduz-se na inadequada escolha dos ladrilhos cerâmicos para utilização em paramentos exteriores de paredes. A elevada heterogeneidade das condições aderência e as roturas adesivas na interface plaqueta cerâmica / cimento-cola e cimento-cola / suporte indiciam a existência de uma deficiente aplicação em obra. A inexistência de um material de preenchimento das juntas entre ladrilhos permite a molhagem do suporte prejudicando dessa forma a aderência.

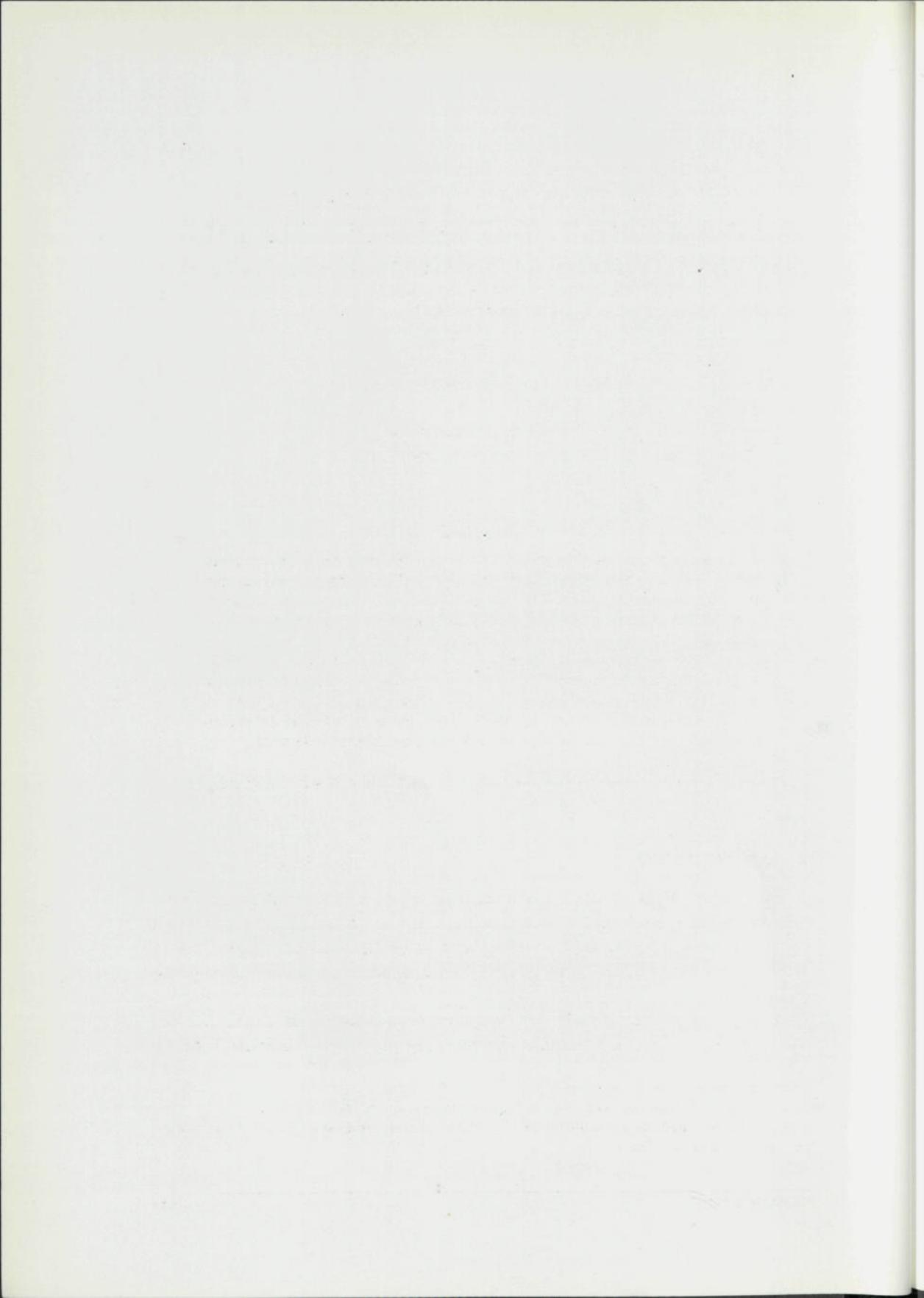
Para reparação das anomalias sugere-se a completa remoção das plaquetas cerâmicas e a utilização de um material com características apropriadas à utilização em paramentos exteriores de paredes. As juntas entre ladrilhos deverão ser preenchidas. Deverão ser executadas juntas de fraccionamento para a redução do nível de tensões no revestimento.

O produto de colagem a utilizar deverá ser adequado ao uso previsto, ao tipo de plaqueta, ao tipo de suporte e aplicado em rigoroso cumprimento das recomendações do Documento de Homologação.

7 Bibliografia

- [1] ISO 10545 - Part 8: *Ceramic tiles Determination of linear thermal expansion.*
- [2] ISO 10545 - Part 10: *Ceramic tiles: Determination of moisture expansion.*
- [3] ISO 13006. *Ceramic tiles -- Definitions, classification, characteristics and marking.*
- [4] Lucas, J. A. Carvalho. *Azulejos ou ladrilhos cerâmicos – Descrição geral, exigências normativas, classificação funcional.* ICT, Informação Técnica Materiais de Construção – ITMC 33, Lisboa: LNEC, 2003.
- [5] Lucas, J. A. Carvalho. *Exigências funcionais de revestimentos de paredes.* ICT, Informação Técnica Edifícios – ITE 25, Lisboa: LNEC, 1990.

- [6] APICER et al. *Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos*. Coimbra: Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, 2003.
- [7] Lucas, J. A. Carvalho. *Anomalias em revestimentos cerâmico colados*. ICT, Informação Técnica Materiais de Construção – ITMC 28, Lisboa: LNEC, 2001.
- [8] Lucas, J. A. Carvalho & Lucas, Miguel M. Mendes. *Revestimentos cerâmicos colados – descolamento*. ICT, Informação Técnica Patologia e Reabilitações das Construções – ITPRC 4, Lisboa: LNEC, 2005.



METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE CIMENTOS-COLA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERENTES A FACHADAS

Ana Vaz Sá*

Correio electrónico: vaz.sa@fe.up.pt

Vasco Peixoto de Freitas†

Correio electrónico: vpfreita@fe.up.pt

Resumo

O desempenho dos materiais, em particular dos cimentos-cola, é normalmente avaliado no momento da aplicação. O conhecimento das suas características no momento inicial é fundamental para a sua classificação e marcação CE. No entanto, sendo esta classificação imprescindível na selecção do material que melhor se adequa à utilização pretendida, não nos traduz o seu desempenho ao longo do tempo. Faltam-nos métodos objectivos, capazes de avaliar o desempenho de componentes e/ou materiais de construção ao longo da sua vida útil. Neste estudo avaliou-se a durabilidade do cimento-cola em função do decréscimo do seu desempenho relativamente à tensão de aderência ao longo de diversos ciclos de envelhecimento artificial acelerado.

Palavras-chave: Cimento-cola, durabilidade, fachada, revestimento cerâmico.

1 Introdução

Portugal foi o país europeu que, a partir do século XVI, mais utilizou o revestimento cerâmico em fachadas. Actualmente, este tipo de revestimento continua a ser amplamente utilizado, contribuindo para a valorização das edificações, por se esperar deles uma elevada durabilidade, vasta funcionalidade e bom desempenho estético.

Contudo, apesar do grande desenvolvimento da indústria da cerâmica e dos processos de colagem dos ladrilhos cerâmicos, os problemas relacionados com o

* Assistente Estagiário, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

† Professor Catedrático, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Laboratório de Física das Construções.

seu desprendimento são, ainda hoje, uma patologia grave e frequente (Figura 1), registada quer nos primeiros anos de utilização quer após longos períodos de desempenho adequado.

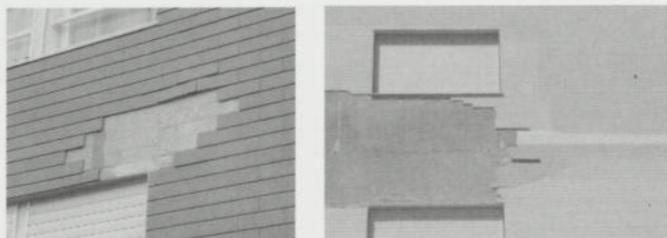


Figura 1: Descolamento e desprendimento de ladrilhos cerâmicos em fachadas.

Os sistemas de revestimento cerâmico aderentes ao suporte são compostos basicamente pelos ladrilhos cerâmicos, pelo produto de colagem e pelo produto de preenchimento das juntas entre ladrilhos. Estes materiais estão sujeitos a variações de temperatura, humidade relativa, radiação solar e precipitação, especialmente quando aplicados em fachadas. A resposta do sistema a estes agentes de degradação traduz-se no decréscimo de desempenho de determinadas características fundamentais.

Com o objectivo de avaliar a influência do envelhecimento no desempenho dos cimentos-cola efectuámos um conjunto de ensaios na câmara de envelhecimento acelerado disponível no Laboratório de Física das Construções (LFC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), em que se simulam as acções e condições climáticas mais relevantes: radiação, chuva, gelo/degelo e variação da temperatura e da humidade relativa.

Os valores limites de temperatura e humidade relativa foram estabelecidos de modo a ultrapassarem ligeiramente as condições climáticas mais adversas que uma parede exterior poderia experimentar em Portugal, estabelecendo-se, assim, condições extremas de dilatação térmica e variação dimensional de carácter higrotérmico.

O número de ciclos a que os provetes estiveram sujeitos varia de 1 a 112 ciclos.

Paralelamente aos ensaios de envelhecimento artificial acelerado, realizou-se em laboratório, construiu-se uma estação de envelhecimento natural. Os ensaios *in situ*, de longa duração, são necessários para se estabelecer a correlação entre o número de ciclos de ensaio no interior da câmara de envelhecimento artificial acelerado e o tempo real de envelhecimento, permitindo assim, determinar o tempo de vida útil do sistema de revestimento cerâmico aderente.

2 Previsão da Vida Útil

2.1 Considerações gerais

A previsão do tempo de vida útil de um material ou componente pode basear-se, quer em modelos experimentais, quer em modelos físicos ou matemáticos. Na estimativa da vida útil devem ser considerados aqueles que melhor se adequam à natureza do produto e à sua utilização prevista.

A EOTA[†], no documento guia GD-003, de Dezembro de 1999, sugere um método experimental assente numa metodologia sequencial que pressupõe a comparação dos resultados obtidos em ensaios de curta duração – ensaios de envelhecimento acelerado, com os resultados de ensaios de longa duração – ensaios de envelhecimento natural ou ensaios sobre sistemas e componentes já existentes ou anteriormente estudados.

2.2 Diferentes fases do método

O método seguido para a avaliação da durabilidade de cimentos-cola no revestimento cerâmico aderente a fachadas engloba, basicamente, as seguintes fases:

Definição — Definir as exigências do produto ou material de construção, ou seja, identificar as características que mais condicionam o seu desempenho e os respectivos níveis de exigência a satisfazer;

Preparação — Identificação dos factores e mecanismos de degradação;

Pré-Teste — Ensaios de curta duração em condições extremas, para testar a adequação das condições de exposição em estudo;

Teste — Avaliar o desempenho do produto após ensaios de envelhecimento artificial acelerado e após ensaios de envelhecimento natural;

Discussão e interpretação — Relacionar os resultados de ambos os ensaios (envelhecimento acelerado e natural);

Previsão da vida útil — Estabelecer modelos de previsão da vida útil.

[†] EOTA – *European Organisation for Technical Approvals.*

3 Estudo experimental

3.1 Considerações gerais

O estudo experimental desenvolvido insere-se na fase de "Teste" do método de avaliação da durabilidade anteriormente descrito. Nas fases anteriores estabeleceu-se o seguinte:

Definição do Problema — O *Requisito Essencial*[§] estabelecido nesta fase foi a durabilidade ou vida útil física do sistema de revestimento cerâmico aderente e o *Critério*^{**} seleccionado para a sua caracterização foi a quantificação do valor da aderência do sistema ao suporte, ou seja, a determinação da resistência à tracção do cimento-cola enquanto componente do sistema responsável pela adesão ao suporte. O *Valor Crítico*^{††} fixado foi de 0,3 MPa.

Preparação — Apenas se consideraram, por limitações próprias dos ensaios realizados em laboratório, os factores de degradação de carácter higro-térmico, como a variação da temperatura; a variação da humidade relativa; a radiação solar e a chuva.

Pré-Teste — A legitimidade dos mecanismos de degradação identificados e dos ciclos de envelhecimento artificial acelerado criados foi estabelecida pela adaptação de estudos experimentais realizados sobre materiais ou sistemas de construção distintos do estudado e pelas conclusões retiradas em diversos estudos teóricos e de modelação do comportamento do sistema de revestimento cerâmico aderente.

3.2 Características dos materiais

Os Cimentos-cola utilizados neste estudo são das classes C2 e C2S^{‡‡}, as únicas aconselhadas para aplicações em fachadas. As características fundamentais dos cimentos-cola utilizados nas experiências desenvolvidas são as apresentadas na Tabela 1.

[§] *Requisito Essencial* — Características fundamentais dos materiais ou componentes da construção que condicionam o seu desempenho.

^{**} *Critério* — Parâmetros utilizados na qualificação dos *Requisitos*.

^{††} *Valor Crítico* — Valores limites de referência atribuídos aos *Crítérios*.

^{‡‡} C2 e C2S — Classes de cimentos-cola de acordo com o *Cahier 3266 du CSTB* [7].

Tabela 1: Características dos cimentos-cola utilizados.

Características	C2	C2S
Aderência após 3 dias [MPa]	1,0	-
Aderência após 28 dias [MPa]	1,5	2,0
Aderência após acção do calor [MPa]	1,0	1,5
Aderência após imersão em água [MPa]	0,5	1,0
Aderência após ciclos de gelo-degelo [MPa]	-	1,0

No estudo experimental realizado utilizaram-se 3 tipos distintos de ladrilhos cerâmicos correntemente usados em Portugal no revestimento exterior de fachadas. Estes ladrilhos apresentam coeficientes de absorção muito diferentes e foram aqui designados por L0, L1 e L2. As suas principais características estão sintetizadas nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Características dimensionais dos ladrilhos cerâmicos.

Designação	Grupo ^{§§}	Comprimento × Largura [mm ²]	Espessura [mm]
L0	Bla	50 × 50	5
L1	AI	50 × 50	5
L2	BIIa	50 × 50	10

Tabela 3: Características físicas dos ladrilhos cerâmicos.

Designação	Grupo	Absorção de água [%]	Resistência à flexão [MPa]	Dureza superficial [Mohs]	Dilatação térmica linear [K ⁻¹]
L0	Bla	0,02	≥ 27	≥ 6	≤ 9 × 10 ⁻⁶
L1	AI	2,74	≥ 27	≥ 5	≤ 9 × 10 ⁻⁶
L2	BIIa	5,00	≥ 18	≥ 6	≤ 12 × 10 ⁻⁶

3.3 Modelo físico

3.3.1 Provetes utilizados nos ensaios laboratoriais

Na realização dos ensaios de envelhecimento artificial acelerado, em laboratório, foram utilizados 35 provetes. O conjunto formado por uma placa de betão com 40 mm de espessura, por uma camada de cimento-cola, da classe C2 ou C2S, e por 3 ladrilhos cerâmicos, do tipo L0, L1 ou L2, constitui o provete de ensaio (Figura 2).

^{§§} Grupo – Designação do grupo de ladrilho cerâmico de acordo com a Norma Europeia EN 14441 [8].

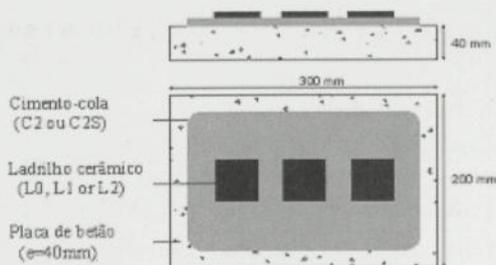


Figura 2: Representação esquemática do provete de ensaio.

Na tabela seguinte, Tabela 4, estão identificados e caracterizados os provetes concebidos para a realização do estudo proposto.

Tabela 4: Designação dos provetes de ensaio.

Provede de Ensaio		Cimento-Cola	
		C2	C2S
Ladrilho Cerâmico	L0	PE0	-
	L1	PE1	PE2
	L2	PE3	PE4

Foram preparados, para a realização dos ensaios laboratoriais, sete provetes de cada tipo: PE0, PE1, PE2, PE3 e PE4.

3.3.2 Estação de envelhecimento natural

A estação de envelhecimento natural (Figura 3), construída em conjunto com a empresa fabricante dos cimentos-cola em Junho de 2004, é constituída por uma parede de betão com cerca de 20 cm de espessura, 2 m de altura e com a geometria representada no alçado da figura 3.

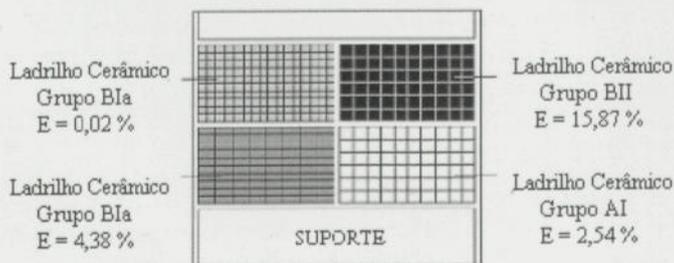


Figura 3: Representação esquemática – Alçado da estação de envelhecimento natural.

3.4 Ensaios de envelhecimento artificial acelerado

3.4.1 Enquadramento normativo

Das normas e documentos técnicos que regulam os procedimentos de ensaio de envelhecimento artificial acelerado evidenciam-se as seguintes: ISO 15686, ISO 4892, DS 1127, ASTM D4798, ASTM E 632, ASTM G 26, ASTM C481, EOTA *Guidance Document* GD 003 e EOTA *Technical Report* TR 010.

3.4.2 Câmara de envelhecimento artificial acelerado

O Laboratório de Física das Construções (LFC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) dispõe, para a realização de ensaios de envelhecimento acelerado, de uma câmara programável *Fitoclíma 600 EDTU*. Este equipamento funciona para as seguintes condições:

- Temperatura: entre -25 °C e $75\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$;
- Humidade relativa: entre 30 % e 99 % $\pm 3\%$;
- Radiação: entre 0 W e 1639,99 W (lâmpada de Xénon 6000 W);
- Pulverização: entre 0 l/min e 8 l/min;
- Rotação: entre 0 rpm e 10 rpm.

3.4.3 Programa de ensaio

A duração total de um ciclo de envelhecimento completo é de 12 horas (720 minutos), e compreende os seguintes passos:

Passo 1: Início — Este primeiro passo tem a duração de 1 minuto e serve apenas para iniciar o ciclo de ensaios. Os valores da temperatura e humidade relativa programados são os requeridos no passo seguinte, 20 °C e 95 %, respectivamente.

Passo 2: Chuva — Neste passo os provetes são pulverizados com água a 20 °C. A temperatura no interior da câmara é de 20 °C e a humidade relativa superior a 95 %. A duração deste passo é de 139 minutos.

Passo 3: Transição (Chuva/Congelamento) — Ao longo dos 30 minutos de duração deste passo as condições de humidade e temperatura no interior da câmara vão-se ajustando aos valores definidos no passo seguinte. Assim, em 30 minutos a temperatura desce dos 20 °C para os -10 °C e a humidade relativa de 95 % para 60 %.

Passo 4: Congelamento — Os provetes ficam sujeitos a uma temperatura ambiente de -10 °C e a uma humidade relativa de 60 % durante 140 minutos.

Passo 5: Transição (Congelamento/Temperatura e H.R. elevadas) — Ao longo de 60 minutos correspondentes à duração deste passo as condi-

ções de humidade relativa e temperatura no interior da câmara vão-se ajustando aos valores definidos no passo seguinte.

Passo 6: Temperatura e Humidade Relativa elevadas — Durante 180 minutos a temperatura é mantida constante a 50 °C e a humidade relativa acima dos 95 %.

Passo 7: Transição (Temperatura e H.R. elevadas/Radiação) — Ao longo de 20 minutos correspondentes à duração deste passo as condições de humidade relativa e temperatura no interior da câmara vão-se ajustando aos valores definidos no passo seguinte.

Passo 8: Radiação — Este passo tem a duração de 140 minutos. Os provetes recebem a radiação da lâmpada de Xénon ao longo de toda a duração do passo. Durante este período a temperatura do ar mantém-se elevada, 30 °C, e a humidade relativa baixa, 30 %.

Passo 9: Transição (Radiação/Início) — Ao longo de 10 minutos correspondentes à duração deste passo as condições de humidade relativa e temperatura no interior da câmara vão-se ajustando aos valores definidos no primeiro passo.

Cada provete (PE0, PE1, PE2, PE3 e PE4) foi submetido a um diferente número de ciclos de ensaio, entre 1 e 112. O tempo máximo de manutenção dos provetes no interior da câmara de envelhecimento foi de 2 meses. Após o período de acondicionamento nas condições descritas os provetes foram submetidos a ensaios de arrancamento por tracção. Foram testados 105 ladrilhos cerâmicos.

3.5 Ensaios de arrancamento por tracção

A característica avaliada neste estudo, que afecta o desempenho do revestimento cerâmico aderente, foi a aderência dos cimentos-cola. Para avaliar o decréscimo desta propriedade realizaram-se ensaios de arrancamento por tracção sobre os diferentes tipos de provetes concebidos. Os ensaios de arrancamento por tracção foram realizados de acordo com a Norma Europeia EN 1348 (CEN, 1997).

4 Resultados

4.1 Registos

Nos ensaios de arrancamento por tracção realizados sobre os provetes do tipo PE0, observou-se, essencialmente, a rotura adesiva na interface entre o ladrilho cerâmico e o cimento-cola.

Nos restantes ensaios, o tipo de rotura observado foi a rotura coesiva, fundamentalmente no seio do cimento-cola. Contudo, nos ensaios realizados sobre os provetes com cimento-cola da classe C2S, após 1 ciclo de envelhecimento, observou-se a rotura coesiva no seio do suporte, tendo-se registado apenas um caso onde a rotura coesiva se deu no seio do ladrilho cerâmico.

O gráfico representado na Figura 4 mostra a variação da tensão de aderência ao longo dos vários ciclos de ensaio a que foram submetidos os provetes PE0, PE1 e PE3 (a classe dos cimentos-cola utilizados é C2). Os resultados obtidos revelam os seguintes aspectos essenciais:

- Após 112 ciclos de envelhecimento artificial acelerado (2 meses de ensaio) obteve-se cerca de 30 % do valor inicial da tensão de aderência;
- Independentemente do tipo de ladrilho aplicado, 140 ciclos serão suficientes para atingir o valor crítico fixado (0,3 MPa) e assim obter o fim da vida útil do sistema de revestimento;
- O tipo de rotura observado foi fortemente influenciado pelo ladrilho utilizado. Assim, a rotura observada nos provetes do tipo PE0, formados por ladrilhos cerâmicos com coeficiente de absorção $E = 0,02 \%$, foi do tipo adesiva. No entanto, a rotura observada nos restantes provetes, PE1 e PE3, formados por ladrilhos cerâmicos com coeficiente de absorção $E > 0,5 \%$, foi do tipo coesiva no seio do cimento-cola.

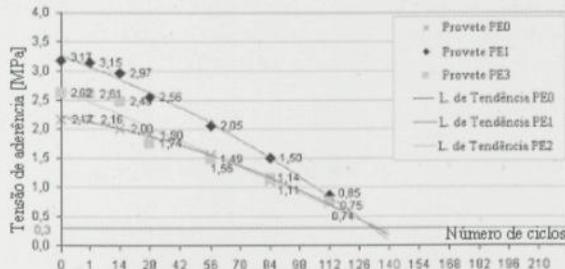


Figura 4: Previsão do termo de vida útil do cimento-cola C2 – Ensaios E0, E1 e E3.

O gráfico representado na Figura 5 mostra a variação da tensão de aderência ao longo dos vários ciclos de ensaio a que foram submetidos os provetes PE2 e PE4 (a classe dos cimentos-cola utilizada é C2S). Os resultados obtidos revelam os seguintes aspectos essenciais:

- Após 112 ciclos de envelhecimento artificial acelerado (2 meses de ensaio) obteve-se mos cerca de 50 % do valor inicial da tensão de aderência;

- Independentemente do tipo de ladrilho aplicado, 210 ciclos serão suficientes para atingir o valor crítico fixado (0,3 MPa) e assim obter o fim da vida útil do sistema de revestimento;
- Os valores da tensão para $n = 1$ ciclos de envelhecimento são da mesma ordem de grandeza dos valores apresentados para $n = 14$ ciclos de envelhecimento. Isto pode ser explicado pelo facto de se ter observado, no primeiro caso, uma rotura do tipo coesiva no interior do suporte, enquanto que nas restantes situações o tipo de rotura observado foi do tipo coesiva no interior do cimento-cola. Ora, a rotura coesiva no seio do cimento-cola representa a sua resistência à tracção, no entanto, a rotura coesiva no seio do suporte apenas nos indica que a resistência à tracção do cimento-cola é superior ao valor registado para a resistência à tracção do suporte. Assim, o primeiro resultado obtido representa a resistência à tracção do suporte, podendo a resistência do cimento-cola ser bastante superior.

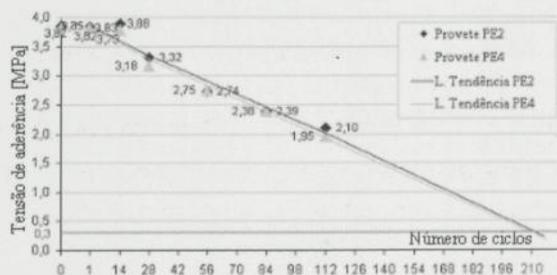


Figura 5: Previsão do termo de vida útil do cimento-cola C2S – Ensaios E2 e E4.

4.2 Correlação entre os ensaios de envelhecimento natural e artificial

Com a realização dos dois tipos de ensaios, *in situ* e em laboratório, a fase de Teste do método de avaliação seguido fica completa, podendo estabelecer-se o modelo de previsão do tempo de vida útil para este tipo de produtos da construção.

Torna-se imperativo realizar ensaios na estação de envelhecimento natural ao longo de períodos de tempo definidos (de 6 em 6 meses, por exemplo), de modo a conseguir estabelecer a relação entre os ensaios de curta duração e os ensaios de longa duração.

A correlação entre o número de ciclos de envelhecimento artificial e o tempo real de envelhecimento natural poderá ser obtida de acordo com o representado na Figura 6.

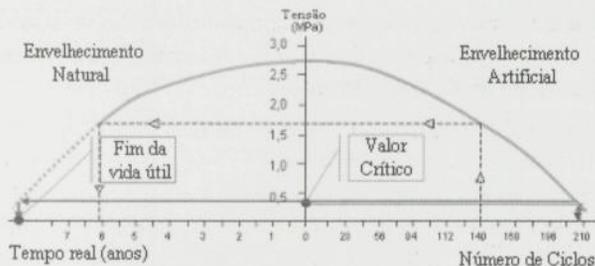


Figura 6: Correlação entre o número de ciclos de ensaio e o tempo real de envelhecimento.

5 Conclusões

As principais conclusões do estudo experimental desenvolvido são as seguintes:

- A marcação CE é uma ferramenta importante na selecção dos materiais.
- Foi feito um estudo experimental relevante para a previsão da vida útil.
- Os resultados obtidos mostram um importante decréscimo da aderência após 112 ciclos de envelhecimento:
 - Cimentos-cola da classe C2: $\Delta\sigma_a \approx 70\%$;
 - Cimentos-cola da classe C2S: $\Delta\sigma_a \approx 50\%$.
- Para o Valor Crítico fixado de $\sigma_a = 0,3$ MPa prevê-se o termo da vida útil ao fim de:
 - 140 Ciclos para cimentos-cola da classe C2;
 - 210 Ciclos para cimentos-cola da classe C2S.
- A realização de ensaios de curta duração (em laboratório) e de longa duração (*in situ*) permite definir o modelo de previsão da vida útil dos cimentos-cola.
- No que se refere à adesão é possível quantificar a Durabilidade dos cimentos-cola.

6 Bibliografia

- [1] Freitas, Vasco Peixoto de; Sousa, Augusto Vaz Serra & Silva, J. A. Raimundo Mendes da. *Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos*. Coimbra, 2003.

- [2] Freitas, Vasco Peixoto de. *Importância da Marcação CE na Seleção Exigencial de Cimentos-Cola* – Seminário Normas Harmonizadas e Marcação dos Produtos de Construção, FEUP, Porto, 2004.
- [3] Sá, Ana Vaz. *Durabilidade de cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas*, Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios. Porto, FEUP, 2005.
- [4] Daniotti, Bruno; Iacono, Paolo. *Evaluating the Service Life of External Walls: a Comparison between Long-Term and Short-Term Exposure*. International Conference on Durability of Building Materials and Components 10 DBMC, Lyon, France, April 17-20, 2005, pp. 67.
- [5] Uemoto, K. L.; Ikematsu, P.; Agopyan, V.. *Comparative Evaluation Between accelerated and Outdoor Ageing of Brazilian Paints – Part one*. International Conference on Durability of Building Materials and Components 10 DBMC, Lyon, France, April 17-20, 2005, pp. 57.
- [6] Lucas, José A. Carvalho. *Anomalias em revestimentos cerâmicos colados*, ICT – ITMC 28. Lisboa, LNEC, 2001.
- [7] *Cahier 3266 du CSTB – Revêtements de Murs Extérieurs en Carreaux Céramiques ou Analogues Collés au Moyen de Mortiers-Colles – Cahier des Prescriptions Techniques d'Exécution*. CSTB, 2000.
- [8] EN 14441 – *Ceramic tiles – Definitions, classification, characteristics and marketing*, 2003.

ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE HAN PRODUCIDO EL DESPRENDIMIENTO GENERALIZADO DE AZULEJOS EN UN HOTEL DE RECIENTE CONSTRUCCIÓN Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Antoni Paricio Casademunt*

Correo-electrónico: antoni.paricio@upc.edu

Resumen

La presente comunicación, expone la problemática surgida a causa del desprendimiento generalizado de azulejos en un edificio público. Tradicionalmente y también contemporáneamente, se revisten las diferentes estancias relacionadas con la higiene o sanidad con azulejos. Estos, constituyen desde muy antiguamente una forma de revestir asociado a la pulcritud. Para ello se constata que del repertorio de espacios que fragmentan los edificios, baños, cocinas, lavaderos, etc. son todos ellos revestidos con azulejos.

El caso que nos ocupa presenta la problemática surgida del desprendimiento generalizado de azulejos en un hotel de reciente construcción (2000). Desde las fechas posteriores a su inauguración, sistemáticamente se producen desprendimientos y estos no respondían a una causa o a una lógica comprobada sino que la dispersión de lugares y espacios neutralizaba cualquier hipótesis inicial.

Del análisis de las estancias revestidas, de los materiales de construcción analizados y de todo el historial de la obra, se ha precedido a la realización de un diagnóstico de las causas más probables que sistemáticamente causan los desprendimientos. Posteriormente se plantean las posibles soluciones a aplicar.

La última fase es decir, el proceso de intervención aún no se ha materializado debido a las discrepancias económicas entre la propiedad, las empresas constructoras y los técnicos directores del proyecto y de la ejecución.

Palabra clave: Revestimientos, Azulejos, Patología, Diagnósis.

1 Introducción

La presente comunicación se enmarca en el convenio de colaboración suscrito entre Universidad y empresa. A partir de la problemática expuesta anteriormente, surgió el encargo de la diagnosis y de las causas probables de la

* Doctor Arquitecto UPC.

patología descrita. Este encargo y todo el proceso de análisis y diagnóstico supuso un trabajo de varias semanas, lo cual significó un "antes y después" en el litigio existente.

Hay que mencionar que todo el proceso de diagnosis y ensayos se materializó en pleno funcionamiento del establecimiento con programaciones de trabajos que incluían noches o días festivos para aprovechar espacios de tiempo para no interrumpir el cumplimiento de las tareas habituales.

También hay que mencionar que debido a la gravedad del problema existen informes y contrainformes diversos encargados por las diferentes partes en litigio. Es por ello que se obvia la situación del edificio, las fotografías exteriores y las "marcas" de los materiales.

2 Características físicas y técnicas del edificio

El complejo hotelero es de planta rectangular y tiene una superficie construida de poco más de 40 000 metros cuadrados. Las diferentes alturas existentes (7) se adaptan al desnivel del solar y es por este motivo que cada una de ellas tiene una superficie diferente.

La estructura vertical es a base de pilares y muros de hormigón armado y la horizontal es de forjados bidireccionales con casetones recuperables. Las fachadas son de paneles prefabricados de hormigón y las cubiertas son planas ajardinadas.

Por lo que hace referencia a la patología que hay que diagnosticar, se menciona que los revestimientos interiores de azulejos están situados en: baños de habitaciones, cocinas, pasillos, almacenes, frigoríficos, enfermería y escaleras constituyendo una superficie total revestida de algo más de 30 000 m².

3 Diagnósis

Debido a la gravedad y complejidad del problema a diagnosticar, se planificó el trabajo en diferentes actuaciones paralelas, para que al final del proceso, confluyan en una puesta en común. Las áreas de trabajo han constituido los siguientes apartados:

3.1 Trabajo de gabinete

3.1.1 Estudio y análisis del proyecto

En este apartado informativo se procedió al análisis exhaustivo de toda la documentación que contenía el proyecto, principalmente los Pliegos de Condiciones Generales y particulares. De ello se hizo la siguiente conclusión: Todos los materiales y procesos estaban correctamente definidos.

3.1.2 Estudio de la normativa

La normativa aplicable citada en el proyecto era la básica y correcta. Además, se establecían características de ensayos complementarios a las UNE según los criterios de la UEAtc.

3.1.3 Estudio y análisis de la “praxis” constructiva tradicional

En este apartado se analizó los procesos de colocación tradicional y habitual para compararlos posteriormente con los realizados en la obra.

3.1.4 Información a través de entrevistas

Dentro de la dificultad que representa obtener información de una obra terminada tres años antes, se procedió a entrevistar a encargados de obra y al personal de mantenimiento para averiguar los procesos de ejecución e intervención.

3.1.5 Análisis del Libro de Obras

Dentro del análisis documental, se creyó imprescindible el análisis del libro de obras como documento que puede aportar decisiones diferentes a las previstas en el proyecto de ejecución.

3.1.6 Análisis de “reformados” y “precios contradictorios”

Se trata de la otra documentación complementaria al proyecto de ejecución y que en algunos casos puede aportar información suficiente en caso de variaciones substanciales de las previsiones del proyecto.

3.2 Trabajo de campo

3.2.1 Visitas de inspección

Se realizaron diversas visitas de inspección para analizar “in situ” la problemática planteada. Para ello, se realizó un muestreo estadístico que caracterizara las diferentes situaciones de los revestimientos, estableciéndose 29 zonas representativas del conjunto. En todas estas zonas se analizaron los aspectos siguientes:

- Contacto entre azulejos;
- Juntas entre paños;
- Juntas de dilatación;
- Tipos de azulejos;
- Gruesos de mortero de agarre;
- Sistema de colocación;
- Superficie de material de colocación;

- Estimación de las condiciones ambientales en cada zona de colocación;
- Orientación geográfica de los paños;
- Presión efectuada durante la colocación;
- Relación del revestimiento con elementos estructurales.

De cada una de las 29 zonas analizadas se rellenaron unas fichas representativas con todos los datos deducidos.

3.2.2 Ensayos de arrancamiento

De cada una de las zonas analizadas se realizaron ensayos de arrancamiento para valorar la resistencia a tracción del revestimiento. Estos ensayos se efectuaron según la norma UNE 83.822 EX

3.2.3 Análisis de los materiales (azulejos y adhesivos)

Respecto a los materiales se realizaron las siguientes comprobaciones:

- Existencia o no de suciedad pegada a la parte posterior del azulejo debido al proceso de fabricación;
- Tipo de azulejos y su porosidad;
- Tipo de adhesivo, su referencia y su clasificación.

3.2.4 Análisis de los soportes

Características de los diferentes tipos de soporte base en que se adhiere el revestimiento.

3.3 Principales características deducidas de las normativas, de la praxis de "buena construcción" y del Pliego de Condiciones

Este resumen trata de reunir los criterios básicos de los procesos de colocación habituales los cuales "garantizan" la estabilidad de los revestimientos:

- Separación entre azulejos de 1 mm a 2 mm;
- Superficies "dilatables" $< 20 \text{ m}^2$;
- Distancia máxima entre juntas de dilatación $< 8 \text{ m}$;
- Espesor mínimo de las juntas de dilatación 6mm;
- Extensión del cemento cola en superficies menores a 2 m^2 ;
- Extensión del cemento cola con llana dentada de espesores entre 5 mm y 8 mm;
- Respeto a las juntas estructurales existentes;
- Resistencia mínima al arrancamiento $> 5 \text{ N/cm}^2$.

3.4 Principales características deducidas de los ensayos efectuados "in situ"

- De todos los ensayos realizados de arrancamiento, cabe considerar que en el 71,43 % su adherencia era nula, esto es, que los revestimientos se caían durante el proceso de ensayo (Figuras 1 y 2);
- Del resto de puntos que se pudieron ensayar el 50 % daban resultados inferiores a los recomendados por la UEAtc;
- Solo dos ensayos superaron los mínimos exigidos.



Figura 1: Despegue sistemático del revestimiento.



Figura 2: Ensayo de arrancamiento.

3.5 Principales características deducidas de los revestimientos analizados en las visitas de inspección y de las entrevistas realizadas

- Debido a la altura de los techos el revestimiento se realizaba en tres fases:
 - a) Una franja de 1,80 metros del suelo (altura máxima de trabajo sin andamio);
 - b) Una franja superior de aproximadamente 1 metro;
 - c) Una hilada inferior de regularización en el contacto con el pavimento.
- El revestimiento se colocaba igual y con los mismos materiales en los tres soportes diferentes: Hormigón, revoco o yeso laminado;
- El cemento cola estaba perfectamente adherido a los diferentes soportes;
- Todos los azulejos se despegaban “limpios” de cemento cola;
- No se respetaban juntas entre azulejos, es decir, las juntas se hicieron “a hueso”;
- No se fragmentaban paños dilatables;
- Se respetaban las juntas estructurales en la mayoría de casos excepto en una planta del edificio donde el revestimiento pasaba por encima y estaba agrietado;
- En muchas zonas no se observaba la presión del azulejo sobre el mortero;
- Debido a la cantidad de superficie revestida, los procesos se realizaron en diferentes estaciones climáticas, de febrero a septiembre;
- El revestimiento lo materializó una subcontrata de una subcontrata;
- Se observaron diferentes “abombamientos” llamados en el sector “efecto cabaña”, es decir, separación de azulejos del soporte sin caer. Estas separaciones siempre se producían en sentido horizontal y no vertical;
- En el 80% de casos analizados de desprendimiento, estos correspondían a un soporte de placas de yeso laminado;
- No había diferencias significativas respecto a la orientación geográfica de los paramentos;
- Había muchos paños de revestimiento “atrancados” entre el pavimento y el techo con la consiguiente transmisión de vibraciones;
- La mayoría de paños de revestimiento de escaleras en su arranque en las plantas bajas llegaban a dos plantas superiores sin juntas entre azulejos y “atrancadas” entre losas adsorbiendo así todas las vibraciones del uso.

3.6 Principales datos obtenidos de los materiales de revestimiento

- En la cara interior de adherencia de los azulejos, estos se encuentran mayoritariamente manchados del lubricante utilizado por el paso de los rulos en el proceso de fabricación;
- Los azulejos pertenecen al grupo III de “alta absorción”, esto es, que supero el 10 %;
- El cemento cola utilizado era el correcto para el tipo de porosidad de los azulejos y disponía de Documento de Idoneidad Técnica.

3.7 Conclusiones generales de la diagnosis

- Del análisis de la documentación del proyecto cabe deducir que en general estaba bien definido técnicamente por lo que hace deferencia a los revestimientos cerámicos;
- Las causas que ocasionan los desprendimientos hay que situarlas en la fase de ejecución;
- De la gran cantidad de errores detectados en el proceso de ejecución se consideró una nula fiabilidad del 100 % de revestimiento existente;
- La praxis constructiva deja bien claro las pautas que avalan la estabilidad de los revestimientos cerámicos;
- Hay una clara incompatibilidad entre el revestimiento de azulejos sin juntas y los diversos movimientos de los edificios debido a: variaciones de elasticidad y variaciones debidas a los cambios de humedad y de temperatura.

3.8 Conclusiones particulares de la diagnosis

- Existe una evidente falta de adherencia entre el cemento cola y los azulejos. Esta es debida a:
 - a) Deseccación del cemento cola extendido antes de fijar los azulejos. Ello es debido a las grandes superficies extendidas de cemento cola con relación al tiempo de utilización. (tiempo abierto);
 - b) Una porción pequeña pero difícil de precisar en % hay que atribuir-la a la suciedad de la cara interior de los azulejos que tienen como consecuencia una disminución de adherencia.
- El hecho de aplicar un mismo tipo de cemento cola a tres soportes de características diferentes no ha influido debido a que todos los desprendimientos existentes o producidos por los ensayos dejan los azulejos limpios y el cemento cola adherido al soporte.

3.9 Conclusión final

Las causas que provocan los desprendimientos de azulejos hay que atribuirlos a una combinación de aspectos simultáneos. Estos se pueden resumir en paramentos revestidos sin juntas que acumulan tensiones y transmiten vibraciones con adherencias por debajo de los parámetros mínimos admisibles. En definitiva, una acumulación mínima de tensiones en el paramento supera "la reserva" de adherencia existente i por tanto provoca el desprendimiento.

4 Propuestas de intervención

Las propuestas de intervención van encaminadas al análisis y valoración de las posibles actitudes, éstas, deberán estar avaladas por la bondad técnica de la propuesta y por la repercusión económica de la intervención.

Debido al litigio existente, a la repercusión que pueden tener los trabajos de intervención combinados con el uso constante del edificio y tal como se ha manifestado a la atribución de los costes económicos que aún no se han asignado, se propone actuar según las siguientes direcciones:

- a) Substituciones parciales a partir de una diagnosis pormenorizada de cada paramento, es decir, de un control al 100 % y no estadístico;
- b) Substitución total de los revestimientos dada la nula fiabilidad constatada por los ensayos precedentes y por las inspecciones realizadas;
- c) Garantizar la estabilidad del revestimiento existente mediante una malla de nylon fijada con resinas y volver a revestir con tableros de laminados plásticos. (formica, etc.).

En estos momentos se esta debatiendo y "negociando" las acciones a tomar en función de pactos de asunción de responsabilidades para no llegar a los tribunales.

5 Conclusión

En este caso se constata que ha fallado el control de ejecución en todo el proceso de revestimiento al obviarse las más elementales pautas de la praxis constructiva.

6 Bibliografía y normativa

- [1] ASCER. Guía de la Baldosa Cerámica. Valencia. Rotodomenech, S.L. 2003.
- [2] Cahier CSTB 1586.

- [3] NTE RPA (1973) (No recoge los criterios de alicatado sobre paramentos de yeso laminado).
- [4] Pröpster, H. Lesiones de solados y alicatados. Causas y reparación. Barcelona. CEAC 1983.
- [5] UEAtc (Unión Europea para la Idoneidad Técnica de la Construcción) Guía técnica UEAtc para la evaluación de colas para revestimientos cerámicos. IETCC Monografía n.º 403.
- [6] UNE - EN 12004 (Define las especificaciones de los adhesivos).
- [7] UNE - EN 13888 (Define las especificaciones del relleno de juntas).
- [8] UNE 83.822 EX (Ensayos de arrancamiento).
- [9] del Olmo, C. Nueva guía técnica UEAtc para la evaluación de las colas para revestimientos cerámicos (comentarios) Informes de la Construcción n.º 410, noviembre de 1990, págs. 59-64.



ANÁLISE DAS CAUSAS DAS ANOMALIAS MAIS FREQUENTES EM REVESTIMENTOS CE- RÂMICOS ADERENTES (RCA)

José Dinis Silvestre*

Correio electrónico: jsilvestre@lnec.pt

Jorge de Brito†

Correio electrónico: jb@civil.ist.utl.pt

Resumo

Na sequência de um trabalho de campo que consistiu em inspecções a 88 casos de Revestimentos Cerâmicos Aderentes (RCA) de pavimento e de parede, foram determinadas as anomalias que afectam com maior frequência este tipo de revestimento. Para cada uma das anomalias observadas, foi determinada, em cada caso, a relação existente (nula, directa ou indirecta) com as causas prováveis da sua ocorrência.

As anomalias foram divididas em sete grupos, em função dos constituintes do RCA afectados, e as causas em seis grupos, de acordo com o tipo de erro ou acção que as caracteriza.

O tratamento estatístico dos dados recolhidos é apresentado em gráficos que representam as frequências observadas das anomalias e das causas e as relações verificadas entre ambos os conjuntos na amostra.

O trabalho de campo realizado permitiu confirmar a importância da implementação de acções do tipo preventivo ao nível do projecto de RCA, incluindo a adequação plena dos materiais prescritos às respectivas utilizações. Esta metodologia permitirá eliminar, ou reduzir a frequência, de grande parte das anomalias observadas neste tipo de revestimentos, em aplicações em pavimentos ou em paredes, interiores ou exteriores.

Palavras-chave: Revestimento cerâmico, anomalia, inspecção, patologia, diagnóstico.

1 Introdução

As anomalias que afectam os Revestimentos Cerâmicos Aderentes (RCA), em paredes ou pavimentos, apresentam tipologias idênticas, dependendo a gravidade da situação patológica do tipo de exposição do revestimentos e da seve-

* Mestre em Construção pelo Instituto Superior Técnico. Bolseiro de Investigação no Núcleo de Tecnologia da Construção do Departamento de Edifícios do LNEC.

† Professor Associado com Agregação da Secção de Estruturas e Construção do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do IST.

ridade com que as acções o afectam. Partindo da inspecção a 88 casos de RCA, de parede e de pavimento, interiores e exteriores, foi possível identificar as anomalias típicas deste revestimento, bem como as causas mais frequentes da sua ocorrência. O resultado deste trabalho de campo, que constitui parte de uma Dissertação de Mestrado [1], é resumido no presente artigo.

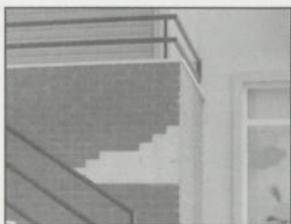
2 Classificação das anomalias em RCA

Utilizando bibliografia de referência e o resultado da inspecção a 88 casos de RCA, definiu-se os tipos de anomalias que afectam este tipo de revestimento, em aplicações em paredes e pavimentos [2]. A classificação de anomalias em RCA resultante é constituída por 4 grupos, três dos quais divididos em sub-grupos, resultando um total de 7 anomalias que se descrevem em seguida:

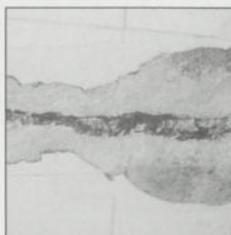
- **D** - descolamento com ou sem desprendimento dos ladrilhos cerâmicos; poderá verificar-se o empolamento de áreas do revestimento em que os ladrilhos sofrem descolamento, sem desprendimento imediato; o grupo subdivide-se em:
 - **D.l_a** - a anomalia abrange apenas a camada exterior do sistema de revestimento (os ladrilhos, suas juntas e camada de assentamento), em termos de consequências imediatamente observáveis (Figura 1);
 - **D.s** - a anomalia abrange todos os constituintes do **sistema de revestimento** cerâmico (Figura 2);
- **F** - fendilhação dos constituintes do sistema de revestimento cerâmico aderente indicados em cada caso; o grupo subdivide-se em:
 - **F.l_a** - a anomalia abrange apenas a camada exterior do sistema de revestimento (os **ladrilhos** e a respectiva **camada de assentamento**), em termos de consequências imediatamente observáveis (Figura 3);
 - **F.s** - a anomalia abrange todos os constituintes do **sistema de revestimento** cerâmico (Figura 4);
- **Dt** - deterioração limitada aos constituintes do sistema de revestimento cerâmico indicados, que afecta directamente o desempenho destes; o grupo subdivide-se em:
 - **Dt.l** - a anomalia afecta apenas os **ladrilhos** cerâmicos (Figura 5);
 - **Dt.j** - a anomalia afecta apenas as **juntas** do revestimento (Figura 6).
- **E.s** - anomalias apenas de ordem estética que afectam os constituintes do sistema de revestimento, não pondo em causa o seu desempenho (Figura 7).

3 Classificação das causas prováveis das anomalias

Para permitir um diagnóstico mais célere e menos subjectivo do inspector às situações patológicas verificadas em RCA, foram definidas e classificadas as causas prováveis para a ocorrência das anomalias apresentadas, tendo estas sido organizadas em termos cronológicos, como se apresenta na Tabela 1.



Anomalia **D.l_a** junto a um canto saliente do suporte



Anomalia **D.s**



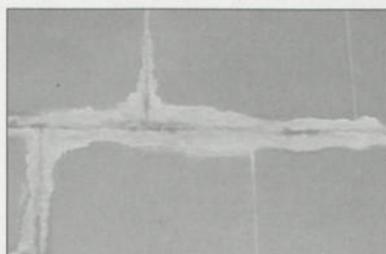
Anomalia **F.l_a**



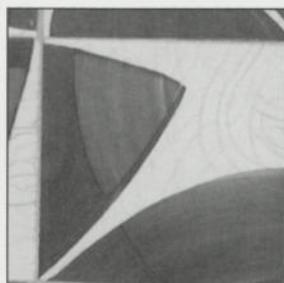
Anomalia **F.s**



Anomalia **Dt.l** numa situação em que ocorreu desgaste dos ladrilhos



Anomalia **Dt.j** correspondente à ocorrência de eflorescências nas juntas



Anomalia **E.s** representativa da fissuração do vidroado dos ladrilhos

Figuras 1 a 7: Exemplos das anomalias em RCA incluídas na classificação proposta [1]

Tabela 1: Classificação das causas de anomalias em RCA proposta [1]

C-A ERROS DE PROJECTO	C-D ACÇÕES AMBIENTAIS
C-B ERROS DE EXECUÇÃO	C-E FALHAS DE MANUTENÇÃO
C-C ACÇÕES DE ORIGEM MECÂNICA EXTERIOR AO RCA	C-F ALTERAÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIAIS

Em relação às causas do grupo **C-B - Erros de execução**, por exemplo, a fase de colocação dos ladrilhos é crucial no sentido de obter a durabilidade desejada do revestimento. A falha que corresponde ao não abatimento ou ao abatimento incorrecto dos cordões de cola (quando se utiliza um material de assentamento pré-doseado de fábrica) constitui uma causa frequente de ocorrência de anomalias, nomeadamente do descolamento e destacamento precoces do RCA de paredes (Figura 8) ou a fendilhação de RCA de pavimentos.

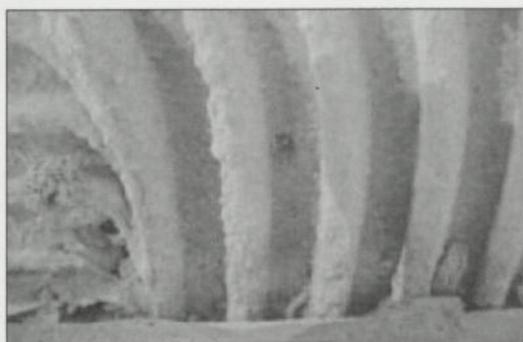


Figura 8: Descolamento de um ladrilho devido ao não abatimento dos cordões de cola [3]

O grupo de causas **C-D - Acções Ambientais**, por exemplo, pode incluir a acção isolada da humidade ambiente, quando apresenta um nível elevado no momento da aplicação dos RCA, que pode levar ao descolamento precoce do revestimento ou à ocorrência de eflorescências. Estas últimas, que sucedem à superfície do RCA, são devidas à humidificação dos sais solúveis presentes principalmente no material de assentamento ou no suporte (Figura 9).

As causas do grupo **C-D - Alteração das condições iniciais** têm origem, na maior parte das situações, em alterações de severidade, do tipo ou da intensidade, da utilização dos espaços ou elementos revestidos, como aquelas que ocorrem quando espaços habitacionais são transformados em espaços de uso colectivo, como escritórios. Esta alteração das cargas aplicadas sobre RCA pode verificar-se em pavimentos ou em paredes (Figura 10).

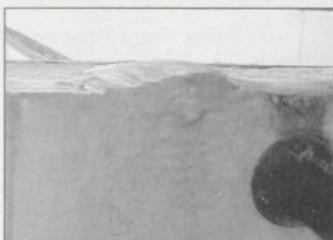


Figura 9: Formação de um "torrão" de sal num topo de um RCA na parede de de uma instalação sanitária [1]

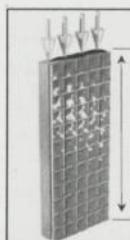


Figura 10: Esquema representativo da aplicação de cargas verticais excessivas em RCA de paredes [4]

4 Resultados do trabalho de campo

Através de um plano de inspecções efectuado a 88 casos de RCA com anomalias, com as características apresentadas na Tabela 2, foram verificadas as causas mais influentes no processo de deterioração destes revestimentos [1].

Tabela 2: Características dos RCA inspeccionados (média de idades de 31 anos)

	RCA inspeccionados		
	Pavimento		Parede
Interior	8 (9%)	11 (13%)	19 (22%)
Exterior	5 (6%)	64 (72%)	69 (78%)
	13 (15%)	75 (85%)	88 (100%)

Os 88 casos de RCA correspondem a 46 edifícios em Portugal Continental e na Ilha de S. Miguel, nos Açores, sendo que mais de 85% dos edifícios se localiza na região da Grande Lisboa. As inspecções incluíram apenas a análise visual dos RCA, não tendo sido realizado qualquer tipo de ensaio *in-situ* ou em laboratório. Foi identificado um total de 268 anomalias nos RCA inspeccionados, resultando assim uma média de 3 anomalias por RCA e ainda uma média de 4,5 causas prováveis de ocorrência assinaladas para cada anomalia.

4.1 Frequência observada das anomalias

Nas Figuras 11 e 12 podem-se observar as frequências absoluta e relativa, respectivamente, de ocorrência de cada anomalia na totalidade dos RCA. É visível que as anomalias **Dt.j - Deterioração das juntas** (80%) e **E.s - Anomalias estéticas** (63%) ocorrem em mais de metade dos RCA da amostra. Existem

ainda outras três anomalias com uma frequência de ocorrência superior a 30%, **D.I_a - Descolamento na camada exterior** (32%), **F.s - Fendilhação do sistema** (38%) e **Dt.I - Deterioração dos ladrilhos** (32%). Convém ainda destacar a frequência de ocorrência das anomalias **D.I_a** e **F.s**, as quais, ao apresentarem consequências bastante mais gravosas do que as restantes, indiciam uma situação patológica mais preocupante dos RCA onde foram observadas.

4.2 Frequência observada das causas

Analisando estatisticamente as causas associadas à ocorrência de cada anomalia na amostra, construíram-se gráficos de frequência relativa de ocorrência das mesmas, que permitem retirar algumas conclusões de interesse. Pode-se observar, na Figura 13, que as acções ambientais (**C-D** com 76%) e os erros de projecto (**C-A** com 62%) surgem como a tipologia de causas que mais contribui para a ocorrência de anomalias nos RCA inspeccionados. Como tal, será de todo o interesse divulgar de forma programada e incisiva a tecnologia e soluções de concepção de RCA entre todos os intervenientes no processo construtivo, de forma a permitir que os materiais utilizados sejam os adequados a cada utilização e a todo o tipo de acções a que podem ser submetidos.

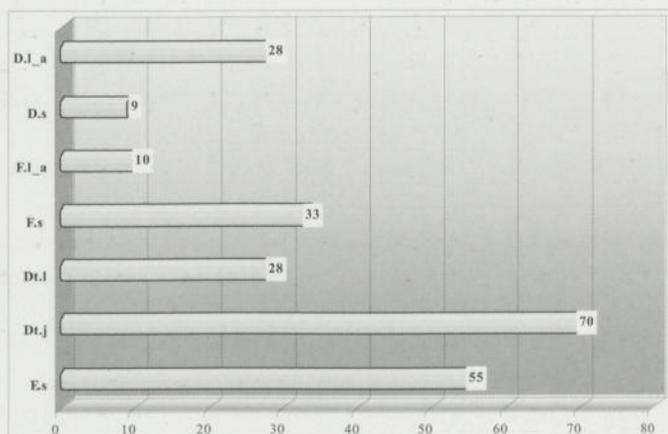


Figura 11: Frequência absoluta de ocorrência de cada tipo de anomalia entre os 268 identificados na totalidade dos 88 casos de RCA

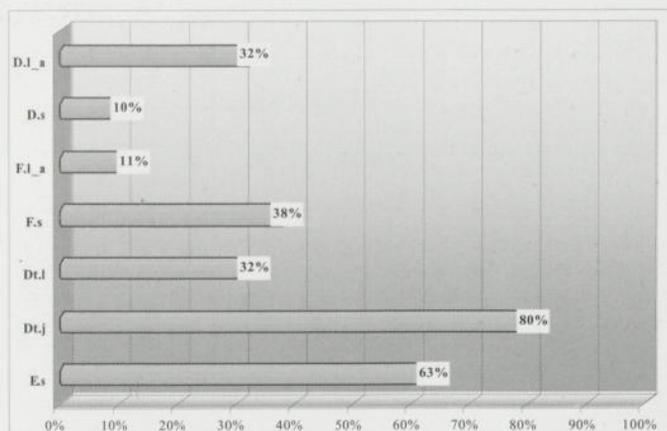


Figura 12: Frequência relativa de ocorrência de cada tipo de anomalia na totalidade dos 88 casos de RCA

Realça-se a reduzida frequência de ocorrência das causas ligadas a erros de execução (**C-B** com 42%), o que se explica pela dificuldade em obter informações sobre intervenções construtivas que já se realizaram há um ou mais anos.

A relação das causas com as anomalias identificadas foi ainda classificada em termos de grau de correlação, da seguinte forma [5]:

- 0 - sem relação** - não existe qualquer relação directa entre a anomalia e a causa;
- 1 - pequena relação** - causa indirecta (primeira) da anomalia relacionada com o despoletar do processo de deterioração; causa não necessária para o desenvolvimento do processo de deterioração, embora agrave os seus efeitos;
- 2 - grande relação** - causa directa (próxima) da anomalia, associada à fase final do processo de deterioração; quando a causa ocorre, constitui uma das razões principais do processo de deterioração e é indispensável ao seu desenvolvimento.

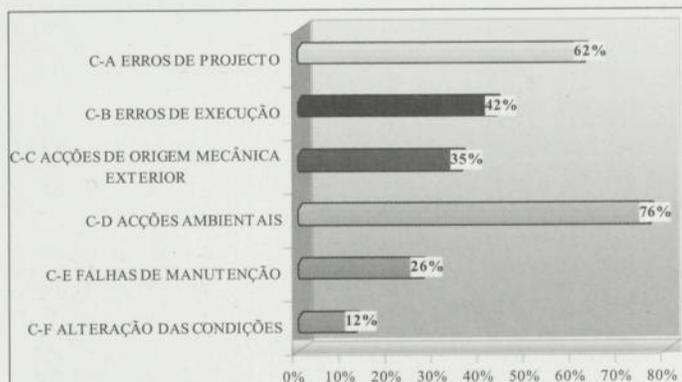


Figura 13: Contribuição de cada um dos grupos de causas para a ocorrência das anomalias

Assim, quando se efectuou o balanço da contribuição indirecta e directa de cada grupo de causas para a ocorrência das anomalias, apresentado nas Figuras 14 e 15, confirmou-se a contribuição indirecta maioritária das causas dos grupos **C-A - Erros de projecto** e **C-D - Acções ambientais** para a ocorrência das anomalias, sendo ambos os grupos associados a mais de metade das mesmas (55 e 62%, respectivamente), realçando a importância de actuar ao nível da concepção dos RCA no sentido de evitar grande parte das anomalias que se verificam. Em particular, é de assinalar a ausência de juntas de esquartelamento na maioria dos RCA exteriores inspeccionados, mesmo para áreas contínuas de revestimento de grande dimensão.

As **Acções ambientais (C-D)** contribuem ainda de forma directa para a ocorrência de quase metade (47%) das anomalias. As causas dos grupos **C-C - Acções de origem mecânica exterior** e **C-E - Falhas de manutenção** contribuem maioritariamente de forma directa para a ocorrência das anomalias, sendo associadas, respectivamente, a 29 e 17% do total de anomalias observadas, podendo-se concluir da necessidade de evitar usos não adequados dos RCA e de implementar estratégias de manutenção desde o início da sua vida útil. As anomalias são ainda provocadas, com contribuição indirecta e directa semelhante, por causas dos grupos **C-B - Erros de execução** (contribuição indirecta em 21% das anomalias e directa em 25%), e **C-F - Alteração das condições iniciais** (contribuição indirecta em 7% das anomalias e directa em 5%).

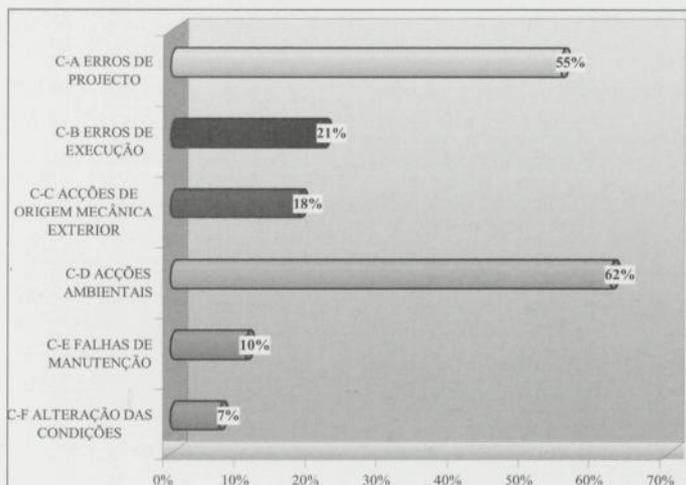


Figura 14: Contribuição indirecta de cada um dos grupos de causas para a ocorrência das anomalias

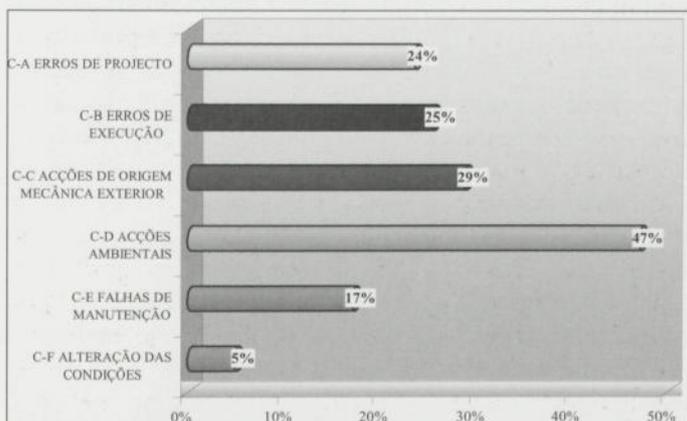


Figura 15: Contribuição directa dos grupos de causas para a ocorrência das anomalias

Na Figura 16, são apresentadas as frequências relativas das causas para os vários grupos de anomalias. Confirma-se a associação das anomalias do grupo **D - Descolamento** às acções ambientais em RCA de fachadas e da anomalia **F.l_a - Fendilhação na camada exterior do revestimento** às acções mecânicas, principalmente em pavimentos exteriores. Também as anomalias dos grupos **Dt.l - Deterioração dos ladrilhos**, **Dt.j - Deterioração das juntas** e **E.s - Anomalias estéticas** são, em mais de 70% dos casos, provocadas por estes

dois grupos de causas (acções ambientais e erros de projecto), revelando uma inadequação dos materiais utilizados ao ambiente e à utilização a que são expostos. As anomalias estéticas são ainda provocadas, em quase metade dos casos, por falhas de manutenção, destacando a preocupação que tem de existir com a conservação das juntas em bom estado e com a inspecção das mesmas antes de cada Inverno.

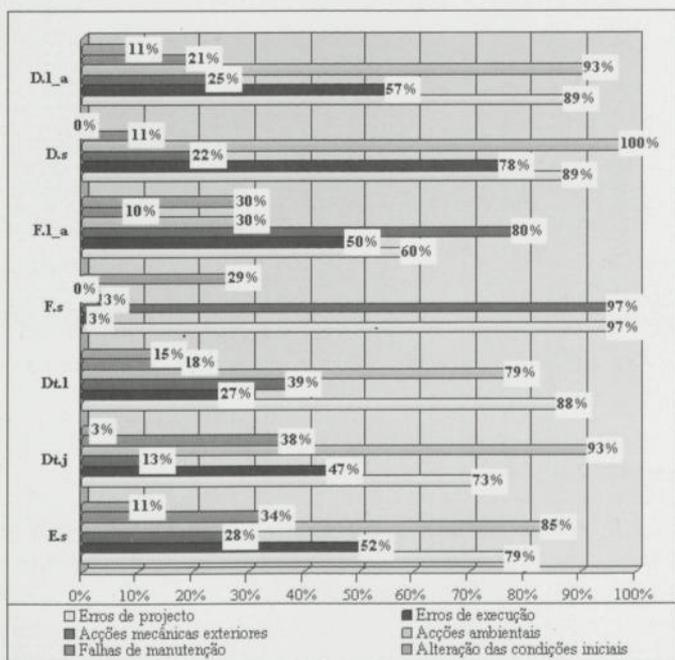


Figura 16: Contribuição das causas para a ocorrência de cada um dos grupos de anomalias

As anomalias do grupo **F.s - Fendilhação do sistema** resultam de erros de projecto ou de acções mecânicas exteriores em mais de 90% das situações, o que, tendo em conta que este grupo de anomalias ocorre sobretudo em fachadas, revela a falta de consideração na fase de projecto da deformabilidade das paredes onde é aplicado o RCA e da não aplicação de protecções adequadas nas zonas limites do revestimentos que o protejam de acções exteriores.

5 Conclusão

A classificação normalizada das anomalias que afectam os RCA, bem como das causas prováveis das mesmas, permite realizar estudos de diagnóstico das situações patológicas que afectam este tipo de revestimentos. Como exemplo da utilidade prática de um sistema classificativo deste tipo, é apresentado neste artigo o resultado da inspecção a 88 casos de RCA com anomalias, da qual se inferiram várias conclusões acerca da relação entre as anomalias e os grupos de causas tipificados.

Entre as conclusões referidas, é de destacar a frequência de ocorrência superior a 30% das anomalias **D.1_a - Descolamento na camada exterior** e **F.s - Fendilhação do sistema**, as quais apresentam consequências bastante gravosas para a degradação dos RCA. Em relação às causas que contribuem para a ocorrência das anomalias, a associação maioritária das acções ambientais e dos erros de projecto às anomalias observadas releva a importância da implementação de acções do tipo preventivo ao nível do projecto de RCA, de forma a eliminar, ou reduzir a frequência, de grande parte das anomalias observadas neste tipo de revestimentos, seja em aplicações em pavimentos ou em paredes, interiores ou exteriores.

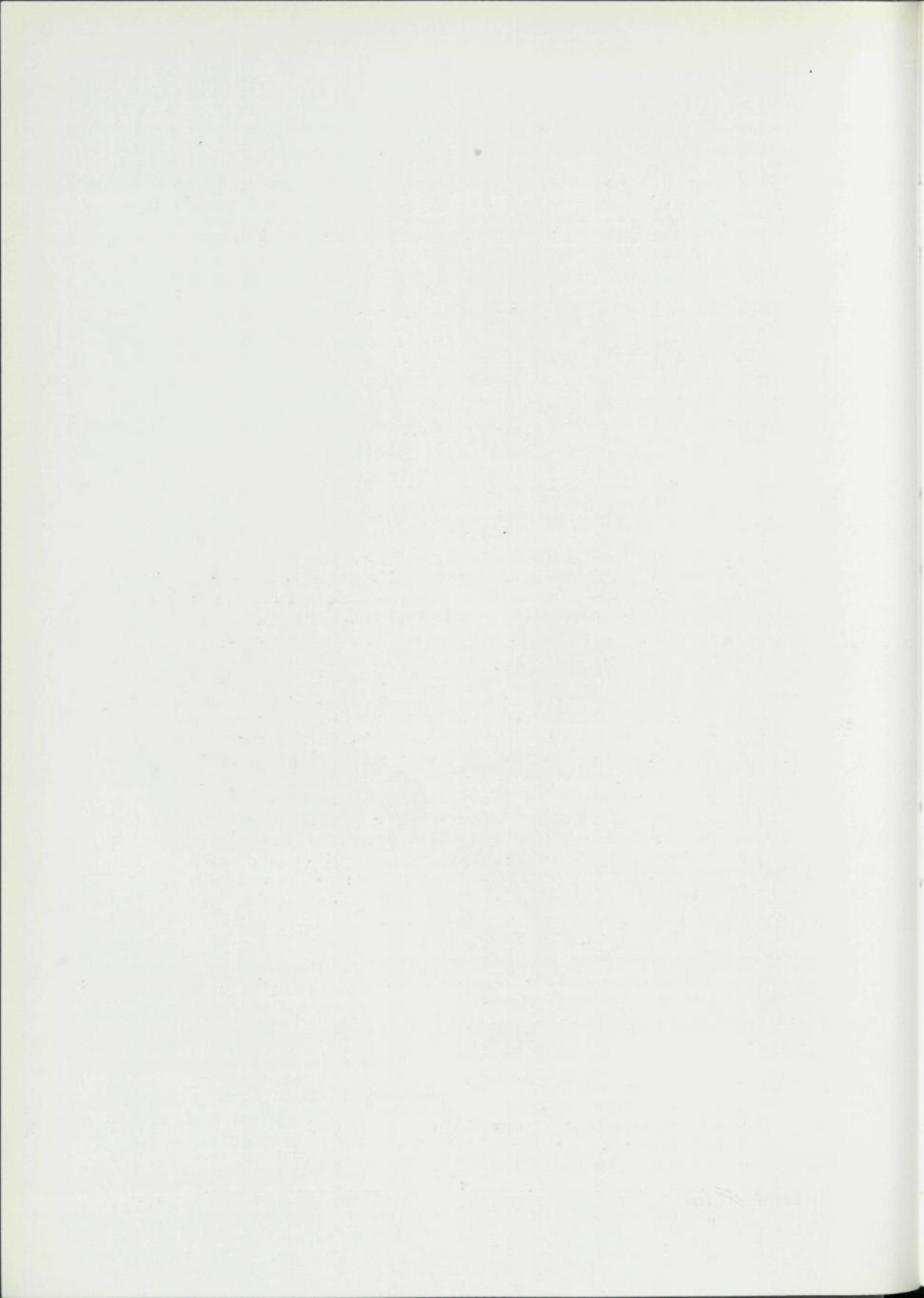
6 Bibliografia

- [1] Silvestre, J. D. *Sistema de apoio à inspecção e diagnóstico de anomalias em Revestimentos Cerâmicos Aderentes*. Dissertação de Mestrado em Construção no Instituto Superior Técnico, Lisboa, Setembro de 2005.
- [2] Silvestre, J. & Brito, J. de *Classificação de anomalias em sistemas de revestimentos cerâmicos aderentes*. Actas do Congresso "Construção 2004", Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Dezembro de 2004, 2º volume, pp. 879-884.
- [3] Correia, C. *Investigação de problemas de colagem de revestimentos cerâmicos e de pedra natural em fachadas*. Dissertação de Mestrado em m Minerais e Rochas Industriais no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, Aveiro, 2003.
- [4] Junginger, M. *Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis*. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Escola Politécnica da USP, São Paulo, Brasil, 2003.
- [5] Brito, J. de *Desenvolvimento de um sistema de gestão de obras de arte em betão*. Tese de Doutoramento em Eng. Civil no Instituto Superior Técnico, Lisboa, Outubro de 1992.





SESSÃO VII – PEDRAS



A DISSOLUÇÃO DE REVESTIMENTOS PÉTREOS APLICADOS NOS BORDOS DE PISCINAS

Pedro Vaz Paulo*
ppaulo@civil.ist.utl.pt

F. A. Branco†
fbranco@civil.ist.utl.pt

Clemente Fernandes‡
clemente.fernandes@soaresdacosta.pt

Resumo

A utilização de revestimentos pétreos implica que a sua prescrição seja rigorosa em função das propriedades do material, do local onde será aplicado e das condições a que o material estará sujeito de modo a garantir níveis de vida útil que sejam economicamente desejáveis e viáveis. Neste artigo são apresentados os resultados de ensaios realizados como consequência de uma inspeção técnica realizada em piscinas (exterior e interior), cujo revestimento do bordo (realizado em caleira finlandesa) foi executado com calcário "Moleanos" e apresentava um estado de degradação elevado (perda de massa). A análise da situação em causa apontava para que o material presente nos bordos das caleiras não tivesse características de durabilidade compatíveis com as condições a que estava submetido. Recomendava-se assim, que se fizessem ensaios de caracterização de degradação de pedra pelo que, várias amostras (36) de diferentes pedras e pedreiras (granito, mármore e calcário) ficaram sujeitas, na própria piscina, durante três meses ao desgaste, provocada por circulação de água, tendo sido avaliada a sua perda de massa (ensaio de dissolução em água). Foram também realizados, em laboratório, ensaios de absorção, massa específica e desgaste abrasivo superficial. Como conclusão, a análise das várias propriedades das amostras de pedras, discutidas no presente artigo, permitem concluir sobre a utilização deste tipo de pedras em bordos de piscinas com caleira finlandesa.

Palavras-chave: Materiais Pétreos, Durabilidade, Vida Útil e Inspeção.

* Assistente, Instituto Superior Técnico.

† Professor Catedrático, Instituto Superior Técnico.

‡ Director de Divisão, Soares da Costa S.A.

1 Introdução

Na presente comunicação apresentam-se os resultados de uma investigação realizada sobre a dissolução (perda de massa) dos revestimentos pétreos de piscinas (exterior e interior).

Estas piscinas possuem no seu perímetro exterior uma caleira finlandesa, que permite a recolha da água que circula sobre os bordos. A caleira está assim inserida entre dois bordos superficiais de pedra que constituem o contorno de todas as piscinas (Figura 1).

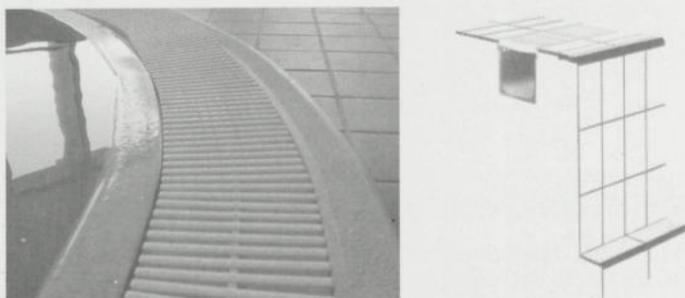


Figura 1: Pormenor da caleira finlandesa.

Os bordos das piscinas são constituídos por placas de pedra calcária (do tipo moleanos), com acabamento rugoso (“pico fino”), assentes com material cimentício. As caleiras periféricas apresentam um revestimento interior por pintura.

2 Anomalias nos Bordos das Caleiras

Foram verificadas as seguintes anomalias:

- **Alteração significativa do acabamento superficial inicialmente conferido às pedras, com acentuada perda de rugosidade.** As superfícies pétreas registam apenas ligeira rugosidade superficial, perceptível ao tacto, e encontram-se num processo de perda de massa. Este processo é perceptível pelo facto de água ficar turva quando se procede à agitação da água junto das superfícies pétreas (Figura 2).
- **Destacamento do material de junta.** Este processo de degradação da pedra está a ser responsável pelo destacamento e perda de material das juntas em algumas situações, assim como pelo sur-

gimento e desenvolvimento de cavidades, aparentemente por dissolução da pedra (Figura 3);



Figura 2: Processo de perda de massa das pedras.

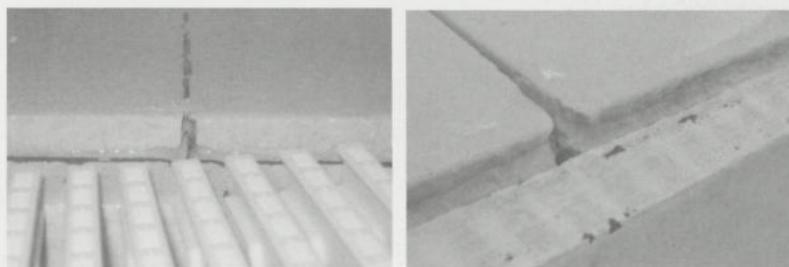


Figura 3: Perda de material das juntas das pedras.

A inspeção realizada indicia que os processos de degradação presentes nas placas de pedra das caleiras estão associados a fenómenos de dissolução das pedras pela água. Estes fenómenos registam uma velocidade mais rápida:

- No interior – onde a temperatura da água e do ambiente é mais elevada;
- Na presença de agitação/circulação da água;

A agitação e a circulação da água (por exemplo, em algumas das placas localizadas na piscina exterior das crianças), a presença de temperaturas elevadas (da piscina interiores) e de alguma acidez nas águas (em particular na piscina interior) constituem-se como os principais responsáveis pelo desencadeamento, relativamente rápido, dos processos de dissolução das pedras calcárias presentes.

3 Ensaios Realizados

Para a adequada avaliação da influência da temperatura e da velocidade de circulação da água na degradação das pedras em causa foram realizados ensaios especificamente para o efeito. Nestes ensaios procedeu-se ao estudo da evolução da perda de massa de provetes de pedra quando submetidos à água da piscina.

Na campanha de ensaios adiante descrita foram utilizados provetes de quatro tipos de pedras. Os provetes tiveram as seguintes origens:

- **Moleanos Aplicado** – pedra aplicada nas piscinas (amostra retirada da piscina exterior das crianças);
- **Moleanos de Sobra Exterior** – pedra idêntica à anterior, mas resultante de uma sobra da piscina exterior (pedra que nunca foi aplicada);
- **Ataíja** – pedra esteticamente semelhante, mas considerada mais dura do que a aplicada;
- **Moleanos Claro** – pedra esteticamente semelhante, mas considerada mais mole do que a aplicada.

Os provetes tinham a forma paralelepípedica, com duas faces com cerca de 5 cm × 10 cm, e em que uma destas faces se apresentava bujardada com um acabamento semelhante ao presente nas placas de pedra aplicadas nas bordaduras das piscinas.

3.1 Ensaios Realizados no Laboratório

3.1.1 Absorção de Água

A capacidade de absorção de água é um parâmetro que está associado à porosidade dos materiais e foi avaliado através do teor em água de absorção às 48 horas (W_{48h}). Para a quantificação do W_{48h} , os provetes, após secagem em estufa (Figura 5), foram pesados de modo a avaliar a sua massa seca (M_1), ao que se seguiu a sua imersão em água durante 48 horas. Após este período, os provetes foram retirados da água e a sua massa avaliada (M_2). O teor em água de absorção às 48 horas é calculado pela expressão:

$$W_{48h} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\%$$



Figura 5: Estufa com controlo de temperatura.

Na Tabela 1 indica-se o valor médio do teor em água de absorção às 48 horas das várias pedras, obtido com base em três provetes por tipo de amostra ensaiada.

Tabela 1: Valor médio do teor em água de absorção às 48 horas das pedras.

PEDRA	W_{48h} [%]
ATAÍJA	0,74%
MOLEANOS APLICADO	1,53%
MOLEANOS CLARO	2,74%
PEDRA EXT. SOBRA	1,55%

3.1.2 Massa Específica

Com base na avaliação do volume e do peso seco dos provetes, calcularam-se as respectivas massas específicas. Na Tabela 2 indica-se a massa específica das várias pedras, obtido a partir da massa seca M1 e do volume dos provetes (h – altura, a – largura e b - comprimento).

Tabela 2: Massa específica das pedras.

PEDRA	h [cm]	a [cm]	b [cm]	MASSA SECA [g]	MASSA ESP. [g/cm³]
ATAÍJA	3,02	5,02	10,02	398,37	2,62
MOLEANOS APLICADO	4,02	5,22	10,22	537,81	2,51
MOLEANOS CLARO	3,84	5,18	10,13	498,25	2,47
PEDRA EXT. SOBRA	4,02	5,24	10,22	544,45	2,53

3.1.3 Desgaste Abrasivo Superficial

Para caracterizar o desgaste abrasivo ou mecânico superficial das pedras, os provetes foram colocados numa máquina de desgaste superficial (FORM+TEST). No ensaio, os provetes, sob uma pressão constante, são sujeitos ao atrito da rotação de um disco (durante 22 voltas, ensaio padrão) em contacto com a face em que se testa o desgaste, disco onde é previamente colocado pó abrasivo calibrado (20 g) para gerar o atrito (Figura 6) [1].

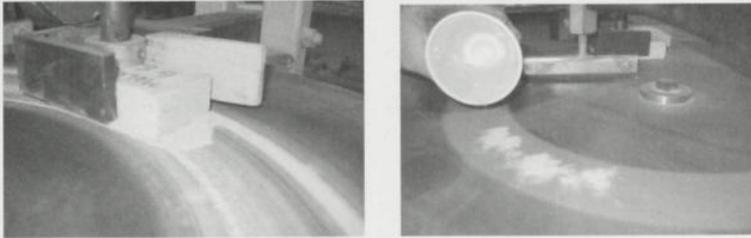


Figura 6: Ensaio de desgaste superficial.

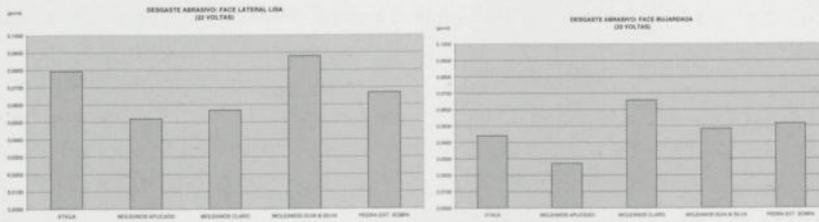


Figura 7: Resultados do desgaste abrasivo (22 voltas). À esquerda: face lateral lisa. À direita: face bujardada.

Da análise dos gráficos observa-se que o desgaste final médio superficial das várias pedras (em face bujardada e lisa) é semelhante ($0,075\text{g/cm}^2$), à excepção do MOLEANOS APLICADO que tem um desgaste inferior ($0,047\text{g/cm}^2$). Curiosamente a ATAÍJA que é a pedra mais compacta, apresenta o maior desgaste superficial.

3.1.4 Dissolução em Água

Os resultados da inspecção realizada indiciam que os processos de degradação presentes nas placas de pedra das caleiras estão associados a fenómenos de dissolução das pedras pela água. Para tentar avaliar o significado deste efei-

to foi montado o dispositivo indicado na Figura 8. Neste ensaio os provetes de pedra (nas faces bujardadas) foram sujeitos ao gotejar contínuo de água, durante um mês correspondendo a um total de 42 ciclos de 3 litros de água (retirada da piscina interior) que escoaram sobre a superfície bujardada de cada provete.



Figura 8: Ensaio de dissolução.

A água foi colocada nos garraões superiores que, através de um furo existente no fundo, escoava sobre o provete inclinado, sendo posteriormente recolhida no garraão inferior e recolocada em cima.

As amostras de pedras foram secas e pesadas antes do início do ensaio e voltaram a ser secas em estufa e pesadas após um mês de ensaio. As variações de massa obtidas encontram-se indicadas na Tabela 3. Os resultados confirmam que estas pedras estão sujeitas à dissolução pela água e aparentemente o Moleanos Aplicado indicia uma maior perda de massa. Refere-se no entanto que os valores obtidos são muito pequenos, pelo que o seu significado absoluto deve ser encarado com alguma reserva.

Tabela 3: Variações de massa no ensaio de dissolução.

PEDRA	MASSA INICIAL [g]	MASSA FINAL [g]	PERDA DE MASSA [g]	REDUÇÃO DE MASSA [%]
ATAÍJA	413,55	413,39	0,16	0,04
MOLEANOS APLICADO	548,83	548,48	0,35	0,06
MOLEANOS CLARO	506,94	506,76	0,18	0,04
PEDRA EXT. SOBRA	520,66	520,39	0,27	0,05

3.1.5 Conclusões

As amostras de pedras têm genericamente propriedades semelhantes, mostrando-se a ATAÍJA com menor capacidade de absorção de água e maior peso específico e o MOLEANOS APLICADO com menor desgaste superficial.

O ensaio de dissolução, apesar das limitações laboratoriais (de tempo de ensaio e simulação de condições ambientes e de água), revelou que as pedras manifestam susceptibilidade face à água da piscina dado que registaram redução de peso, indiciando uma eventual maior sensibilidade no MOLENAOS APLICADO.

Assim, como os resultados obtidos no laboratório não foram conclusivos, optou-se por testar o comportamento de desgaste em situação real, colocando os provetes na caleira durante alguns meses para aferir resultados.

3.2 Ensaio Realizados *InSitu*

Nesta fase, foram acrescentados à amostra inicial provetes, quer de mármore, quer de granito de forma a aumentar as comparações do comportamento ao desgaste solicitado. Assim, foram distribuídas 36 amostras em quatro séries (A, B, C, e D) conforme indicado na Figura 9.

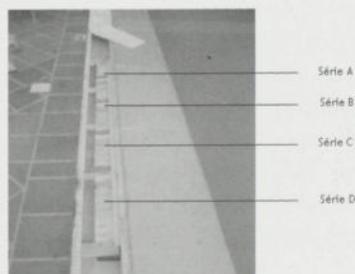


Figura 9: Séries de provetes colocados na Caleira Finlandesa.

Os provetes foram colocados na caleira de modo a que a água da piscina circulasse sobre a sua superfície para que estivessem sujeitos às mesmas condições de circulação de água a que estavam as placas do revestimento do bordo da piscina (Figura 10). Os vários tipos de pedra foram distribuídos de forma alternada ao longo das séries.

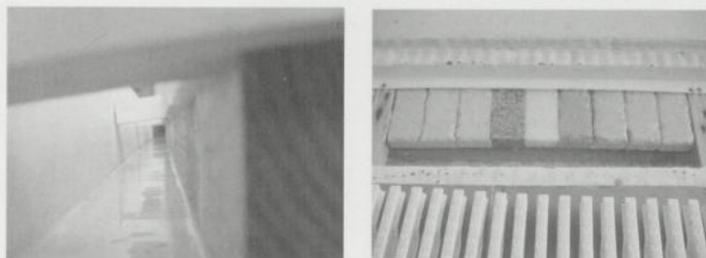


Figura 10: Colocação de provetes.

Os provetes estiveram em ensaio durante três meses e durante as visitas realizadas ao local era evidente (através do tacto e da visão) que os provetes que apresentavam uma maior taxa de degradação eram os calcários, de seguida os mármore e por fim os granitos que não evidenciavam qualquer desgaste.

Os resultados finais de medição de perda de massa vieram a confirmar esses resultados obtidos empiricamente. Através da análise da Tabela 4 é visível que os Moleanos têm a maior percentagem de perda de massa, a Ataija tem valores um pouco inferiores, o Mármore (como esperado) perdeu também massa e o granito manteve-se inalterado. Comparativamente aos resultados obtido em Laboratório verifica-se que existe alguma correlação mas, os resultados são muito pouco expressivos quando comparados como os realizados *InSitu*.

Tabela 4: Variações de peso no ensaio de dissolução *In situ* e em Laboratório.

PEDRA	PERDA DE MASSA	
	ENSAIO <i>INSITU</i>	ENSAIO LABORATÓRIO
ATAIJA	4.09 %	0.04 %
MOLEANOS APLICADO	4.71 %	0.05 %
MOLEANOS CLARO	4.75 %	0.06 %
PEDRA EXT. SOBRA	4.99 %	0.04 %
GRANITO	0,00 %	N/E
MÁRMORE	2.61 %	N/E

N/E – Não ensaiado.

Através da análise da Figura 12 à esquerda é visível o desgaste no topo superior do provete devido à água ter escoado sobre a parte inferior do provete que estava em consola, e da Figura 12 à direita é visível que as arestas do granito se mantiveram “vivas” enquanto as dos calcários apresentaram desgaste.



Figura 12: Desgaste dos provetes.

4 Conclusões

A aplicação de calcários (de qualquer tipo) e até mármore suscita assim algumas reservas para este tipo de aplicações, pelo que, para se evitar os problemas ocorridos, provavelmente se devê encarar a hipótese de utilizar pedras claramente mais compactas (granitos) e preferencialmente siliciosas ou então materiais cerâmicos.

Encontra-se em desenvolvimento outra fase de investigação que consiste em avaliar, perante os produtos existentes no mercado, quais serão as perdas de massa se for aplicado um “impermeabilizante / hidrófugo” de modo a permitir uma manutenção em vez de substituição total ou parcial das pedras.

5 Bibliografia

- [1] DIN. *Wear testing of inorganic, nonmetallic materials using the Boehme abrasive wheel (FOREIGN STANDARD) (DIN 52108)*. Germany: DIN, 2001.

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE SISTEMAS DE REVESTIMENTO EM PEDRA NATURAL EM PAREDES EXTERIORES POR FIXAÇÃO DIRECTA

J. A. Raimundo Mendes da Silva^{*}
Correio electrónico: raimundo@dec.uc.pt

Hugo Filipe Rocha Pinheiro Silva[†]
Correio electrónico: hfs79@sapo.pt

Resumo

O presente artigo insere-se no contexto de uma tese de mestrado sob o tema referido em epígrafe.

O trabalho desenvolvido dividiu-se essencialmente em duas partes. Na primeira parte procurou-se apresentar em resumo, o estado actual dos conhecimentos relacionados com o universo dos revestimentos por fixação directa e abordar a problemática da utilização das rochas ornamentais enquanto elemento de revestimento. A segunda parte, consistiu no desenvolvimento de uma campanha experimental, com o objectivo de avaliar a influência de vários parâmetros para a aderência. Para tal recorreu-se à utilização de provetes para ensaios de arrancamento por tracção e provetes para ensaios de corte.

Deste modo pretendeu-se dar um contributo para o desenvolvimento do conhecimento sobre o comportamento mecânico das soluções de revestimento por fixação directa.

Palavras-Chave: Revestimentos em Pedra Natural, Tracção, Corte.

^{*} Prof. Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

[†] Licenciado em Engenharia Civil pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, aluno do curso de mestrado em Ciências da Construção (FCTUC)

1 Introdução

A execução de revestimentos em pedra natural em paredes exteriores por fixação directa, foi prática corrente ao longo de vários anos, dando origem em grande parte dos casos a variadas situações de patologia, desde a ocorrência de manchas até, inclusive, ao descolamento de ladrilhos.

Os maus resultados obtidos levaram à criação de regulamentação que restringe fortemente a execução de revestimentos descontínuos por fixação directa, recomendando-se a fixação mecânica como solução preferencial.

Vários factores contribuíram para o fracasso registado, em especial o fraco conhecimento do comportamento mecânico das soluções aderentes e a sua aparente facilidade de execução, as quais deram lugar à escolha, sem critério, dos elementos que compõem o sistema de revestimento e ao desrespeito imponderado de práticas tradicionais já validadas ("regras de boa execução").

Torna-se assim essencial promover um maior conhecimento do comportamento mecânico destas soluções. Apenas desta forma será possível dotar os projectistas de critérios que permitam encarar os revestimentos por fixação directa como sistemas cuja adequação depende, fundamentalmente, da compatibilidade entre os seus vários componentes.

2 Caracterização Geral dos Sistemas de Revestimento por Fixação Directa

Os sistemas de revestimento em pedra de paredes exteriores por fixação directa são essencialmente constituídos pelos ladrilhos em pedra, pelo produto de refechamento das juntas e pelo produto de assentamento. O conjunto destes elementos é aplicado sobre um suporte, o qual poderá necessitar de ser previamente regularizado.

Consoante a natureza do produto de assentamento utilizado, é possível distinguir dois tipos de fixação: fixação por colagem e fixação por selagem.

A fixação por selagem é obtida quando se recorre a argamassas tradicionais de cimento Portland e areia ou a argamassas bastardas.

A fixação por colagem implica o recurso a uma gama de produtos de composição mais complexa (cimentos-cola ou colas), nos quais se podem encontrar, em simultâneo, vários ligantes em simultâneo de natureza orgânica e inorgânica. A norma EN 12004 [1] define os diferentes tipos de produtos para fixação por colagem de ladrilhos cerâmicos e elementos análogos e estabelece as respectivas especificações de desempenho.

3 Principais Anomalias

As principais anomalias/defeitos que afectam os sistemas de revestimento de paredes exteriores em pedra natural directamente aderentes ao suporte, dividem-se essencialmente em dois grupos:

- Anomalias inerentes ao sistema de revestimento;
- Anomalias inerentes à natureza da rocha constituinte dos ladrilhos de revestimento.

De seguida é apresentado um quadro no qual se sistematizam de forma resumida as principais patologias, suas consequências e causas.

Tabela 1: Quadro resumo das principais anomalias registadas em revestimentos de paredes exteriores em pedra natural

Anomalias	Consequências	Principais Causas
Descolamentos	<ul style="list-style-type: none">- Risco para segurança dos utentes;- Custos de reparação de acordo com a origem e com a extensão do descolamento.	<ul style="list-style-type: none">- Elevada deformabilidade do suporte;- Inadequada limpeza e preparação do suporte e dos ladrilhos;- Utilização de produtos de colagem inadequados às características de porosidade do suporte e ladrilhos;- Incorrecta preparação e/ou técnica de aplicação dos produtos de colagem;- Utilização de ladrilhos com dimensões faciais e pesos superiores aos limites; máximos correspondentes ao produto de colagem utilizado;- Incorrecta definição de juntas (largura, profundidade e distribuição).
Fissuração	<ul style="list-style-type: none">- Degradação do aspecto visual da construção;- Evolução do estado de degradação do sistema de revestimento em caso de não reparação;- Reparação de custo moderado devido a se tratar geralmente de um fenómeno localizado.	<ul style="list-style-type: none">- Ocorrência de deformação do suporte. Geralmente as fissuras do sistema de revestimento resultam do prolongamento de fissuras existentes no suporte;- Choques violentos sobre o sistema de revestimento.
Manchas e escorrimentos	<ul style="list-style-type: none">- Degradação do aspecto visual da construção;- Custos de reparação de acordo com a origem do fenómeno.	<ul style="list-style-type: none">- Migração de humidade para a superfície para dos ladrilhos, transportando sais presentes em qualquer um dos elementos constituintes do sistema, dando origem à formação de eflorescências.

Anomalias	Consequências	Principais Causas
Alteração das rochas	- Degradação do aspecto visual da construção; - Custos de reparação de acordo com a origem do fenómeno.	- Inadequação das características do tipo de rocha às condições de utilização do revestimento (clima, acções mecânicas, químicas ou biológicas).

4 Campanha Experimental

4.1 Principais objectivos

A campanha experimental desenvolvida teve por objectivo a análise da influência de diversos parâmetros para a aderência promovida por cimentos-cola, assim como a verificação das alterações nos padrões de rotura.

A avaliação da aderência foi efectuada com recurso a ensaios de arrancamento por tracção (EN 1348 [2]) e ensaios de corte (EN 1324 [3]).

Os parâmetros cuja influência se pretendeu analisar foram os seguintes:

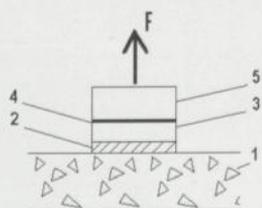
- variedade de rocha constituinte dos ladrilhos;
- espessura da camada de colagem;
- tipo de cimento-cola;
- tempo de espera até colagem após aplicação do cimento-cola;
- aplicação das acções previstas na EN 12004 [1] com vista à classificação dos cimentos-cola relativamente às características adicionais previstas.

4.2 Metodologia de ensaio e equipamento utilizado

Como já foi referido, para a campanha experimental foram definidos dois modelos de ensaio, um para ensaios de arrancamento por tracção e outro para ensaios de corte.

4.2.1 Ensaios de Arrancamento por Tracção (P-O)

O modelo de ensaio de arrancamento por tracção adoptado, é baseado no procedimento descrito na norma EN 1348 [2], tendo sido adoptadas alguma variantes, como se poderá observar em seguida. O referido modelo de ensaio obedece ao esquema apresentado na Figura 1.



Legenda:

- 1 – Lajeta em betão
- 2 – Cimento-cola
- 3 – Ladrilho em pedra
- 4 – Cola epoxídica
- 5 – Pastilha em aço com furo roscado ao centro

Figura 1: Esquema tipo dos ensaios de arrancamento por tracção

A tensão de rotura é obtida pela seguinte expressão:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

em que:

σ – Tensão de rotura (kN/m²);

N – Carga de rotura do provete à tracção (kN);

A – Área de superfície do ladrilho (m²).

Os ensaios de arrancamento por tracção foram efectuados com recurso a uma prensa hidráulica equipada com uma célula de carga de 1000 KN.

Na Figura 2 é possível observar o instante inicial do ensaio de um provete de arrancamento por tracção. O ensaio é realizado para um incremento de carga constante de 250N/s, (EN 1348 [2]), até à rotura do provete.

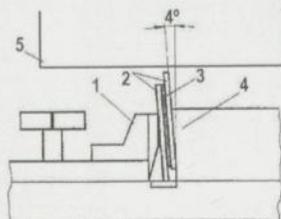


Figura 2: Provete para ensaio de arrancamento por tracção

4.2.2 Ensaios de Corte (C)

O modelo de corte utilizado baseia-se na norma EN 1324 [3], relativa à avaliação da resistência ao corte de colas em dispersão aquosa, tendo igualmente sido adoptadas algumas variantes. O recurso à norma relativa às resinas de reacção prende-se com o facto de, ao nível das normas EN, não se encontrar prevista a avaliação da resistência ao corte para a classificação dos cimentos-cola. O referido modelo de ensaio obedece ao esquema apresentado na Figura 3.

Legenda:



- 1 – Peça móvel do suporte
- 2 – Ladrilhos em pedra
- 3 – Cimento-cola
- 4 – Batente do suporte para manter o provete com inclinação de 4° relativamente à vertical
- 5 – Prato da prensa

Figura 3: Esquema tipo dos ensaios de corte [23]

A norma EN 1324 [3] propõe que a tensão de rotura seja obtida através da seguinte expressão:

$$\tau_{rd} = \frac{F_{rd} \times \cos 4^\circ}{A_{colagem}}$$

em que:

τ_{rd} – Tensão de rotura (kN/m²)

F_{rd} – Esforço de compressão exercido pela prensa (kN);

$A_{colagem}$ – Área de superfície de contacto entre ladrilhos (m²).

Os ensaios de arrancamento por tracção foram realizados com recurso à mesma prensa utilizada para os ensaios de arrancamento por tracção. Na Figura 4 é possível observar um provete para ensaio de corte pronto a ensaiar.

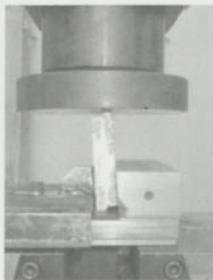


Figura 4: Provede para ensaio de corte

O ensaio é realizado para um deslocamento constante do prato da prensa de 5mm/min, (EN 1324 [3]), até à ocorrência de rotura do provede.

4.3 Mapa Geral de Ensaios e Provetes

A Tabela 2 contém os vários sistemas estudados ao longo da campanha experimental.

A sigla SB corresponde a sistema base. Cada sistema base é constituído por cinco provedes para ensaios de arrancamento por tracção (ver 4.2.1) e cinco provedes para ensaios de corte (ver 4.2.2).

Na referida tabela será possível constatar a associação entre os sistemas criados e as variáveis em estudo.

As acções de humidade, calor e gelo-degelo referidas na Tabela 2 correspondem às acções apresentadas na norma EN 12004 [1], com vista à classificação dos cimentos-cola relativamente às características adicionais previstas. Os procedimentos para aplicação destas acções encontram-se descritos na norma EN 1348 [2].

Tabela 2: Mapa de Ensaios

Designação dos Provetes	Variáveis													
	Variedade rocha ladrilho			Cimento cola		Espessura colagem		Tempo espera até colagem			Acções EN 12004			
	Granito	Calcário	Mármore	C2	C2S	3 mm	10 mm	Cola gême diata	20 minutos	30 minutos	40 minutos	Humidade	Calor	Gelo - dege-lo
SB1	X			X		X		X						
SB1a	X			X			X	X						
SB1b	X			X		X				X				
SB1b1	X			X		X					X			
SB1h	X			X		X		X				X		
SB1aq	X			X		X		X					X	
SB1g-d	X			X		X		X						X
SB2			X	X		X		X						
SB2b			X	X		X				X				
SB2b1			X	X		X					X			
SB2h			X	X		X		X				X		
SB2aq			X	X		X		X					X	
SB2g-d			X	X		X		X						X
SB3	X				X	X		X						
SB3a	X				X		X	X						
SB3b	X				X	X				X				
SB3b1	X				X	X			X					
SB3h	X				X	X		X				X		
SB3aq	X				X	X		X					X	
SB3g-d	X				X	X		X						X
SB4		X		X		X		X						
SB4b		X		X		X				X				
SB4b1		X		X		X					X			

5 Caracterização dos Ensaios em Análise

Para o presente artigo, foi escolhida a apresentação dos resultados relativos à análise da influência do coeficiente de absorção de água (E) dos ladrilhos para a resistência ao arrancamento por tracção e para a resistência ao corte nos sistemas ensaiados. Na Tabela 3 apresentam-se os provetes em estudo e as suas principais características.

Tabela 3: Apresentação dos provetes e suas principais características

Sistemas em Estudo	Características Gerais dos Provetes
SB1	Ladrilho(s) em granito Cinza Évora ($E=0,16\%$), colagem com cimento-cola C2 branco com 3mm de espessura, realizada imediatamente após a aplicação do cimento-cola
SB2	Igual a SB1, excepto ladrilho(s) em mármore creme com veios rosa ($E=0,06\%$)
SB4	Igual a SB1, excepto ladrilho(s) em calcário Ataija Azul ($E=0,40\%$)

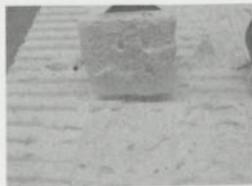
Foram escolhidas três tipos de rocha com coeficiente de absorção de água inferior a 0,5% (valor máximo recomendado para aplicação em exteriores [4]).

Os parâmetros apresentados correspondem a valores tabelados fornecidos pelos fornecedores dos ladrilhos, os quais foram avaliados através de ensaios realizados pelo LEM (Laboratório de Ensaios Mecânicos) do CEVALOR.

6 Apresentação e Discussão de Resultados

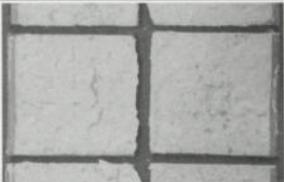
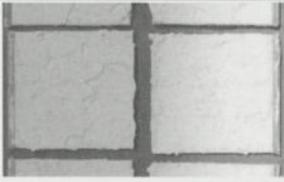
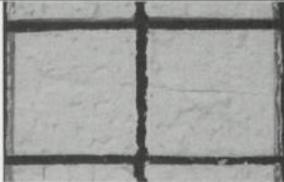
Na Tabela 4 apresentam-se os resultados dos ensaios de arrancamento por tracção. Nestes, pode observar-se que os padrões de rotura registados nos três tipos de provetes são do tipo coesivo no seio do cimento-cola, inviabilizando quaisquer conclusões, quanto à influência do coeficiente de absorção de água.

Tabela 4: Resultados Ensaios de Arrancamento por Tracção

Tipo Ensaio	Frd	Frd _m	Desv. Pad.	σ_{rd_m}	Padrão de rotura predominante	Fotos dos padrões de rotura
	kN	kN	%	MPa		
SB1 _{P-O}	7,66	7,76	7,93	3,10	Rotura coesiva no seio do cimento-cola	
	8,53					
	8,05					
	6,85					
	7,72					
SB2 _{P-O}	7,18	6,65	6,77	2,66	Rotura coesiva no seio do cimento-cola	
	6,67					
	6,94					
	6,43					
	6,02					

Tipo Ensaio	F _{rd}	F _{rd,m}	Desv. Pad.	$\sigma_{rd,m}$	Padrão de rotura predominante	Fotos dos padrões de rotura
	kN	kN	%	MPa		
SB4 _{P-O}	7,81	6,82	8,92	2,73	Rotura coesiva no seio do cimento-cola	
	6,37					
	7,00					
	6,52					
	6,40					

Tabela 5: Resultados dos Ensaios de Corte

Tipo Ensaio	F _{rd}	F _{rd,m}	Desv. Pad.	$\tau_{rd,m}$	Padrão de rotura predominante	Fotos dos padrões de rotura
	kN	kN	%	MPa		
SB1 _C	28,79 [‡]	36,10	5,44	3,83	Rotura mista entre coesiva no seio do cimento-cola/adensiva com ladrilhos	
	38,10					
	34,24					
	37,47					
	34,60					
SB2 _C	36,00	34,57	6,14	3,67	Rotura mista entre coesiva no seio do cimento-cola/adensiva com ladrilhos	
	31,75					
	34,66					
	37,11					
	33,31					
SB4 _C	37,33	37,68	4,99	4,00	Rotura mista entre coesiva no seio do cimento-cola/adensiva com ladrilhos	
	35,26					
	29,24 [‡]					
	39,71					
	38,40					

A não contabilização dos resultados dos dois provetes assinalados ficou a dever-se ao facto dos resultados em causa se afastarem de forma isolada dos obtidos para os restantes provetes pertencentes ao mesmo tipo de ensaio. Esta medida resultou numa redução para metade dos desvios padrões dos respectivos conjuntos de ensaios.

[‡] Resultados não considerados para a determinação das tensões médias de rotura

Os padrões de rotura registados foram semelhantes para os diferentes tipos de provetes (SB1, SB2 e SB4), apresentando uma componente adesiva perceptível. Deste modo julga-se ser lícito poder tirar conclusões quanto à influência da natureza da rocha constituinte dos ladrilhos, para a tensão de rotura registada.

Tabela 6: Comparativo dos Resultados dos Ensaios dos Provetes de Corte

Análise comparativa das tensões de rotura		Observações
1º	τ_{rd_m} SB4	Ladrilhos em calcário
2º	τ_{rd_m} SB1 ↓ 4,3%	Ladrilhos em granito
3º	τ_{rd_m} SB2 ↓ 8,3%	Ladrilhos em mármore

As percentagens apresentadas na Tabela 6 foram obtidas tendo por referência a tensão de rotura média mais elevada (τ_{rd_m} SB4).

Tendo em conta a gama de valores de coeficiente de absorção de água em estudo, os resultados parecem indicar que no caso dos padrões de rotura apresentarem uma componente adesiva na interface ladrilho/produto de assentamento, a utilização de ladrilhos com maior valor de coeficiente de absorção de água traduz-se, a curto prazo, num maior valor da tensão de rotura.

7 Bibliografia

- [1] EN 12004:2001 – Adhesives for Tiles – Definitions and specifications, March 2001
- [2] NP EN 1348 – Colas para ladrilhos – Determinação da resistência à tracção de cimentos-cola, 2000
- [3] EN 1324:1996 – Adhesives for Tiles – Determination of shear adhesion strength for cementitious adhesives, 1996
- [4] Direcção Geral de Geologia e Minas, Ministério da Indústria, Energia e Exportação. *Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas*. Porto: Abril de 1983

REVESTIMENTOS DE FACHADAS EXTERIORES EM PLACAS DE PEDRA NATURAL

Contributos para a sua correcta especificação e execução

Hipólito Sousa*

Correio electrónico: hipolito@fe.up.pt

J. Amorim Faria†

Correio electrónico: jmfaria@fe.up.pt

Rui Sousa‡

Correio electrónico: ruysousa@fe.up.pt

Resumo

Nos últimos anos em Portugal, a utilização de revestimentos de fachadas exteriores com placas de pedra natural relativamente pouco espessas tem vindo a aumentar. Em paralelo têm-se registado um número crescente de anomalias em obras onde este tipo de revestimento foi empregue, facto que parece evidenciar um relativo desconhecimento do comportamento desta solução e das exigências aplicáveis, tendo presente que o seu desempenho é muito sensível a diversos aspectos relacionados com a sua especificação e execução.

A sensibilização para os riscos decorrentes da aplicação inadequada destas soluções e a difusão de conhecimento nesta área podem ser contributos importantes para a melhoria da qualidade da construção ao nível desta solução.

Neste sentido e na sequência do acompanhamento de várias obras deste tipo, de alguns ensaios e simulações numéricas já efectuadas no Laboratório de Sistemas e Componentes da FEUP apresentam-se nesta comunicação algumas conclusões, com destaque para a síntese das exigências enquadradoras deste tipo de solução, para a informação mínima que deverá constar dos projectos onde se preconiza o emprego de placas de pedra natural, bem como para a importância dos aspectos relacionados com dificuldades e defeitos de execução.

Palavras-chave: Pedra Natural, Anomalias, Ensaios e Simulações.

* Prof. Associado da FEUP, Departamento Eng. Civil, Secção Construções Cívicas

† Prof. Auxiliar da FEUP, Departamento Eng. Civil, Secção Construções Cívicas

‡ Eng. Civil, Investigador IC-FEUP, Departamento Eng. Civil, Secção Construções Cívicas

1 Introdução

No seguimento de alguns casos de estudo relativos ao emprego de revestimentos em placas de pedra natural como acabamento de paredes exteriores de edifícios, pode-se constatar um aumento crescente de patologias associadas à queda/destacamento precoce das placas e fractura/fissuração da pedra ou da sua ligação à fachada do edifício.

O aparecimento destas anomalias parece revelar algumas debilidades no conhecimento de aspectos relacionados com as exigências e funcionamento deste tipo de sistema construtivo, designadamente:

- em projecto: ausência/deficiente especificação das soluções construtivas, em parte devida à quase inexistência de documentos de referência que ajudem a escolher e especificar convenientemente a possível solução (no que respeita aos materiais e à forma de aplicação);
- em obra: execução pouco sustentada, com deficiências e imprevisto de alguns detalhes.

A gravidade desta situação vem reforçada pelo facto deste revestimento ser em geral caro e a sua escolha ter subjacente preocupações de nobreza e durabilidade que em muitos casos a solução não vai assegurar.

Constatamos ainda, em alguns dos casos estudados, que as anomalias associadas a este tipo de revestimento atingem um nível preocupante em quantidade e em número. Com efeito, na sequência dum levantamento detalhado de anomalias realizado num edifício público recentemente construído de elevada dimensão onde se utilizaram no revestimento exterior placas de pedra natural fixadas mecanicamente ao suporte, verificou-se que cerca de 6% do revestimento aplicado apresentava anomalias graves nos pontos de ligação entre as placas de pedra e o sistema de fixação. Esta incidência que se presume, face aos casos analisados, possa ser corrente neste tipo de revestimento, não é compatível com as exigências de segurança normalmente aplicadas na construção, uma vez que o risco de queda coloca problemas graves de segurança na utilização e uma probabilidade desta ordem de grandeza é claramente inaceitável. Justifica-se portanto em nosso entender um alerta para a necessidade dum maior nível de exigência associado à utilização desta solução. Nesta comunicação, além do enquadramento do assunto, apresenta-se uma análise mais detalhada do desempenho de uma situação concreta que os autores puderam acompanhar.

2 Exigências aplicadas às placas de pedra natural

2.1 Princípios gerais

As prescrições gerais de emprego das placas de pedras naturais são estabelecidas em função de um conjunto de requisitos associados a determinadas características físico-mecânicas da pedra natural. Para o efeito a especificação e o fornecimento das placas deveria levar em conta a identificação dessas características. A existência nos produtos de construção da marcação CE enquadra essa identificação nas exigências aplicáveis, garantindo assim a satisfação de um conjunto de requisitos mínimos de qualidade exigidos para a livre circulação e comercialização desses produtos. A explicitação dessas características ou já é, ou vai ser exigida às placas de pedra natural no espaço europeu.

2.2 Identificação do produto

As placas de pedra natural devem ser identificadas por intermédio de uma ficha. Esta deverá acompanhar os documentos comerciais do produto e deve possuir as informações sobre os requisitos referidos no ponto 2.4, bem como referência ao cumprimento dos mesmos. Essas características são determinadas por intermédio de ensaios específicos [1], realizados por entidades devidamente habilitadas.

2.3 Características de aspecto

As características de aspecto são estabelecidas contratualmente entre fornecedor e cliente. Não devem porém ser aceites placas de pedra natural que apresentem sinais de oxidação, alteração de cor, fissuração ou danos estruturais significativos.

2.4 Aptidão ao uso – Requisitos físicos e mecânicos

As placas de pedra natural aplicadas em fachadas devem cumprir determinados requisitos físico-mecânicos determinados a partir de ensaios laboratoriais. Apresentam-se resumidamente na tabela 1 os principais valores de referência relativos à satisfação desses requisitos para a aposição da marcação CE segundo o CEN [2,3].

Tabela 1: Síntese dos requisitos físicos e mecânicos de placas de pedra aplicadas em fachadas de edifícios segundo o CEN

Requisitos		Valores de referência
Variação dimensional e dimensões		-Tolerâncias dimensionais, planeza e perpendicularidade em função da precisão do processo de corte da pedra
Resistência mecânica		-Espessura mínima individual (calculável em função das técnicas de construção e exposição climatérica, da resistência à flexão, conteúdo de carbonato da pedra e exposição ao dióxido de enxofre)
Durabilidade	Absorção de água por imersão	-Aceitável se absorção de água $\leq 0,6\%$ (se absorção de água $> 0,6\%$ é obrigatório realizar teste de ciclos gelo-degelo)
	Ciclos gelo-degelo	-Sem alteração significativa da resistência à flexão a 100 ciclos de gelo-degelo.
	Ciclos térmicos	-Verificação de alterações na aparência (oxidação, alteração de cor) e de fissuração ou danos estruturais significativos nas placas não aceitáveis
	Exposição ao dióxido de enxofre em função do conteúdo em carbonatos	-Pedra não adequada para aplicação em fachadas se % carbonatos maior que 20% e a espessura da camada de exposição afectado pelo ataque do dióxido de enxofre $> 0,7\text{ mm}$ -Aceitável nas restantes situações (espessura mínima individual afectada)
	Conteúdos não carbónicos	Inferior a 2%
Reacção ao fogo		Classe A1
Resistência ao fogo		Obrigatório satisfazer

2.5 Especificações de referência

Complementarmente aos aspectos referidos nos pontos 2.1 a 2.4, existe um conjunto de especificações construtivas de referência e critérios a considerar na concepção [4,5,6] que permitem estabelecer uma escolha adequada das características dimensionais das placas, dos suportes admissíveis, das características dos sistemas de fixação das placas e da sua fixação à fachada.

3 Caso de Estudo

3.1 Introdução

O caso de estudo analisado refere-se a uma solução de revestimento em placas de pedra natural aplicadas na fachada exterior de um edifício de habitação construído recentemente. Verificou-se a queda de algumas placas em pontos localizados, pelo que foi necessário analisar a solução e avaliar o risco de

queda das placas do revestimento. Esse estudo consistiu numa avaliação numérica e experimental do desempenho mecânico e das características da pedra empregue.

3.2 Descrição sucinta da solução construtiva empregue

O tosco da envolvente do edifício é constituído pela estrutura reticulada de betão armado e por panos de parede dupla em alvenaria de tijolo furado. Sobre esta envolvente está aplicado um isolamento térmico em placas de 3 cm de espessura e um revestimento exterior descontínuo afastado 2 cm do isolamento térmico. O revestimento exterior é constituído por placas de pedra calcária (designada por "Molianos"), com $1 \times 0,7 \text{ m}^2$ e com 3 cm de espessura, colocadas na vertical e fixadas mecanicamente ao suporte através de 4 apoios pontuais, constituídos por dispositivos metálicos em aço inoxidável (Fig.1).

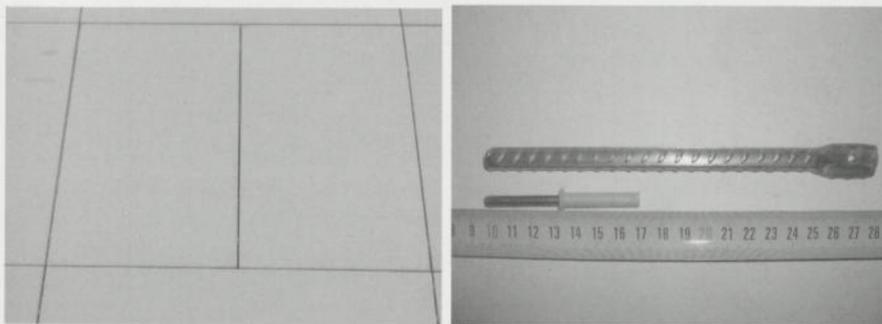


Fig.1: Exemplo de placas de pedra colocadas verticalmente na fachada e sistema de fixação utilizado

3.3 Avaliação experimental da pedra em laboratório

A informação disponível relativa às características físicas e mecânicas da pedra era insuficiente, pelo que foi necessário proceder a uma campanha de ensaios no Laboratório de Sistemas e Componentes da FEUP para determinar algumas dessas características. Os ensaios, adaptados a partir de diferente normalização aplicável, foram realizados de forma expedita, mas ainda assim permitiram definir uma ordem de grandeza suficientemente representativa das características da pedra.

Foi possível determinar, através de ensaios num conjunto de 18 amostras, as características físicas e mecânicas da pedra mais relevantes para a análise. Os ensaios realizados e os resultados obtidos estão indicados na tabela 2. O comportamento das placas no ensaio à flexão está representado esquematicamente na figura 3.

Tabela 2: Ensaios e resultados globais obtidos nas amostras ensaiadas

Ensaio	Valor médio	Coef. Var. (%)
Tensão de rotura à flexão na direcção perpendicular ao plano de estratificação da pedra	4 MPa	22
Módulo de elasticidade	26 GPa	15
Carga de rotura na ligação pedra/pino	640 N	10
Absorção de água por imersão	7%	-
Massa volúmica aparente	2160 kg/m ³	-

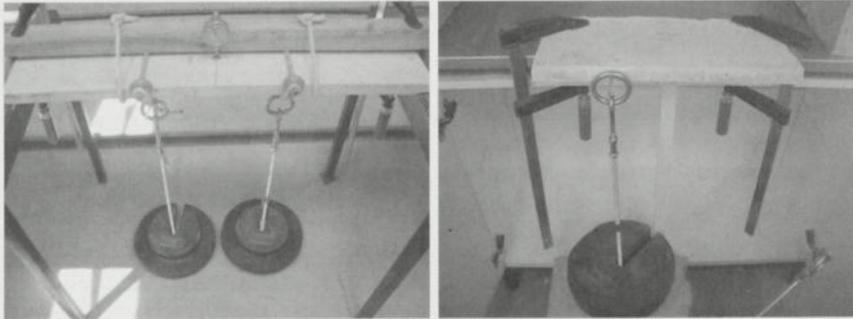


Fig.2: Ilustração do ensaios relativos à determinação da flexão das placas e da carga de rotura na ligação pedra/pino

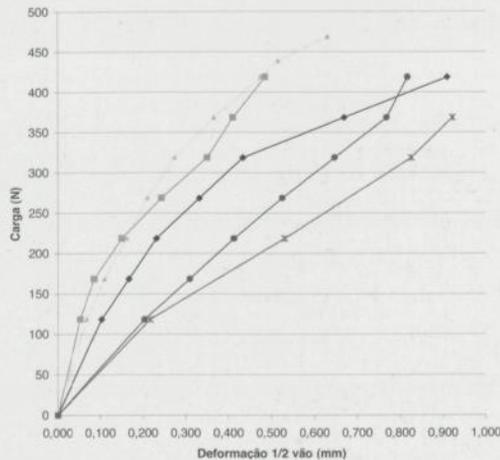


Fig.3: Comportamento à flexão de um conjunto de amostras

No ensaio para a determinação da carga de rotura na ligação pedra/pino foram respeitadas as especificações normativas de referência para este tipo de ligação (condições mínimas ideais). Complementarmente, para simular situações correntes de defeitos de execução, foi realizado o mesmo ensaio com o mesmo

tipo de ligação, de forma a determinar a carga mínima de rotura na ligação pedra/pino executando um furo excêntrico o mais próximo possível da face exterior da pedra, ou seja com o eixo a cerca de 1/10 da espessura. A carga de rotura mínima obtida foi de 180 N (média) com um coeficiente de variação de 26%.

3.4 Simulação numérica

Foi realizado uma simulação numérica para avaliar aproximadamente o nível e distribuição das tensões de serviço das placas aplicadas na fachada, quando sujeitas às acções do vento e do peso próprio, e definir um coeficiente de segurança global associado ao nível de tensão e de carga nos apoios das placas. A acção sísmica não foi estudada dado que a frequência natural da placa (cerca de 130 Hz para o 1º modo de vibração) é muito diferente das frequências associadas ao sismo em edifícios de betão armado, pelo que não são de temer efeitos de amplificação dinâmica resultantes da excitação da massa da placa. A simulação numérica do comportamento das pedras foi baseada no método dos elementos finitos, assumindo algumas hipóteses simplificativas na modulação (comportamento estrutural essencialmente à flexão nas duas direcções sem consideração das deformações por corte, rigidez equivalente definida com base nos dados obtidos nos ensaios realizados e comportamento linear elástico da pedra com rotura frágil). Na figura 4 apresenta-se um exemplo dos resultados relativos à distribuição e valores de serviço das tensões máximas principais encontradas nas placas quando sujeitas às acções do vento e peso próprio.

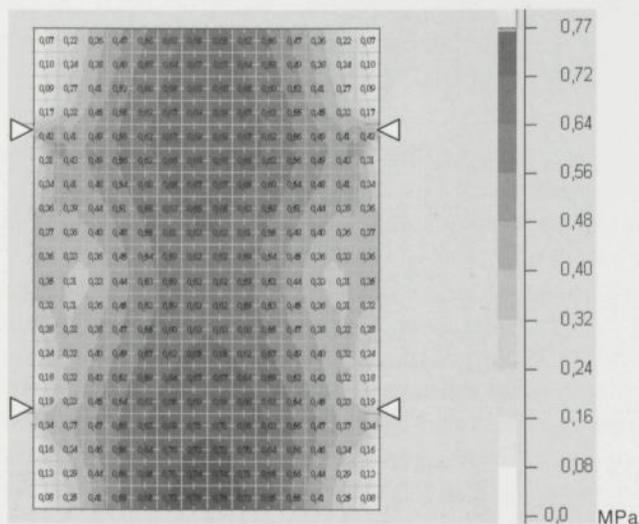


Fig.4 - Distribuição e valor de serviço das tensões principais numa placa vertical apoiada nos 4 pontos assinalados

3.5 Análise de Resultados e Conclusões

3.5.1 Análise de resistência e segurança

Dos ensaios realizados em laboratório, concluímos o seguinte relativamente às características gerais da pedra e à sua adequação:

- o valor da tensão média de rotura à flexão de 4 MPa obtido no ensaio é relativamente baixo face a outros tipos de pedra (mármore, granito, etc.) e é cerca de 2 a 3 vezes mais baixo que o valor anunciado comercialmente para a pedra calcária em questão, o que no mínimo poderá traduzir a grande variabilidade associada às características físico-mecânicas das pedras naturais, ou uma incorrecta avaliação/especificação da origem da pedra;
- considerando o número de amostras ensaiadas, existe uma variabilidade global nos valores da tensão de rotura à flexão em cerca de 22%, que aparentemente se situa no intervalo dos valores indicados como normais para uma pedra calcária em geral (15-30%);
- a resistência média da ligação pedra/pino de 640 N, assumindo as condições ideais de execução, cumpre os critérios mínimos estabelecidos para a resistência da pedra e apresenta uma variabilidade reduzida;
- caso a ligação pedra/pino seja realizada de forma ineficaz, por exemplo situando-se de forma excêntrica relativamente ao eixo da placa, a resistência dessa ligação decresce significativamente, não cumprindo os requisitos mínimos de resistência;
- com base na resistência mecânica à flexão das amostras ensaiadas, nas características físicas estimadas para as mesmas, e nas condições de aplicação obteve-se por cálculo, de acordo com norma de referência [2], uma espessura mínima de 27 mm;
- os valores da taxa média de absorção de água obtidos são próximos do valor máximo admitido para pedras calcárias ($\leq 7,5\%$), podendo significar uma diminuição da durabilidade da pedra a longo prazo, face à exposição aos agentes agressivos do meio ambiente.

Relativamente à análise de segurança, considerando os resultados obtidos experimentalmente e na modelação numérica efectuada e admitindo condições ideais do estado da pedra e de execução do sistema construtivo, concluímos o seguinte:

- as dimensões das placas conduzem a um valor do coeficiente de segurança à flexão em condições de serviço, entre 3 a 5, situando-se próximo do mínimo de 4 recomendável para a resistência à flexão;
- admitindo a correcta execução da ligação pedra/pino e o apoio em 4 pontos, o desempenho mecânico da ligação pedra/pino cumpre os requisitos mecânicos mínimos;

- a solução é extremamente sensível à ineficiência de um apoio das placas, situação esta em que há um incremento significativo das tensões na zona das ligações e na placa.

Como nota final no que respeita à adequação do suporte para este tipo de fixação refere-se que não obtivemos informação detalhada, sendo no entanto certo que se trata duma fixação a alvenaria dupla de tijolo furado corrente português, situação considerada inadequada face à normalização de referência, por exemplo francesa [5]. O uso desta solução é no entanto relativamente corrente em Portugal, embora de forma não suportada.

3.5.2 Durabilidade

Não foi possível realizar no Laboratório de Sistemas e Componentes os ensaios que permitem avaliar a durabilidade do revestimento, designadamente, exposição a ciclos de gelo-degelo, térmicos e de exposição ao dióxido de enxofre. O resultado destes ensaios seria importante para uma avaliação sustentada da adequação das placas ao uso em fachadas exteriores. No entanto, relativamente aos ensaios de durabilidade referidos, sublinham-se os seguintes aspectos:

- o conhecimento da profundidade afectada pela exposição ao dióxido de enxofre em laboratório permite avaliar a adequação do revestimento ao uso e estabelecer uma espessura mínima para as placas de pedra;
- a exposição da pedra a ciclos térmicos em laboratório permite avaliar se a pedra sofre fissuras, destacamento ou outros danos estruturais severos, razões pelas quais a pedra pode não ser adequada ao uso em termos de durabilidade (permite também detectar a presença de minerais ferrosos ou sinais de oxidação, manchas ou alterações na estrutura).

Apenas foi possível realizar em laboratório o ensaio de absorção de água por imersão, tendo-se obtido uma taxa média de absorção de água de 7 % para as amostras fornecidas. Para taxas superiores a 0,6%, a norma aplicável recomenda a realização de ensaios de gelo-degelo.

3.5.3 Conclusões

O emprego de revestimentos de pedras naturais fixadas mecanicamente ao suporte em fachadas ventiladas pode ser, conforme tem sido possível constatar, uma solução com risco potencial de acidentes graves. A atitude dos intervenientes técnicos nesta matéria tem que ser claramente diferente:

- os projectistas deverão especificar e detalhar de forma mais profunda e suportada a solução, designadamente no que respeita às dimensões, espessura, características da pedra e detalhes do sistema de fixação e não limitar-se apenas à referência vaga do tipo de pedra e à designação comercial do sistema de fixação;

- os fornecedores da pedra deverão acompanhar os produtos com informação das suas características conforme requerido pela marcação CE;
- os construtores deverão ter presente a grande sensibilidade da solução a defeitos de execução, tomando medidas para que a incidência desses defeitos seja muitíssimo menor.

Por último, parece-nos que em todos os casos, já aplicados, em que possam existir dúvidas da ineficácia/qualidade da solução, se promovam inspeções detalhadas para acautelar a ocorrência de sinistros que poderão ser seguramente graves.

4 Bibliografia

- [1] EN 12326-2: *Slate and stone products for discontinuous roofing and cladding*. Part 2: Methods of test. CEN, 2000.
- [2] EN 12326-1: *Slate and stone products for discontinuous roofing and cladding*. Part 1: product specification. CEN, 2004
- [3] EN 12057: *Natural stone products. Modular tiles-Requirements*. CEN, 2004.
- [4] D.Lewis, Michael. *Modern Stone Cladding. Design and installation of exterior dimension stones systems*. ASTM manual series, 1995, pp.140.
- [5] NF P 65-202-1 (DTU 55.2): *Travaux de bâtiment – Revêtements muraux attachés en Pierre mince*. Partie 1: Cahier des clauses techniques. AFNOR, 2000.
- [6] NF P65-202-2 (DTU 55.2): *Travaux de bâtiment - Marchés privés - Revêtements muraux attachés en pierre mince - Partie 2: Cahier des clauses spéciales*. AFNOR, 2000.

INTERACÇÃO ENTRE OS ACESSÓRIOS METÁLICOS E A PEDRA EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS

J. A. Raimundo Mendes da Silva*

Correio electrónico: raimundo@dec.uc.pt

Susana Cristina Neves Almeida†

Correio electrónico: scna@dgeei.uc.pt

Resumo

A pedra é, desde sempre, um material de eleição para a construção de edifícios que, complementada por acessórios metálicos, lhes garante a estabilidade e segurança necessárias. Apesar de serem materiais diferentes e com características próprias (químicas, físicas, mecânicas), estes são utilizados conjuntamente, recorrendo a soluções construtivas diversas, adaptadas ao contexto em que se inserem, pelo que o leque de soluções encontradas é bastante alargado. Actualmente há inúmeros casos em que a ligação metal-pedra está seriamente afectada e degradada, o que exige nova atenção nas acções de reabilitação.

Palavras-chave: Edifícios históricos, degradação da pedra, corrosão dos metais, diagnóstico, reabilitação.

1 Introdução

Chegou aos nossos dias um legado extraordinário de edifícios com utilização predominante da pedra, que incorporam múltiplos acessórios metálicos com funções diversas (reforço estrutural, complemento funcional, decoração, etc.) e cuja interacção com a pedra conduz frequentemente a situações de degradação, por vezes com elevada gravidade.

Tendo como objecto principal de estudo diversos edifícios históricos de Coimbra, muitos dos quais sob a tutela da Universidade, está a ser desenvolvida uma dissertação de mestrado tendente à identificação das anomalias resul-

* Prof. Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

† Licenciada em Engenharia Civil pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, aluna do curso de mestrado em Ciências da Construção (FCTUC).

tantes da interacção pedra-metal, ao conhecimento exaustivo das causas e agentes desses fenómenos, bem como dos mecanismos físicos subjacentes. Os estudos em curso têm como objectivo final a identificação de técnicas de reabilitação das referidas anomalias, conciliando os preceitos técnicos com as metodologias de intervenção em património classificado.

A interacção entre a pedra e o metal dá-se ao nível das ligações que ficam seriamente afectadas quando um dos elementos é submetido a processos de alteração física, química ou climatérica, como, por exemplo, ciclos de gelo-degelo, no caso das pedras, ou fenómenos de corrosão, no caso dos metais.

2 Pedras mais utilizadas nos Monumentos

As rochas podem ser, de acordo com a sua formação, de três tipos: rochas metamórficas, rochas ígneas ou rochas sedimentares.

No património edificado nacional as pedras mais utilizadas são as carbonatadas (de origem sedimentar), o que, associado às suas características específicas (elevada permeabilidade e porosidade), as tornam bastante vulneráveis. Nos monumentos da cidade de Coimbra encontram-se, principalmente, dois tipos de calcários [1]: o calcário dolomítico creme do Sinemuriano de Coimbra e o calcário oolítico branco do Dogger de Cantanhede, mais conhecidos na região como a pedra amarela e a pedra de Ançã, respectivamente. Coimbra desenvolveu-se numa região rica em calcário dolomítico (pedra amarela), motivo pelo qual muitos dos seus monumentos, tais como a Sé Velha e a igreja de Santa Cruz, têm por base esta matéria-prima. A pedra de Ançã, conhecida pela facilidade com que é trabalhada (característica associada à sua fraca dureza e resistência ao esmagamento), foi a eleita para as construções mais nobres de Coimbra, das quais se destaca a Porta Especiosa na Sé Velha e a Porta Férrea na Universidade de Coimbra.

2.1 Factores de alteração das pedras

A alteração ou decaimento das pedras calcárias está associada a quatro factores [1]:

- *Factores climáticos*: destes destaca-se a acção da água (chuva, condensações, fenómeno de gelo-degelo) e variações de temperatura;

- *Factores físicos*: em que as solicitações mecânicas estáticas (cargas a que a pedra está sujeita) e as solicitações mecânicas dinâmicas (choques vibracionais, sísmicos e mecânicos) são as mais relevantes;

- *Factores biológicos*: destes destacam-se a colonização biológica e a acção mecânica das raízes;

- *Factores químicos*: destes destaca-se o fenómeno de sulfatação agravado pela poluição atmosférica e que resulta na formação de gesso e crostas negras.

2.2 Elementos construtivos em pedra

Os elementos de pedra podem ser agrupados em dois grandes grupos: elementos estruturais e elementos não-estruturais. No primeiro grupo englobam-se: arcos, cunhais, paredes de cantaria, pilares, pilastras e colunas. Elementos como pilaretes, elementos de protecção vertical, elementos de vão (padieira, ombreiras) e elementos escultóricos integram-se no grupo denominado por elementos não-estruturais.

Dos elementos referidos destacam-se dois elementos estruturais: as pilastras e as colunas. Como elementos não-estruturais salientam-se os elementos de protecção vertical (balaustrada e platibanda). Na tabela 1 faz-se uma breve descrição destes elementos e das suas funções e, na figura 1, é apresentado um edifício do século XVIII, que é monumento nacional (Biblioteca Joanina da Universidade de Coimbra), onde predominam elementos de pedra.

Tabela 1: Elementos verticais de suporte e elementos de protecção vertical em pedra.

Designação	Breve descrição [2]	Principal função
Pilastra	Pilar fundido numa parede que apresenta as mesmas divisões de uma coluna. Pode dar travamento às paredes e sustentar entablamentos ou cornijas.	Sustentar qualquer construção, tais como arcos ou abóbadas. Caracterizam determinada época ou cultura
Coluna	Pilar de secção circular ou poligonal composta por base, fuste e capitel. O conjunto de várias colunas seguidas é designado por colonata.	
Platibanda	Murete de cantaria que faz o prolongamento de paredes-mestras dos edifícios, destinado a rematar as fachadas e encobrir a vista do telhado.	Proteger as pessoas do risco de queda em altura pelo que se podem encontrar em varandas, terraços e escadas.
Balaustrada	Conjunto de balaústres (pequenas colunas) que funcionam como prumos que sustêm um parapeito ou guarda-mão e formam uma barreira.	

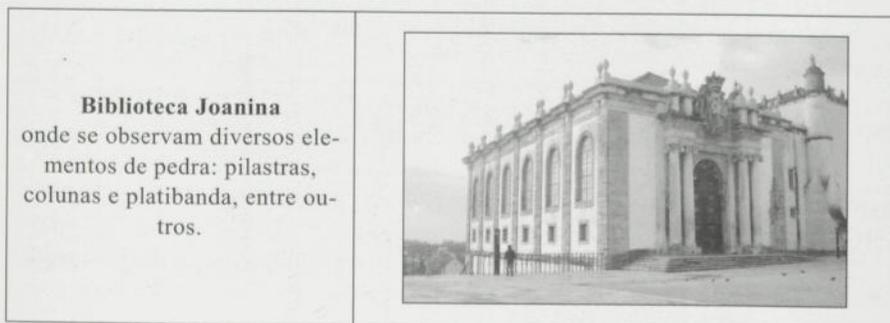


Figura 1: Biblioteca Joanina – Universidade de Coimbra.

3 Metais mais utilizados nos Monumentos

Os metais existem na natureza sob a forma de minério, pelo que lhe é necessário fornecer energia para que se obter o metal tal como é conhecido. Ao longo do tempo, este tende a evoluir para o seu estado de menor energia que corresponde à sua forma primitiva. Este fenómeno é vulgarmente conhecido por corrosão[‡] e é tanto maior quanto maior for a quantidade de energia necessária para a sua produção. Existem dois tipos de metais: os ferrosos (que contêm ferro) e os não ferrosos. Estes últimos têm uma maior resistência à corrosão, comparativamente com os metais ferrosos [3]. Na tabela 2 são apresentados os metais mais utilizados nos edifícios históricos.

Tabela 2: Metais ferrosos e metais não ferrosos: breve descrição e exemplos de utilização nos monumentos portugueses.

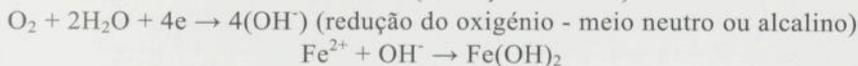
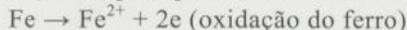
Metais	Designação	Breve descrição	Exemplos de utilização
Metais ferrosos	Ferro (Fe)	Metal de cor cinza escuro cujo minério existe na crosta terrestre com maior abundância. É o maior constituinte do ferro forjado e do aço e é também o metal mais utilizado no sector da construção.	Guardas de protecção de varandas e escadas. Gatos e grampos de reforço. Grades de vedação de vãos e portões.
	Aço inoxidável	Aço que contém cromo e níquel. Quando exposto à atmosfera desenvolve uma camada protectora que funciona como filme passivante que reduz a velocidade de corrosão (10^3 a 10^6 vezes menor).	Grampos e varões de reforço. É utilizado em acções de reabilitação em substituição de elementos de ferro deteriorados.
Metais não ferrosos	Chumbo (Pb)	É o metal, de cor cinza, com maior durabilidade. Caracteriza-se pela sua maleabilidade e por apresentar um ponto de fusão baixo (327°C). É também um metal bastante macio.	Ligação entre o ferro e a cantaria: ferragens, gatos. Tubagem de águas antigas.
	Cobre (Cu)	Tem uma durabilidade elevada e é bastante resistente à corrosão. Apresenta tons salmão e, quando exposto ao ar, desenvolve uma patina protectora com tons esverdeados.	Coberturas, rufos, esculturas, tubagem de águas. Gatos e grampos de reforço.

3.1 Fenómeno da corrosão

O ferro é um dos metais mais susceptível ao fenómeno da corrosão, que pode ser definido como a deterioração de um material por acção do meio en-

[‡] Existem vários tipos de corrosão e factores que influenciam este fenómeno, mas que não serão abordados neste artigo.

volvente. Trata-se de um fenómeno electroquímico [4] em que há transferência de electrões (e), na presença da água, que recebe os iões formados (Fe^{2+}):



O hidróxido $\text{Fe}(\text{OH})_2$, que mais tarde dá origem à ferrugem, é relativamente solúvel e origina produtos soltos e porosos que ocupam um volume superior ao inicialmente ocupado pelo metal.

Quando o metal está inserido em elementos de pedra, as tensões provocadas pelo seu aumento de volume podem atingir valores de tal ordem que provocam a fractura da cantaria.

3.2 Acessórios metálicos: tipos e funções

No estudo que está a ser desenvolvido entendeu-se agrupar os acessórios metálicos em três grandes grupos, de acordo com as funções que estes desempenham. Assim, há a considerar, no primeiro grupo, os “acessórios de reforço e/ou correctivos” nos quais se incluem os grampos e varões. Um outro grupo engloba os portões, os gradeamentos de vão (palanquim, grade de entalar e grade de fecho de vão) e os gradeamentos de protecção com a função específica de proteger as pessoas e o espaço envolvente ao edifício (guardas utilizadas em varandas, escadas e na delimitação do terreno). A este grupo foi dada a denominação de “acessórios de fecho e/ou vedação”. Foi criado um terceiro grupo ao qual se deu o nome de “acessórios de suporte” porque contribuem para o suporte ou fixação de outros elementos tais como as ferragens ou chumbadouros (aros de caixilharia) e gonzos (portões metálicos). De todos os acessórios enumerados, destacam-se os do primeiro grupo apresentado: acessórios de reforço e/ou correctivos. Na tabela 3 é apresentada uma breve descrição, quer dos grampos, quer dos varões, a sua função específica e a sua esquematização.

As figuras 2 e 3 apresentam exemplos de utilização de grampos em espaços da Universidade de Coimbra. O primeiro conjunto de fotografias apresentado refere-se à Entrada Poente do Paço das Escolas, conhecida por Escadas de Minerva (deusa da sabedoria e da razão), cuja entrada se faz por um portão inserido num pórtico de cantaria, e que é um exemplo de como os grampos são utilizados na ligação de elementos de cantaria. O segundo conjunto refere-se às escadas que permitem aceder, pelo lado Nascente, à Via Latina, também no Paço das Escolas. Aqui é possível ilustrar a função correctiva dos grampos uma vez que as pedras nas quais os prumos da guarda da escada estão chumbados estão fracturadas.

Tabela 3: Acessórios metálicos: breve descrição e representação esquemática.

Grupo	Designação	Descrição	Função	Representação esquemática
Acessórios de reforço e/ou correctivos	Grampos	Barra chata em forma de U com extremidades em cauda de andorinha ou unha rachada.	- Unir ou consolidar dois blocos de cantaria (função de reforço). - Garantir a ligação de uma peça que está partida (função correctiva).	
	Varões	Peça rectilínea com extremidade lisa e de secção circular.		

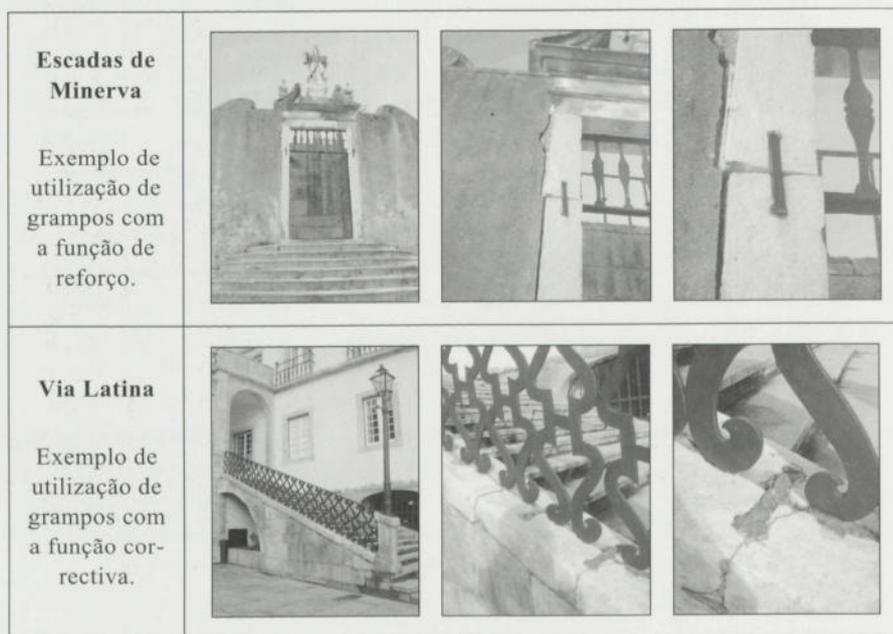


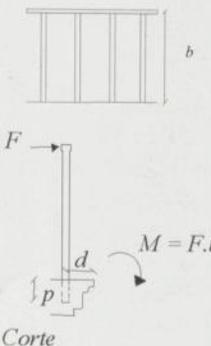
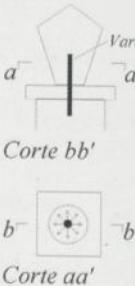
Figura 2: Fotografias ilustrativas da utilização de grampos em espaços históricos da Universidade de Coimbra.

4 Combinação da pedra com os acessórios metálicos

Para o estudo que está a ser realizado, e após a identificação dos elementos de pedra a considerar bem como dos acessórios metálicos, é possível, e neces-

sário, elaborar uma listagem de diferentes combinações entre os diferentes elementos considerados relevantes. Neste documento apenas se apresentam dois tipos de combinações e respectivos mecanismos de interacção. Na tabela 4 é feita a descrição de uma patologia para a combinação considerada, propondo-se causas prováveis e consequências decorrentes da patologia apresentada.

Tabela 4: Diferentes tipos de combinações, descrição das patologias encontradas, suas causas e consequências e representação esquemática do mecanismo de interacção.

Combinação	Patologia: descrição, causa e consequência	Representação esquemática
<p>A) Guarda de protecção metálica cravada em pavimento de cantaria.</p>	<p>A peça de cantaria na qual os prumos da guarda estão chumbados apresenta-se fracturada. Esta pode ser contínua ou localizada, dependendo do espaçamento entre prumos, da profundidade p a que estão cravados e da distância d ao extremo da peça. Entre as causas possíveis podem ser assinaladas: montagem pouco cuidada da guarda; acção mecânica das raízes de vegetação existente na junta; força horizontal F aplicada no guardamão (efeito alavanca) e ainda a corrosão dos prumos. Como consequência apontar-se-á o destacamento parcial da cantaria que pode pôr em risco a vida humana, no caso desta se localizar em zonas altas.</p>	
<p>B) Varão metálico (ferro) utilizado no reforço da ligação entre dois blocos de cantaria.</p>	<p>Na ligação de diferentes peças de cantaria, é comum que uma delas (a de menor secção) apresente fracturas que divergem radialmente do centro para a sua periferia. Outras vezes esta já não existe e é visível a existência de um varão de ferro em avançado estado de corrosão que, por se tratar de um fenómeno expansivo, introduz tensões elevadas no interior da peça de cantaria levando-a à fractura. Esta solução é muito utilizada em elementos escultóricos, pelo que o património artístico fica seriamente afectado.</p>	

A figura 3 apresenta fotografias que ilustram as patologias referidas. O primeiro conjunto diz respeito à guarda de protecção do terraço existente no topo da Torre da Universidade de Coimbra e pretende ilustrar a patologia apontada na combinação “A”. O segundo grupo de fotografias, que pretende apresentar a patologia referida para a combinação “B”, diz respeito a um elemento escultórico existente na varanda da Via Latina (Paço das Escolas – Universidade de Coimbra). O trabalho de pesquisa em curso visa a posterior identificação, exaustiva e sistemática, dos mecanismos de deterioração na interacção pedra-metal e respectiva metodologia de reabilitação.

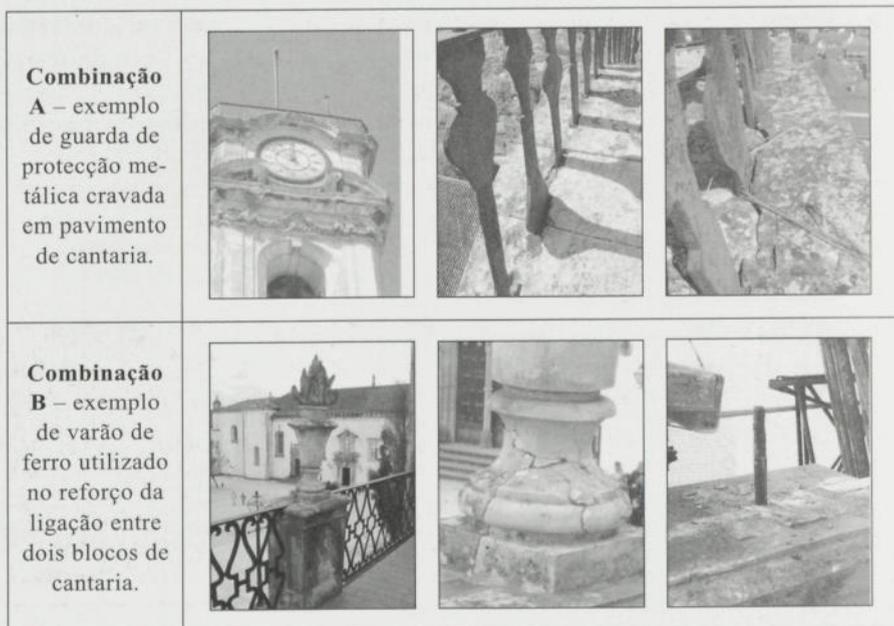


Figura 3: Fotografias ilustrativas das patologias referidas em cada uma das combinações enumeradas.

5 Estudo de Caso

5.1 Justificação da intervenção

A Universidade foi fundada em 1290 por D. Dinis, tendo-se fixado definitivamente em Coimbra em 1537 nos edifícios cuja evolução conduziu ao actual Paço das Escolas. Este espaço integra os seguintes monumentos históricos: Biblioteca Joanina, Capela de S. Miguel, Via Latina (onde se encontra a Sala dos Capelos, Sala das Armas e Sala de Exame Privado) e Colégio de S. Pedro. A riqueza arquitectónica e a história que lhes está associada constituem as principais razões para a ocorrência anual de um elevado fluxo turístico.

Ao longo dos tempos tem havido diversas obras de manutenção e reabilitação, a última das quais terminou em Fevereiro de 2005 e contemplou a reabilitação das fachadas e varandas da Via Latina. A intervenção referida teve como principais objectivos: impermeabilizar as varandas; devolver à fachada as características primitivas (rebocos à base de cal em substituição de rebocos de base cimentícia) e todos os trabalhos de tratamento e consolidação dos elemen-

tos de cantaria. Esta obra integrou ainda a reabilitação da balaustrada de cantaria existente no topo das varandas que ladeiam o pórtico central, que dá acesso ao interior do edifício. Os balaústres que a compõem apresentavam fracturas nas zonas de menor secção, estando completamente soltos, como se pode constatar pelas fotografias apresentadas na figura 4. Tal facto tornou urgente o reforço da ligação dos elementos da cantaria. O estado da balaustrada era perigoso na medida em que punha em risco a sua conservação e a vida dos utentes e turistas que todos os dias ali passam.



Figura 4: Estado de degradação da balaustrada existente no topo das varandas da Via Latina.

5.2 Reabilitação da Balaustrada

A reabilitação da balaustrada foi realizada por técnicos especializados em restauro de cantarias, pertencentes a uma empresa com reconhecido mérito nesse domínio. Os trabalhos processaram-se na seguinte sequência:

- a. Retirada do guarda-mão e sua arrumação cuidada, seguida do levantamento dos balaústres, um a um, e seu acondicionamento cuidadoso;
- b. Marcação do eixo de cada balaústre danificado;
- c. Perfuração cuidada das peças com broca adequada;
- d. Limpeza do furo e zona envolvente;
- e. Aplicação de resina epóxica;
- f. Colocação do varão de reforço em aço inox;
- g. Colagem dos elementos (varão e balaústre);
- h. Montagem dos balaústres;
- i. Colocação de guarda-mão;
- j. Refechamento das juntas.

A figura 5 ilustra algumas das etapas referidas.

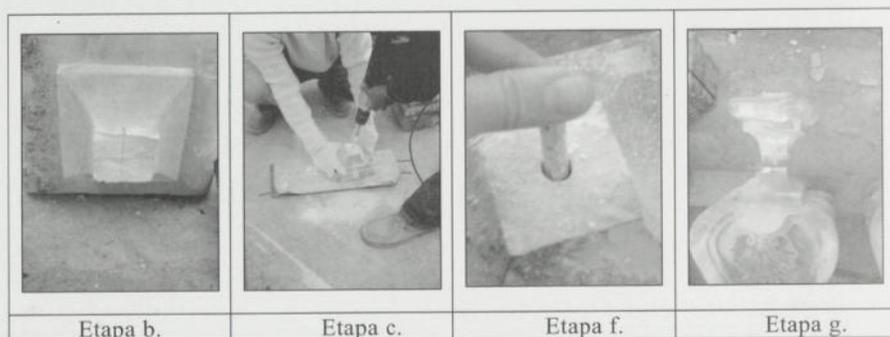


Figura 5: Reabilitação da balaustrada – sequência de trabalhos.

A solução de reforçar a ligação dos elementos de cantaria com elementos metálicos é utilizada desde o início do séc. XX. No entanto, o recurso a varões e grampos de ferro mostrou-se pouco eficaz tendo em consideração o fenómeno de corrosão a que este material está sujeito. Tal como já foi referido, o aço inox quando exposto ao ar, desenvolve um filme protector que diminui a velocidade de corrosão, tornando este material adequado à consolidação e ligação de elementos de cantaria.

5.3 Nota final

Tratando-se de património histórico e cultural, o trabalho de reabilitação requer, por parte de quem o planeia e executa, o domínio de conhecimentos teóricos e técnicos que garantam a manutenção/consolidação dos diferentes materiais envolvidos. Tal facto faz com que seja urgente apostar, não só na investigação, mas também na formação de profissionais, adequando o seu perfil às exigências do mercado e aos requisitos das suas funções técnicas específicas.

6 Bibliografia

- [1] Aires-Barros, Luís. *As rochas dos monumentos portugueses. Tipologias e patologias*, Lisboa: IPPAR, Abril de 2001.
- [2] Branco, J. Paz. *Dicionário Técnico de Construção Civil*. Queluz: Coop-técnica/EPGE, Julho de 1993.
- [3] Ashurts, John et al. *Practical Building Conservation. English Heritage Technical Handbook. Volume 4 – Metals*. Gower Technical Press, 1989.
- [4] Castro, Elda de & Cravo, M.^a do Rosário. *Memória n.º 689. A civilização e a deterioração dos monumentos de pedra*. Lisboa: LNEC, 1987.

INSPECÇÃO E AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS PÉTREOS EM FACHADAS

Caso de Estudo

F. Rodrigues* R. Vicente† H. Varum‡ A. Velosa§
frodrigues@civil.ua.pt romvic@civil.ua.pt hvarum@civil.ua.pt avelosa@civil.ua.pt

Resumo

A avaliação da durabilidade é essencialmente uma verificação de que uma determinada edificação cumpre o uso para que foi projectada durante o seu ciclo de vida. Assim as especificações de durabilidade devem ser estabelecidas e consideradas em todas as fases do processo de construção, por todos os intervenientes: dono da obra, projectista, entidade executante e utilizador.

Presentemente manifesta-se em muitos casos de forma precoce, a falta de durabilidade dos sistemas construtivos empregues no revestimento exterior de fachadas de edifícios, através de anomalias que se reflectem na envolvente externa e em superfícies interiores.

Este artigo apresenta uma investigação sobre o estado de degradação do revestimento de fachada de um empreendimento recente, constituído por seis edifícios em banda, dispostos em U, para cujo revestimento de fachada foi preconizada uma solução de colagem de pedra natural com dimensões de 690mm x 450mm, aplicada directamente sobre o paramento da parede.

Efectuou-se uma inspecção detalhada às fachadas tendo-se procedido a ensaios de diagnóstico das condições de aderência (Pull-Off), para se verificarem quer as tensões de rotura à tracção do sistema de revestimento e identificar as suas interfaces de rotura, analisadas à luz das regras e exigências para este tipo de revestimento.

Neste trabalho a observação visual complementada com sondagens e ensaios em várias zonas das fachadas permitiram a recolha de dados que serviram de base para a identificação das causas das anomalias e consequente indicação de possíveis medidas correctivas.

Palavras-chave: revestimento pétreo, fachada, aderência, diagnóstico, anomalias.

* Assistente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

† Assistente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

‡ Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

§ Assistente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

1 Introdução

O aparecimento de anomalias visíveis nos revestimentos de fachada dos edifícios, são o principal motivo que leva a estudos de avaliação do respectivo estado de degradação e de identificação das respectivas causas, para se proceder à tomada de medidas de reparação e/ou substituição.

O caso de estudo apresentado refere-se à avaliação e inspecção do estado de degradação do revestimento em placas de pedra natural, de um empreendimento de habitação multifamiliar, situado em Aveiro.

O aparecimento de destacamentos e desprendimentos das referidas placas, representando um elevado risco para terceiros, levou a que fosse efectuado pelo Departamento de Engenharia Civil-Universidade de Aveiro o estudo [1]. Nesse sentido procedeu-se à recolha e análise de elementos relativos ao projecto dos edifícios, com o objectivo de se analisarem as especificações técnicas e os pormenores de execução relativos ao revestimento dos paramentos exteriores das fachadas, bem como à recolha de dados técnicos sobre os materiais e a técnica de fixação empregue. Seguiu-se um conjunto de inspecções e ensaios de diagnóstico das condições de aderência do revestimento através de ensaios Pull-Off que demonstraram valores baixos da tensão de aderência deste revestimento relativamente ao seu suporte. A falta de pormenorização e de especificação das soluções de fixação das placas de revestimento, bem como dos materiais, produtos e técnicas a aplicar, levou a que se optasse na construção, por uma solução de fixação inadequada sob os pontos de vista da durabilidade e da segurança na fase de utilização do edifício. Perante as anomalias detectadas, quer pela sua extensão quer pela sua gravidade, recomendou-se a reabilitação geral do revestimento das fachadas dos edifícios estudados.

2 Revestimentos de pedra em paramentos de edifícios

2.1 Caracterização geral

Utilizadas como revestimento de parede, as placas de pedra cumprem um papel simultaneamente estético e de protecção. Caracterizam-se geralmente por painéis rectangulares, com dimensões variáveis e com uma espessura que se encontra condicionada pelo material em si e pelas condições de aplicação. Devido à grande variedade de pedras utilizadas (em Portugal, fundamentalmente calcários e granitos de proveniências variadas), existe uma grande inconstância ao nível de características fundamentais, como a absorção de água, a resistência mecânica, a resistência aos sais e à acção gelo/degelo.

2.2 Patologias associadas

Os casos de patologia associada a este tipo de revestimentos prendem-se fundamentalmente com variações dimensionais diferenciadas de elementos de pedra e argamassas associadas, destruição de ancoragens, movimentos do suporte e rotura

das peças de pedra por problemas intrínsecos (falta de homogeneidade, dimensionamento inadequado, própria degradação).

2.3 Sistemas de colocação e regulamentação aplicável

Em Portugal, os principais sistemas de aplicação de revestimentos de pedra em edifícios são o grampeamento, ou seja, a utilização de estruturas de fixação directa entre a pedra e o suporte, pressupondo a existência de uma caixa-de-ar, e a colocação sobre camada de argamassa e cimento cola. Na inexistência de normalização europeia de regulamentação destas soluções, salientam-se as publicações do CSTB, na forma do Cahier 3264 [2], "Classification des colles à carrelage" e do Cahier 3266 [3] "Revêtements de murs extérieurs en carreaux ceramiques ou analogues collés au moyen de mortiers-colle" e a norma francesa NF P 65-202-1 [4], "Travaux de bâtiment-Revêtements muraux attachés en pierre mince - Partie 1 - Cahier des clauses techniques."

Estes documentos determinam exigências ao nível das argamassas de suporte de pedras, das características das pedras a aplicar e dos sistemas de aplicação e fixação. Consideram como sistemas de aplicação de placas de pedra em edifícios, a utilização de grampos e agrafos, definindo a sua forma de utilização, as características base a que devem obedecer e regras para a sua utilização em paramentos de paredes.

Os cimentos cola são classificados segundo classes de desempenho, sendo a aderência (inicial, após imersão em água, após acção do calor, após acção gelo/degelo) a característica principal de classificação.

Aos elementos pétreos são impostos limites de massa e de relação altura/largura. Adicionalmente, são classificados segundo a sua porosidade e dimensão. Para alturas de colocação superiores a 6m as exigências a este nível aumentam assim como as exigências relativas aos cimentos-cola.

3 Caso de estudo

3.1 Caracterização geral

O empreendimento estudado é constituído por seis edifícios em banda, de habitação multifamiliar, dispostos em U (ver figura 1), para cujo revestimento de fachada foi preconizada uma solução de colagem de pedra natural com dimensões de 690mm x 450mm, aplicada directamente sobre o paramento da parede, com excepção das pedras assentes sobre os vãos envidraçados que se encontram grampeadas. Efectuou-se uma inspecção detalhada às fachadas tendo-se procedido a ensaios de tracção Pull-Off, para verificação quer das tensões de rotura à tracção do sistema de revestimento, quer das superfícies de rotura.



Figura 1: Empreendimento estudado

3.2 Características do sistema de revestimento

A recolha de dados sobre o sistema de revestimento é essencial para se obter um conhecimento profundo sobre as características dos materiais, produtos e técnicas aplicadas. Com este objectivo procedeu-se à recolha de dados sobre as placas de pedra aplicadas, as colas e argamassas utilizadas, através de fichas de dados de segurança, estudos elaborados anteriormente, entrevistas às pessoas envolvidas na aplicação do revestimento, bem como através da análise dos projectos dos edifícios.

3.2.1 Pedra

Placas de pedra natural, de granito amarelo, de 690 mm x 450 mm, com espessura de 15 mm, e com as características constantes da respectiva de acordo com os dados da respectiva ficha técnica.

3.2.2 Processo de fixação

Da consulta efectuada ao projecto dos edifícios verificou-se a inexistência de caderno de encargos ou especificação técnica da solução de fixação, nem pormenores referentes à sua execução. Existe apenas uma breve referência que aqui se transcreve: “as paredes exteriores serão revestidas com peças de pedra de acordo com a estereotomia apresentada em alçado”.

Na primeira fase da construção foi aplicada uma argamassa de cimento e areia, aditivada com látex, em três fiadas da fachada principal.

Numa segunda fase da construção a restante área revestida com pedra foi fixada por colagem directa sobre o paramento exterior da parede com uma cola comercial corrente. A fiada de pedra sobre os vãos envidraçados é fixada com cola e grampeada a meio num único ponto.

3.2.3 Reboco

Relativamente aos rebocos aplicados verificou-se a aplicação de dois tipos distintos de reboco, em duas fases distintas da obra.

Numa primeira fase, na fachada principal de um dos blocos, aplicou-se uma argamassa de cimento Portland e areia, com traço 1:3 e com incorporação de látex numa percentagem de 12% sobre o peso em cimento (dados recolhidos durante a elaboração de um relatório anterior solicitado ao DECUA).

Numa segunda fase da construção que envolveu os restantes edifícios, foi aplicada uma outra argamassa, cujas características não foram facultadas. No entanto, a memória descritiva do projecto de arquitectura especifica que o traço volumétrico desta argamassa deverá ser 1:4.

3.2.4 Juntas

A pedra foi aplicada com junta fechada com uma argamassa de base cimentícia.

3.3 Anomalias observadas no revestimento exterior

As principais anomalias verificadas, através da observação visual, foram (ver figura 2):

- Destacamento e desprendimento;
- Manchas de humidade;
- Fissuração.

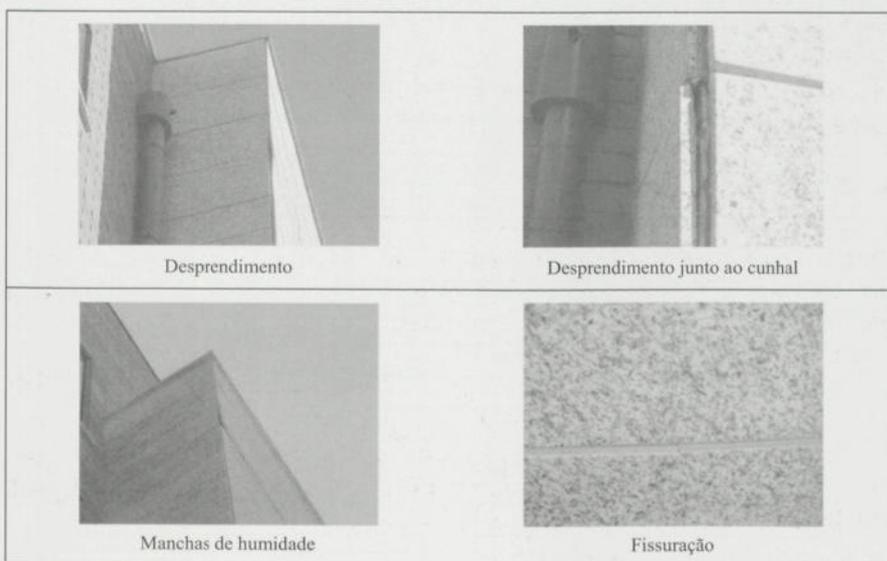


Figura 2: Anomalias observadas no revestimento exterior

O destacamento é o defeito mais gravoso encontrado, que se manifesta de forma mais evidente junto aos cunhais, aparecendo pontualmente noutras zonas das fachadas. A probabilidade de desprendimento aumenta com o peso das placas de pedra e com a acção do vento.

Observou-se a existência de humidade quer na pedra quer no suporte (tijolo e argamassa), especialmente nas zonas dos cunhais.

Verificou-se a existência de fissuras verticais, localizadas, englobando o revestimento de pedra e as juntas.

3.4 Acções de diagnóstico e ensaios

O processo de avaliação e determinação das causas a partir das manifestações e consequências é uma tarefa complexa, pela dificuldade de estabelecer relações causa-efeito devido à diversidade de problemas observados pontualmente. Os ensaios de arranque executados apesar de destrutivos, auxiliaram no processo de diagnóstico e introduziram uma maior eficiência no processo de decisão.

3.5 Resultados, avaliação e causas

Para a avaliação das condições de aderência efectuaram-se ensaios de arranque Pull-Off (ver figura 3 e 4), segundo a normativa Fe Pa 36 [5] - Revestimentos de paredes, ensaio de arrancamento por tracção, cujos resultados se apresentam na tabela 1:

Tabela 1: Resultados dos ensaios de aderência

PULL-OFF TEST					
Provete n°	Localização	Valor da força de rotura (kN)	Profundidade (mm)	Tensão de rotura (MPa)	Modo de rotura
PR1	Fachada Nascente - D5	1,37	23	0,70	Rotura pelo suporte
PR2	Fachada Nascente - D5	0,60	15	0,31	Rotura pela cola
PR3	Fachada Nascente - D5	0,45	18	0,23	Rotura pela cola
PR4	Fachada Sul Interior - D6	1,30	23	0,66	Rotura pelo suporte
PR5	Fachada Sul - D6	0,45	38	0,23	Rotura pelo suporte
PR6	Fachada Poente Interior - D5	0,75	36	0,38	Rotura pelo suporte
PR7	Fachada Poente Interior - D4	1,10	10 e 15	0,56	Rotura pela pedra
PR8	Fachada Norte Interior - D3	0,50	19	0,25	Rotura pela cola
PR9	Fachada Norte Interior - D1	0,20	29	0,10	Rotura pelo suporte
PR10	Fachada Sul Exterior - D1	2,50	46	1,27	Rotura pelo suporte
				Rotura pela cola	$\sigma_{\text{média}} = 0,26 \text{ MPa}$
				Rotura pelo suporte (2ª fase)	$\sigma_{\text{média}} = 0,41 \text{ MPa}$
				Rotura pelo suporte (1ª fase)	$\sigma = 1,27 \text{ MPa}$

O último ensaio PR10 onde se registou um valor significativamente superior de resistência à tracção, corresponde à primeira fase de construção e às fiadas de assentamento onde se utilizou argamassa aditivada com látex conforme referido no ponto 3.2.2. Os restantes valores obtidos correspondem ao sistema de fixação utilizado na 2ª fase de construção.



Figura 3: Ensaio Pull-Off

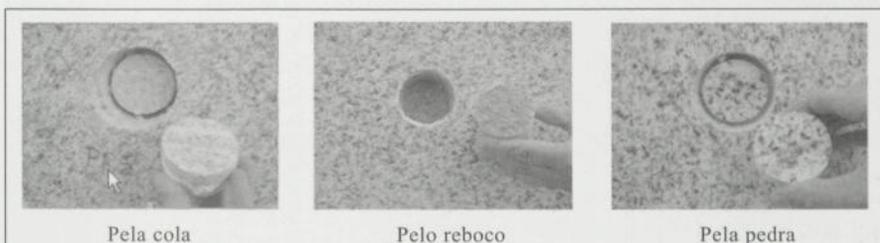


Figura 4: Modos de rotura

A especificação de projecto que indica o sistema de fixação do revestimento de pedra nas fachadas, por colagem, é incorrecto dado que para as placas de pedra com estas dimensões, as especificações técnicas do projecto deveriam ter indicado um sistema de fixação mecânica. A fixação por colagem utilizada é inadequada para este tipo de revestimento de acordo com o especificado nos documentos normativos Document Technique Unifié 55.2 [6] e BS 8298 de 1989 (British Standard Code of Practice for Design and Installation of Natural Stone Cladding and Lining) [7], seguidos por inexistência de normas portuguesas em vigor. Segundo estes documentos, a colagem só será tolerável para pedras com dimensões inferiores a 300mm x 300mm e cuja massa não exceda os 40 kg/m². O relatório do DEC-UA relativo a esta situação, efectuado em 2003, recomenda a utilização de uma solução de grampeamento.

Os problemas dos destacamentos verificados quando a pedra é colada devem-se devidos a vários factores mecânicos e físicos, tais como às tensões de origem termo-higrométrica instaladas nas interfaces pedra-cola-suporte devido

à restrição de movimentos introduzidos pela rigidez da cola e do material de preenchimento das juntas entre placas de pedra. Estas tensões são devidas quer às elevadas variações de temperatura que se verificam no revestimento quer a elevadas tensões de vapor que se originam pela presença de humidade e repelem o material de revestimento. Por outro lado, este vapor de água que se forma entre o material de revestimento e a argamassa degrada a capacidade de aderência da cola.

Apesar da grande variedade de sistemas de colagem existentes no mercado existe ainda grande desconhecimento quanto ao seu comportamento ao envelhecimento e mais propriamente às solicitações climáticas, que podem diminuir a durabilidade destes produtos. Por outro lado, as condições de aplicação poderão também estar na origem de alguns destes problemas, como as condições de limpeza quer do suporte quer da pedra, a planura da placa de pedra, a área de colocação de cola e se terá sido efectuada a dupla colagem, bem como a suficiente ou demasiada hidratação da pedra e do suporte [8, 9].

Quanto às manchas de humidade observadas, afigura-se que serão devidas à entrada de água através de juntas fendilhadas e das zonas de cunhal que sofreram desprendimentos e descolamentos importantes.

4 Acções de reabilitação e propostas de intervenção

4.1 Grau de deterioração

Da análise efectuada verificou-se uma elevada degradação do revestimento das fachadas dos edifícios, especialmente em pontos singulares, o que configura uma situação de elevado risco para terceiros.

4.2 Evolução do processo de deterioração, capacidade resistente e segurança

Segundo o especificado pela Directiva dos Produtos da Construção, um revestimento de parede deve respeitar especialmente, entre outras, as seguintes exigências de desempenho: estabilidade e segurança no uso, que pelas características do sistema de aplicação não se encontram verificadas.

Verifica-se uma degradação precoce do sistema de revestimento exterior aplicado no edifício. Com uma intervenção rigorosa e profunda sobre o revestimento das fachadas, conseguir-se-á aumentar a sua qualidade e durabilidade, eliminando-se o risco para os utilizadores e terceiros.

4.3 Propostas de intervenção

Da análise efectuada considerou-se premente e viável a reabilitação geral do revestimento de fachada dos edifícios, pelo que de acordo com as especificações técnicas internacionais já referidas, foram indicadas as seguintes acções e recomendações:

i) Ao nível do projecto proceder-se a uma concepção pormenorizada das soluções de fixação do revestimento, materiais e produtos a aplicar e técnicas de aplicação. Justifica-se esta acção pela grande área de revestimento e pela sua representatividade económica no valor global dos edifícios.

ii) As fixações devem ser mecânicas com definição de uma lâmina de ar ventilada de forma a minimizar as infiltrações de água. Este problema pode também ser acautelado através do tratamento correcto (impermeabilização) do suporte. A selecção e escolha das fixações devem ter em conta o tipo e dimensão da pedra mas também as características resistentes do suporte.

iii) No caso de se optar por um sistema de fixação com junta fechada, as juntas, cuja largura deve ser de pelo menos 5mm, devem ter capacidade de deformação pelo que se deve utilizar uma argamassa cujos componentes garantam baixo módulo de elasticidade e rigidez para que a fendilhação seja minimizada. Deve-se ainda garantir a criação de juntas elásticas, quer verticais quer horizontais, preenchidas com material resiliente, nomeadamente em pontos singulares que garantam a absorção dos movimentos de origem mecânica e física.

iv) A mão-de-obra de aplicação deve estar capacitada quanto às exigências de manuseamento e execução de todos os elementos do sistema para que se garanta a sua qualidade e bom funcionamento e sem introduzir fragilidades noutros pontos.

v) Para se garantir a durabilidade e eficácia do sistema de revestimento tem que existir o planeamento de intervenções de inspecção e manutenção preventiva das fachadas.

5 Conclusões

A representatividade económica e os riscos inerentes à falta de segurança de revestimentos pétreos em fachadas justificam que as equipas de projecto procedam a uma concepção exigencial e pormenorizada do tipo de sistemas preconizados. A não especificação dos sistemas correctos de fixação de placas de pedra em revestimentos de fachada poderá levar ao aparecimento de patologias graves que se traduzem em perdas de qualidade e consequentemente de durabilidade dos edifícios e em situações de elevado risco para terceiros conjuntamente com avultadas perdas económicas.

O caso de estudo apresentado oferece uma valiosa informação a partir do qual se poderá orientar um processo de avaliação e diagnóstico em revestimentos de pedra, discutindo algumas causas e indicando algumas acções de intervenção que mais não são do que premissas de uma boa concepção destas soluções.

6 Bibliografia

- [1] Análise da adesão de rebocos com látex sobre paredes de Alvenaria. DECUA, 2003, Aveiro.
- [2] Cahier du CSTB 3264. Classification des colles à carrelage, définitions et specifications. Octobre 2000.
- [3] Cahier 3266 Revêtements de murs extérieurs en carreaux ceramiques ou analogues collés au moyen de mortiers-colle, Octobre 2000.
- [4] NF P 65-202-1 Travaux de bâtiment-Revêtements muraux attachés en pierre mince – Partie 1 – Cahier des clauses techniques.
- [5] Fe Pa 36 - Revestimentos de paredes, ensaio de arrancamento por tracção, Lisboa, LNEC, Abril 1986.
- [6] Groupe de Coordination des textes techniques – Travaux de revêtements muraux attachés en pierre mince. Cahier des charges. Paris. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Décembre, 1979. Document Technique Unifié (DTU) n.º 55.2.
- [7] British Standard Institution (BSI) – British Standard Code of practice for design and installation of natural stone cladding and lining. London, BSI, BS 8298: 1989.
- [8] Lucas, J. Carvalho. Classificação geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou de betão. LNEC, Lisboa, 1990. ITE 24.
- [9] Veiga, M. Rosário – Revestimentos exteriores de placas de pedra. Aspectos técnicos. Construção Magazine, n.º 4, Ano 1, 4º trimestre de 2002, p. 11-14.

PEDRA NATURAL – UM MATERIAL ÚNICO

Frank Hesselbarth*
frank.hesselbarth@maxit.de

Kim Rosenbom*
kim.rosenbom@maxit.pt

João Garcia†
joao.garcia@maxit.pt

Marta Antunes†
marta.antunes@maxit.pt

Resumo

A pedra natural está associada a uma imagem de indestrutibilidade e elevada qualidade. Consequentemente, é utilizada numa grande variedade de aplicações – azulejos, revestimentos de fachadas, escadarias, balcões de casas de banho ou cozinhas.

Ao contrário dos revestimentos cerâmicos, cada pedra natural é uma peça única, podendo aparentar aspectos e características diferentes, mesmo provenientes da mesma origem. As principais patologias associadas a estes materiais são a descoloração, descolamento ou eflorescências, entre outras, representando a água um papel significativo como causa próxima da maior destes fenómenos. A especificação dos métodos de fixação e dos respectivos materiais é decisiva neste tipo de aplicações, nomeadamente as características relacionadas com a aderência e tempos de secagem dos adesivos seleccionados. A presente comunicação pretende apresentar uma visão geral das tipologias de pedras naturais existentes, principais anomalias associadas, possíveis causas e aspectos técnicos relacionados com os adesivos e argamassas de betumação geralmente associados.

Palavras-chave: Pedra Natural, Descoloração, Eflorescência, Impermeabilização.

1 Introdução

A utilização de pedras naturais em áreas residenciais, comerciais ou mesmo industriais tornou-se generalizada em Portugal. Em contraste com o observado

* VP Commercial Development – maxit Group.

† I&D maxit Portugal.

há 15 ou 20 anos, quando o mercado Europeu preferencialmente utilizava granito e mármore vindo de Itália, Espanha, Grécia ou Turquia, verifica-se actualmente que cerca de 46,5 % da importação de pedra natural (placas padronizadas e calibradas) é proveniente da China [1], existindo uma enorme variedade de escolha destes materiais.

A estas aplicações, estão geralmente associadas anomalias, muitas delas de índole estético, como sejam por exemplo manchas escuras em peças de granito ou descoloração acastanhada em mármore, as quais originam motivos de discordância e descontentamento entre os elementos do processo de selecção e aplicação dos materiais, projectistas, fabricantes e aplicadores.

2 Pedras Naturais

Existem alguns factores que devem ser tidos em consideração para assegurar a correcta fixação da pedra natural, nomeadamente a adequabilidade às tensões instaladas, características do suporte, dimensões e graus de absorção das peças e materiais utilizados na fixação. A Tabela 1 apresenta algumas das principais pedras utilizadas e algumas das principais características associadas.

Tabela 1: Grupos e propriedades características de algumas pedras naturais.

Grupo	Sub-grupo	Exemplos	Principais características
Pedras Magmáticas	<i>Plutonite</i>	Granito, diorato, gabro	matriz geralmente compacta, baixa absorção de água, dureza elevada, geralmente de fácil fixação
	<i>Vulcanite</i>	Pórfiro, basalto, diabase	textura fluida, dureza elevada, apresentando no entanto tendência para deformação
Pedras Sedimentares	<i>Clásticas</i>	Arenito, aglomerados, wacke cinzenta	grande variação, níveis de resistência muito diferentes
	<i>Biogénicas</i>	Pedra calcária, marga	formação a partir de resíduos de fósseis de animais e plantas, muitas vezes ainda detectável
	<i>Químicas</i>	Travertino, ónix	frequentemente não resistente aos ácidos devido a um elevado teor de cal
Pedras Metamórficas	<i>Metamórficas de contacto</i>	-	baixo nível de significância
	<i>Metamórficas regionais</i>	Mármore, gneisse, quartzito, ardósia, serpentinite	formação a partir da transformação de pedra, grande variação

Os três grupos principais diferenciam-se segundo os métodos de formação das próprias pedras.

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam algumas das principais características de pedras naturais correntes e os eventuais riscos de anomalias associados. Em cada tabela é abordado especificamente cada um dos grupos anteriormente tipificados.

As Pedras Magmáticas são o resultado do processo de solidificação do magma. Na sua grande maioria são bastante duras e resistentes. Exemplos típicos são o Granito e o Basalto.

Tabela 2: Riscos de anomalias das pedras naturais Magmáticas

Exemplo	Resistência ao gelo	Possibilidade de polimento	Aderência	Risco de descoloração	Risco de eflorescência
Plutonites					
<i>Granito</i>	sim	sim	problemático	possível	não
<i>Diorato</i>	sim	geralmente	problemático	possível	não
<i>Gabro</i>	sim	geralmente	problemático	não	não
<i>Sienito</i>	sim	sim	problemático	não	não
Vulcanites					
<i>Pórfiro</i>	sim	sim	não há problema	raramente	possível
<i>Basalto, Dolerito</i>	sim	sim	não há problema	não	não
<i>Traquito (Basalto-Lava)</i>	sim	raramente	não há problema	não	não
<i>Diabase</i>	sim	sim	não há problema	não	não

As Pedras Sedimentares formam-se por sedimentação de partículas e pedra soltas, aquando da sua solidificação. O arenito, como exemplo, é areia que foi compactada sob elevada temperatura e elevada pressão, durante milhões de anos. Algumas pedras como a *Muschelkalk* representam restos de conchas de fósseis sedimentadas. Algumas propriedades podem ser variáveis neste grupo de manterias, por exemplo a absorção de água ou a resistência à .

O terceiro grupo, Pedras Metamórficas, resulta da transformação de pedra a elevadas temperaturas e pressão, em zonas do subsolo inferiores. Exemplos típicos são o mármore e a ardósia [2].

Tabela 3: Riscos de anomalias das pedras naturais Sedimentares

Exemplo	Resistência ao gelo	Possibilidade de polimento	Aderência	Risco de descoloração	Risco de eflorescência
---------	---------------------	----------------------------	-----------	-----------------------	------------------------

<i>Arenito</i>	geralmente	raramente	problemático	possível	raramente
<i>Pedra calcária arenosa</i>	geralmente	raramente	problemático	possível	raramente
<i>Aglomerados</i>	sim	raramente	não há problema	possível	possível
<i>Brecha</i>	geralmente	mediano	não há problema	raramente	possível
<i>Kalke, Dolomite, denso</i>	sim	geralmente bom	não há problema	raramente	não visível
<i>Pedra calcária</i>	raramente	mediano	não há problema	raramente	possível
<i>Muschelkalk</i>	sim	mediano	não há problema	possível	possível
<i>Travertino</i>	geralmente	mediano	não há problema	raramente	não visível

Tabela 4: Riscos de anomalias das pedras naturais Metamórficas

Exemplo	Resistência ao gelo	Possibilidade de polimento	Aderência	Risco de descoloração	Risco de eflorescência
<i>Mármore</i>	geralmente	mediano	não há problema	possível	possível
<i>Mármore Dolomite</i>	geralmente	mediano	não há problema	sim	sim
<i>Serpentinite</i>	raramente	mediano	não há problema	não	não
<i>Granulite</i>	sim	sim	problemático	possível	não
<i>Gneisse, Migmatite</i>	sim	sim	problemático	possível	não
<i>Quartzito</i>	sim	sim	problemático	não	não
<i>Ardósia</i>	raramente	não	problemático	não	não
<i>Ardósia argilosa</i>	sim	não	problemático	não	não

3 Anomalias e causas associadas

Tal como referido, a estes materiais estão geralmente associadas anomalias, mais ou menos tipificadas, que decorrem da conjugação de vários factores adversos. Particularizando as anomalias relacionadas com a humidade, observa-se frequentemente alterações na cor da pedra ou das juntas. Esta humidade pode ser proveniente do exterior (chuva, infiltrações ou processos de limpeza), ou pode ter origem no próprio suporte (humidade ascensional ou da própria construção ou humidade excessiva nos materiais constituintes).

3.1 Alterações de tonalidade

A alteração de tonalidade é muito observada neste tipo de aplicações. Estas alterações podem traduzir-se na presença de manchas escuras de humidade (Figura 1) em locais isolados ou de forma reprodutível e generalizada em toda a extensão do revestimento. Em algumas situações, estes fenómenos podem deixar de ser visíveis, embora o mais frequente é que permaneçam observáveis ao longo da vida do revestimento, sendo nestes casos a humidade proveniente da interface adesivo / pedra, do próprio adesivo ou do suporte.

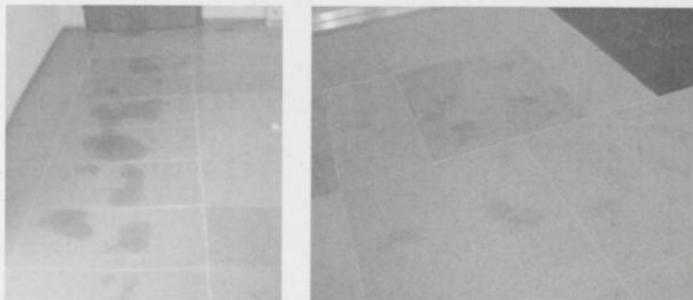


Figura 1: Alterações de tonalidade em locais isolados.

Um outro exemplo tem a ver com a descoloração do material de preenchimento das juntas entre as peças (Figura 2), pouco tempo após a sua aplicação, quer seja este material de origem mineral ou à base de silicone.

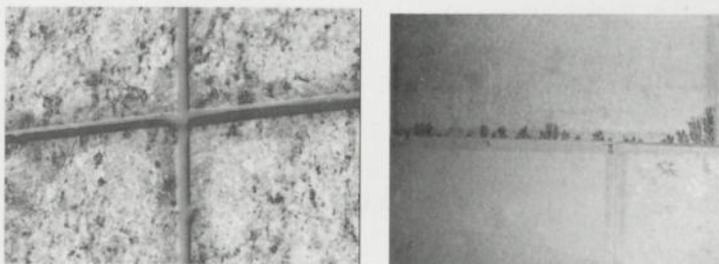


Figura 2: Descolorações nas juntas.

As causas associadas a estes fenómenos estão geralmente relacionadas com o tempo de secagem excessivo do adesivo e do material utilizado na betumação das juntas entre as peças.

Um último exemplo destas anomalias tem a ver com a observação de descolorações em locais isolados (Figura 3). Tal pode suceder pouco tempo após a

fixação, ou posteriormente, semanas ou meses mais tarde. Em qualquer dos casos, as razões estão relacionadas com o transporte de corantes, na presença de humidade, da parte de trás para a superfície da pedra. Os elementos corantes podem existir na própria pedra e serem transportados dissolvidos na água em ascensão. Podem também existir partículas de ferro ou similares no suporte que sejam igualmente transportadas com a água através da pedra.



Figura 3: Exemplos de descolorações localizadas.

Em resumo, existem três causas maioritariamente possíveis para explicar os fenómenos de alteração na tonalidade ou descolorações de pedras naturais (Figuras 4 e 5) (4):

1. Penetração de substâncias descolorantes durante a utilização;
2. Descoloração no interior da pedra;
3. Penetração de substâncias descolorantes a partir do suporte (betonilha, adesivo).

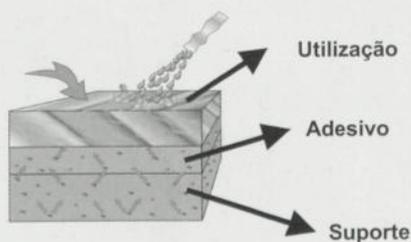


Figura 4: Esquematização das causas de descoloração em pedras naturais.

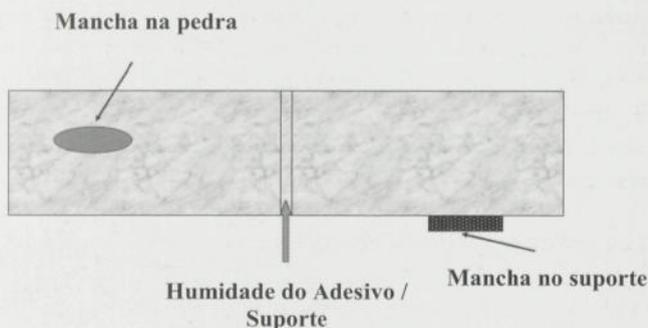


Figura 5: Aparência das manchas à superfície.

3.2 Eflorescências

Um outro fenómeno geralmente observado é a presença de sais na superfície do revestimento ou das argamassas de betumação, que originam escorrências sobre a superfície da pedra (Figura 6). A este fenómeno é dada a designação geral de eflorescência, causado maioritariamente por uma migração de sais solúveis, na presença de humidade. Em geral existem dois tipos de eflorescências, diferenciadas numa coloração branca ou cinzenta, consoante sejam à base de cal ou à base de silicatos, originados por reacção de silicatos alcalinos.



Figura 6: Exemplos de eflorescências.

Em qualquer dos casos, a água é responsável pelo transporte de sais de cal ou silicato. A água que tem origem no suporte pode transportar cal ou silicato dissolvido em direcção à superfície. Uma vez atingida, a água evapora e os sais cristalizam em forma de eflorescência visível.

4 Diagnóstico

Quando se observa uma anomalia, as causas associadas são frequentemente relacionadas através de técnicas de diagnóstico adequadas. O diagnóstico é muitas vezes realizado por aproximações sucessivas, integrando os diferentes dados recolhidos durante a investigação. Esta recolha deve consistir na análise de informações anteriores à execução, como sejam a análise dos diversos elementos do projecto, durante o decorrer da mesma, recorrendo a relatos de obra e condições de aplicação, e no decurso da sua utilização.

Um dos métodos utilizados para verificação da existência de humidades ascensionais consiste na utilização de um filme de polietileno colado sobre o revestimento, com uma dimensão mínima de 50 cm x 50 cm, o qual deve ser mantido no local durante cerca de 24 horas. Quando ao fim deste tempo se observa condensação no filme plástico, conclui-se que o pavimento apresenta humidade superior ao recomendado

Na presença de eflorescências, é importante identificar o tipo de sais observados. Um método expedito consiste na limpeza destes com algumas gotas de um agente de limpeza ácido. No caso de se observarem bolhas de gás imediatamente visíveis, conclui-se que são constituídas por cal enquanto, no caso de não haver reacção, se pode concluir que se tratam de eflorescências de silicato.

5 Prevenção e reparação

Tendo em conta que a água se apresenta como principal responsável por originar alterações indesejadas na superfície das pedras naturais, conforme já apresentado, a prevenção e previsão de soluções construtivas assumem-se como as medidas mais efectivas para minimização dos fenómenos anómalos.

As eflorescências à base de cal podem facilmente ser removidas com agentes de limpeza; enquanto as eflorescências de silicato (muitas vezes de cor amarelo - acastanhado) só são em geral removidas através de métodos de limpeza mais agressivos.

Em exteriores, só devem ser utilizadas pedras não sensíveis a descoloração, com resistência ao congelamento comprovada e baixa absorção de água. Não é recomendável a aplicação de selantes transparentes na superfície da pedra, com o objectivo de melhorar o desempenho estético, uma vez que, mais cedo ou mais tarde, esta camada pode ser destruída pelo tráfego e condições meteorológicas. Como argamassa para as juntas recomenda-se a utilização de produtos flexíveis, de presa rápida, com propriedades repelentes à água.

Como factor de segurança adicional, poder-se-á aplicar uma membrana impermeabilizante flexível entre o suporte e o adesivo, de forma a minimizar possíveis infiltrações na betonilha ou eventuais humidades ascensionais (Figura 7).

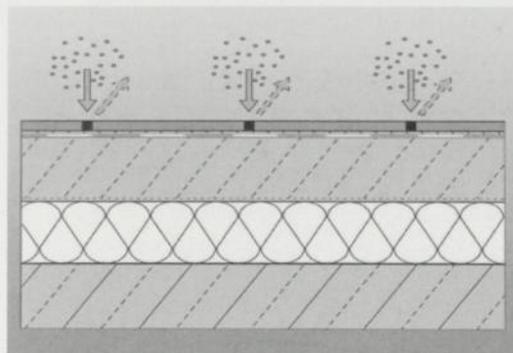


Figura 7: Eficácia da membrana de impermeabilização.

Em interiores, para a fixação e betumação de juntas entre pedras mais sensíveis a estes fenómenos, recomenda-se a utilização de produtos de presa e secagem rápidas. Recentemente, foi desenvolvida pelo grupo maxit uma tecnologia baseada na ligação de água cristalina. Resumidamente, a maioria da água de amassadura é consumida pela matriz ligante. Deste modo, o risco de descoloração por dissolução de corantes ou sais solúveis e respectivo transporte para a superfície é consideravelmente reduzido, simplesmente porque existe menor quantidade de água para evaporação. Além disso, existe um outro aspecto positivo, relacionado com o facto de o valor de pH desses produtos ser inferior, diminuindo a alcalinidade e consequentemente o potencial de dissolução, em comparação com os adesivos e argamassas de betumação de juntas tradicionais.

Em áreas que apresentem riscos de humidades ascensionais (por exemplo por contacto directo com o solo), como forma de prevenir que a humidade possa ascender, com todos os riscos envolventes, é recomendada a aplicação de uma membrana de impermeabilização, conforme já descrito.

A Tabela 5 apresenta um resumo dos produtos recomendados e as principais características associadas, devendo sempre ser previstos testes de desempenho dos mesmos.

Tabela 5: Produtos recomendados de acordo com várias situações possíveis.

Pedra Natural	Exemplo	Produtos para fixação	Exemplo
<i>Não sensível</i>	Granito Gabro	C2, presa normal ou rápida	DTM KM Flex Cerinol F20
<i>Não sensível, exteriores</i>	Granite Gabro	C2, Fluido Junta flexível	DTM KMH Flex+Fix Cerinol Flex
<i>Não sensível, cor branca, translúcida</i>	Mármore (não sensível)	C2, Adesivo branco	DTM KM Flex White
<i>Pedras sensíveis</i>	Dolomite Mármore	C2, presa e secagem rápidas	DTM KM Flex+Fix White Cerinol FN, Silicone FDX
<i>Pedras de resina</i>	Mármore de resina Quartzo de resina	C2, presa e secagem rápidas Ou adesivo epóxico	DTM KM Flex+Fix White DTM KMH Flex+Fix Plastikol Multipox

6 Conclusões

A pedra natural, como elemento de decoração, pode ser utilizada em diferentes áreas de aplicação. Infelizmente, tem-se dado pouca atenção relativamente à estratégia para fixação de pedras naturais, potenciando o risco de desenvolvimento de fenómenos anómalos, como descritos nesta comunicação, aumentando o risco de reclamações.

Como principal causa relacionada com estes fenómenos está quase sempre associada a presença de água, funcionando como meio de transporte para corantes ou sais solúveis, originando manchas de humidade ou escorrências na superfície do revestimento.

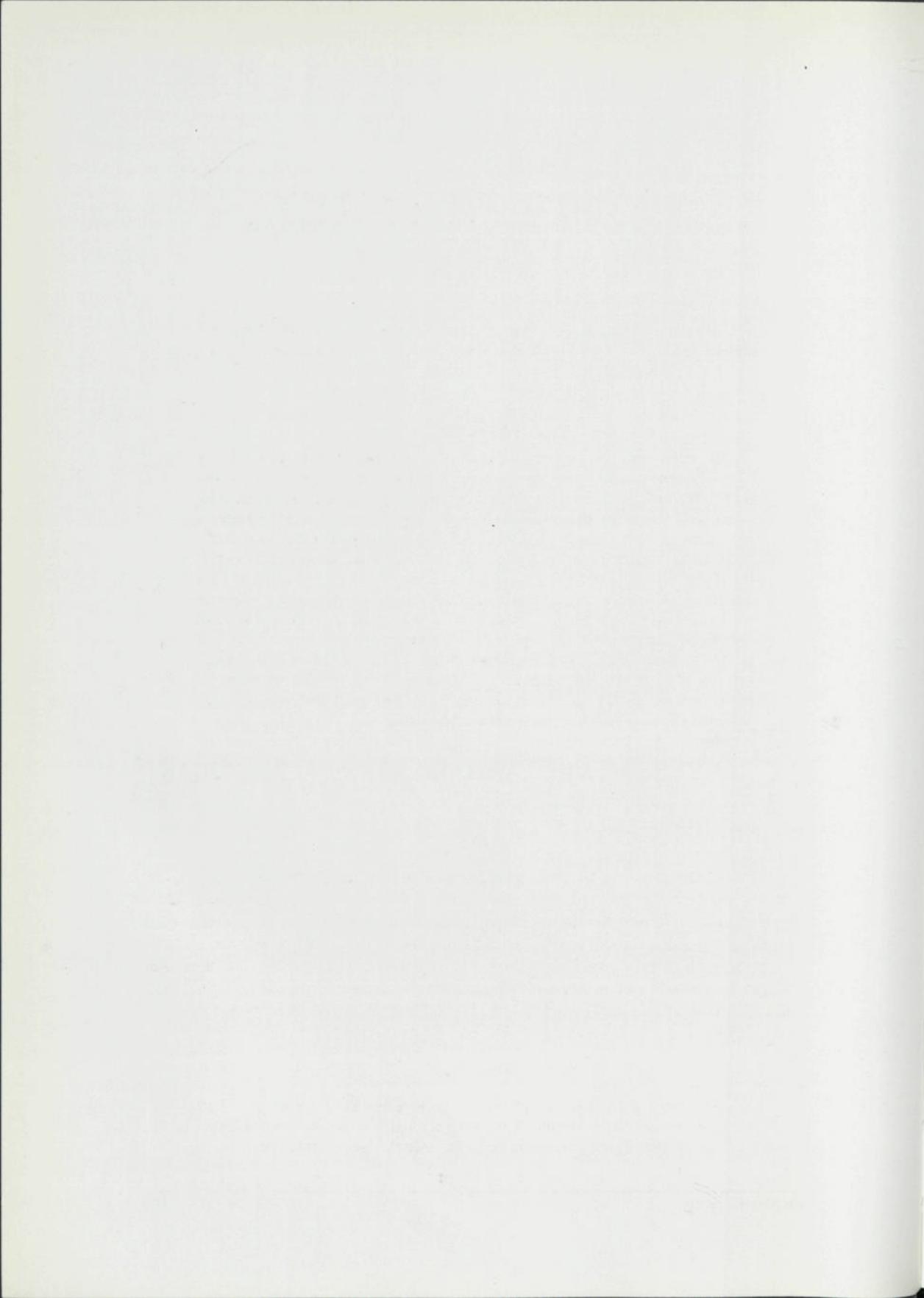
O conhecimento profundo das características dos diferentes tipos de pedras naturais, campos de aplicação e respectivas limitações, associado à selecção dos produtos utilizados na fixação e betumação destes revestimentos, deverão minimizar estes riscos e potenciar o correcto desempenho dos mesmos.

7 Bibliografia

- [1] Fliesen und Platten, 11/2005, página 42
- [2] Internet: www.natursteinnet.de/deutsch/lexikon/steinkunde.index.htm
- [3] Kownatzki, R., Info, RMC Consulting, Herzogenrath, Germany
- [4] Internet: www.natursteinnet.de/deutsch/lexikon/verlegung/index.htm



SESSÃO VIII – ARGAMASSAS / ALVENARIAS



CARACTERIZAÇÃO DAS ALVENARIAS DOS EDIFÍCIOS DA BAIXA DE COIMBRA

As Suas Anomalias Típicas

R. Vicente*
romvic@civil.ua.pt

J. A. Raimundo Mendes da Silva†
raimundo@dec.uc.pt

H. Varum‡
hvarum@civil.ua.pt

Resumo

No âmbito do Processo de Reabilitação Urbana e Social da Baixa de Coimbra iniciado pela Câmara Municipal de Coimbra foi estabelecido um protocolo com a Universidade de Coimbra, com a finalidade de realizar o levantamento exaustivo desta parte da cidade, segundo as vertentes arquitetónica, construtiva e sócio-demográfica. Foi caracterizada a construção dos edifícios antigos da Baixa de Coimbra. Esta caracterização consistiu na identificação das soluções e tecnologia construtiva, para além do levantamento das anomalias estruturais e não estruturais observadas. A inspecção dos edifícios é feita ao nível da envolvente externa e do seu interior, registando-se quer as patologias, quer as soluções construtivas relativamente às alvenarias. A inspecção é efectuada por observação visual, levantamento fotográfico exaustivo e registo em fichas de inspecção e diagnóstico. Neste artigo descrevem-se, de forma sucinta, as soluções construtivas mais frequentes das alvenarias dos edifícios inspeccionados e as anomalias observadas.

Palavras-chave: Alvenarias, caracterização, anomalias, diagnóstico, reabilitação.

1 Introdução

São apresentados os resultados parciais das inspecções desenvolvidas, que permitiram um levantamento quantificado das soluções construtivas das alvenarias e diagnóstico das anomalias mais frequentemente observadas [1]. Estes números permitem a análise e avaliação sustentada dos problemas mais relevantes em termos de segurança estrutural dos edifícios da Baixa de Coimbra. Dar-se-á particular atenção à envolvente externa dos edifícios, nomeadamente às paredes de alvenaria, catalogando as anomalias mais importantes com implicação directa na sua estabilidade global.

* Assistente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

† Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

‡ Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

Observa-se a utilização sistemática de materiais tradicionais como a madeira em estruturas de pavimento e de cobertura, pedra calcária em paredes de fachada e em guarnições de aberturas; areia do rio, cal e barro em argamassas de enchimento e rebocos; e barro, nos diversos tipos de telha e em alguns elementos de alvenaria.

2 Paredes de alvenaria resistente

2.1 As alvenarias da Baixa de Coimbra

As paredes de fachada são o rosto e imagem das zonas urbanas. A sua constituição e tipologia estão ligadas à disponibilidade de material local e técnicas construtivas adoptadas. No caso da Baixa de Coimbra, as paredes de fachada de alvenaria de pedra são as mais expressivas, com cerca de 90%.

Dentro das alvenarias de pedra incluem-se as alvenarias de melhor qualidade de pedra calcária aparelhada e as alvenarias de menor qualidade constituída por fragmentos de pedra argamassada com recurso a argamassas de cal ou barro. As alvenarias de taipa não são comuns em paredes de fachada, mas são frequentes como paredes interiores ou meeiras. Na maioria dos casos existe uma heterogeneidade do material de constituição do suporte das paredes de fachada.

Os revestimentos das paredes de fachada registados são tão diversos que em mais de 50% dos casos coexiste mais do que um tipo de revestimento por edifício. Dos resultados observados na figura 1 é preocupante verificar que em cerca de 25% dos edifícios existem revestimentos finais à base de tintas plásticas e rebocos tradicionais com base cimentícia, fruto de intervenções recentes e erradas. Apenas em 12% dos edifícios foi observado revestimento de argamassa de cal e em 11% pintura de cal, valores muito reduzidos para estes tipos de revestimentos tradicionais. Em cerca de 8% dos edifícios foi observado reboco original composto com areia de rio (crivada ou não crivada).

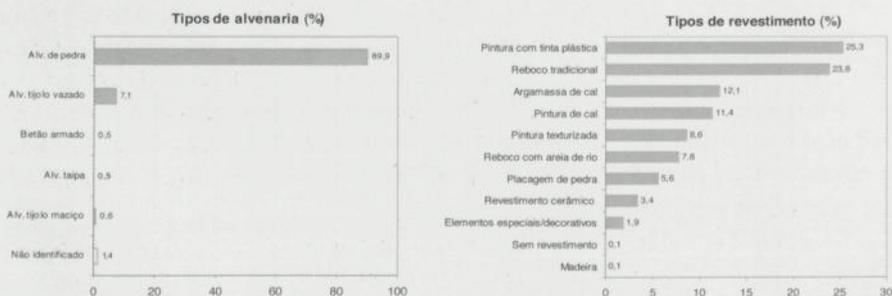


Figura 1: Alvenaria de paredes de fachada

Cerca de 88% das paredes tem redução de espessura em altura. A espessura média é de cerca de 67cm e mais de 80% das paredes tem espessura acima dos 60cm (ver figura 2a). No entanto, existe uma pequena dispersão (ver figura 2b) evidenciando com estes casos soluções muito esbeltas indicando que na maioria dos casos estas paredes não têm uma função resistente essencial.

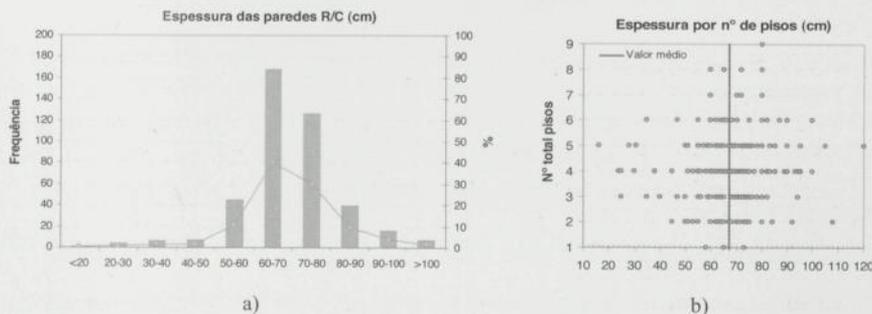


Figura 2: Espessura das paredes de fachada ao nível do R/C

2.2 Constituição das alvenarias

Na construção de edifícios e monumentos em Coimbra, as alvenarias de grande espessura são constituídas por pedra calcária de diversa qualidade, isto é por pedras com maior ou menor grau de carbonatação e de adulteração argilosa.

A pedra mais vulgar é a pedra amarela de Coimbra, designada por dolomia. Uma pedra calcária fortemente argilosa (elevada percentagem de margas) que é muito heterogénea em constituição e aspecto e de difícil trabalhabilidade. A dolomia de origem local era extraída de pedreiras na periferia da cidade, nomeadamente em Santa Clara e de dentro da própria cidade. Esta pedra era essencialmente utilizada na constituição e no enchimento das paredes de envolvente do edificado e ainda em paredes interiores de taipa. Do ponto de vista estrutural este material revela-se muito sensível à degradação devido às acções climáticas e à acção da humidade. A desagregação não se deve apenas à pedra nas alvenarias, mas também às argamassas e constituição destas.

Outras pedras de origem calcária como a pedra de "Ança" extraída desta região, não são tão comuns de observar na constituição das alvenarias. Esta pedra de baixa resistência é mais utilizada nas guarnições dos vãos, nos "aventais", pilastras, cimalkhas de cantaria e mais presente em peças ornamentais e de monumentos (Mosteiro de Santa Clara, Sé Velha, etc). Esta pedra de bom aspecto e excelente trabalhabilidade é também muito vulnerável às acções climáticas, evidenciando problemas de desagregação e escamação superficial.

De entre as pedras calcárias da zona de Ança-Portunhos, outras pedras das pedreiras da Boiça e de Outil, com maior ou menor grau de pureza, foram também empregues e utilizadas na constituição das paredes de alvenaria e ainda em outros elementos construtivos.

A presença de minerais argilosos nas pedras calcárias tornam-nas muito sensíveis à presença da água originando problemas de degradação diferencial, erosão diferencial e problemas de coesão das próprias alvenarias.

As argamassas de ligação são também muito influenciadas pela disponibilidade dos materiais locais. As argamassas de cal e areia (de rio) com seixo pequeno são muito observadas. Mas, o uso de terra argilosa tipo “rossa” (proveniente da transformação dos calcários) e de barro misturadas com areia de rio, para dar maior consistência foram observados em muitas construções.

2.3 Caracterização estrutural

É muito comum os vãos de aberturas (janelas, varandas e portas) serem vencidos com arcos de descarga em tijolo cerâmico com dimensões 3x12x28 cm e inferiormente na face interior da parede serem aplicados lintéis em madeira. A degradação e envelhecimento destes elementos levam à deformação da face interior da parede que prejudica o efeito de arco, transmitindo esforços excessivos às paredes na sua vizinhança. Da figura 3, observam-se alguns aspectos das alvenarias de pedra. São essencialmente alvenarias de pedra calcária muito irregular argamassada e preenchida com fragmentos ou de pedra irregular com face aparelhada.



Figura 3: Alvenaria irregular de pedra calcária

A forma de assentamento e tipo de aparelho das alvenarias são determinantes na sua capacidade resistente [2]. As alvenarias de pedra irregular ou surribada desordenada apresentam um assentamento aleatório e com juntas desalinhadas e irregulares, contudo com algum cuidado na execução (selecção e assentamento). A heterogeneidade das alvenarias é bem visível, com mistura de pedra com tijolos maciços (utilizado no preenchimento e regularização do assentamento que não atravessam a parede na sua espessura).

Não existe uma ligação com elementos lastriformes entre uma face e a outra da parede, mas sim elementos de maior dimensão quase com a dimensão da espessura da parede (ver secção transversal da figura 4). Outras alvenarias de dois panos com um núcleo de enchimento com uma mistura de fragmentos de pedra e argamassa de cal ou barro pouco consistente foram observados.



Figura 4: Tipo de assentamento, aparelho e secção transversal [3, 4]

Existem ainda casos de alvenaria de tijolo maciço com diversos formatos assentes a meia-vez. Raros exemplos de alvenaria de taipa em que entre prumos verticais de madeira são assentes tijolos com dimensões 30x10x4 com um formato peculiar, designados por tijolos “bico de andorinha”.

Foram observados raramente outros tipos de alvenaria, dos quais se destaca a taipa de canas de alvenaria de barro e de tijolo cerâmico com assentamento na diagonal.

Com o crescimento em altura dos edifícios e do tamanho dos lotes medievais (estreitos) permitindo maiores vãos, as estruturas de madeira assumiram uma tridimensionalidade com a utilização de elementos embebidos nas paredes com enchimento de pedra irregular, argamassa e agregados (grés e arenitos) e cacos cerâmicos de menor dimensão (indústria cerâmica de Coimbra e arredores). No entanto, esta estrutura de madeira não obedece pelo que foi observado a uma regularidade geométrica. Estas paredes de frontal com prumos verticais associadas a travessas horizontais e alguns elementos diagonais formam cruces geralmente pregadas [5] (cruzes de Santo André - taipas de rodízio) e lembram a estrutura da gaiola pombalina, mas ainda com um depuramento da técnica semelhante e inferior à estrutura do edifício gaioleiro (ver figura 5).

Muitas das paredes resistentes de empena entre edifícios (paredes “meeiras”) que em muitos casos não são estruturalmente dependentes, são constituídas por alvenarias menos espessas e de pior qualidade, incorporando estruturas embebidas de madeira. No caso das paredes de fachada muito espessas, excluindo as zonas dos

vãos em que são utilizados painéis de pedra ou alvenaria menos espessa, a madeira é utilizada como reforço periférico na zona das ombreiras, padieiras e peitoris. Também se encontram elementos de madeira ao nível dos cunhais, não sendo contudo uma solução corrente.



Figura 5: Paredes de frontal

A visível fractura e flexão dos prumos de madeira embebidos nas paredes são sinais de apodrecimento e degradação da madeira que não são resolvidos pela simples cintagem ou atirantamento da flexão visível. Note-se ainda que as paredes de tabique com uma função pseudo-estrutural adquirida através do tempo por deformações impostas e efeitos diferidos, revelam abaulamentos e fissuras de esmagamento denunciando movimentos da estrutura principal e dos pavimentos.

Os tirantes em ferro forjado que ligam paredes opostas funcionam como armadura passiva, não transmitindo forças à alvenaria (ver figura 6). Apenas se mobilizarão no caso de ocorrer deformações, assentamentos ou acção sísmica. Os tirantes não estão necessariamente à vista, mas são denunciados pelo destacamento. Existem sempre ao nível dos pisos e ao nível da cobertura. Muitos casos são pregagens como medida de reforço ou reparação após a construção.



Figura 6: Tirantes

Os cunhais, que as fachadas da envolvente formam entre si, são zonas onde o travamento das alvenarias adquire especial significado e onde os cuidados são maiores. Se esta zona de cunhal for descuidada é muito provável que se venha a desligar a parede facilmente, bastando por vezes o choque térmico para produzir este efeito.

Vulgarmente o travamento é feito por meio de interpenetração vertical das paredes ortogonais e em outros casos blocos de pedra de maior dimensão e melhor qualidade com perpianhos. Mais raro é o uso da madeira embebida, presente em alvenaria menos espessa.

As alvenarias não tem praticamente nenhuma resistência a esforços de tracção ou corte, apesar do seu comportamento aceitável a esforços de compressão. A reduzida resistência ao corte e à tracção ainda se deve à grande espessura destas paredes e à constituição das alvenarias nomeadamente ao aparelho da alvenaria e à argamassa de assentamento. As argamassas de cal e barro que conferem pobres propriedades mecânicas e de coesão são um factor determinante na resistência a acções laterais.

A fragilidade da resposta destas paredes de alvenaria, de baixa ductilidade na presença de forças horizontais de corte, não permite uma dissipação de energia adequada no caso da acção sísmica. No caso de incorporarem madeira, esta capacidade é melhorada significativamente.

3 Anomalias das alvenarias

Neste ponto apresentam-se as anomalias frequentemente encontradas nos edifícios da Baixa de Coimbra e que representam bem os problemas mais frequentes em edifícios antigos. Muitos dos problemas observados são diagnosticáveis pela análise de tensões instaladas por simples equilíbrio de forças e interpretação do caminho dessas forças através da estrutura. No entanto, alguns modelos numéricos mais complexos poderão ajudar a quantificar com maior rigor a amplitude das tensões desenvolvidas para as solicitações a que está sujeito.

Pretende-se catalogar uma série de problemas recorrentes que se devem identificar e diagnosticar na inspeção de um edifício antigo, para além da descrição do fenómeno e do seu mecanismo (ver figuras 7, 8, 9 e 10).

As anomalias são frequentemente de origem mecânica e/ou física. As anomalias de origem química são normalmente agravantes ou de carácter não-estrutural. Refira-se que a estrutura vertical de suporte, constituída por alvenarias resistentes também incorporam frequentemente elementos de madeira, sendo estes mais vulneráveis à acção da água e de ataques xilófagos. As distorções, empenos nos vãos, fissuração, deformações e abaulamentos são as manifestações dos mecanismos desenvolvidos.

Existem outras patologias que não serão aqui expostas e que fazem parte de um trabalho mais extenso, como os problemas associados ao abaulamento das paredes, desligamento de materiais, esmagamentos localizados, supressão e interrupção de elementos resistentes, falta de contraventamento entre paredes ortogonais, deterioração das madeiras.

Impulso horizontal da cobertura sobre as paredes



Descrição

Os impulsos (forças horizontais não equilibradas) criados sobre as paredes resistentes nas quais a cobertura descarrega e quando as paredes não estão preparadas para resistir e não estão bem ligadas com as paredes meiciras. Originam forças de corte nas paredes correspondentes ao movimento de rotação.

Causas

Várias causas são equacionáveis e que levam à criação de impulsos:

- Deformação imposta.
- Deformabilidade da estrutura da cobertura por parte da viga de cumeeira ou do vigeamento de suporte. Interrupção de elementos da estrutura de suporte da cobertura.
- Ausência de elementos de cintagem ou tirantes capazes de absorver e redistribuir os esforços.

Figura 7: Impulso horizontal da cobertura

Fissuração inclinada e vertical junto ao cunhal



Descrição

A reduzida resistência

A fissuração vertical desenvolvida é superior no topo e vai diminuindo até se anular.

O valor da tensão normal vertical ao nível do topo é muito inferior ao nível de tensão a níveis mais baixos, influenciando a resistência ao corte das paredes.

$$\tau_v = \tau_t + \sqrt{1 + \frac{\sigma_v}{1.5 \times \tau_t}}$$

Causas

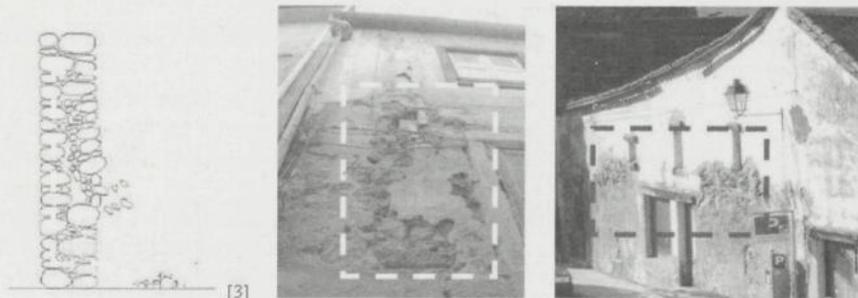
Rotação da parede ou da parede ortogonal.

Falta de boa ligação entre paredes ortogonais. Isto pode estar ligado ao próprio faseamento da construção, caso das fachadas que não são bem ligadas às paredes de empena já existentes da construção vizinha. (desenho).

Impulso da cobertura (ver anomalia da figura 7).

Figura 8: Fissuração junto ao cunhal

Desagregação da alvenaria



Descrição

A fissuração desenvolvida não tem uma configuração padrão. Esta denuncia a localização dos elementos expansivos, sejam estes de madeira ou de metálicos.

A desagregação origina a instabilização e daí a capacidade resistente dessa parede ao nível dessa secção comprometa a estabilidade global traduzindo-se em fragilidades por abertura de fendas e criação de vazios.

Esta instabilização é mais comum nas paredes de dois panos. A falta de manutenção e acções de consolidação agrava o problema. Este problema é muito mais notável nos pisos térreos, mais expostos às acções meteóricas.

Causas

A entrada de água infiltrada quer de águas da chuva, quer de humidade ascensional do terreno é a principal fonte de deterioração, afectando a consistência e coesão das alvenarias, incorporando muitas vezes terra na própria constituição da parede ou nas argamassas de assentamento. A entrada de água por pontos fracos da construção (beirais, fendas existentes, etc). A deterioração é ainda impulsionada ou agravada por outros factores, tais como: poluição, cristalizações, expansões, etc.

Figura 9: Desagregação grave da alvenaria

Fissuração por assentamentos diferenciais



Descrição

A direcção/inclinação das fissuras denuncia particularmente os assentamentos diferenciais e a sua configuração também dependerá do tipo de alvenaria na limitação da propagação da fissuração.

As "transferências" de esforços entre elementos estruturais é perturbada pela introdução de assentamentos ao nível das fundações.

Causas

Aos fenómenos de assentamento podem estar associados uma série de factores ligados aos solos:

i) Permeabilidade; ii) Solos de diferente comportamento (aterros), iii) Descompressão do solo por escavação na construção de edifício vizinho

Figura 10: Assentamentos diferenciais

4 Conclusões e comentários finais

As alvenarias encontradas nos edifícios da Baixa de Coimbra são muito heterogêneas em termos de comportamento e deformabilidade, devido à natureza diversa e heterogênea das pedras, das argamassas, e das técnicas construtivas e ainda pelo estado de conservação que obrigam a estudar cada caso e cada região. O cariz regional da disponibilidade de materiais marca definitivamente a qualidade das paredes de alvenaria resistente.

O desenvolvimento da caracterização da construção foi possível pelo acompanhamento e visita aos edifícios e a muitos edifícios habitados em processo de demolição e reconstrução. Mas, uma pesquisa mais aprofundada das características físicas e químicas dos materiais empregues é essencial para interpretar o comportamento e muitas das anomalias que se sucedem.

O estado de conservação é muito preocupante e os sinais de desligamento entre paredes ortogonais, fissuração com grandes aberturas apenas prejudica e compromete estes edifícios que desmoronam apenas com acções climáticas ou obras vizinhas. Os materiais utilizados nas alvenarias de fraca qualidade não se apresentam de fácil e satisfatório tratamento, o que faz com que a intervenção de consolidação ou reparação tenha de ser de maior profundidade e de maior responsabilidade [7].

O estado actual de degradação dos edifícios e os problemas sociais na Baixa de Coimbra, associados à importância do ponto de vista histórico e cultural desta parte da cidade evidencia a necessidade urgente da implementação de um plano de renovação e reabilitação urbana, devolvendo à Baixa a imagem de zona histórica.

5 Bibliografia

- [1] Câmara Municipal de Coimbra. *Processo de Recuperação e Renovação da Baixa de Coimbra*, Coimbra, 2003.
- [2] Appleton, J. *Reabilitação de Edifícios Antigos Patologias e tecnologias de intervenção*, 1ª Edição, Edições Orion, 2003.
- [3] *Sicurezza e Conservazione dei Centri Storici Il caso Ortigia*, Editore Laterza & Figli Spa, Rome-Bari, 2000.
- [4] Faccioli, E. & Pessina, V. (Editors) CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. *The Catania Project, Earthquake damage scenarios for a high risk area in the Mediterranean*, 225 pp, Rome, Italy, 2000
- [5] Barbosa Teixeira, G. & Cunha Belém, Margarida. *Diálogos de Edificação Estudo de técnicas tradicionais de construção*, CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais, 1998.
- [6] Bonshor, RB. & Bonshor, LL. *Cracking in Buildings*, British Research Establishment.
- [7] Macchi, G. Short Course on Structural Assessment of Heritage Buildings, Rose School, Pavia, 3th to 7th October, 2005.

LESIONES EN REVESTIMIENTOS Y TABIQUERÍAS POR DEFORMACIONES DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

A. Domínguez Álvarez*

Correo electrónico: aurdomalv@ietcc.csic.es

R. Piñeiro Martínez de Lecea†

Correo electrónico: rpinero@ietcc.csic.es

D. Izquierdo López‡

Correo electrónico: dizquierdo@intecsa-inarsa.es

Resumen

Cada vez son más frecuentes las lesiones en particiones interiores de edificación, como se observa a partir de la demanda de informes periciales y evaluaciones técnicas en edificios construidos. Muchas de estas lesiones están relacionadas con la deformación del elemento estructural.

Se trata de valorar qué condiciones de servicio de una estructura es preciso controlar durante la fase de diseño, construcción y vida útil.

Primero, se analizarán los factores que afectan a la deformación en estructuras horizontales. A continuación se estudiarán las lesiones en los revestimientos interiores motivada por acciones no consideradas sobre los mismos o sobre el paramento soporte: deformación excesiva del elemento estructural sustentante. Por último, se enunciarán algunas conclusiones.

Discusión: las mayores prestaciones de los materiales de construcción, que permiten estructuras más esbeltas, con grandes de esbeltez (L/h); la ausencia de comprobaciones en condiciones de servicio y el diseño inadecuado son, en la mayoría de ocasiones, las causas principales del origen de estas lesiones.

Palabras clave: deformación, condiciones de servicio, lesión, fisuras y grietas, forjado.

* Arquitecto, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid, España.

† Arquitecto, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid, España.

‡ Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. INTECSA-INARSA. Madrid, España.

1 Introducción

1.1 Causas que afectan a la deformación en forjados

Las causas principales por las que pueden presentarse lesiones por excesiva deformación en forjados pueden agruparse en dos bloques:

- Problemas de diseño: donde se incluirían los errores de cálculo, la mala elección del diseño del forjado, o incluso el “olvido” de las comprobaciones de Estado Límite de Servicio (es muy frecuente encontrar comprobaciones sólo de los E.L. Ultimo);
- Problemas de ejecución y materiales: aquí se incluyen tanto los problemas de durabilidad de los materiales (deterioro del cemento aluminoso, curado del hormigón, corrosión en viguetas metálicas,...) como los correspondientes a defectos de ejecución en obra (cimbrado y descimbrado, retacado de tabiquerías, orden de ejecución de las mismas...).

Como recordatorio, conviene indicar que en la mayoría de los casos, los problemas por excesiva deformación o flexibilidad del forjado se deben al incremento de las cargas actuantes o al error en la evaluación del Estado Límite de Servicio (errores de diseño), o bien por ejecución defectuosa (errores de ejecución), ya que los criterios de buena práctica para evitar fisuras en particiones (empezar de arriba a abajo, no retacar en el encuentro del borde superior de los tabiques y la cara inferior de los forjados), son radicalmente opuestas al orden lógico de ejecución en obra para optimizar plazos (se empieza a construir de abajo a arriba, que es el orden en que se descimbra).

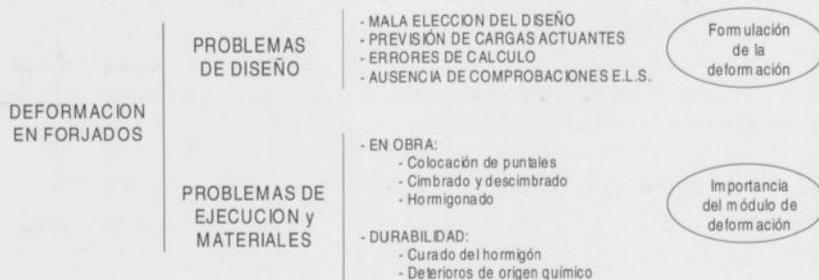


Figura 1: Factores que inciden en la deformación de los forjados.

1.2 Deformación máxima permitida

Tradicionalmente, la Reglamentación ha recurrido al método de fijar condicionantes de carácter geométrico para determinar un valor de flecha máximo permitido, y así controlar los valores de deformación en elementos sometidos a flexión. Este valor de flecha deberá compararse con el que se obtenga de la aplicación de la formulación teórica disponible en cada caso.

Es preciso distinguir, además, entre los conceptos de flecha instantánea y de flecha diferida, sobre todo en hormigón. La flecha total será la suma de ambas.

- Flecha instantánea: la producida por todas las cargas en el momento de su aplicación;
- Flecha diferida: debida a las cargas permanentes y cuasipermanentes a partir de su actuación y de larga duración, resultantes de las deformaciones por fluencia y retracción.

Además, está el concepto de flecha activa respecto a un elemento dañable, producida en el momento de su construcción, como la flecha total menos la que ya se ha producido hasta el instante de la construcción del elemento.

1.3 Valores límite en la normativa española

1.3.1 Instrucción de Hormigón (EHE)

En el apartado de "Comentarios" del art. 50.1. se propone un valor límite para la flecha total de $L/250$ para edificaciones normales. Y para evitar la fisuración de tabiquerías se recomienda $L/400$, no debiendo superar en cualquier caso la flecha activa los 10 mm.

También se incluye en el Art. 50.2.2.1 una relación luz / canto útil del elemento. Para valores iguales o inferiores, la Norma exime del cálculo de deformaciones.

1.3.2 Instrucción de forjados de hormigón (EFHE)

En el Art. 15.2.1. se fijan los límites admitidos para la deformación por flexión:

- La flecha total a tiempo infinito no excederá al menor de los valores: $L/250$ y $L/500 + 1$ cm;
- Para forjados que sustentan tabiques o muros de partición o cerramiento, la flecha activa no excederá el menor de los valores $L/500$ y $L/1000 + 0,5$ cm.

Además, para viguetas con luces menores que 7,00 m y forjados de losas alveolares con luces inferiores a 12,00 m y sobrecargas no mayores que 7

kN/m², no será preciso comprobar la flecha si el canto total (h_{TOTAL}) verifica que:

$$h_{TOTAL} \geq \left(\frac{q}{7}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{L}{6}\right)^{\frac{1}{4}} \frac{L}{C}$$

siendo

- q — la carga total actuante en kN/m²
- L — la luz de cálculo en m
- C — coeficiente que depende del tipo de forjado, de la carga y del tipo de tramo (Tabla 15.2.2. Art. 15.2.2. EFHE).

En cualquier caso, se trata de condiciones para dos casos particulares de forjados: los de vigueta prefabricada y losa alveolar pretensada, no siendo de aplicación para otros elementos prefabricados susceptibles de ser empleados en la ejecución de forjados (placas en Π , por ejemplo).

1.3.3 Norma de Acero (NBE-EA-95):

En el Art. 3.4.4.2. se establecen unos valores máximos de relación flecha / luz bajo la acción de la carga característica:

- Vigas o viguetas de cubierta $L/250$;
- Vigas de hasta 5,00 m y viguetas de forjado que no soporten muros de fábrica $L/300$;
- Vigas demás de 5,00 m que no soporten muros de fábrica $L/400$;
- Vigas y viguetas de forjado que soporten muros de fábrica $L/500$.

2 Procedimiento experimental

2.1 Evaluación de la rigidez

Sin entrar aquí en la variedad de expresiones teóricas para evaluar la deformación en todas las tipologías posibles de forjados (unidireccionales o bidireccionales, losa maciza o aligerada, de viguetas de hormigón o metálicas, prefabricados o in situ, ...), el mayor problema en las mismas es siempre evaluar correctamente la rigidez.

En la rigidez intervienen dos factores, el módulo de deformación longitudinal E (variable en el tiempo en el hormigón y constante en el acero), y la inercia de la sección I . Esta última presenta un gran problema para su evaluación en el caso del hormigón, pues si bien en piezas pretensadas puede emplearse la inercia sin fisurar (cuando se proyecta la estructura en servicio de manera que el momento solicitante sea menor que el momento de fisuración), en

elementos de hormigón armado la puesta en carga lleva ineludiblemente asociada la fisuración del elemento, obligando a emplear valores de la inercia aproximados.

Además, en el caso de forjados con sección compuesta (vigüeta prefabricada y hormigón in situ o secciones mixtas de chapa metálica y hormigón), el problema se incrementa, al ser necesario el análisis por fases de la sección y su entrada en carga y posible incorporación de puntales durante el proceso de construcción (en losas alveolares no es habitual).

Tanto la Instrucción EHE (Art. 50.2.2.2) como la EFHE (Art. 15.2.3.2.) proponen métodos simplificados para obtener el valor de la inercia equivalente a introducir en la formulación para evaluar la flecha instantánea. La NBE-EA-95 también propone una expresión simplificada para vigas de alma llena.

En cualquier caso, si se observa la expresión teórica para cálculo elástico lineal en elementos lineales biapoyados sometidos a carga continua, puntual y momentos en los extremos (con lo que se reproduce el efecto hiperestático), se tiene:

$$f = \frac{5qL^4}{348EI} + \frac{PL^3}{48EI} - \frac{M_1L^2}{16EI} - \frac{M_2L^2}{16EI}$$

donde

- q — es la carga actuante
- L — la luz de cálculo
- EI — la rigidez de la sección.

Es fácil deducir la importancia, para unas cargas y una luz de apoyo determinadas por el diseño, de la rigidez del elemento ante sollicitaciones de flexión, inversamente proporcional a la deformación.

2.2 Influencia del módulo de deformación en el hormigón

En los casos de forjados constituidos por losas o nervios hormigonados in situ (no así cuando se emplean elementos prefabricados o metálicos), es importante conocer y evaluar los aspectos que influyen en el valor del módulo de deformación del material que, como se vio en el apartado anterior, contribuye a la rigidez del elemento.

En el Art. 39.6 de la Instrucción EHE se proponen dos expresiones para la determinación del valor de E :

- Para cargas instantáneas o rápidamente variables, a la edad de j días el módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón puede tomarse como: $E_{0j} = 10\,000 \cdot (f_{cm,j})^{1/3}$;

— Y el módulo instantáneo de deformación longitudinal secante, válido siempre que las tensiones de servicio no sobrepasen el valor de $0,45 \cdot f_{cj}$, a la edad de j días es: $E_j = 8\,500 \cdot (f_{cm,j})^{1/3}$.

Ambos son valores medios del módulo de deformación y dependen de la resistencia media del hormigón. Además, y aunque no aparece recogido en la formulación, en los Comentarios del Art 39.6 de la EHE aparecen una serie de coeficientes que modifican estos valores según el tipo de árido y su naturaleza.

Del mismo modo que una entrada en carga con anterioridad al plazo establecido puede dar lugar a deformaciones excesivas, debido a la menor resistencia del hormigón y, por tanto, también al menor valor del módulo de deformación, otro aspecto que puede influir negativamente en el comportamiento en servicio de la estructura es el curado.

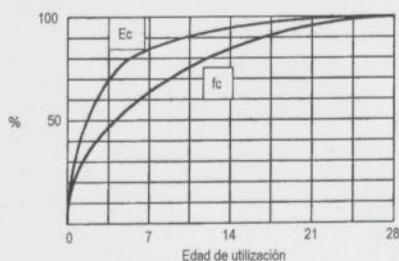


Figura 2

En el Art. 74 de la EHE, en el apartado de “Comentarios”, se propone una sencilla expresión para estimar los plazos mínimos de curado:

$$D = K L D_0 + D_1$$

K — función del ambiente (t74.4)

L — depende de las condiciones térmicas (t74.5)

D_0 — parámetro básico de curado (t74.1)

D_1 — función del tipo de cemento (t74.3)

El mal curado de un hormigón puede conducir a la obtención de un material de menor resistencia a la esperada (inferior al previsto en el proyecto), y por consiguiente con un módulo de deformación menor del previsto. Como consecuencia final, acabarían produciéndose deformaciones superiores a las esperadas teóricamente.

3 Casos prácticos

3.1 Problemas de diseño

3.1.1 Problemas de diseño

El problema más frecuente de lesiones en revestimientos por excesiva flexibilidad del forjado, suele manifestarse en las particiones interiores con la aparición de fisuras de manera generalizada. En el esquema siguiente se muestran algunos ejemplos de mapa de fisuras en paramentos verticales.

Pueden aparecer fisuras horizontales en la zona inferior formando un “arco de descarga” al haber perdido el tabique su sustentación horizontal, o bien en la cara superior a todo lo largo, tras el despegue de la cara inferior del forjado superior (Figura 3).

También son frecuentes las fisuras inclinadas como consecuencia de que el tabique entra a funcionar como elemento biapoyado, o buscando los puntos débiles: huecos de puertas y ventanas y enlaces en esquinas.

Por último, y menos frecuentes, fisuras verticales por agotamiento a compresión del material u horizontales en mitad del paramento por pandeo del mismo.

Conviene distinguir entre fisuras producidas por flexibilidad del forjado, normalmente generalizadas y simétricas en un mismo paño; de las fisuras debidas a asientos puntuales de la estructura, más localizadas en zonas concretas, generalmente a 45 grados e indicando el punto de descenso.

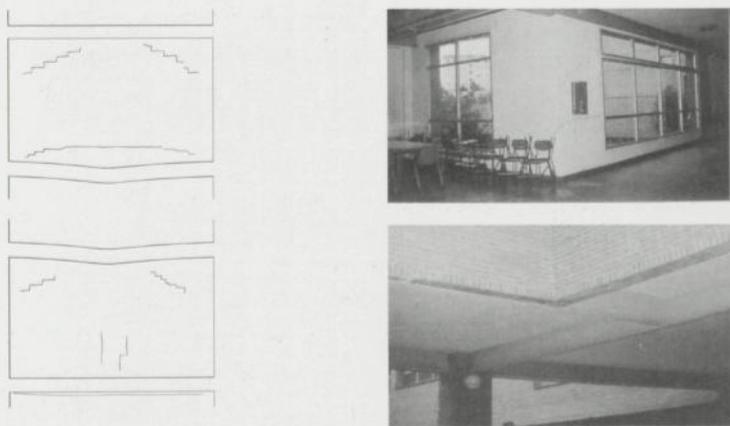


Figura 3: Fisuración de particiones.

3.1.2 Estructuras metálicas

En estructuras metálicas, al disponer de un material estructural con alta resistencia característica, es frecuente que el dimensionado en casos de flexión para Estados Limite Ultimo conduzca a soluciones más esbeltas que las que se obtendrían dimensionado para Estados Límite de Servicio.

Incluso verificando los requisitos de ELS, un forjado de elementos metálicos será siempre más flexible que uno de hormigón, para igualdad de prestaciones en ELU. En este caso se ha escogido un edificio de estructura metálica, en cuyo forjado existe un brochal sobre una viga, ambos de grandes luces. En las dos fotografías se aprecia la esquina exterior y la esquina por el interior, donde aparece la fisura inclinada.

3.1.3 Ausencia de comprobaciones de ELS

A veces el problema de flexibilidad excesiva en el forjado se debe a la ausencia de comprobaciones del ELS de deformación o simplemente a que se ha sido poco exigente en su evaluación. La imagen corresponde a un caso en el que, tras una primera observación, puede decirse que los forjados están correctamente ejecutados y no presentan problemas en su construcción ni en sus materiales. Sin embargo, su deformación es superior a la admisible y los tabiques interiores aparecen dañados.



Figura 4

3.2 Problemas de ejecución

3.2.1 Giros en apoyos

Puede suceder que un forjado esté correctamente calculado y comprobado en ELS, con materiales adecuados y correctamente construido, pero con defectos en su ejecución en detalles de entrega, como suele suceder en los cantos de forjados. Si no se dispone adecuadamente el revestimiento, el giro en los

apoyos debido a la flexión del forjado puede provocar la aparición de fisuras horizontales en el revestimiento.

3.2.2 Defectos de hormigonado

Si por alguna causa, el hormigonado no se realiza adecuadamente (exceso de armadura, consistencia poco fluida, falta de vibrado,...) puede suceder que no colmate toda la sección, dejando amplias zonas huecas, donde evidentemente se produce una disminución de la sección resistente, de su inercia y por tanto de su rigidez, lo que da lugar a mayores deformaciones.

3.2.3 Pandeo en tabiques

En edificios de varias plantas en altura, en los que el replanteo de tabiques coincide en la misma vertical, es corriente ejecutar las particiones de abajo a arriba, además de retacar la coronación contra la cara inferior del forjado superior. Se crea así un plano de cargas verticales que se transmite desde el tabique bajo planta de cubiertas hasta el de planta baja, ya que el forjado no contribuye a soportarlos, al estar confinado entre los tabiques que impiden su deformación.

El último tabique se apoyará sobre un elemento más rígido, ya sea un tabique en planta baja sobre solera en contacto con el terreno o en planta primera, sobre un muro más rígido de cerramiento de locales, con lo que debe resistir el peso acumulado de todas las tabiquerías superiores. Cuando esta carga tiene importancia, puede llegarse a producir el agotamiento por compresión del tabique (fisuras verticales) o pandeo fuera de su plano (fisuras horizontales en el centro del paño).

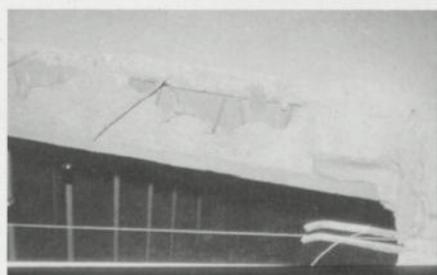


Figura 5

3.2.4 Disminución del módulo de deformación longitudinal E

El descimbrado prematuro de los forjados puede influir en un exceso de la deformación del forjado al entrar en carga el elemento antes de alcanzar la resistencia prevista y, por tanto, el módulo de deformación adecuado. Un posible defecto en el curado del hormigón, vertido en tiempo caluroso o muy frío, también puede influir negativamente en este mismo sentido.

3.2.5 Problemas de durabilidad

Aunque este aspecto esté más relacionado con la durabilidad de los materiales de la estructura, y normalmente correspondan al estudio de la patología en forjados y hormigón, los materiales de revestimiento en contacto con la estructura son los primeros en presentar algún síntoma, pues la pérdida de funcionalidad de la estructura normalmente se inicia con deformaciones excesivas, que fisuran los materiales de acabado.

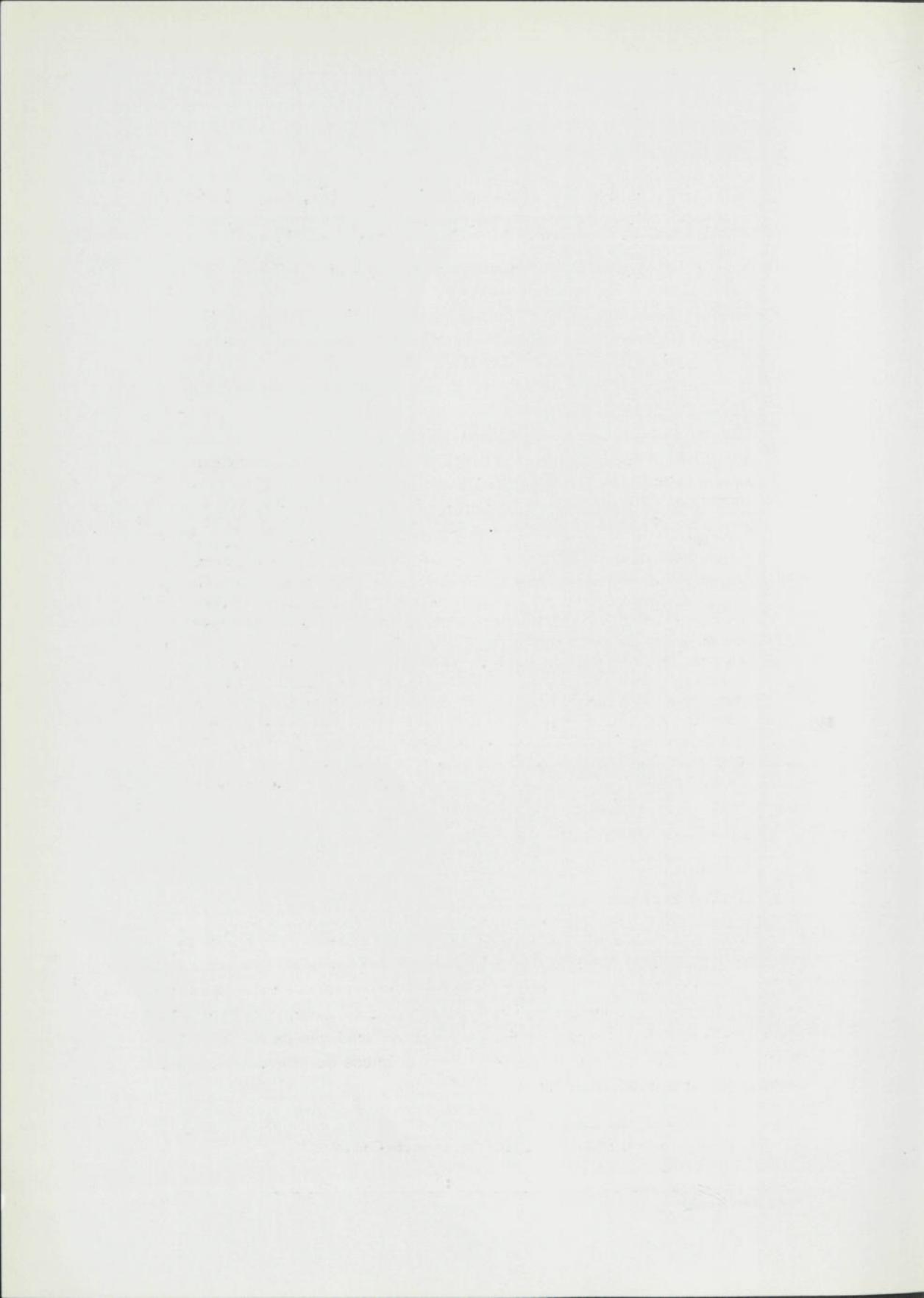
4 Conclusiones

En relación a las lesiones en revestimientos interiores, conviene recordar:

- La flexibilidad en forjados, aunque no suponga un riesgo en sí para la seguridad de la estructura, puede provocar que se incumplan las condiciones de uso, al ocasionar lesiones en los materiales de acabado.
- Las limitaciones por flecha deberían prescribirse en valores absolutos (flecha ≤ 10 mm) y no en valores relativos (flecha $\leq L/500$), pues para luces superiores a las tradicionales – y hoy es frecuente encontrar $L = 8$ m en edificios de viviendas – las flechas admisibles según la Reglamentación, darían lugar a deformaciones superiores a los 10 mm y ocasionar lesiones como las tratadas en este capítulo.
- En las obras de hormigón in situ, una mala colocación, vibrado y curado del hormigón, pueden traducirse en un material final de menores prestaciones frente a condiciones de servicio y efectos diferidos en el tiempo.
- Las normas tradicionales de buena práctica en la ejecución de tabiques penalizan los plazos de ejecución, por lo que es preciso buscar soluciones constructivas alternativas o establecer mayores exigencias para el estado límite de deformaciones.
- La lesión puede no deberse únicamente a flexibilidad del forjado. La mala colocación de los revestimientos puede conducir a la manifestación de esta patología, pues es inevitable que el elemento resistente se deforme cuando entra en carga.

5 Bibliografía

- [1] IETcc-CSIC y ANDECE "Recomendaciones para la ejecución de forjados unidireccionales". Ed Asociación nacional de fabricantes en posesión del Sello CIETAN.
- [2] IETcc-CSIC y ANDECE: Reglamentación técnica del Sello de Conformidad CIETAN (viguetas pretensadas VP.92, viguetas armadas VA.93, y losa alveolar pretensada LP.95) y borrador para la nueva versión. RT-04.
- [3] D. José Calavera Ruiz "Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación" INTEMAC 2002.
- [4] D. Juan Monjo Carrió "Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos" Ed. Munilla-Lería 1997.
- [5] Cátedra de Edificación y Prefabricación de la E.T.S.C.C y P: "Curso Monográfico: la nueva Instrucción EFHE de forjados unidireccionales".
- [6] Ministerio de Fomento "Instrucción de hormigón estructural EHE".
- [7] Ministerio de Fomento. "Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados - EFHE".
- [8] Ministerio de Fomento. Norma Básica de la Edificación Estructuras de Acero "NBE-EA-95".



PATOLOGIAS EM SUPERFÍCIES REBOCADAS COM ARGAMASSAS PRÉ-DOSEADAS

Causas, diagnóstico e reabilitação

Artur Leirós*

Correio electrónico: arturleiros@lena-argamassas.com.pt

Resumo

A introdução das argamassas secas industriais em Portugal deu a conhecer novos tipos de patologias associadas às características de comportamento mecânico das mesmas. Ao mesmo tempo, não impediu que algumas das patologias já conhecidas do comportamento das argamassas tradicionais, principalmente as associadas à fissuração, se mantivessem presentes no processo construtivo. Por outro lado, sendo o uso das argamassas secas relativamente jovem, colocam-se dificuldades aos diversos agentes envolvidos na identificação das causas e na resolução destas anomalias, que apresentam particulares consequências ao nível da protecção dos suportes porosos, da envolvente dos edifícios e da leitura estética dos mesmos. No presente trabalho, o autor algumas das patologias mais comuns observadas em panos de reboco executados com argamassas pré-doseadas, abordando as suas causas, o diagnóstico das mesmas e apontando técnicas e métodos na reabilitação das superfícies afectadas. Ao mesmo tempo, pretende-se apresentar um conjunto de regras que deverão ser observadas na prevenção deste tipo de patologias em superfícies novas, devidamente ilustradas com casos avaliados pelo autor no decurso da sua actividade profissional no domínio das argamassas secas pré-doseadas.

Palavras-chave: argamassas, patologia, rebocos.

1 Introdução

A introdução em Portugal de argamassas secas pré-doseadas faz-se no início da última década do século XX. Com origem em ambientes cimenteiros, as primeiras formulações destes produtos importaram técnicas e métodos de preparação de outros derivados cimentícios, como o betão. Complementarmente, a utilização deste tipo de argamassas, fomentou a introdução de novas metodologias de aplicação, baseadas em métodos mecânicos de projecção, mais comuns em outros tipos de misturas.

* Eng.º Técnico Civil, DBF/Lena Argamassas, Direcção Comercial

Estas argamassas vieram acrescentar algumas vantagens até aí desconhecidas para o utilizador de argamassas tradicionais, formuladas e produzidas em estaleiro de obra. Por um lado, permitiu-se o controlo dos efeitos da retracção provocada pela presença de ligantes hidráulicos. As patologias de fissuração associadas ao fenómeno são tão correntes no processo construtivo que sempre se aceitou – e aceita – como natural a presença de fissuração aleatória em panos de reboco executados com argamassas tradicionais. Por outro lado, e principalmente nas regiões norte do país, permitiu a eliminação das técnicas multicamada, fragilizadas pela perda sistemática das mesmas por efeito da extinção das linhagens dos mestres.

Contudo, e apesar da euforia que durante algum tempo alimentou os fabricantes das argamassas secas pré-doseadas, elas não permitiram eliminar definitivamente as patologias no revestimento dos edifícios, já conhecidas dos processos tradicionais, nem mesmo evitar o aparecimento de outras que lhes são próprias. Em contrapartida, os utilizadores procuram encontrar nelas a solução para a perda permanente da formação da mão-de-obra na construção civil e o produto capaz de solucionar esteticamente, e não só, as deficiências que diariamente se observam no processo de construção de edifícios.

O presente trabalho incide exclusivamente em patologias habitualmente observadas em panos de rebocos e nas argamassas pré-doseadas utilizadas na sua execução, não pretendendo ser exaustivo na listagem das mesmas.

2 Tipos de Patologias

Será pacífico dividir as patologias em dois grupos: as patologias directamente relacionadas com a argamassa e o seu comportamento e as patologias em que os rebocos representam apenas a expressão visível de uma patologia. No presente trabalho, denominaremos de patologias das argamassas às primeiras e patologias exógenas às segundas.

3 Patologias de fissuração

3.1 Caracterização das patologias

Mais importante que as suas características mecânicas, as argamassas devem ser formuladas tomando em atenção o seu desempenho à retracção, à aderência aos suportes porosos, elasticidade, e comportamento sob variações de temperatura e humidade. As argamassas devem desempenhar cabalmente o fim primeiro a que se destinam: a protecção dos suportes e da envolvente dos edifícios da acção dos agentes atmosféricos. Contudo, parece muitas vezes procu-

rar-se nos revestimentos obter resistências mecânicas e funções que não competem a membranas delgadas, como os rebocos.

A patologia associada aos rebocos de maior incidência e expressão é a fissuração. É uma patologia comum às argamassas tradicionais e às argamassas secas pré-doseadas e pode resultar de deficiências de formulação ou aplicação das mesmas ou representar a face visível de patologias mais profundas, com origem nos suportes ou na inadequação dos sistemas construtivos ao comportamento dinâmico dos edifícios.

Contudo, o seu aspecto e forma permite – habitualmente – despistar com alguma facilidade a origem da fissuração. Com efeito, a fissuração orientada é habitualmente resultante de acções de origem estrutural – cedências e outros movimentos estruturais – ou comportamentos diferenciados dos suportes às variações correntes de temperatura e humidade. Este tipo de fissuração, apresenta habitualmente continuidade de leitura no suporte, correspondendo a roturas na ligação entre elementos – betão-alvenaria, entre outros -, das juntas da alvenaria ou mesmo dos seus elementos (Figura 1).

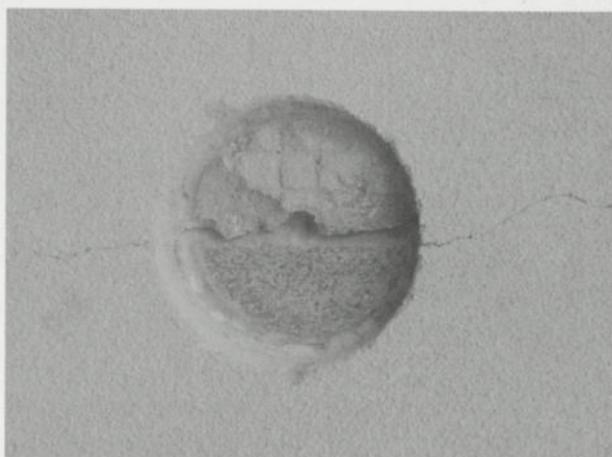


Figura 1: Fissuração orientada com continuidade de leitura no suporte.

Este tipo de fissuração apresenta actividade alargada no tempo, tendo mesmo algumas delas actividades cíclicas. É o caso da fissuração de origem higrotérmica, que origina fissuras quase imperceptíveis durante os períodos de forte incidência solar – durante o dia e principalmente em fachadas orientadas no quadrante sul-poente – apresentando-se durante a noite e manhã avivada e visível.

As acções presentes nesta patologia poderão originar perdas de aderência associadas, com ou sem desprendimento de partes do revestimento.



Figura 2: Fissuração por acção de ciclos de gelo/degelo

A fissuração aleatória é uma patologia habitualmente associada a fenómenos de retracção das argamassas. Contudo, ela poderá apresentar-se como patologia secundária quando associada a fissurações primárias, fundamentalmente, de origem estrutural. Com efeito, o controlo da retracção das argamassas secas pré-doseadas não é total, sendo admissível a existência de micro-fissuração superficial, apenas visível quando se humedecem os panos de reboco executados com estas argamassas. É lícito admitir que acções de tracção, na origem das fissurações orientadas, poderão apresentar, igualmente, consequências de agravamento na micro-fissuração presente nestes panos de reboco, transformando-a em patologia associada.

Os ciclos de gelo/degelo (Figura 1), incidindo sobre os rebocos, dão também origem a patologias de fissuração sem orientação definida, agravando-se com o tempo e admitindo-se que venham a afectar rapidamente toda a secção do revestimento.

A aplicação deste tipo de argamassas esquece, muitas vezes, que estamos na presença de argamassas hidráulicas e na execução de rebocos, tal o desempenho que por vezes se observa nas argamassas secas. Tal como nos processos tradicionais a cura das argamassas é determinante no aparecimento de patologias de fissuração por efeito da retracção.

Esta patologia da argamassa é habitualmente caracterizada por uma fissuração sem direcção definida, constituindo *craclé*, associada ao tempo de cura e na maior parte dos casos inactiva após este período. Contrariamente à fissuração orientada, não apresenta continuidade de leitura ao nível dos suportes.

3.2 Determinação da Patologia

A avaliação visual é, na maioria dos casos, suficiente para caracterizar o tipo de fissuração presente. Contudo, e de forma expedita, a remoção dos revestimentos e a avaliação da influência dos movimentos dos suportes pode ser sempre determinante na caracterização do tipo de origem associado à patologia.

Objectivando a melhor solução de reabilitação, convirá avaliar em cada caso o grau de actividade da patologia que, poderá ser aferida através de extensómetros ou simples selos, executados em finas camadas de material sensível a fenómenos de tracção (gesso, por exemplo).

3.3 Indicações de Reabilitação

As técnicas de reabilitação dos revestimentos afectados por fissurações orientadas dependerá muito do grau da patologia, da sua actividade e da estabilização que tenderá a realizar-se ao longo da vida útil do edificio, no caso das cedências de infra-estruturas. A reabilitação poderá resumir-se, em casos de menor gravidade ao avivamento de fissuras e posterior preenchimento com argamassas reforçadas com fibras de vidro ou polipropileno e aditivadas com resinas de base acrílica, ou pela reposição de áreas significativas do revestimento afectado, executando-se novos rebocos, reforçados com redes de fibra de vidro com tratamento anti-alcálico, de passo e secção adequados, assegurando-se a sua não aderência nas zonas de continuidade da patologia no suporte, através da aplicação de papel encerado ou outro mecanismo despromotor de aderência.

Parece-nos que a reabilitação de áreas de reboco, afectadas por fissurações associadas às argamassas, serão de menor dificuldade, devendo ser realizadas através de argamassas de reabilitação em capa fina com compatibilidades mecânicas e químicas com os revestimentos originais [1]

4 Contaminação de argamassas

O controlo dos fenómenos de retracção nas argamassas secas pré-doseadas, é realizada através da introdução – na formulação – de retentores de água. Em consequência, os períodos e o início de presa são, neste tipo de argamassas, habitualmente alargados. Principalmente no Inverno, sob condições de baixas temperaturas e elevadas humidades relativas, o período de presa poderá alargar-se significativamente. Com a mesma finalidade, a participação de ligantes

hidráulicos na mistura é reduzida, levando muitas vezes o utilizador habituado às argamassas tradicionais a considerar estas argamassas brandas.

Para ultrapassar estes comportamentos, regista-se habitualmente situações de contaminação, através da introdução de aceleradores de presa de maior disponibilidade – tradicionalmente com recurso a gessos de construção – ou adição de cimento Portland à mistura disponibilizada. Em consequência, observam-se – sob determinadas condições – patologias de contaminação com incidência na retracção e desempenho das argamassas secas.

Contudo, as contaminações – e apesar do controlo de qualidade adoptado pelos fabricantes – poderão resultar, ainda, de contaminações nas matérias-primas ou mesmo dos produtos finais (neste caso, em fornecimento realizados em granel). Neste capítulo abordaremos apenas as contaminações por adição de gesso e cimento Portland normal, às misturas originais de argamassas secas.

4.1 Caracterização da Patologia

A contaminação de argamassas secas com gessos de construção, traduz-se habitualmente por reacções expansivas entre estes ligantes [2], quando na presença da água. Este fenómeno é, habitualmente, observado em panos executados no exterior.

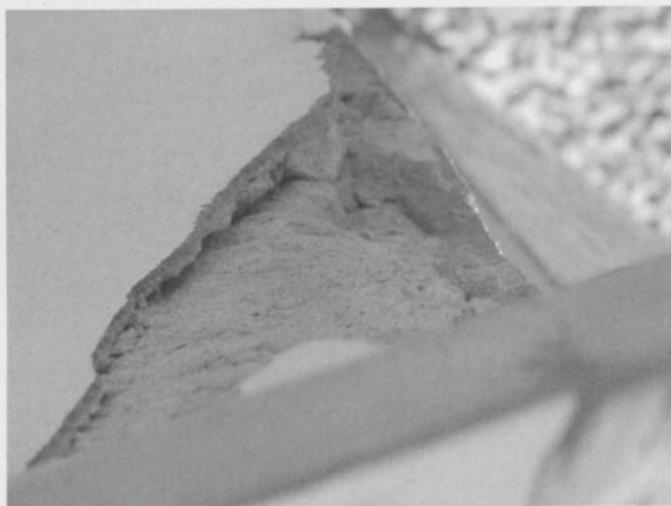


Figura 3: Patologia originada pela contaminação de argamassas hidráulicas com gesso de construção

Os aplicadores, conhecedores deste tipo de fenómenos, executam o revestimento em duas camadas: uma interior, habitualmente contaminada, e uma

camada exterior isenta de contaminação. Desta forma, pretendem assegurar a protecção da camada interior da presença da água e do aparecimento dos fenómenos expansivos associados à patologia. Contudo, na maior parte dos casos, a água não resulta das águas de precipitação mas, das águas de infiltração com acesso directo aos suportes e às camadas interiores do reboco.

A patologia é caracterizada pelo desprendimento da camada exterior do revestimento, sendo visível a diferença de tonalidades das duas capas e o aspecto amolentado da camada contaminada.

A contaminação das argamassas, por adição à mistura de cimento Portland normal, tem habitualmente reflexos no desempenho sob fenómenos de retracção [3] e resulta habitualmente em patologias de fissuração, sem orientação definida. A dificuldade de contabilização das quantidades adicionadas e a ineficiência da mistura levam habitualmente a variações da incidência da patologia ao longo do desenvolvimento dos panos de reboco

4.2 Determinação da Patologia

A determinação da contaminação com gessos de construção é fácil de realizar através de Análise Mineralógica Qualitativa por Difraccção de RX, detectando-se a presença de compostos de gesso e anidrina. A contaminação pode, ainda, ser detectada quimicamente através do Doseamento Gravimétrico de Sulfatos.

A contaminação, por adição de cimento, é – contudo – de maior difícil contabilização. A sua determinação pode ser realizada quimicamente, por análise comparativa com os valores padrão dos teores de sílica total, cal livre e sulfatos, e da sua perda ao fogo. Em alguns casos, é ainda possível determinar as resistências mecânicas dos rebocos afectados pela patologia, por determinação de ensaios de compressão sobre provetes obtidos de amostras recolhidas em obra.

4.3 Indicações de Reabilitação

A intervenção, na reabilitação dos revestimentos afectados por contaminações com gesso, tomará sempre em consideração a extensão da patologia. Contudo, em qualquer caso é essencial a extinção do promotor da mesma – a água de infiltração. Em todo o caso, a reabilitação passará pela remoção dos revestimentos afectados e sua reposição com a execução de novos rebocos.

Na contaminação por adição de cimento, e porque estamos na presença de fenómenos de retracção que praticamente se extinguem no período de cura, a intervenção de reabilitação pode ser realizada com os métodos e técnicas anteriormente preconizados na reabilitação de rebocos com fissuração aleatória.

5 Perdas de aderência

5.1 Caracterização da Patologia

A aderência das argamassas de base hidráulica aos suportes é realizada por ancoragem mecânica, através da cristalização dos ligantes no interior dos poros do suporte. Esta ancoragem é promovida pela migração de partículas e pela hidratação do ligante hidráulico. Neste contexto, é possível que sob determinadas condições de humidade relativa dos suportes e de perdas aceleradas de água de amassadura, se verifiquem diminuições significativas da aderência das argamassas de reboco.

Sobre suportes de porosidade reduzida ou sob o efeito da presença de descofrantes, a patologia – tal como nas argamassas tradicionais – poderá observar-se.

5.2 Determinação da Patologia

A simples avaliação visual ou a determinação por precursão, permite detectar com relativa simplicidade a presença da patologia. Contudo, já se apresenta de maior dificuldade a determinação das causas na origem da mesma.

A avaliação visual das amostras recolhidas e ensaios laboratoriais, de análise física e química, poderá resultar em elementos de avaliação das condicionantes que determinaram o desenvolvimento da patologia.

Será sempre uma avaliação casuística, não sendo possível estabelecer padrões de consideração prévia.

5.3 Indicações de Reabilitação

Tal como em situações de contaminação, a intervenção de reabilitação passará sempre pela reposição dos rebocos afectados, através da remoção do material das áreas afectadas e execução de novos rebocos. Para tal, deve utilizar-se um reboco de reabilitação ou a mesma argamassa utilizada no revestimento original, aditivada com uma resina de base acrílica, promotora da flexibilidade e aderência.

6 Friabilidade

6.1 Caracterização da Patologia

A friabilidade dos panos de reboco é caracterizada pela presença de revestimentos não consistentes e agregados, pouco resistentes à abrasão, de fraca aderência ao suporte e resistência mecânica, e elevada absorção e porosidade.

No caso das argamassas secas, a patologia está habitualmente associada a perdas aceleradas de água de amassadura, a inadequado doseamento da água de amassadura, à utilização de argamassas contaminadas ou à falta de aperto durante o processo de aplicação.



Figura 4: Revestimento friável, de reduzida resistência à abrasão

6.2 Determinação da Patologia

A determinação pode ser determinada, expeditamente, através da resistência do revestimento à abrasão e da facilidade com que se deixa riscar. O grau de incidência da patologia pode ser obtida por ensaios de amostras do reboco afectado, avaliando-se a sua porosidade e resistência mecânica, comparativamente com os valores padrão habitualmente registados.

6.3 Indicações de Reabilitação

A reabilitação das superfícies afectadas deverá tomar em consideração o revestimento final do reboco (pintura, revestimento cerâmico, pedra natural). Atendendo ao grau de incidência da patologia e ao revestimento final, a reabilitação poderá prever intervenções mais ligeiras – com a aplicação de consolidantes de superfície, habitualmente constituídos por resinas de base acrílica em dispersão aquosa – ou de maior profundidade que, poderão inclusive levar à reposição total dos rebocos afectados.

Nós casos de revestimento final com elementos pétreos ou cerâmicos, e após a intervenção, deverá proceder-se a ensaio da aderência obtida, através de ensaios pull-off, sobre o sistema final pretendido.

7 Bibliografia

- [1] Leirós, A.J. *Técnicas de Reabilitação de Patologias de Fissuração num Reboco Hidráulico*, PATORREB 2006.
- [2] Leirós, A.J. & Nascimento, R. *Patologia por contaminação de argamassas industriais com gesso*. Construção 2004, pág. 845-848. Porto: FEUP, 2004.
- [3] Nascimento, R. & Frade, D. & Leirós, A.J. & Ferreira, V.M. & Fonseca, A.T. *Efeitos da Adição de Cimento numa Argamassa Industrial*. 1º Congresso Nacional de Argamassas Industriais, Lisboa, Novembro 2005.

TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO E CLASSIFICAÇÃO DE FISSURAÇÃO EM FACHADAS REBOCADAS

Pedro Lima Gaspar*

Correio electrónico: pmgaspar@fa.utl.pt

Inês Flores-Colen†

Correio electrónico: ines@florescolen.com

Jorge de Brito‡

Correio electrónico: jb@civil.ist.utl.pt

Resumo

A fissuração em paredes ocorre sempre que as tensões a que estão sujeitas ultrapassam a sua capacidade resistente. Estas tensões podem acontecer devido a: causas macro-estruturais, características da própria base e fenómenos decorrentes da aplicação e comportamento das soluções de revestimento.

Para cada situação, a manifestação da fissuração pode ser descrita em função da sua localização na parede, da sua orientação, abertura e extensão, e pelo diâmetro e características da malha, sempre que esta se regista.

Neste contexto, a comunicação proposta apresenta uma síntese das características dos vários tipos de fissuração, através da sua parametrização pelas categorias acima descritas e da respectiva ilustração através de fotografias. Para cada tipo de fissuração, são ainda propostos diferentes níveis de severidade da manifestação registada, que podem ser usados como escala de referência para futuros trabalhos de inspecção e manutenção. Esta informação é complementada através de tabelas de correlação entre cada tipologia de fissuração e as suas causas mais prováveis.

Por fim, apresentam-se e descrevem-se as principais técnicas de diagnóstico disponíveis, com a referência do seu campo de aplicação e os respectivos parâmetros a considerar numa inspecção.

Palavras-chave: Fissuração, Diagnóstico, Levantamento, Rebocos, Técnicas.

* Doutorando IST, Assistente no Departamento de Projecto da FA-UTL.

† Doutoranda IST, Bolseira de Investigação FCT.

‡ Professor Associado c/ Agregação no Departamento de Eng. Civil do IST-UTL.

1 Introdução

Ao longo do seu período de serviço, todos os edifícios sofrem alterações dimensionais, deslocações e variações de volume que dão origem a tensões. A maior parte destes movimentos decorre de fenómenos de variação de temperatura e/ou de humidade, de fenómenos químicos ou de deslocações de parte ou do todo da construção, que se listam na Tabela 1.

Tabela 1: Causas das variações dimensionais do todo ou de parte dos edifícios [1].

Variações de temperatura	Cíclicas (ex. Verão / Inverno)
	Ocorrência de gelo nos materiais porosos
Variações de humidade	Cíclicas (ex. Verão / Inverno, seco / molhado) - no edifício ou na envolvente (ex. no solo)
	Irreversíveis (secagem dos materiais, retração de materiais cimentícios) - no edifício ou na envolvente
Fenómenos químicos	Corrosão
	Carbonatação
	Ataque de sais
Causas macro-estruturais	Varição das condições de apoio (sobretudo fundações)
	Sismos e fenómenos vibratórios
	Fluência de elementos portantes
	Cargas e sobrecargas de utilização

Como os edifícios são estruturas complexas e heterogéneas, as variações dimensionais podem afectar as construções no seu todo ou nos seus materiais e componentes, originando comportamentos diferenciais entre as partes constituintes daquelas (nomeadamente e no caso das fachadas rebocadas, diferenças entre a estrutura, os elementos constituintes das alvenarias e as argamassas).

Neste processo, sempre que as tensões originadas pelas variações dimensionais ultrapassam a capacidade resistente dos elementos afectados, estes fracturam. A descontinuidade assim criada é geralmente designada como fissura (também referida como fendilhação ou fenda, dependendo da sua dimensão). Como referem alguns autores [1, 2], apesar de vir muitas vezes acompanhada por grande alarmismo do utilizador, na grande maioria dos casos a fissuração não apresenta perigos para a segurança ou utilização das construções, sendo uma consequência natural e, por vezes, inevitável do comportamento destas.

1.1 A fissuração enquanto anomalia

Se, de facto, os edifícios (ao contrário de outros objectos), raramente colapsam após a visualização de fissuração, a verdade é que, mesmo antes da sua manifestação visível, a fissuração contribui para a diminuição da durabilidade das construções (por exemplo, através da entrada de ar e de água pelas zonas afectadas ou pela perda de isolamento térmico e sonoro) [1, 2, 3]. Quando se

analisa a fissuração, deve por isso ter-se em atenção que esta tanto é o resultado de uma causa a montante, como a origem de outras anomalias que constituem o estado patológico investigado. Por outras palavras, a fissuração é simultaneamente causa e fonte de anomalias na construção.

Actualmente esta anomalia apresenta um elevado número de ocorrências. Em Portugal, investigações anteriores em fachadas rebocadas revelaram valores de incidência de fissuração superiores a 40% do número total de anomalias detectadas [4]. Em França, estima-se que a fissuração corresponda a 60% dos sinistros registados que tenham conduzido a reparações [5].

2 O fenómeno da fissuração

A fissuração em paredes tanto afecta elementos estruturais como elementos secundários (alvenarias e suportes de revestimentos) ou revestimentos. Pode ocorrer isolada em cada um dos grupos ou transversalmente em dois ou mais.

Apesar de, aparentemente, estes grupos apresentarem uma hierarquia relativa (a estrutura influencia as alvenarias e estas os revestimentos), podem ocorrer casos em que uma ordem inversa se manifeste, nomeadamente quando uma alvenaria fissura devido às retracções de uma argamassa mais rica em cimento (mais rígida) [3, 5].

2.1 Levantamento e descrição da fissuração

Quando se dá a fractura de um elemento, a fissura daí resultante apresenta uma direcção preferencial de desenvolvimento (o seu comprimento ou extensão) e duas direcções secundárias (abertura ou largura, e profundidade). Apesar de estes serem os parâmetros principais geralmente referidos quando se considera a fissuração, uma descrição completa, ainda que variando com o autor [1, 2, 5], pode ser resumida nos seguintes parâmetros principais:

- localização (zona da fachada, envolvente estrutural de suporte, tipo de elemento afectado: revestimento / suporte / estrutura);
- orientação (vertical, horizontal, inclinada, mista, qualquer);
- textura / agrupamento / organização (número, repetição, padrão);
- extensão / comprimento / desenvolvimento (dimensão);
- traçado / configuração (contínua ou descontínua, linear, curva, composta, quebrada, aleatória, em malha);
- abertura / largura (dimensão, constante ou variável);
- espessura / profundidade (dimensão, elemento afectado, existência da fissura nos dois planos do elemento afectado);
- alinhamento (existência de descolamentos, complanaridade de ambos os lados da fissura);
- evolução no tempo (estabilizada, activa, variável, progressiva, cíclica);

- outras anomalias relacionadas com a fissuração (grau de limpeza da fissura, entrada de água, destacamentos, esboroamento dos bordos da fissura);
- contexto (modificações recentes, outros edifícios afectados, outros elementos afectados do edifício, infra-estruturas na proximidade, utilização do edifício, etc.).

O levantamento da fissuração é geralmente feito visualmente, com o apoio de instrumentação [6]. Os principais tipos deste tipo de anomalia encontram-se listados na Tabela 2, que pode funcionar como apoio para a descrição de fissuração em trabalhos de campo.

Tabela 2: Listagem e descrição dos tipos de fissuração mais correntes [1, 2, 3, 5].

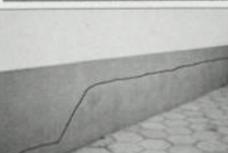
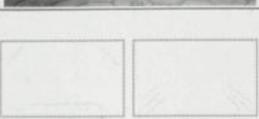
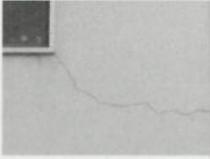
	Imagens	Descrição
F01		Malha irregular, tipo pele de crocodilo, inscrita em quadrados até 20cm de lado, por vezes com malha secundária inscrita no interior da malha principal, direcção de fendilhação sensivelmente perpendicular à malha principal.
F02		Idêntica a F01, mas com malha de maior abertura. Fendilhação acompanhada por degradação dos bordos da fissura (manchas ou sinais de empolamento dos bordos).
F03		A malha define padrões sensivelmente ortogonais, contínuos ou descontínuos, acompanhando as juntas dos materiais de constituição da base de assentamento. O padrão poderá surgir espaçado a intervalos regulares na parede. Por vezes, é acompanhado por diferenças de humidade nas zonas afectadas, descrevendo manchas caracterizadas como "fantasmas".
F04		Fissuração linear, segundo direcções com cerca de 30 a 45° com a horizontal, desde os pontos de contacto com o solo, por vezes até aos limites da fachada. Podem surgir direcções paralelas de fissuração, por vezes interligando zonas de vãos. Pode manifestar-se nos limites laterais da fachada ou centralmente.
F05		Linha horizontal de fissuração junto à base da fachada, aproximadamente coincidente com a segunda ou terceira fiadas de assentamento das alvenarias.
F06		Idêntica a F05, mas acompanhada por fissuração a 45° nos cantos superiores da parede. Podem surgir variantes de fissuração central na vertical ou linhas paralelas, a 45° na base da parede, junto aos extremos laterais (efeito de arco).

Tabela 2 (continuação): Listagem e descrição dos tipos de fissuração mais correntes.

	Imagens		Descrição
F07			Fissuração vertical, central, junto à base ou junto ao topo da parede, com abertura variável. Por vezes, este padrão surge repetido na parede, com espaçamentos sensivelmente iguais. Pode igualmente manifestar-se por fissuras verticais, simétricas, localizadas junto às esquinas da fachada.
F08			Fissuração localizada no topo da fachada, segundo uma direcção horizontal, de configuração linear contínua ou interrompida, formando linhas com 30 a 45° com a horizontal, paralelas entre si. Por vezes, identifica-se um padrão de diminuição relativa da dimensão linear das fissuras paralelas, acompanhadas com a variação progressiva da abertura da fissura. Os cantos poderão apresentar destacamentos, com linhas a 45°.
F09			Padrão geralmente simétrico, com fissuração a 30 ou 45°, divergindo a partir de um ponto mais alto da parede. Pode ser acompanhada por fissuras horizontais localizadas em torno do ponto de convergência das direcções diagonais. As linhas diagonais podem ter uma configuração linear ou escadeada.
F10			Linhas localizadas em torno de aberturas na parede, ou coincidindo com mudanças de geometria na própria parede, a partir das esquinas das aberturas ou abaixo dos lintéis ou seguindo as zonas de variação da geometria da parede. A fissura é geralmente linear, diagonal, podendo abrir segundo outras direcções conforme se afasta do ponto de origem. Abertura da fissura maior junto às aberturas. Sob lintéis, poderá surgir localmente um padrão idêntico a F9.
F11			Fissura geralmente linear, contínua. Quando vertical ou horizontal, localizada geralmente nas zonas de transição entre elementos constituintes da base da parede (i.e. no perímetro da parede, entre alvenarias e estrutura). Quando em direcções diagonais, pode assumir configuração escadeada, segundo as juntas de blocos de alvenaria ou reflectindo elementos resistentes como escadas e patamares.

2.2 Classificação da fissuração

Na Tabela 3, apresentam-se diversas propostas de classificação de fissuras em função da respectiva abertura [1, 2, 3, 5, 7, 8].

Uma análise dos critérios usados por cada autor revela duas ênfases distintas de classificação: por um lado, aqueles mais vocacionados para uma análise macro-estrutural dos efeitos da fissuração (Bidwell, Kaminetsky, CIB e BRE);

por outro, aqueles que consideram as questões de (perda de) durabilidade da fachada, essencialmente devido à perda de estanqueidade dos revestimentos, logo a partir de fissuras com 0,2 mm (Veiga, Shohet, CSTB).

Tabela 3: Classificação da fissuração em função da respectiva abertura

	Abertura da fissura em mm											
	0	0,1	0,2	0,25	0,5	1	1,5	2	3	5	15	25
CSTB / Veiga	Microfissuras / microfendas			Fissuras / fendas médias				Fendas / fracturas				
Shohet	Fiss. Capilar			N.1	N.2	Nível 3			Nível 4			
CIB	Desprezável		Finas (0,1 a 1 mm)			Moderada (1 a 5 mm)			Largas			
BRE	Capilar		Nível 1			Nível 2			N.3	N.4		
Bidwell	Finas					Médias (até 10mm)			Largas			
Kaminetzky	---					Ligeiras			Moderadas		Pronunciadas	

Esta é uma questão importante pois às descontinuidades (d) num elemento, mesmo antes do limite de visibilidade (geralmente considerado em torno dos 0,25 mm), permitem a entrada de água. Como refere Silva [5], esta pode penetrar devido a diferenças de pressão hidrostática (para $d > 0$ mm), a fenómenos de capilaridade (para $d < 0,5$ mm), pelo efeito da gravidade ($d > 0,5$ mm) ou mesmo devido a diferenças de pressão ($0,5 < d < 6$ mm).

2.3 Níveis de severidade de fissuras em fachadas rebocadas

Na Tabela 4, propõe-se uma escala de classificação do nível de severidade de fissuras em fachadas rebocadas, quantitativa e qualitativa, permitindo a sua classificação em trabalhos de campo. Nesta classificação, adoptam-se quatro patamares de severidade (níveis de degradação), em consonância com as metodologias de classificação de anomalias mais correntes [9, 10]).

Tabela 4: Níveis de severidade de fissuração (função da abertura).

0	1	2	3	4
$\leq 0,1$ mm	0,1 a 0,25 mm	0,25 a 1,0 mm	1,0 a 2,0 mm	≥ 2 mm
Fio de cabelo	Limiar da visibilidade	Visível, localizada. Não visível em fotografias (excepto em detalhes de pormenor)	Bem definida. Tenuamente visível em fotografia a 3 m da fachada. Pode estar acompanhada de mais anomalias	Efeitos estruturais. Facilmente visível em fotografia
Micro-fissuras	fissuras		fendas	

Sempre que se pretenda aplicar a informação recolhida em campo para fins de previsão de vida útil (ou para inclusão em sistemas periciais de gestão e de manutenção da construção), não é suficiente analisar a fissura isoladamente. Pelo contrário, como se propõe na Tabela 5, há que considerar o modo como a fachada é afectada (em termos de área atingida, abertura e padrão de fissuração).

Tabela 5: Severidade de fissuração em rebocos em fachadas [8, 10].

Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
≤ 0,1mm	0,1 a 0,25 mm	0,25 a 1,0 mm	1,0 a 2,0 mm	≥ 2 mm
Fio de cabelo	Fissuração capilar	Pequena fissuração. Área afectada: ≤ 5%	Fissuração localizada. Área afectada: ≤ 5%	Fissuração de grande abertura e / ou área afectada: ≥ 5%

Este aspecto relaciona-se com a necessidade de tornar mais global o diagnóstico e interpretação de anomalias, cruzando a informação recolhida e os métodos de previsão da vida útil da construção [11], entendida como um sistema.

3 As causas directas da fissuração

Na Tabela 6, procura-se cruzar os principais tipos de fissuração (Tabela 2) com as suas causas directas mais prováveis. A aplicação desta tabela deve ser feita com cautela pois certas causas de anomalias poderão ter origens muito diferenciadas. A título de exemplo, refira-se a variação do teor de humidade no terreno, que, entre outras origens, pode decorrer de alterações do nível freático, do rompimento accidental de infra-estruturas, da saturação de terrenos argilosos ou até do abatimento de árvores na proximidade.

Recorde-se que, no caso da fissuração - como em qualquer processo de inspecção técnica de edificios (identificação e diagnóstico de anomalias) - a identificação das causas directas das anomalias apresenta a dificuldade de avaliar se o problema detectado é uma causa ou um efeito das patologias registadas. Certos autores referem mesmo que o processo de identificação das causas da fissuração deve ser feito através da eliminação sequencial das causas que manifestamente não contribuem para o problema detectado [2, 12].

3.1 Técnicas identificação e monitorização de fissuras

Assim, após identificada uma anomalia, há que avaliá-la nos seus parâmetros fundamentais que, no caso da fissuração, se encontram descritos na Tabela 7, que cruza aqueles com as principais técnicas disponíveis, à semelhança da metodologia proposta para o diagnóstico de manchas em paredes rebocadas [13].

Tabela 6: Correlação entre fissuras e causas directas possíveis [1, 2, 3, 5].

	Retração diferencial (má cura)	Deficiente adaptação ao suporte	Comportamento diferencial do suporte	Argamassa muito rígida (% de ligante)	Absorção excessiva do suporte	Varição da humidade sobre os materiais	Varição de teor de humidade em terrenos	Varição de temperatura em paredes	Varição de temperatura em coberturas	Deformação (excessiva) do suporte	Expansão ou empolamento dos terrenos	Assentamentos diferenciais	Ações mecânicas / movimentos vibratórios	Pormenorização (ausência de juntas)	Ausência de reforços no reboco	Concentração de tensões	Corrosão de elementos metálicos	Reacções com sais / ataques químicos	Ciclos gelo / degelo
F01	●	○	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
F02	●	-	-	●	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	●	○
F03	○	○	●	-	○	●	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-
F04	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	●	●	○	-	-	-	-	-	-
F05	-	-	-	-	-	●	●	-	-	●	○	○	-	-	-	-	-	-	○
F06	-	-	-	-	-	-	○	-	-	●	○	●	-	-	-	●	-	-	-
F07	-	-	-	-	-	○	○	●	-	-	○	●	○	●	-	-	-	-	-
F08	-	-	-	-	-	○	-	○	●	○	-	○	○	●	○	-	-	-	-
F09	-	-	○	-	-	-	-	○	-	●	-	○	-	-	●	○	-	-	-
F10	-	-	-	-	-	-	-	○	-	○	-	○	○	○	●	●	-	-	-
F11	-	○	●	-	-	-	-	●	○	●	-	○	○	●	○	-	-	-	-

Legenda: correlação elevada '●', correlação possível '○', correlação baixa ou nula '-'

Tabela 7: Relação entre cada técnica e o parâmetro a medir.

	Testemunhos papel	Testemunhos gesso / cimento	Testemunhos de vidro	Régua graduada	Binóculos	Lupa / luneta	Fissurómetro	Extensómetro	Fissurómetro	Paquímetro	Ultra-sons	Medidor de	Sismógrafo
Localização / identificação					●	●	●		●		●		
Abertura				●		●	●	●	●	●			
Profundidade											●		
Impermeabilização											●	●	
Detecção de movimento	●	●	●					●					
Identificação de acções mecânicas													●
Resistência superficial												●	

Esta informação é complementada pela Tabela 8, onde é possível comparar entre si as técnicas de medição e monitorização de fissuras mais correntes.

Tabela 8: Técnicas de instrumentação [5, 6].

	Ensaio estático	Ensaio dinâmico	Interior	Exterior	Custo	Modo de utilização	Obtenção de informação útil	Interpretação dos resultados	Fiabilidade dos resultados	Carácter pouco intrusivo	Necess. de fonte de energia	Necessidade de mão-de-obra especializada	Necessidade de meios de acesso
Testemunhos de papel	x	x			●	○	○	○	-	●	●	●	-
Testemunhos de gesso	x	x			●	●	○	○	○	○	●	●	-
Testemunhos de cimento	x		x		●	●	○	○	○	○	●	●	-
Testemunhos de vidro	x	x	x		-	-	○	-	-	○	●	●	-
Régua graduada	x		x	x	●	●	●	○	○	●	●	●	-
Binóculos	x			x	●	●	○	○	○	●	●	●	●
Lupa / luneta	x		x	x	●	●	○	○	○	●	●	●	-
Fissurómetro	x		x	x	-	●	●	○	●	●	○	○	-
Extensómetros mecânico		x	x	x	○	○	●	●	○	○	●	○	-
Extensómetro eléctrico		x	x	x	-	○	●	●	●	●	●	○	-
Fissurómetro eléctrico	x		x	x	-	○	●	●	●	●	○	○	-
Paquímetro		x	x	x	-	-	●	●	●	-	○	○	-
Ultrasons	x		x	x	-	-	○	○	-	●	-	-	-
Medidor de tensão	x	x	x	x	-	-	●	●	●	○	-	-	-
Sismógrafo	x			x	-	-	○	○	○	●	-	-	●

Legenda: Avaliação dos factores: ● bom (positivo); ○ médio; - mau / difícil (negativo)

4 Conclusão

A fissuração corresponde a uma descontinuidade física em determinado elemento da construção, resultante das tensões nele instaladas. No caso das fachadas, este fenómeno tanto afecta a macro-estrutura, como as alvenarias e os revestimentos.

Quando ocorre, a fissuração é simultaneamente a manifestação de um problema e a potencial origem de outras anomalias. De facto, na zona fissurada dá-se uma perda de estanqueidade do elemento afectado, que permite a penetração de água e a ocorrência de degradação por acção de sais, carbonatação ou ciclos gelo / degelo. Esta característica aconselha a que se considerem os efeitos de perda de durabilidade das construções decorrentes da fissuração e não apenas os efeitos macro-estruturais desta.

Neste sentido, este artigo procura caracterizar e tipificar a fissuração em paredes de fachada, sobretudo para as situações de fachadas rebocadas. Propõe igualmente categorias de classificação do grau de severidade da fissuração e da extensão da degradação por fissuração em fachadas.

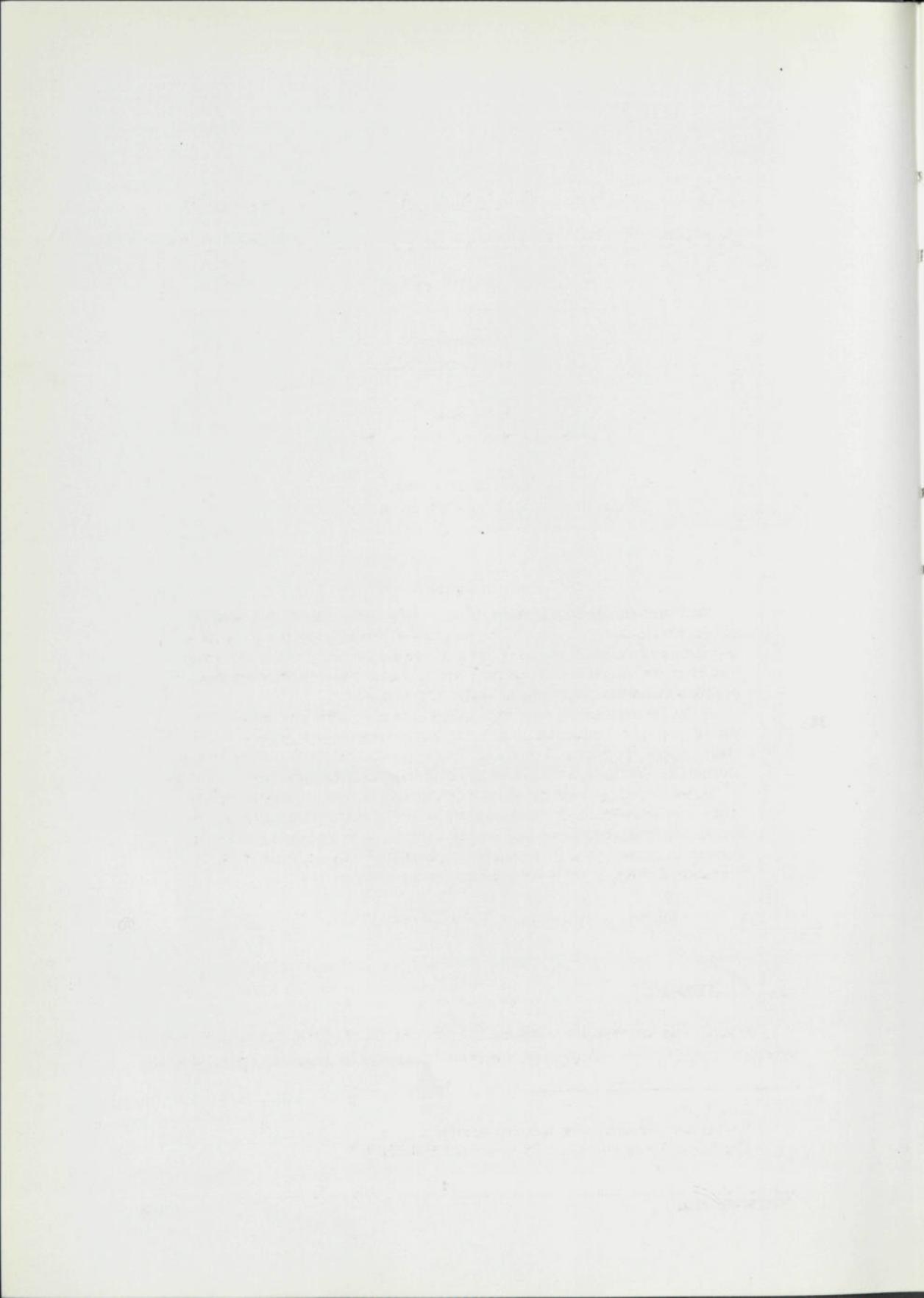
Para terminar, apresentam-se matrizes de correlação dos principais tipos de fissuração e das suas causas mais prováveis, por um lado, e das técnicas de inspeção e monitorização com as principais propriedades a identificar, comparando de forma resumida as técnicas entre si. Esta informação procura ser um contributo para a criação de padrões de inspeção e classificação de anomalias de fissuração em fachadas, passíveis de serem adoptadas em processos de inspeção e diagnóstico, com vista à inclusão da informação recolhida em sistemas de gestão e de manutenção da construção.

5 Bibliografia

- [1] Bonshor, R. & Bonshor, L. *Cracking in buildings*. London: BRE, 2001.
- [2] Bone, S. *et al. Defects in buildings*, Department of Environment, London: HMSO, 1989.
- [3] Veiga, R. *Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação*, Teses e Programas de Investigação do LNEC, Lisboa, 1998.
- [4] Gaspar, P. *Metodologia de cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*, Dissertação de Mestrado, IST - UTL, 2003.
- [5] Silva, J. *Fissuração de alvenarias*. Dissertação de Doutoramento, FCT - UC, Coimbra, 1998.
- [6] Addleson, L. *Building Failures, a Guide to Diagnosis, Remedy and Prevention*, London: Butterworth & Heinemann, 1992.
- [7] CIB W86, *Building Pathology - A State-of-the-Art Report*, CIB Report, Publication 155, Delft: Junho, 1993.
- [8] Shohet, I. & Paciuk, M. Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions. *Construction Management & Economics*, 22 (10) 2004: pp. 1081-1090.
- [9] Balaras, C. *et al. Building deterioration assessment guidelines*, Investimmo Report 02-098, EU - Growth Program, Athens, 2004.
- [10] Gaspar, P. & de Brito, J. Assessment of the overall degradation level of an element. *Proc. 10DBMC*, Lyon, 17-20 April 2005: pp. 1043-1050.
- [11] Davies, H. & Wyatt, D. Appropriate use of the ISO 15686-1 factor method for durability and service life prediction. *Proc. 10DBMC*, Lyon, 17-20 April 2005: pp. 771-780.
- [12] Calejo Rodrigues, R. *Gestão de edifícios. Modelo de simulação técnico-económica*. Dissertação de Doutoramento, FEUP, Porto, 2001.
- [13] Flores-Colen, I. *et al. Técnicas de diagnóstico e de manutenção para remoção de manchas em paredes rebocadas*, 1.º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, 24-25 Nov. 2005, Lisboa (em CD).



SESSÃO IX – DIAGNÓSTICO / REABILITAÇÃO



SOCIEDADES DE REABILITAÇÃO URBANA

Algumas Reflexões decorrentes da Experiência de Aplicação Concreta

Rui Mealha *

Correio electrónico: rmealha@netcabo.pt

Elisa Babo †

Correio electrónico: elisab@quaternaire.pt

Hipólito de Sousa ‡

Correio electrónico: hipólito.sousa@sopsec.pt

Resumo

As Sociedades de Reabilitação Urbana – SRU's, cuja legislação foi publicada em Maio de 2004, constituem uma das iniciativas geradoras de grandes expectativas no sentido da dinamização do processo de reabilitação das zonas históricas dos nossos centros urbanos, com reflexos que se pretendem muito positivos no redireccionamento do sector da construção.

A Rui Passos Mealha, Arquitecto Ld^a, a Quaternaire Portugal SA e a Sopsec Ld^a tem tido oportunidade de em conjunto terem estado ligadas, na qualidade de prestadores de serviços, a várias actividades visando a elaboração de Documentos Estratégicos para municípios no âmbito desta iniciativa.

Nessa medida e tendo em conta o carácter ainda pioneiro destas acções, estão em condições de produzir algumas reflexões decorrentes desta experiência, com destaque para os modelos de intervenção e montagem das operações, a importância dos levantamentos e reconhecimentos, a formulação das propostas de intervenção e a viabilidade das operações.

Palavras-chave: SRU's, Reabilitação Urbana, Estratégia.

1 Introdução

O sector da construção civil e obras públicas em Portugal teve um peso económico relevante nas décadas de 80 e 90 do século passado, orientado fun-

* Arquitecto.

† Economista, Administradora Quaternaire Portugal.

‡ Eng^a Civil, Doutor Eng^a Civil, Director Geral SOPSEC L.^{da}

damentalmente para a construção de edifícios novos, predominantemente de habitação, e para a construção de novas infra estruturas rodoviárias. Existiram algumas iniciativas dirigidas para a reabilitação dos centros urbanos históricos de algumas cidades portuguesas de que se destacam as iniciativas em algumas zonas de Lisboa (Castelo, por exemplo), no Porto, fundamentalmente através do CRUARB, e ainda noutras cidades como Guimarães e Évora. Por razões de índole financeira e de outro tipo, essas intervenções nunca conseguiram alcançar os resultados que os referidos centros urbanos requereriam, com excepção de alguns casos pontuais onde se geraram dinâmicas específicas. Esta reduzida dinâmica foi seguramente também consequência das dificuldades em assumir uma visão estratégica para as cidades, insistindo-se, de forma generalizada, na produção de novas formas de expansão urbana em parte sustentadas pelos processos de desertificação das malhas centrais de matriz tradicional, e num panorama em que as periferias urbanas existentes mantêm-se por consolidar e qualificar. Verifica-se assim que a oferta do “novo” concorre com os processos de reabilitação e de requalificação urbana para as malhas históricas e tradicionais (degradadas) e para as malhas periféricas (desordenadas, com défices de urbanização, e também já degradadas).

Tratou-se, e trata-se ainda porque persiste, de um flagrante desvio estratégico, face ao qual apenas algumas malhas históricas aparentemente resistem, porque permanecem (sobre)habitadas não obstante a degradação muitas vezes generalizada das suas construções.

Este modelo começa a estar esgotado como é patente na diminuição da actividade geral do sector perceptível desde o fim de 2001. Tem-se especulado sobre o novo paradigma do sector, mas tem sido consensual para a generalidade dos intervenientes a necessidade dum enfoque maior na reabilitação, particularmente de edifícios, dado que a oferta de habitação é já superabundante e uma parcela relevante do parque edificado existente apresenta degradação considerável. Apesar desta estratégia ser aparentemente consensual não há ainda sinais inequívocos de que este processo esteja em marcha nos principais centros urbanos. Para além das dificuldades, aceitáveis, resultantes dum direccionamento novo da actividade, parece que os receios dos agentes são enfatizados por uma série de problemas relativos à escala, à operacionalização, aos problemas de propriedade e ocupação dos prédios e a sua compaginação com enquadramentos legislativos e normativos desajustados a este tipo de intervenção.

2 Enquadramento legal das SRU e alguns modelos de intervenção

2.1 As oportunidades criadas pelo DL 104/2004

O Decreto -Lei 104/2004 [1] criou um regime jurídico excepcional dirigido para a reabilitação das áreas urbanas históricas e das áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística. O referido decreto assenta nos seguintes princípios:

- a responsabilidade pelo procedimento de reabilitação está cometida aos municípios, em princípio através de empresas municipais que deverão integrar a designação SRU e ter a sua zona de intervenção definida, tendo para o efeito poderes efectivos especiais no âmbito do licenciamento, expropriação, realojamento e fiscalização, bem como possibilidade de adoptar procedimentos simplificados visando a celeridade do processo;
- a reabilitação urbana é levada a cabo definindo *Unidades de Intervenção* correspondendo, regra geral, no mínimo, a um quarteirão;
- para cada *Unidade de Intervenção*, por iniciativa da SRU ou dos proprietários e com conteúdos definidos no diploma, deve ser elaborado um *Documento Estratégico*, relativamente ao qual os proprietários são notificados para se pronunciarem num prazo estabelecido, findo o qual o documento é aprovado, ocorrendo a inscrição do facto no registo predial dos prédios abrangidos;
- procura-se um equilíbrio entre os direitos e obrigações dos proprietários que preferencialmente deverão ser os primeiros responsáveis das acções de reabilitação urbana, podendo no entanto, na falta de acordo, as SRU assumir a intervenção forçada ou a expropriação, estando assegurado aos antigos proprietários ou arrendatários, findas as obras, o direito de preferência;
- procura-se facilitar o quadro negocial em que os promotores privados podem celebrar com os municípios contratos de reabilitação urbana.

2.2 Algumas primeiras interrogações sobre o modelo

O DL 104/204 parece ter como principais vantagens:

- agilização dos processos de intervenção nas zonas antigas e históricas (definidas em PDM) e nas *ACCRU'S*, o que poderá contribuir para aumentar a rapidez e para simplificar os processos de planeamento, de licenciamento e outros de natureza jurídica associados à reabilitação urbana e que têm, nos últimos anos, constituído factor de inibição ou de

- desinteresse por parte dos promotores imobiliários e dos proprietários do edificado nas áreas históricas e áreas degradadas para estratégias de renovação e revalorização destas áreas;
- novo modelo institucional e organizativo através da possibilidade de se constituírem empresas municipais de reabilitação, com capital 100% municipal ou, em alternativa, sociedades anónimas de capitais exclusivamente públicos, com participação municipal e do Estado no respectivo capital. Esta parece ser uma alternativa que permite aos municípios uma gestão mais eficiente e prioritária destas operações, na medida em que as retira da estrutura municipal, conferindo-lhes autonomia de gestão de recursos e uma estrutura organizativa de natureza empresarial. À partida, o debate que se tem feito sobre as vantagens ou desvantagens da opção pela constituição de novas entidades, de natureza empresarial, para a gestão dos recursos ou das políticas e intervenções municipais, repete-se de novo neste caso;
 - Articulação mais fácil com todas as entidades envolvidas, designadamente IPPAR, Bombeiros, etc.

Colocam-se no entanto desde já algumas dúvidas de que se destacam:

- como se garante a existência duma visão estratégica fundamentada que defina quais os valores significantes, "standards" de intervenção, estratégias para o estacionamento e como é que essa visão se traduz num programa?
- como é que estas novas entidades garantem a concertação e integração da sua intervenção nas estratégias e nas políticas públicas, de natureza municipal?
- que tipos de estruturas técnicas devem ser constituídas para elaborar os documentos e como se articulam com as equipas técnicas das autarquias?
- o que significa a participação ou não de entidades do Estado, designadamente, o INH na constituição destas sociedades?
- como instruir e validar intervenções urbanísticas e arquitectónicas/construtivas de maior complexidade, nomeadamente quando se propõe a reorganização profunda da propriedade, dos usos actuais ou das soluções tipológicas e construtivas, ou ainda perante factores exógenos relevantes?

A avaliação das primeiras intervenções reais no quadro deste diploma será indispensável no sentido de verificar os resultados destes novos preceitos. Na fase de elaboração em que a maioria das experiências se encontram não é possível retirar ilações sobre o efeito deste novo enquadramento na dinamização do mercado e no impacto nas áreas em questão.

2.3 Algumas experiências de intervenções em curso

Os autores tiveram oportunidade de estar envolvidos em alguns casos em curso, a saber:

- SRU Porto Vivo, com elaboração dos documentos estratégicos dos quarteirões de Carlos Alberto, do Infante, das Cardosas e de D. João I e do Diagnóstico do Quarteirão do Cais das Pedras, incluindo diagnóstico físico, sócio-económico e administrativo, reconhecimento dos valores e do sentido tipológico das construções, discussão de modelos, programas preliminares das intervenções urbanísticas e arquitectónicas, modelos de operacionalização e estimativa de custos e receitas;
- SRU Ocidental Lisboa, elaboração do estudo estratégico para a primeira área de intervenção na zona ocidental de Lisboa, abrangendo parte das freguesias de Belém e Ajuda, incluindo levantamentos e inquéritos no terreno, reconhecimento dos valores e do sentido tipológico das construções, discussão de modelos, definição de uma estratégia de intervenção à escala do sector, delimitação e programa preliminar de intervenção urbanística e arquitectónica para duas unidades de intervenção;
- SRU Oriental Lisboa, área de intervenção geral constituída por um conjunto de 11 áreas, parte delas classificadas como Zonas Históricas no âmbito do PDM de Lisboa e outras com estatuto ou em processo de declaração de ACCRU's. O estudo estratégico elaborado é desenvolvido em duas fases distintas, sendo que a primeira faz um primeiro diagnóstico preliminar de todas as zonas, especialmente com base em informação documental e quantitativa, completado por reconhecimento dos valores e do sentido tipológico das construções, reconhecimento da estrutura espacial e funcional do sector urbano. Discussão dos modelos e definição de uma estratégia de intervenção à escala do sector. Delimitação de um conjunto de algumas *Unidades de Intervenção*, dentro de zonas consideradas como primeira prioridade. A segunda fase aprofunda os levantamentos no terreno de todas as zonas consideradas dentro da primeira prioridade, propõe ajuste das áreas e UI's e um Programa preliminar de intervenção urbanística e arquitectónica para duas UI's.
- SRU Coimbra Viva, processo ainda em início relativo à elaboração dos *Documentos Estratégicos* de alguns quarteirões do centro histórico da cidade de Coimbra, incluindo a Baixinha, com a particularidade da equipa, que inclui neste caso como coordenadora a empresa Grupo 3, estar a prestar o serviço não directamente para a SRU, mas para um consórcio promotor.

Neste quatro casos distintos foi possível observar estratégias e abordagens diferentes no plano da escala da intervenção e do território envolvido, no nível da reestruturação urbanística, na metodologia adoptada e no plano da promoção. Mais uma vez apenas com o avanço das operações vai ser possível avaliar a maior ou menor justeza de algumas opções.

3 Diagnóstico no âmbito do *Documento Estratégico*

O documento estratégico deve conter um conjunto de informação mínima definida no diploma enquadrador [1], designadamente:

- a definição dos edifícios a reabilitar e a extensão das intervenções neles previstas;
- a identificação dos proprietários e demais titulares de direitos;
- um projecto base de intervenção com definição das opções estratégicas e respectiva justificação;
- planeamento e estimativa dos custos de intervenção;
- identificação de eventuais interessados em colaborar com os proprietários;
- um auto de vistoria de cada uma das edificações, identificando o respectivo estado sob o ponto de vista de segurança, salubridade e estética.

Para que o documento estratégico contenha a informação acima referida todo o trabalho tem que iniciar-se pela recolha e síntese do máximo de informação sobre a unidade de intervenção, com trabalho de campo nas seguintes vertentes:

- pesquisa de informação de vária índole sobre a zona a intervir, designadamente de carácter histórico-arqueológico, de valores a preservar, sociológico, económico, geológico, de carácter ambiental, planeamento e ordenamento urbanístico, etc.
- levantamento funcional, com identificação das actividades e usos instalados;
- levantamento físico do parcelar e do edificado ao nível dos imóveis e fracções, incluindo valor, estado, serventias urbanísticas, soluções de distribuição, tipologias, soluções construtivas, patologias, intervenções perceptíveis, etc.,
- levantamento físico do espaço público incluindo soluções e seu estado, infraestruturas existentes e previstas, equipamento urbano, estacionamento, circulações e transportes, etc.;
- levantamento de carácter sociológico e socio-económico dos ocupantes das fracções e utilizadores da zona;

- levantamento de carácter administrativo a efectuar junto das conservatórias e repartições de finanças para identificação dos limites dos prédios, valor patrimonial e titulares de direitos reais.

A recolha de informação referida, indispensável para a elaboração do diagnóstico, requer o envolvimento de equipas multidisciplinares alargadas, o contacto com múltiplas entidades, visando garantir que todas as entidades e equipas de trabalho com tutela/conhecimento da área são ouvidas, bem como que toda a informação recolhida é a mais completa e actual. Estas actividades requerem também uma interacção com a equipa da SRU e serão facilitadas caso os municípios disponham de sistemas de informação modernos e completos sobre as zonas a intervir.

4 Proposta de intervenção ao nível do Documento Estratégico

A intervenção urbanística e arquitectónica em estruturas urbanas existentes levanta desde logo uma série de questões de partida como o reconhecimento dos próprios “materiais” do projecto e das escalas de pertinência para enquadramento dos contextos físicos e temáticos envolvidos (de como o projecto reconhece e representa o lugar que intervenciona).

De facto, factores como os inerentes à mobilidade urbana, programa de intervenção, standards, soluções morfológicas e tipológicas, entre outros, requerem uma visão de conjunto abrangente a contextos físicos que por vezes ultrapassam os limites das Unidades de Intervenção.

Uma série de outros factores exógenos revelam-se ainda de importância fulcral para a definição das estratégias de intervenção e subsequentes soluções projectivas do Documento Estratégico. Trata-se de factores como a inserção de macroestruturas de mobilidade e a presença ou ausência de dinâmicas territoriais na envolvente urbana, por exemplo.

A demarcação do contexto físico da intervenção revela-se assim fundamental à representação dos contextos temáticos que deverão ser envolvidos nos processos de reabilitação urbana. Não faz grande sentido reabilitar apenas um dos lados de uma rua, tal como também não fará sentido que a mesma Unidade de Intervenção abarque territórios muito vastos e de grande diversidade morfo-tipológica, a não ser que tais circunstâncias observem estratégias operativas bem fundamentadas.

A formulação do programa e dos standards de intervenção é também de grande relevância estratégica, pelos objectivos de vivificação e animação da malha urbana. No entanto depara-se frequentemente com dificuldades inerentes à própria morfologia parcelar, à tipologia das construções e à ausência de dinâmicas que permitam sustentar convicções por determinadas funções estru-

turantes ou de nível direccional. Os contextos de matriz histórica ou tradicional obrigam-se assim à conjugação de leituras prospectivas a diversas escalas, para observação dos factores de coesão e ruptura da malha urbana, dos factores de identidade e de diversidade, dos seus valores singulares e conjuntos, das rupturas existentes, e dos seus termos funcionais gerais. Uma intervenção de reabilitação pressupõe a regeneração de tecidos e estruturas existentes, mas deverá também transportar um entendimento contemporâneo da cidade, da sua modificação e modernização. As modificações a executar deverão naturalmente resolver os problemas existentes, mas deverão ainda imprimir novos padrões ambientais de guarnição urbanística e de qualidade de vida. Neste sentido, alguns dos processos em curso integram operações de edificação, de renovação urbana e de reconstrução, a par de operações de reabilitação e de restauro. A reestruturação urbanística verifica-se em geral com maior intensidade nas situações dos quarteirões e bolsas com grande dimensão (nomeadamente por constituição de novos espaços colectivos, estacionamento residente e de acesso público, entre outras funcionalidades), quando existem estruturas sem interesse e formalmente desajustadas, ou quando existem espaços vazios e residuais no interior da Unidade de Intervenção.

Muitas das construções existentes nas malhas históricas e tradicionais apresentam morfologias específicas, em geral de frente estreita, na correspondência à estrutura parcelar. Esta circunstância motiva com frequência a opção por alterações tipológicas profundas, recorrendo-se por vezes e com determinados critérios a formas de agregação de dois ou mais imóveis, para resolução de standards e de acessos verticais, entre outros aspectos. O respeito pelos valores urbanísticos e arquitectónicos em presença leva frequentemente a considerar tipologias não convencionais, o que exige enquadramentos específicos para gestão das correspondentes soluções. Trata-se, nomeadamente, da organização tipológica de imóveis com grande profundidade de construção, ou da organização das serventias urbanísticas e dos acessos verticais por inserção de elevador e escadas não encerradas, entre outros aspectos igualmente relevantes.

Considera-se assim que o Documento Estratégico constitui a base de um projecto urbano com forte pendente executório, onde, e quando pertinente, deverá ser possível integrar todo um conjunto de acções com resolução desde o espaço colectivo e infra-estruturas urbanísticas (existentes e propostas) à tipologia e padrões construtivos dos imóveis (existentes e propostos), e onde as acções a desenvolver tenham, elas próprias, capacidade de induzir novas dinâmicas de reabilitação.

No plano técnico, e de forma articulada com as outras perspectivas referidas, o Documento Estratégico da zona de intervenção deve conter informação sobre os critérios gerais das intervenções, metodologia de trabalho a privilegiar e níveis de intervenção a adoptar, quer para os edifícios, quer para o espaço

público. É indispensável que as intervenções tenham uma escala mínima, sendo, tanto quanto possível, tipificadas para conjuntos de edifícios ou espaços públicos. Definidos os vários níveis de intervenção parece fundamental definir os aspectos de carácter regulamentar a respeitar nas intervenções técnicas, bem como as principais exigências funcionais que devem ser garantidas, tendo presente que em Portugal a regulamentação aplicada à construção não contém em geral disposições detalhadas relativas a trabalhos de reabilitação. Traçados estes cenários é possível, ainda no plano técnico e de forma não muito detalhada, estabelecer directrizes tecnológicas e ao nível dos processos construtivos, bem como perspectivar durações, custos e eventuais necessidades de realojamento para os vários tipos de intervenção o que irá possibilitar a elaboração de estimativas orçamentais, indispensáveis à montagem e gestão das operações. É ainda fundamental que a proposta técnica seja indutora de boas práticas, dando pistas inteligentes para o respeito e preservação das pré-existências, já que a atitude de muitos dos intervenientes técnicos, por reacção à mudança, tenderá mais a privilegiar intervenções mais intrusivas, procurando, sempre que possível, enxertar soluções de construção nova em trabalhos de reabilitação.

Em síntese parece-nos que no Documento Estratégico o contributo das engenharias no plano técnico vai sobretudo no sentido da definição das directrizes que devem ser seguidas nas fases subsequentes de estudos e projectos, bem como permitir planear com algum rigor os custos, duração e repercussões no plano da ocupação da intervenção que se perspectiva.

5 Reflexões e Conclusões

Embora a experiência associada às SRU's seja ainda reduzida, parece ser possível formular já algumas reflexões e conclusões:

- a dimensão das Unidades de Intervenção parece condicionar vários aspectos como as opções estratégicas, o grau de intervenção, o tipo e profundidade dos levantamentos e diagnóstico e a própria organização do documento estratégico;
- a influência do envolvimento activo de proprietários e outros potenciais interessados, designadamente agentes imobiliários / da construção na metodologia de trabalho e no próprio Documento Estratégico não está ainda suficientemente avaliada e pode trazer novas perspectivas/condicionamentos ao processo;
- a profundidade dos levantamentos e reconhecimentos precisa de ser equilibrada face à dimensão e objectivos da intervenção, podendo não fazer sentido que estes sejam demasiado aprofundados, quer pelo facto de parte dessa informação poder vir a ser desnecessária, quer pelos custos que representa;

- o carácter do auto de vistoria, as decisões que o mesmo visa suportar, bem como o envolvimento/audição dos potenciais interessados no mesmo, precisam de ser clarificados pelas razões expostas no ponto anterior;
- quando predominam parcelas pequenas, de frente estreita, a viabilidade das operações é fortemente condicionada pelas questões de propriedade;
- as metodologias adoptadas na análise económica e de mercado deverão ser bem discutidas, pois caso contrário poderão conduzir a resultados muito díspares.

Em síntese, só com as dinâmicas resultantes das primeiras experiências será possível responder a algumas destas questões e avaliar a necessidade de eventuais ajustes na legislação.

6 Bibliografia

- [1] Portugal - Leis, Decretos, etc. Decreto -Lei nº 104/2004 de 7 de Maio "Regime Jurídico Excepcional da Reabilitação Urbana de Zonas Históricas e de Áreas Críticas de Recuperação e Reconversão Urbanística".

REGIME EXCEPCIONAL DE REABILITAÇÃO URBANA E PROGRAMA REABILITA

Paulo Filipe Cebola Luz*

Correio electrónico: paulo.luz@iol.pt

Resumo

Considerando a reprogramação operacional e financeira dos programas de intervenção urbana do programa do XVII Governo e a articulação com os projectos de reabilitação em preparação pelas Sociedades de Reabilitação Urbana (SRU) propõe uma análise das medidas de requalificação do tecido urbano aí previstas, nomeadamente a concentração de apoios à reabilitação e a dinamização da actuação das SRU. Caracteriza o parque habitacional e os apoios e incentivos do Estado à habitação. Resume as iniciativas legislativas e as opções políticas dos Governos em matéria de reabilitação urbana. Analisa o Regime Jurídico Excepcional para as zonas históricas e áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística, Dec.-Lei 104/2004. Faz o ponto da situação relativo à elaboração dos estudos e planos estratégicos, desenvolvidos pelas SRU em actividade. Caracteriza o tipo de intervenções e as estratégias de actuação previstas. Aborda o ante-projecto de Dec.-Lei que “criaria” o REABILITA e compara a natureza deste programa e os apoios previstos, com os anteriores, RECRUA, REHABITA, RECRIPH e SOLARH.

Palavras-chave: Reabilitação, Requalificação, Recuperação, Urbana, Apoios.

1 Introdução

Até há cerca de três anos o Estado incentivou a aquisição de habitação sem garantir uma oferta de qualidade a preços acessíveis. Tais políticas, a inexistência de um mercado de arrendamento e a conjuntura económica internacional, de abaixamento das taxas de juro, conduziram a um aumento da procura e ao crescimento da produção de habitação nova destinada a aquisição. Construiu-se nos últimos anos a um ritmo superior a 100 mil fogos/ano. As famílias, sem alternativa à aquisição de casa própria, aumentaram o seu endividamento de 18 % em 1992, para mais de 100% em 2002.

As consequências destas políticas tornaram-se inaceitáveis, assistindo os centros urbanos à sua desertificação e ao crescimento do número de alojamentos vagos, em mau estado de conservação e devolutos. A expansão dos aglome-

* Docente do Ensino Superior, Sócio-Gerente da firma PFLuz, L.^{da}

rados urbanos e a transferência das populações para a periferia fez aumentar a pressão para ocupação urbana de solos diversos e sobre as infra-estruturas existentes com o conseqüente abaixamento da qualidade de vida das populações. Revitalizar os centros urbanos, desenvolver e incentivar o mercado da reabilitação, colocando-o ao nível dos restantes países, tornou-se pois essencial.

2 Características, Forma de Ocupação, Carências e Degradação da Habitação em Portugal

2.1 Caracterização e Evolução do Parque Habitacional

Os dados dos Censos de 1970, 81, 91 e 2001[1] permitem constatar o forte crescimento do parque habitacional, verificando-se a quase duplicação do número de alojamentos familiares no continente, $2,56 \times 10^6$ em 1970, $4,83 \times 10^6$ em 2001. Quando se analisa este crescimento, atendendo ao tipo de utilização, verifica-se que os alojamentos utilizados como residência habitual, aumentaram, no mesmo período, de $2,13 \times 10^6$, para $3,41 \times 10^6$, um aumento de $1,28 \times 10^6$ (+37,5 %), enquanto que, o número de fogos de uso sazonal ou vagos, passou de $0,42 \times 10^6$, para $1,42 \times 10^6$, um aumento de $1,0 \times 10^6$ de fogos (+230 %). Na década de 1991 a 2001, o parque residencial manteve um crescimento apreciável, tendo o número total de alojamentos aumentado $0,84 \times 10^6$ (+21 %), correspondentes a $0,48 \times 10^6$ residências habituais e a $0,36 \times 10^6$ alojamentos de uso sazonal ou vagos. A TCAA do número de alojamentos, entre 1970 e 2001, foi de 2,14 %, valor superior ao ritmo de crescimento da população residente no continente, cuja TCAA entre 1970 e 2001, foi apenas de 0,55 %.

Comparativamente com Espanha, França, Itália, Grã-bretanha e EUA, verifica-se uma tendência semelhante, a diminuição da taxa de crescimento do número de habitações no período, no entanto mais lenta em Portugal (2,4 % em 1970/81; 2,1 % em 81/91 e 1,9 % em 91/01). Esta evolução coloca-nos na vanguarda em termos do número de alojamentos por agregado familiar, apresentando o nosso País em 2001, o segundo rácio mais elevado, 1,38 alojamentos por família, logo após a Espanha com 1,44. Estes valores podem, em parte, ser explicados por se tratarem de países vocacionados para o turismo, agravado este factor em Portugal pelo facto de parte da imigração ter investido na construção/aquisição de habitação para uso sazonal. O crescimento do parque habitacional dos últimos 10 anos, teve ainda maior destaque no período posterior a 1996, verificando-se que este aumento se deve fundamentalmente à iniciativa privada, a qual tirou partido da acentuada descida das taxas de juro e do aumento da concorrência no sector bancário.

2.2 Forma de Ocupação dos Alojamentos

Com base nos Censos de 2001 [1], do total de $5,02 \times 10^6$ fogos existentes, cerca de $3,55 \times 10^6$ (71 %) são utilizados como residência habitual, $0,92 \times 10^6$ (18 %) tem apenas um uso sazonal e os restantes $0,54 \times 10^6$ (11 %) encontram-se vagos. De entre os fogos vagos, 105 mil destinavam-se a venda, 80 mil a arrendamento, 28 mil estavam para demolição e 331 mil encontravam-se desocupados. De 1981 a 2001, o número de alojamentos ocupados pelos proprietários registou um aumento significativo, $1,12 \times 10^6$, enquanto o número de alojamentos ocupados, cuja propriedade é de outros entes privados decresceu $0,33 \times 10^6$ fogos.

2.3 Carências Habitacionais

Apesar do forte crescimento habitacional, Portugal apresentava em 2001 fortes carências habitacionais. Carências quantitativas de fogos necessários ao alojamento de agregados familiares que residiam em alojamentos não clássicos ou para eliminação de situações de coabitação, e carências qualitativas, em alojamentos que não reuniam condições mínimas de habitabilidade. Existiam em 2001, 27 319 alojamentos não clássicos, (barracas, casas de madeira, móveis, improvisados ou outros), correspondendo a 29 183 famílias e a 81 983 residentes. Existiam ainda 121 119 famílias que, embora residindo em alojamentos clássicos, partilhavam a habitação com uma ou mais famílias.

A nível qualitativo, o cenário era também preocupante, pois ainda existiam famílias que, mesmo não partilhando o alojamento, estavam em situação de sobreocupação. Ao nível da falta de qualidade habitacional, a situação de sobrelocação era agravada com a falta de condições básicas de habitabilidade, existindo aproximadamente 325 mil alojamentos que careciam de uma das 4 infra-estruturas básicas (electricidade, instalações sanitárias, águas canalizada e instalações de banho ou duche), sendo que, mais de 70 % destas situações ocorriam em edifícios antigos com mais de 40 anos.

2.4 Degradação Urbana

De acordo com os Censos 2001[1], verifica-se que o estado de conservação dos alojamentos não é o melhor pois cerca de 795 000 do total (15 %) careciam de obras, sendo que destes, 325 000 (6 %) encontravam-se degradados ou muito degradados. A análise por regime de ocupação revela que, dos 795 mil alojamentos a necessitar de obras, 509 mil eram residência habitual, 176 mil encontravam-se vagos e 110 mil eram de uso sazonal. Considerando apenas os alojamentos de residência habitual, 322 mil careciam de reparações médias, 130 mil de grandes reparações e 57 mil estavam muito degradados. Refira-se ainda que, dos alojamentos a necessitar de obras, 36 % se localizam nas áreas

urbanas da Grande Lisboa e Porto, e que, quando se analisa apenas os alojamentos de residência habitual, esta percentagem se eleva para 41 % (208 000).

Quando comparado com os restantes países do espaço económico Europeu, Portugal apresenta o valor mais baixo de investimento em recuperação, apenas 5,7 % do total de investimentos em construção, enquanto a média europeia se situa nos 33,2 % e países considerados mais evoluídos como Suécia (50,0 %), Itália (46,3 %), Grã-bretanha (41,4 %), França (41,2 %) e Alemanha (37,4 %) estão ainda acima deste valor.

3 Apoios e Incentivos do Estado à Habitação

3.1 Apoio ao Arrendamento público e privado

O apoio ao arrendamento público, tem sido realizado através de parcerias estabelecidas com as Câmaras Municipais e Instituições de Solidariedade Social, assegurando o Governo a fundo perdido, 40 % a 50 % do custo de construção de novas habitações para realojamento, e financiando o INH, o restante montante a juro bonificado. O número de fogos construídos entre 1992 e 2002, totalizou 40 104 fogos, com o realojamento de um número equivalente de famílias e uma comparticipação total do Estado de $811,4 \times 10^6$ €. O apoio teve o valor máximo anual em 2001, de $124,5 \times 10^6$ €, correspondendo a 7 590 fogos concluídos.

O apoio do Estado ao arrendamento privado tem sido materializado através do Incentivo ao Arrendamento Jovem e do Subsídio de Renda. O número de beneficiários do IAJ, cresceu de forma sustentada entre 1992 e 2001, tendo decrescido ligeiramente em 2002. As comparticipações totalizaram nesse período $412,7 \times 10^6$ €. O número máximo de beneficiários, 24 681, ocorreu no ano 2001, correspondendo a um apoio máximo de $58,4 \times 10^6$ €.

O Subsídio de Renda apoia os agregados sem capacidade financeira para suportar a correcção extraordinária de rendas e chegou a abranger cerca de 12 000 famílias em 1988, tendo vindo a partir daí a perder gradualmente importância. Em 2001, foram apoiados através deste subsídio 7 000 famílias, correspondendo um apoio do Estado de $1,3 \times 10^6$ €.

3.2 Apoios à Recuperação e Reabilitação Urbana

No conjunto de apoios e incentivos à recuperação urbana, encontramos o RECRUA, que visa apoiar a recuperação de fogos arrendados; o REHABITA, destinado a apoiar as Câmaras Municipais na recuperação dos centros históricos ou áreas de recuperação e reconversão urbanística; o RECRIPH, que visa apoiar a recuperação de prédios habitacionais antigos em regime de propriedade horizontal e o SOLARH, destinado a apoiar agregados familiares de fracos

recursos na realização de obras nas suas habitações e também os proprietários de fogos devolutos.

O montante das participações ao IGAPHE e aos Municípios, contratualizados ao abrigo dos Programas RECRIA, REHABITA e RECRIPH, no período entre 1992 e 2002, totalizou $336,1 \times 10^6$ €, tendo ao longo dos 10 anos, sido recuperados 23 050 fogos. O máximo em termos de utilização destes apoios ocorreu em 1998, com um total de 3 637 fogos concluídos, a que correspondeu uma participação total de $49,3 \times 10^6$ €. O programa SOLARH é mais recente, tendo beneficiado no período entre 1999 e 2002 apenas cerca de 700 habitações, totalizando empréstimos no montante de 5×10^6 €.

3.3 Apoios à Aquisição de Habitação Própria

Nos incentivos do Estado à aquisição de casa própria, foram utilizados dois instrumentos de apoio: bonificação da taxa de juro dos empréstimos e deduções fiscais para aquisição de habitação. O número de empréstimos bonificados atingiu um máximo de 226 593 empréstimos em 1999, correspondendo-lhes $408,1 \times 10^6$ €. No entanto, o montante dos apoios teve o seu máximo valor em 2002, onde aos 167 835 empréstimos corresponderam $410,3 \times 10^6$ € em bonificações. No que respeita ao valor dos incentivos prestados através de deduções fiscais, o valor cresceu continuamente durante o período entre 1992 e 2002, totalizando neste último ano cerca de 357×10^6 €. O valor destes incentivos aumentou de uma forma acelerada ao longo destes 10 anos, correspondendo-lhe uma TCAA de 11,5 %. Regista-se, ainda, que o valor total acumulado dos incentivos, bonificação e deduções fiscais ao longo deste período totaliza, $5.947,7 \times 10^6$ €.

3.4 Comparação dos Diferentes Tipos de Apoios

Em termos comparativos, do total de apoios do Estado entre 1992 e 2002, 7508×10^6 EUR (79,2 %) corresponderam a apoios à aquisição de habitação, 16,3 % corresponderam a apoios ao arrendamento e apenas 4,5 % corresponderam a apoios à recuperação e reabilitação do edificado existente. O fim do crédito bonificado, ocorrido no 3.º trimestre de 2002, provocará nos anos seguintes uma diminuição do apoio à aquisição de habitação própria, mantendo-se no entanto ainda este apoio durante todo o prazo dos contratos bonificados efetuados até Setembro de 2002. Mais recentemente, o fim das deduções fiscais para aquisição de habitação vem pôr um ponto final neste tipo de políticas e incentivos, permitindo já num futuro próximo a disponibilização de verbas para outro tipo de apoios.

4 O Contexto Actual das Políticas de Habitação

Em 2002, o programa do XV Governo [2] propunha-se estimular a reconstrução e manutenção, promover a utilização do património subaproveitado integrando-o no mercado de arrendamento, proceder à revisão da lei do arrendamento e a adoptar políticas de renovação urbana. Em Jan. 2004, publica através do MOPHT, um estudo [3], que iria servir de referência e orientação para as iniciativas do Governo, concluindo da urgência da reabilitação dos alojamentos existentes, evitando a sua degradação e dotando-os das condições mínimas de habitabilidade. Estabelece como linha de actuação, o estímulo à reabilitação urbana e à procura de soluções, em contraponto com as políticas de incentivo à construção de habitação nova seguidas pelos anteriores executivos.

As acções legislativas foram iniciadas com alteração do PER, Programa Especial de Realojamento, no final de 2003, permitindo que as Autarquias executassem a política de realojamento através da aquisição de fogos devolutos, com apoio do Estado através do INH, não só sobre o valor de aquisição mas também sobre as obras de reabilitação. Passam a ser apoiados os investimentos em eq.^{tos} sociais, culturais e recreativos, relevantes para complementar os empreendimentos habitacionais. Seguiu-se a publicação do RJERU [4], instrumento de intervenção urbanística que permite às Autarquias acções planeadas e céleres na reabilitação de centros históricos e áreas críticas de reconversão urbanística, e o novo PROHABITA [5], que substitui o Dec.-Lei 226/87, alargando o conceito de operação de realojamento a todos os alojamentos não clássicos, ou seja, aqueles que não possuem condições mínimas de habitabilidade, e ainda, a todos os casos de sobreocupação multifamiliar. Finalmente apresenta uma alternativa, para o financiamento das operações de realojamento, no sentido de encontrar uma solução que ultrapassasse as limitações impostas às Autarquias pelas restrições ao endividamento, os Fundos Inv^{to} Imobiliário (FII). As iniciativas do Governo são entretanto interrompidas com a aceitação pelo Primeiro Ministro, do convite para a Presidência da Comissão Europeia, em 29 Jun. 2004.

Seguiu-se o XVI Governo, cujo Programa [6] propõe, numa linha de continuidade, proceder à Reforma do Arrendamento Urbano. O Conselho de Ministros de 18 de Agosto, solicita ao MCALHDR a apresentação das iniciativas legislativas necessárias à revisão do regime jurídico do arrendamento urbano. Em 24 Set. 2004, a proposta é apresentada com o objectivo de promover o arrendamento, incentivar a reabilitação urbana e a colocação de fogos no mercado de arrendamento. É consubstanciada através de um vasto conjunto de anteprojectos de Dec.-Lei, abordando diversas matérias: Regime dos Novos Arrendamentos Urbanos; Regime de Transição para o Novo Regime; Criação do Subsídio Especial de Renda; Regime de Atribuição de Habitação Social de Renda Apoiada; Regime de Certificação das Condições de Habitabilidade; Cri-

ação da Base de Dados da Habitação e programa REABILITA [7]. As propostas de Lei, são apresentadas e discutidas na A.R. em 20 Nov. 2004. Após a aprovação na generalidade e na sequência da decisão de convocação eleições legislativas e da dissolução da AR o processo legislativo é interrompido.

Do acto eleitoral, resulta o XVII Governo e uma nova maioria, definindo no seu Programa[8] uma nova política para a habitação. Assentando esta política a sua intervenção em três eixos: i) dinamização do mercado de arrendamento; ii) adopção de novas políticas de promoção da habitação social; e iii) requalificação do tecido urbano.

É estabelecido como prioritária a dinamização do arrendamento e a elaboração do NRAU [9], proposta já aprovada em Cons. de Ministros, em Jun. 2005. Aguarda-se ainda a apresentação das medidas complementares previstas: utilização das parcerias público-privado na reabilitação de imóveis para arrendamento; programas de apoio financeiro e logístico à realização de obras de recuperação e criação de centros de arbitragem. No eixo ii) o actual Governo propõe-se promover a habitação social, através de parcerias para a habitação de custos controlados, concluir os programas de realojamento contratualizados e estimular a programação nas op. urbanísticas, de áreas de construção para promoção de habitação de custos controlados. No eixo iii) relativo à requalificação do tecido urbano, entende o governo que a política tem de ser articulada com a requalificação e revitalização, através do desenvolvimento de programas de intervenção nas áreas mais críticas das grandes cidades. Advoga a concentração do conjunto de apoios à reabilitação de edifícios; a dinamização da actuação das SRU na reabilitação e renovação urbanas; o estabelecimento de bonificação nos apoios a conceder aos Municípios nas operações de realojamento, caso estas se concretizem em edifícios devolutos a reabilitar; e enquadrar a penalização fiscal ou administrativa dos proprietários de imóveis ou fracções devolutos.

5 Regime Jurídico Excepcional Reabilitação Urbana

O RJERU[9] regula os procedimentos de «Reabilitação Urbana» para as zonas urbanas históricas e áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística. Visa inverter a actual tendência para a degradação das condições de habitabilidade, salubridade, estética e segurança nessas zonas. Com o diploma reconhece-se que, no quadro dos poderes públicos, a responsabilidade pelo procedimento de reabilitação urbana cabe em primeiro lugar aos Municípios, traduzindo-se esta, na possibilidade dos Municípios criarem Empresas Municipais de Reabilitação Urbana, ou com o Estado, Soc. Anónimas, «SRU – Soc. de Reabilitação Urbana», às quais são atribuídos poderes especiais de autoridade, de planeamento, de licenciamento e de expropriação. As SRU são sociedades, de capitais exclusivamente públicos, criadas por decisão dos órgãos Municipais, destinadas a promover a reabilitação urbana de uma determinada

zona de intervenção. Os limites geográficos das zonas de intervenção são estabelecidos no acto ou contrato de constituição da empresa, podendo estes ser posteriormente alterados por deliberação da câmara municipal.

Compete às SRU no âmbito dos procedimentos de reabilitação: a) licenciar e autorizar operações urbanísticas; b) expropriar os bens imóveis e os direitos a eles inerentes destinados à reabilitação urbana; c) proceder a operações de realojamento; d) fiscalizar as obras de reabilitação urbana de acordo com RJUE[10]; e) exercer competências previstas na Lei dos Solos, relativas à tomada de posse administrativa de quaisquer imóveis situados na área de recuperação e reconversão urbanística.

Tendo em consideração a simplificação de procedimentos, a redução dos prazos legais aplicáveis e que, as SRU tem como único objectivo a reabilitação urbana de uma determinada zona, possibilita-se o aprovar e licenciar das obras num espaço de tempo mais curto, isentando-as do procedimento previsto no n.º4, do RJUE[10], tornando mais célere o processo de reabilitação do património edificado. Em face da natureza e dimensão das operações, compete à câmara municipal tomar a decisão de elaboração de plano de pormenor com vista à realização das operações de reabilitação urbana, podendo a Câmara Municipal encarregar a SRU da execução técnica dos planos de pormenor.

A reabilitação deve ser feita mediante, definição das unidades de intervenção ou seja de conjuntos edificados, quarteirões, pátios ou ruas, permitindo-se um estudo conjunto dessas zonas e identificar desta forma quais os edifícios que necessitam de obras, qual o tipo de ocupação, se há ou não fogos devolutos, se é necessário criar comércio, equipamentos sociais, estacionamento ou outras situações. Tomada a decisão relativamente à definição das unidades de intervenção, compete à SRU elaborar para cada unidade um documento estratégico, donde irão constar: a) definição dos edifícios a reabilitar e extensão das intervenções previstas; b) indicação dos proprietários e demais titulares de direitos e arrendatários; c) projecto base intervenção; d) planificação e estimativa orçamental das operações a realizar; e) indicação dos eventuais interessados em colaborar com os proprietários na recuperação dos imóveis; e auto de vistoria de cada uma das edificações, identificando estado de conservação, do ponto de vista da segurança, salubridade e estética.

A SRU poderá abrir concurso para a elaboração do documento estratégico, podendo a totalidade dos proprietários apresentar uma sua proposta. Quando o documento estratégico for elaborado através da SRU, esta deve garantir o direito de participação dos interessados no procedimento de elaboração daquele documento, comunicando publicamente aos interessados a conclusão do projecto base de documento estratégico.

Após a elaboração do documento estratégico e da notificação aos proprietários, é dada prioritariamente a estes, possibilidade de assumirem directamente a reabilitação do edifício, estabelecendo com a SRU um contrato em que se fixam

prazos para a sua execução. Relativamente às partes comuns o acordo será prestado pela assembleia de condóminos. Se o proprietário optar, pode em alternativa acordar com a SRU os termos da reabilitação do edifício, encarregando esta de proceder à sua reabilitação, mediante o pagamento das obras, acrescido de comissão de gestão e demais taxas legais aplicáveis. Na falta de acordo de todos os proprietários sobre a reabilitação da sua fracção ou dos condóminos relativamente às partes comuns, a SRU toma a seu cargo a tarefa de reabilitação do edifício ou de parte deste, adquirindo a propriedade de quem não consentiu a reabilitação, ou na falta de acordo, poderá ir até à expropriação do imóvel. As expropriações dos imóveis ou fracções a reabilitar serão efectuadas nos termos definidos no Código de Expropriações[11], com carácter de urgência, permitindo a posse imediata do bem expropriado. A expropriação faz caducar o contrato de arrendamento, transmitindo a posição contratual dos senhorios para a SRU. No entanto sempre que esteja prevista a manutenção das fracções destinadas a habitação, os arrendatários têm direito a optar pela suspensão do contrato pelo período em que não possam ocupar o imóvel, seguindo-se o regime de actualização de renda previsto no RJERU[9], ou optar pela manutenção do contrato, no caso de não ser necessário desocupar a fracção durante as obras, com aumento de renda nas mesmas condições. O REAR, prevê a actualização da renda pela SRU, segundo critérios de mercado, até ao limite de 15 % do rendimento líquido mensal do agregado familiar, sendo este limite 10 % no caso deste rendimento não exceder os dois salários mínimos nacionais.

A SRU poderá promover directamente as obras de reabilitação ou celebrar contratos de reabilitação urbana com parceiros privados que se encarregarão de executar a reabilitação das unidades de intervenção. A escolha destes será feita através de concurso público, o qual deverá respeitar os prazos adequados para a apresentação de propostas e os demais princípios concursais. Caso seja celebrado um contrato de reabilitação urbana com um parceiro privado, este poderá prever a transmissão do direito de comercialização dos imóveis reabilitados e de obtenção dos respectivos proventos, no entanto este só será válido após o processo de reabilitação do imóvel estar concluído. Compete à "SRU" fiscalizar o cumprimento por parte dos parceiros privados, das obrigações assumidas através do contrato de reabilitação urbana e fiscalizar a execução das obras de reabilitação urbana.

6 As Sociedades de Reabilitação Urbana

Desde Maio de 2004 até à presente data, foram constituídas e encontram-se em actividade cinco SRU, destas Porto e Coimbra solicitaram o apoio do INH, tornando-se Sociedades Anónimas, enquanto as congéneres de Lisboa, são Empresas Municipais. Existem ainda, cerca de uma dezena de autarquias, que se encontram em fase de constituição das SRU, tendo algumas solicitado já ao

INH a participação no capital social das sociedades. Entre elas encontram-se as SRU dos Municípios de Sintra, Alcobaça, Vila Nova de Gaia, Viseu, Cadaval e Arruda dos Vinhos, cuja autorização para participação do INH no seu capital social foi já concedida através de Desp. Governamental. O valor das participações do Estado nas SRU através do INH, ascende a $9,66 \times 10^6$ €, o restante capital pertence à EPUL, $2,94 \times 10^6$ € em Lisboa e aos Municípios, $9,90 \times 10^6$ €.

Para além destas autarquias encontra-se em fase de apreciação a constituição das SRU da Covilhã, Évora e Oeiras, eventualmente entre outras.

6.1 Baixa Pombalina, SRU – Soc. Reabilitação Urbana, EM

A “Baixa Pombalina, SRU” foi constituída em 23 Ago. 2004, após deliberações da Câmara e Assembleia Municipal de 21 Maio e 22 de Junho. É uma Empresa Municipal, com capital social é detido pela CML (51 %), e pela EPUL (49%).

A zona de intervenção (ZI) abrange uma área de 98,95 hectares, onde se incluem as Freg. de Sacramento, Mártires e S. Nicolau, e parte das Freg. de Madalena, S. Paulo, Encarnação e S.^{ta} Justa, de forma a incluir a zona que se propõe classificar Património Mundial e a garantir a uniformidade de estratégias e metodologias de intervenção nesta zona histórica.

Estão identificadas 9 Unidades Operativas de Reabilitação que, agregadas constituem a totalidade da ZI e que são: Alfama Rio; Terreiro do Paço; S. Paulo; Baixa Nascente; Baixa Poente; Chiado Sul; Chiado Norte; Praças e Alto de Santa Catarina (UOR1 a UOR9).

Durante o 2.º semestre de 2005, esta SRU tem centrado a sua actividade na definição da estrutura e organização dos documentos estratégicos, na preparação e lançamento de consultas. Foram concluídos os projectos técnicos dos imóveis integrados no património da SRU. Procedeu à conclusão dos processos de contratação da empreitada do imóvel da Rua Nova do Carvalho e da fiscalização das empreitadas para o conjunto destes edifícios. Prevê-se no ano de 2006, os processos de contratação das empreitadas dos imóveis da Rua Nova do Carvalho e Rua do Arsenal e a realização os documentos estratégicos das UOR, em estreita colaboração com as restantes estruturas municipais ou pararmunicipais que têm desenvolvido actividade na zona da Baixa e do Chiado.

6.2 PortoVivo, SRU – Soc. Reab. Urb. da Baixa Portuense, SA

A “Porto Vivo, SRU”, constituída em 27 Nov. 2004, é uma sociedade de capitais públicos, com participação do Município do Porto e do INH (60 %) no seu capital social. Tem como objecto promover a reabilitação e reconversão do pa-

trimónio degradado da Área Crítica de Recuperação e Reconversão Urbanística (ACRRU) do Concelho do Porto conforme deliberações da Câmara e Assembleia Municipal, de 21 Set. e 5 Out. de 2004, respectivamente. A ACRRU tem cerca de 1.000 hectares, pelo que por razões operacionais, foi delimitada uma área menor, denominada Zona de Intervenção Prioritária (ZIP), onde será concentrado o esforço de reabilitação urbana. A ZIP engloba o Centro Histórico do Porto (Património da Humanidade), inclui a Baixa tradicional e abrange as Freg. do Bonfim, Cedofeita, Massarelos, Miragaia, Santo Ildefonso, S. Nicolau, Sé e Vitória. A ZIP engloba um total de 18.000 edifícios, 30 % anteriores a 1919, +30 % anteriores a 1947 e cerca de 10 000 (21 %) alojamentos devolutos.

A SRU definiu, através de documento de enquadramento e de orientação do processo de reabilitação urbana da Baixa Portuense (Masterplan), os objectivos e as metas a atingir, a estratégia e os instrumentos operativos. Tem vindo a desenvolver o projecto base dos documentos estratégicos para diversos quarteirões da ZIP (projectos-piloto), estando concluídos: Carlos Alberto, Infante e Mouzinho Flores. Seguem-se os quarteirões das Cardosas, D. João I, Bolhão e Cais das Pedras.

6.3 Coimbra Viva SRU - Soc. Reabilitação Urbana SA

A “Coimbra Viva SRU”, com estatutos aprovados em 8 Nov. e 30 Dez. de 2004, pela Câmara e Assembleia Municipal de Coimbra, respectivamente e capital social de 1×10^6 €, é detida maioritariamente pelo Estado, através da participação do INH (51 %). Iniciou a actividade em 28 de Janeiro de 2005, tendo por objecto social promover a reabilitação urbana do Centro Histórico da Cidade de Coimbra. Esta zona de intervenção encontra-se dividida em oito unidades de intervenção, tendo sido aprovada a 1.^a unidade de intervenção, definindo como prioritária a intervenção na zona da Baixa de Coimbra. Para esta unidade de intervenção foi promovido concurso público para a elaboração do respectivo documento estratégico, já adjudicado, prevendo-se, para finais do ano 2005, o início da sua elaboração, após o que o adjudicatário terá 2 meses para a apresentação do Projecto Base.

6.4 Lisboa Ocidental, SRU – Soc. de Reabilitação Urbana, EM

A “Lisboa Ocidental, SRU”, constituída em Jul. 2004, após deliberações da Câmara e Assembleia Municipal de 21 de Maio e 22 de Junho, o capital social de 1×10^6 € é detido pela CML, tem como objecto promover a reabilitação urbana da zona que contempla parte das Freguesias de Santa Maria de Belém e da Ajuda e futuramente também da Freguesia de Alcântara. A zona de inter-

venção está dividida em 13 unidades de intervenção (UI1-UI13): Largo da Paz, Mercês Norte, Memória, Mercês Sul, João Castilho, Pereira da Silva Oeste e Este, Boa Hora Norte e Sul, Calhariz, Belém, Embaixador Poente e Nascente.

A SRU tem considerada a existência de duas áreas bem diferenciadas: uma consolidada, integrando tecido urbano consolidado, com estados de conservação distintos, onde não se prevêem alterações ou ampliações significativas dos volumes edificados; e uma a planear, que integra prédios e terrenos espacialmente relacionados, com dimensão e capacidade construtiva muito significativa. A SRU definiu como estratégia, para a área consolidada, promover e desenvolver operações para a reabilitação generalizada do edificado e dos espaços públicos, o que passou pela constituição das UI e pela elaboração e aprovação dos respectivos documentos estratégicos. Até ao momento procedeu ao lançamento de concursos limitados por prévia qualificação para a elaboração dos documentos estratégicos das UI da área consolidada, sendo adjudicada a elaboração dos doc.^{tos} estratégicos das unidades, Largo da Paz (UI1), Mercês Norte (UI2) e Memória (UI3), encontrando-se em fase de apreciação pela SRU os respectivos Projectos Base. Até ao início de 2006 prevê-se a aprovação destes documentos estratégicos e o início dos procedimentos de reabilitação nestas UI da área consolidada. Para a área a planear, a SRU promoverá a elaboração de um Plano de Pormenor, tendo em vista a criação de um pólo dinamizador da valorização, qualificação e desenvolvimento sustentado de toda a zona.

6.5SRU Oriental – Soc. de Reabilitação Urbana, EM

A “SRU Oriental”, iniciou actividade em 23 Maio 2005, nos termos das deliberações da Câmara e da Assembleia Municipal 27 Out. e 14 Dez. de 2004, respectivamente. O seu capital social é de 1×10^6 €, detido em 51 % pela CML e em 49 % pela EPUL.

Tem a seu cargo a recuperação de 15 zonas de intervenção que, atravessam as Freg. do Beato, Marvila, S.^{ta} M.^a Olivais e São João, 10 zonas históricas, num total de 60,1 hectares e 5 áreas críticas de que totalizando 153,2 hectares. As zonas históricas, são: Alto de São João, Chelas Velho, Convento do Beato, Madre de Deus, Olivais Velho, Rua de Marvila, Vale Formoso de Baixo, Xabregas, Xabregas/Grilo e Norte da Rua do Açúcar; as áreas críticas são: Olivais Velho, Q.^{ta} Laranjeiras, Q.^{ta} do Levi, Vale Fundão e Vale de Chelas.

A SRU lançou em Set. 2005, três concursos públicos para elaboração de Documentos Estratégicos, emissão de pareceres e consultoria técnica das unidades de intervenção: UI05.1 na zona histórica do Convento do Beato, Freg. de Marvila, UI06.1 na zona histórica de Xabregas/Grilo, Freg. do Beato e UI07.1 na zona histórica da Madre de Deus, Freg. do Beato. O prazo para apresentação de propostas terminou em Out. 2005, decorrendo a avaliação das mesmas

no sentido de proceder à adjudicação destes trabalhos. A escolha destas UI, resultou de um estudo de toda a área de actuação, o qual, permitiu apurar as zonas prioritárias mediante critérios de enquadramento, fragilidades e complexidade da zona, oportunidades e impactos potenciais sobre a zona oriental da cidade. A SRU, com estes concursos pretende a elaboração do Projecto Base onde se descrevem as opções em matéria de reabilitação, contendo a descrição do conjunto de opções urbanísticas, de loteamento e de obras de urbanização necessárias à recuperação das UI. De seguida, a SRU recolhe parecer do IPPAR, da CML e posteriormente comunicará publicamente a conclusão do referido Projecto aos interessados. Numa segunda fase, será elaborado o documento estratégico final tendo em consideração o resultado da consulta pública. A aprovação destes documentos prevê-se concluída em Abril de 2006.

7 O Programa REABILITA

O REABILITA[7], foi um Programa Especial de Apoio à Reabilitação Urbana do XVI Governo, MCALHDR, apresentado aquando da Reforma do Arrendamento Urbano, em 24 Set.2004. A justificação para o seu aparecimento, residia na diminuição do número de candidatos a cada sistema de incentivos específico para cada necessidade, em termos de reabilitação urbana, o PRID, o RECRIA, o REHABITA, o RECRIPH e o SOLARH, e no aumento das necessidades de reabilitação e renovação do tecido urbano, o que, aconselhava uma estratégia de incentivos mais compacta, uniformizando processos de candidatura e regras de elegibilidade, e integrada, considerando o edifício ou conjunto de edifícios e também os espaços anexos e exteriores.

Teria como objectivo a reabilitação de edifícios ou conjuntos edificados que não satisfizessem as condições de salubridade e segurança e a construção renovação e ou reconstrução das infra-estruturas urbanas que os serviriam e os seus destinatários eram os proprietários, usufrutuários e superficiários dos ditos edifícios, as autarquias, as SRU e as empresas públicas Municipais.

8 Conclusões

A política de incentivos direccionados à aquisição revelou-se desajustada à realidade e necessidades do parque habitacional. O crescimento do parque habitacional nos ritmos actuais não se revela adequado, dada a existência de um grande número de fogos vagos ou de uso sazonal que se encontram subaproveitados. Devem ser no entanto continuadas as políticas necessárias para suprir as carências quantitativas e qualitativas ainda existentes. A nova lei do arrendamento deverá permitir inverter a tendência para a diminuição do mercado de arrendamento e possibilitar integração de muitos dos fogos e edifícios a recuperar, tal no entanto, dado o estado de degradação a que se chegou, levará anos

e requererá recursos privados. O baixo nível de investimento em recuperação e reabilitação que Portugal apresenta, não tem paralelo ao nível dos países mais desenvolvidos, o que face à escassez de recursos, dificuldades económicas e património degradado existente, deveria impor medidas radicais. Os programas e incentivos do Estado à recuperação e reabilitação urbana nunca conseguiram atingir os objectivos pretendidos, pelo que urge alterar o quadro actual. A necessidade de privilegiar a recuperação e reabilitação urbana foi já entendida pelos diferentes Governos, mas o processo de promoção das iniciativas necessárias estando ainda incompleto, tem-se revelado muito lento em termos de conclusão. As SRU começam a dar os primeiros passos, esperando-se já em 2006 os primeiros resultados práticos dos investimentos em curso, torna-se pois urgente a publicação da legislação complementar.

9 Agradecimentos

Agradeço a todos os que através da disponibilização de elementos, sugestões, dúvidas ou críticas contribuíram para o presente trabalho, nomeadamente ao INH, através da D.^{ta} M.^a Emília Martins e a todos os colaboradores das SRU em actividade.

10 Bibliografia

- [1] Instituto Nacional de Estatística (INE) – Censos 1970, 1981, 1991, 2001.
- [2] 15.º Governo Constitucional. Programa de Governo.17/4/2002.
http://www.governo.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC15
- [3] MOPH. SEH. INH. *O Sector da Habitação no Ano 2003*. Lisboa, 2004.
- [4] INCM. *RJERU, Reg. Jur. Excepcional Reab.Urbana*, DL 104/2004, de 7 de Maio
- [5] INCM. *PROHABITA, Prog. Financ. Aces. Habitação*, DL 135/2004, de 3 Junho
- [6] 16.º Governo Constitucional. Programa de Governo.27/7/2004.
http://www.governo.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC16
- [7] Ante-Projecto de Dec.-Lei REABILITA (Reg.08/2004-MCALHDR). 24/9/2004.
http://www.governo.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC16/Ministerios/MCALHDR/Comunicacao/Programas_e_Dossiers/
- [8] 17.º Governo Constitucional. Programa de Governo. 21/3/2002.
http://www.governo.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC17
- [9] MEAI. SEAAL. *Proposta-Lei NRAU, Novo Regime Arrend. Urbano*. 27/6/2005.
http://www.portugal.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC17/Ministerios/PCM/MEAI/Comunicacao/Outros_Documentos/
- [10] INCM. *RJUE, Reg. Jur. da Urbanização e Edificação*. DL 555/99, de 16 Dez.

INSPECÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS FORTIFICAÇÕES DO RIO MINHO – CONTRIBUTO PARA A ELABORAÇÃO DO “PLANO DIRECTOR DAS FORTALEZAS TRANSFRONTEIRIÇAS DO RIO MINHO”

Esmeralda Paupério*

Correio electrónico: pauperio@fe.up.pt

João Guedes†

Correio electrónico: jguedes@fe.up.pt

Helena Santos‡

Correio electrónico: helenars@clix.pt

Aníbal Costa§

Correio electrónico: agc@fe.up.pt

Resumo

Tendo como objectivo a elaboração do Plano Director das Fortalezas Transfronteiriças do Rio Minho e no âmbito do estudo e valorização dos bens imóveis relacionados com a defesa e fortificação da fronteira galaico-portuguesa, no tramo conjunto do rio Minho, foi avaliada, numa 1ª fase do trabalho, a situação de cada monumento, seguindo uma metodologia de inspecção e diagnóstico dirigida para os objectivos do trabalho. Os estudos histórico e arquitectónico associados à análise estrutural dos 16 imóveis incluídos no Plano Director, que vão de castelos roqueiros a fortes de terra, passando por cidades muralhadas como Monção e Valença, ajudaram a salientar a importância histórica destes redutos de defesa esquecidos, nomeadamente as fortificações de terra que ainda hoje se mantêm, permitindo a identificação de técnicas construtivas inovadoras. O trabalho de inspecção e diagnóstico estrutural, devidamente apoiado no levantamento histórico, foi um elemento importante na tomada de decisão nas acções preconizadas a levar a cabo na 2ª fase do trabalho.

Palavras-chave: Inspeção, Diagnóstico, Intervenção, Muralhas.

* Engenheira Civil, Instituto da Construção (IC), FEUP.

† Engenheiro Civil, Professor Auxiliar, FEUP.

‡ Arquitecta (Coordenadora da equipa do Plano Director), Assistente, UAL.

§ Engenheiro Civil, Professor Catedrático, UA.

1 Introdução

Os vestígios fortificados que balizam o vale do rio Minho inserem-se na paisagem e no quotidiano das populações com a tranquilidade de séculos de permanência. No espírito de muitos dos moradores dos núcleos urbanos de Cerveira, Valença, Monção e Melgaço e sobretudo entre os camponeses da região, tais elementos constituem a materialização do antigamente, uma nebulosa povoada de mouros e romanos, de reis e princesas, de gestas heróicas e de episódios picarescos que configura a memória histórica, esse elemento tão indispensável à construção da identidade. Nos dias de hoje, contudo, em resultado das vicissitudes do tempo e da história, castelos, torres, fortificações, praças-fortes, fortes e fortins, já não desempenham o mesmo papel central no quotidiano das gentes do Alto Minho como acontecia em outras eras. Mesmo assim continuam, com grande assiduidade, a serem objecto de múltiplos e variados olhares, quer estes sejam distraídos, indiferentes, ou pelo contrário, admirativos, curiosos e preocupados. Este trabalho apresenta a metodologia utilizada na inspecção e diagnóstico estrutural dos monumentos integrados no Plano Director das Fortalezas Transfronteiriças do Rio Minho [1].

2 Identificação das fortificações

Estas construções militares [2] são hoje, no seu conjunto, um repositório de soluções construtivas e estratégicas de várias e diversas épocas, associáveis a decisivos momentos da história; tendo perdido uma das suas mais importantes funções, a de defesa, propiciou-se já no séc. XIX o ruir das muralhas, fortes, torres, fortins e revelins pelo desejo de modernização dos espaços de acordo com padrões urbanísticos que então se espalhavam por toda a Europa Liberal e que, à mistura com correntes higienistas, se propunham abrir amplas avenidas e libertarem-se das sombrias muralhas. Tempos de destruição que hoje nos surpreendem, e que provocaram substanciais e irreversíveis transformações nas edificações fortificadas que as descaracterizaram ou até destruíram completamente, tendo em muitos casos a pedra sido reutilizada em habitações particulares, na pavimentação de ruas e na construção de edifícios de utilização pública.

Variando em forma e em tipo de construção, as fortificações analisadas vão desde os castelos roqueiros de Fraião, Penha da Rainha e Castro Laboreiro, Figura 1, em que é o território onde se implantam que se destaca, e que pela sua localização e soluções construtivas remetem para o que Carlos Alberto Ferreira de Almeida denomina de castelo românico [3], destinados a garantir a defesa de pontos fulcrais como estradas e passagens, às fortificações de Cerveira, Valença, Figura 2, Monção e Melgaço que não só permitiam materializar a estreita ligação ao monarca mas também contribuíam para reafirmar a linha de oposição fronteiriça, com o apoio do forte de Lovelhe, e do fortim da Atalaia do

Espírito Santo no caso de Cerveira, às torres de Lapela e de Silva que revelando uma evidente função residencial na sua organização interna beneficiavam de localizações privilegiadas, aos fortes de terra de S. Luís Gonzaga, de S. Jorge da Silva, Figuras 3 e 4, de Gandra, Figuras 5 e 6, de Gingoleta e de Balagota.



Figuras 1 e 2 – Castelo de Castro Laboreiro e Praça Forte de Valença.



Figuras 3 e 4 – Levantamento e fotografia aérea do Forte de S. Jorge da Silva.



Figuras 5 e 6 – Fotografia aérea e levantamento do Forte da Gandra.

3 Metodologia de Inspeção

3.1 Cerveira, Valença, Monção, Melgaço, Castro Laboreiro, Lapela, Silva, Lovelhe e Atalaia do Espírito Santo

Tendo as fortalezas em estudo características, técnicas construtivas e problemas muito diferentes, procurou-se nas inspeções adequar os elementos recolhidos aos objectivos do estudo. Assim, foram efectuadas inspeções visuais de âmbito estrutural ao longo de todo o perímetro das fortalezas e nos diversos níveis de muralhas e linhas de defesa que as executam. Para cada fortaleza, após a identificação e descrição da estrutura portante, registaram-se em fichas de danos os que foram considerados mais relevantes [4]. Nestas fichas, Figura 7, para além da localização em planta do dano, faz-se uma breve descrição associada à identificação da sua causa provável.

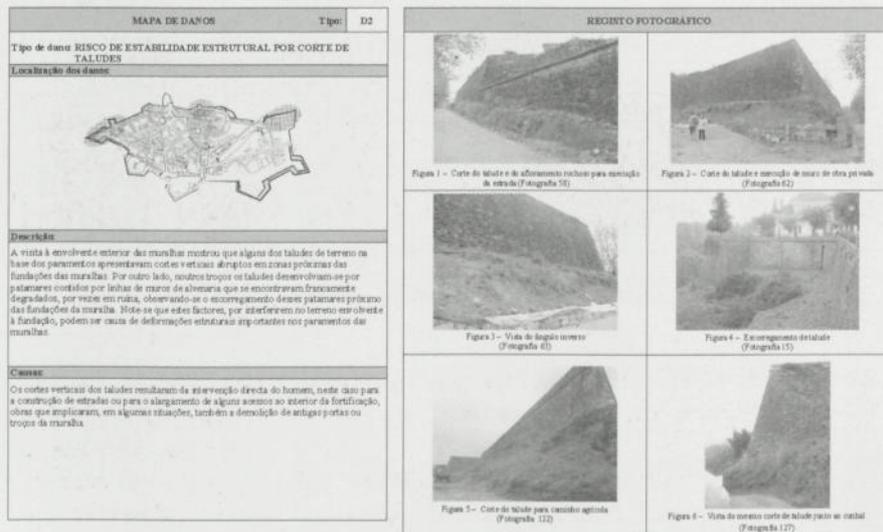


Figura 7 – Ficha de dano.

Para as estruturas de maior porte, quer com panos de muralha elevados e/ou a vários níveis, foi efectuado um levantamento fotográfico e análise estrutural por troços. Para cada troço em estudo, identificado em planta, mostra-se nestas fichas quer o registo fotográfico, quer um quadro síntese que relaciona os danos registados na estrutura e a sua intensidade de ocorrência (baixa, média ou alta). Obtem-se desta forma, para além das fichas de danos, uma relação entre o dano, a sua intensidade e o local da sua ocorrência muito mais intuiti-

va, permitindo mais rapidamente uma identificação geral do estado da estrutura e a determinação de pontos críticos. Destaca-se o facto dos taludes exteriores não serem considerados como parte integrante da estrutura e por isso apresentarem uma manutenção bastante deficiente. Esta situação é agravada pelos cortes indiscriminados, resultantes da abertura de ruas, ou da execução de construções próximas, sendo este facto potenciador de instabilidade estrutural.

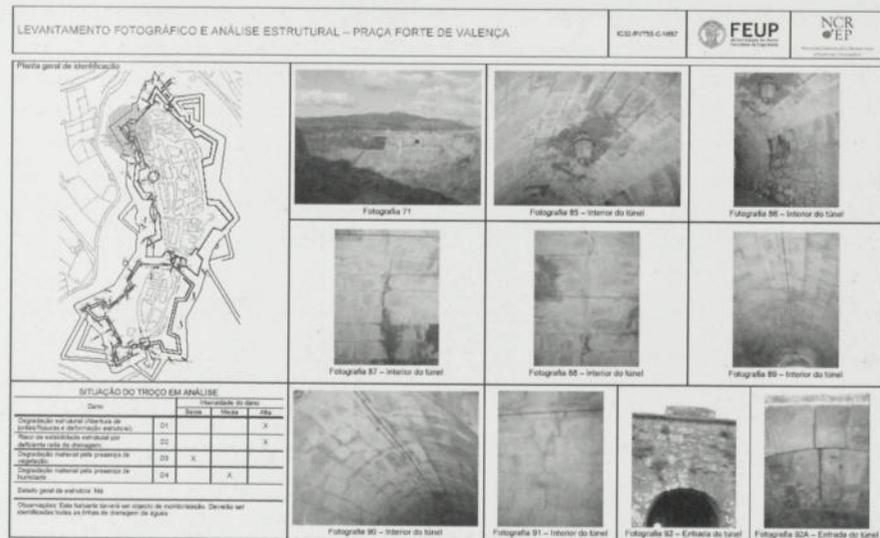


Figura 8 – Levantamento fotográfico e análise estrutural.

Realça-se a importância da consulta das plantas urbanísticas das muralhas de Valença e Monção desde o século XIV até hoje, fornecidas pelos estudos históricos e arquitectónicos que integravam a execução deste Plano Director, e que se revelaram de extrema importância na identificação de pontos estruturais críticos como os de união entre panos de muralha de épocas diferentes e a identificação de técnicas construtivas associadas a diferentes períodos.

3.2 Castelos roqueiros de Fraião e Penha da Rainha

Os castelos roqueiros, Figura 9, são actualmente estruturas naturais que foram e continuam a ser talhadas pela natureza num processo contínuo. Durante a inspecção, não se observaram fracturas ou danos de outra ordem que pudessem indiciar roturas nos elementos naturais que definem o espaço destes castelos. Pelo facto de os blocos de granito não indiciarem qualquer instabilidade, não foi efectuado qualquer registo de danos ou análise estrutural pormenorizada. Um único alerta foi para as pedreiras existentes na proximidade pelo facto

de, para além de um fortíssimo impacto com a destruição da paisagem envolvente, poderem, através do uso de cargas explosivas indutoras de movimentos no terreno, interferir na estabilidade dos blocos de pedra que constituem os castelos.



Figura 9 – Castelo roqueiro de Fraião.

3.3 Fortes de terra: S. Luís Gonzaga, S. Jorge da Silva, Gandra, Campos, Gingoleta e Balagota

Os fortes de terra apesar da sua importância estratégica de defesa e ataque ao território, encontram-se hoje votados ao esquecimento e destruição, necessitando por isso uma análise mais detalhada. Refere-se a título de exemplo e de interesse histórico que o forte de S. Luís Gonzaga em território português era um posto avançado espanhol na estratégia de ataque e tentativa de tomada de Valença.

Estes fortes de terra, construídos no decorrer da guerra da Aclamação, em situações de emergência, seguiram de forma exemplar as teorias bélicas, apresentando configurações geométricas perfeitas, muitas vezes em forma de estrela, Figuras 3 a 6.

A sua construção num material designado por “torrão”, uma mistura de godo de diferentes granulometrias, argila e silte, sugere enormes movimentos de terra, face às dimensões destes fortes e à mistura necessária dos ingredientes para a execução do torrão. Uma primeira abordagem a estes fortes indiciava que este godo teria vindo das margens/leito do rio Minho para no local da execução dos fortes ser misturado com o barro e o silte. Mas, face à localização afastada do rio de alguns dos fortes de terra, à quantidade imensa necessária de godo para a confecção do torrão, associada à exposição ao inimigo espanhol que da outra margem espreitava, que sentido faria que as populações se expusessem a tal perigo para construírem depois algo que as defenderia? Como transportariam tamanha quantidade de godo? Porque não optaram por ir buscar pedras graníticas mais para o interior do território e mais perto do que o rio para executarem construções tradicionais de defesa e com a garantia da sua segurança? Estas questões levaram a que fosse pedido apoio geotécnico ao prof. Viana da Fonseca que visitou os locais e analisou a carta geológica da zona de implantação dos fortes, participando na elaboração do parecer. Efectivamente, todas as questões levantadas mostraram ter pertinência, tendo-se identificado que as fortalezas de terra foram construídas com materiais de terraços aluvio-

nares que foram gerados por cursos de água afluentes ao Rio Minho, hoje desaparecidos, bem como de movimentos associados aos ciclos glaciares do Plistocénico, e que são típicos desta região [5].

Assim, engenhosamente, os materiais do solo bem trabalhados e compactados transformavam-se em importantes redutos de defesa e ataque, com taludes autoportantes que, mais tarde, se a situação assim o exigisse poderiam ser forrados a cantaria de granito. Destes fortes refere-se o forte de Gandra, já identificado na Figura 5 e novamente mostrado nas Figuras 10 e 11, onde, para além da estrela bem definida e com uma ponta já cortada por uma estrada, se pode ver ainda o que poderá ser uma trincheira numa linha avançada, sendo este o único vestígio de que este forte teria dimensões bem maiores do que o que se vê actualmente. Numa fotografia oblíqua, e tendo como escala a construção do lado direito da estrada, pode-se apreciar a dimensão dos taludes destas estruturas.

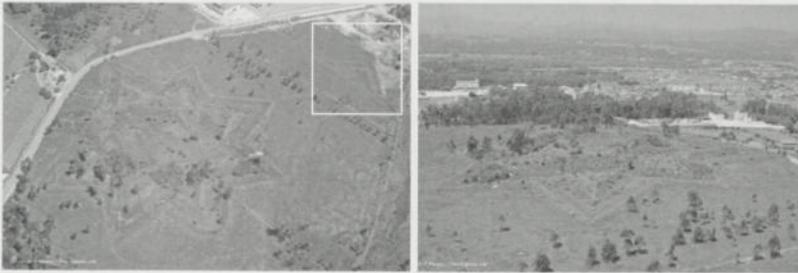


Figura 10 e 11 – Forte de Gandra.

Associando as teorias bélicas ao material que estava à mão, chegou-se a uma técnica de construção eficaz: a mistura e apiloamento do torrão, eventualmente com alguma rega da camada final, traduz-se num material com boa consistência e com uma camada protectora impermeabilizante que impede a sua desagregação. Chama-se a atenção para o facto de este material (torrão) ter sido também encontrado no interior da praça forte de Valença e nos taludes do forte de S. Francisco de Lovelhe. Neste último caso, o corte dos taludes devido à construção da ponte internacional de Cerveira, e o arranjo a que estes foram sujeitos no âmbito da recuperação da envolvente, levaram ao corte da vegetação rasteira que funcionava como protecção a este material, e mesmo à destruição da camada final de torrão com características impermeabilizantes (com cerca de 15cm), permitindo assim a infiltração da água e, conseqüentemente, o início da sua degradação. Qualquer intervenção efectuada nestes fortes terá de passar pela manutenção do torrão, e preenchimento com material deste tipo dos buracos já existentes, e pelo não arranque de vegetação que propicie a desagregação deste material.

4 Considerações finais

Apresenta-se neste trabalho o procedimento utilizado na inspecção e diagnóstico de um vasto conjunto de estruturas integradas no Plano Director das Fortalezas Transfronteiriças do Rio Minho, realçando-se a importância de uma boa organização e sistematização da informação para a realização desse diagnóstico e interpretação da situação estrutural dos monumentos. A descoberta de novos sistemas construtivos, como se tratou do caso dos fortes de terra, resultou da aplicação dessa metodologia. Esta campanha de inspecções permitiu identificar, para além de outros danos importantes e devidamente assinalados, o corte e deslizamento dos taludes de protecção às fundações das fortalezas como um dos danos mais generalizado, embora assumido como de menor importância por parte das entidades que o praticam indiscriminadamente. Saliencia-se que estes elementos, que são fundamentais para a estabilidade das estruturas, são parte integrante do monumento.

Realça-se ainda que a interacção neste tipo de trabalhos entre diferentes áreas técnicas: Arquitectura, História, Estruturas, Geotecnia, resultou numa mais valia no trabalho final

Este levantamento permitiu sustentar algumas das medidas de intervenção preconizadas na 2ª fase do trabalho.

5 Bibliografia

- [1] Santos, H. et al., "*Plano Director das Fortalezas Transfronteiriças do Rio Minho – 1ª Fase*", Janeiro 2005.
- [2] Andrade, A., "Enquadramento histórico" extraído do "*Plano Director das Fortalezas Transfronteiriças do Rio Minho – 1ª Fase*", Lisboa, Janeiro 2005.
- [3] Almeida, C., "*Alto Minho*" Editorial Presença (1897).
- [4] Costa, A., Guedes, J. e Paupério, E., "*Diagnóstico estrutural e construtivo. Principais patologias*" extraído do "*Plano Director das Fortalezas Transfronteiriças do Rio Minho – 1ª Fase*", Lisboa, Janeiro 2005.
- [5] Teixeira, C., "*Nota explicativa da folha – Valença*" *Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1953.

6 Agradecimento

Ao Eng.º Francisco Piqueiro – Foto Engenho, L.^{da}, pela cedência das fotografias aéreas.

EXPLORAÇÃO DE METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO EXIGENCIAL DE APOIO À REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

João Carlos Gonçalves Lanzinha*
Correio electrónico: joao.lanzinha@ubi.pt

Vasco Peixoto de Freitas†
Correio electrónico: vpfreita@fe.up.pt

João Paulo de Castro Gomes‡
Correio electrónico: castro.gomes@ubi.pt

Resumo

Pretende-se com este artigo apresentar os últimos desenvolvimentos de uma metodologia de diagnóstico exigencial criada para apoiar a reabilitação de edifícios de habitação multi-familiar.

Começando por definir os âmbitos de aplicação, descreve-se a metodologia e apresentam-se alguns dados e conclusões relativas à aplicação efectuada a um conjunto de edifícios.

Palavras-chave: Reabilitação de edifícios, Metodologias de diagnóstico

1 Reabilitação de Edifícios em Portugal e na Europa

Portugal tem um parque habitacional relativamente recente quando comparado com os outros países europeus. No entanto, de acordo com as estatísticas disponíveis (Censos 2001) o parque edificado apresenta-se degradado e 12,2 % dos edifícios com menos de 10 anos já necessitam de obras de reparação.

No ano 2000 o investimento médio em reabilitação na U.E. era cerca de 33% do total do sector da construção, enquanto que em Portugal representava apenas cerca de 6%.

* Assistente Convidado da Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil, Grupo de Construções.

† Prof. Catedrático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Física das Construções.

‡ Prof. Associado da Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil, Grupo de Construções.

Analisando as políticas de habitação nos estados-membros da U.E. verificam-se algumas tendências comuns, mas políticas muito diversas relativamente aos níveis e formas de intervenção. A atenção dada aos diferentes segmentos de mercado também revelam diferenças muito significativas.

As áreas identificadas como podendo servir de base ao estabelecimento de uma política europeia comum em termos de habitação não contemplam explicitamente as intervenções na recuperação e reabilitação de edifícios, provavelmente devido ao facto dos diferentes países já efectuarem investimentos avultados e consolidados neste domínio. Portugal não poderá esperar dos recursos europeus apoios significativos para fazer face aos seus investimentos internos.

As exigências regulamentares portuguesas já enquadram de forma significativa, e procuram incentivar, os trabalhos de conservação e reabilitação do património edificado e não tem sido por ausência de investimentos públicos colocados à disposição que a situação é a que se conhece. Os programas de realojamento (PER) e os incentivos ao arrendamento por jovens (IAJ) têm sido muito significativos.

Já os incentivos à recuperação de edifícios, com que se pretendia inverter a situação de degradação do parque, têm estado longe de mostrar a eficácia desejada. As alterações legislativas sucedem-se, os programas multiplicam-se, mas o efeito não tem sido significativo e a paralisia dos programas parece uma evidência.

Os esforços realizados pelas diferentes vontades políticas parecem insuficientes para inverter a situação de degradação do parque habitacional e só um esforço colectivo, assumido por todas as partes em presença poderá pôr cobro à situação.

As acções implementadas pelos diferentes governos têm sido acompanhadas pelas autarquias que, à sua escala, têm procurado definir apoios municipais à recuperação de imóveis, com menores investimentos, mas conseguindo atingir públicos mais desfavorecidos, com menores recursos técnicos e financeiros à disposição, dando assim resposta a situações mais prementes.

A comunidade científica portuguesa tem vindo, desde há algum tempo, cerca de 20 anos, a alertar para a necessidade de apostar na conservação e reabilitação de edifícios de habitação, com o objectivo de influenciar os decisores políticos, criando "massa crítica", organizando encontros técnicos, promovendo investigação sistemática neste domínio, publicando obras de referência e introduzindo no ensino universitário os temas da patologia e reabilitação de edifícios.

Algum trabalho foi realizado, mas muito caminho há ainda por percorrer, para que todos tomemos consciência da necessidade imperiosa de apostar de forma definitiva no domínio da reabilitação dos nossos edifícios. Só assim poderemos preservar e valorizar o parque edificado nacional, que constitui um

património valiosíssimo e com grande interesse económico para um país de poucos recursos, como o nosso.

Para conseguir estes objectivos é necessário estarmos preparados com metodologias inovadoras de inspecção e diagnóstico e ferramentas válidas para promover as intervenções necessárias

2 Instrumentos de Apoio ao Diagnóstico de Edifícios de Habitação

Em Portugal, apesar de serem conhecidas algumas aplicações de carácter experimental, a utilização de métodos de diagnóstico na reabilitação de edifícios de habitação, não tem qualquer expressão.

As metodologias de diagnóstico estudadas – MER HABITAT, TEST HABITATGE, EPIQR e CLAU2000^[1,2,3,4] – baseiam-se no diagnóstico técnico, sistemático e padronizado dos vários elementos da envolvente e dos espaços interiores, efectuado de forma comparativa, que pode conduzir a conclusões subjectivas, isto é, mais baseadas em opiniões do que em ensaios ou medições.

Nestes instrumentos estabelece-se o estado de degradação provável e calculam-se os custos de reposição estimados, sem a realização de qualquer tipo de ensaio ou verificação, pelo que os resultados obtidos podem ser muito divergentes e a sua objectividade resultar apenas da experiência e capacidade de leitura dos problemas, por parte do especialista que efectua o trabalho.

Poderemos assim, em função do técnico que efectua o trabalho e do seu grau de experiência, obter resultados mais ou menos fiáveis, diagnósticos mais ou menos de acordo com a realidade estudada e estimativas de custos que poderão variar num intervalo de valores muito alargado, mais em função das decisões e escolhas do técnico do que da situação real e quantificável do edifício.

Por outro lado, a necessidade de efectuar o diagnóstico circunstanciado, como previsto nos métodos descritos, de um conjunto muito significativo de edifícios ocuparia períodos de tempo muito longos e acarretava custos muito elevados, razões que as administrações nem sempre compreendem.

O aspecto gráfico e multimédia e a apresentação comercial destes métodos tem evoluído significativamente, tornando-os apelativos para os possíveis utilizadores, mas não se conhecem utilizações em larga escala destes novos instrumentos. Esta realidade pode ser reveladora da sua falta de adaptabilidade às necessidades dos organismos públicos e privados que operam no mercado e às diferentes características construtivas dos edifícios em análise.

O historial de evolução dos programas mostra que as suas funcionalidades têm sido ajustadas, evoluído positivamente no sentido de se tornarem ferramentas “amigáveis” para os utilizadores. A produção de informação técnica de apoio, a inclusão de coeficientes de complexidade para contemplar as condi-

ções reais de execução dos trabalhos, a possibilidade de efectuar simulações relativas à redução dos gastos energéticos ou a inclusão de sistemas de avaliação ambiental, são disso exemplo.

A evolução na formulação de metodologias de diagnóstico e intervenção inovadoras irá continuar, contemplando aspectos genéricos e particulares, que poderão interessar a diferentes utilizadores.

A nossa análise da situação e a ponderação dos diferentes factores em apreciação, permite apontar alguns caminhos a trilhar no futuro próximo, em termos de concepção de novos métodos:

- Qualificar os elementos, sobretudo da envolvente pois contribui de forma decisiva para o conforto interior das habitações. A qualificação dos elementos construtivos não deve ser efectuada em função de uma descrição construtiva e de diferentes estados de degradação, mas sim da satisfação de exigências regulamentares ou legais (a avaliação deve ser exigencial);

- Ter a opinião dos residentes na escolha e implementação das melhores decisões de intervenção. Esta opinião deve, no entanto, ser acompanhada da visita ao interior de todos os fogos, para aferir a opinião dos residentes e possibilitar a detecção de patologias "repetidas" em alguns elementos construtivos;

- Obter custos de estimativa orçamental próximos da realidade, organizando para o efeito bases de dados dinâmicas com a descrição de trabalhos e custos de execução obtidas a partir da realização de obras concretas;

- Dispor de inspecção visual para termos informação de base sobre o estado de conservação das diversas componentes da envolvente exterior dos edifícios;

- Tratar cada edifício como uma entidade única, em vez de optar pela comparação com edifícios de referência;

- Definir completamente o processo de intervenção, contemplando o diagnóstico, a audição dos interessados, as estimativas de custos e a organização de um verdadeiro projecto de reabilitação. O processo poderá ser implementado parcialmente mas é importante dispor-se de uma abordagem global.

Qualquer que seja a estratégia a seguir na concepção, é necessário que os métodos de diagnóstico cumpram a condição de serem "amigáveis" e úteis para os utilizadores, evitando desperdício e perdas de tempo. Para tal, deverão contemplar os seguintes princípios:

- Evitar diagnósticos circunstanciados discutíveis e necessariamente de custos elevados;

- Produzir rapidamente resultados globais aproximados, mas fiáveis;

- Evitar os estudos sistemáticos e circunstanciados dos custos de todos os trabalhos necessários, qualquer que seja a urgência na sua realização;

- Possibilitar o início de uma gestão patrimonial sem possuir à partida os dados físicos do património (situação normal nos organismos);

- Dispor de um instrumento que permita a implementação de uma verdadeira estratégia de gestão em função da utilização dos componentes e dos orçamentos disponíveis;
- Tomar em conta o nível de qualidade determinado pelo utilizador;
- Possibilidade de calcular o custo estimativo parcial e global em função do nível de qualidade definido pelo utilizador;
- Simplificação e racionalização da introdução de dados iniciais;
- Criar uma base de dados com custos reais de trabalhos de reparação ou reabilitação.

Para o sucesso da nossa iniciativa devemos no entanto ter sempre presente que um instrumento deste tipo não passa de um auxiliar à decisão. A competência humana, o profissionalismo dos técnicos e a sua capacidade para efectuar uma análise profunda de todos os dados em jogo, sem perder de vista a necessidade de tomar decisões em tempo útil, continuam a ser fundamentais para o sucesso de qualquer gestão do património edificado, público ou privado

3 Nova Metodologia Exigencial de Apoio à Reabilitação de Imóveis de Habitação - MEXREB

O processo de diagnóstico e intervenção na reabilitação de edifícios de habitação deve ser integrado, contemplando o diagnóstico, a decisão de intervenção, a estimativa de custos, a elaboração de um projecto de execução, o acompanhamento dos trabalhos e as acções de manutenção.

Pretendendo contribuir de forma efectiva para a colocação em prática destas diferentes partes do processo, desenvolveu-se uma proposta de metodologia para a elaboração de projectos e execução de trabalhos de reabilitação ^[5,6,7], definindo-se o âmbito, a aplicabilidade, o conceito de envolvente e exigências a satisfazer, descreveram-se as exigências escolhidas para a avaliação exigencial e estruturou-se a nova metodologia proposta. Em complemento, analisaram-se os aspectos relativos à determinação dos custos associados aos trabalhos de reabilitação dos edifícios de habitação.

3.1 Aplicabilidade

Esta nova metodologia foi concebida com o objectivo de ser aplicada a edifícios habitacionais, do tipo multi-familiar. No entanto, a aplicação a edifícios antigos deve ser evitada. A experiência mostra que não é conveniente avaliar edifícios muito antigos com base nos pressupostos e exigências actuais.

A evolução dos conceitos científicos, dos métodos construtivos e das exigências de conforto foi muito significativa ao longo dos tempos. A redução dos consumos energéticos é hoje um imperativo de sobrevivência e desenvolvimento sustentável. A evolução do conhecimento no domínio das ciências da

construção coloca-nos hoje novas exigências a satisfazer, para garantir que os nossos edifícios cumprem os objectivos para que foram criados. E os edifícios de habitação mais antigos, tal como os restantes equipamentos que o Homem criou, perderam a sua actualidade, não acompanharam o progresso científico e tecnológico e vão acabar por ser abandonados e um dia ser demolidos, se não houver uma intervenção adequada.

A classificação dos edifícios em função das suas características e época de construção foi organizada da seguinte forma:

- Construções históricas - Construções representativas de um período da história de uma nação ou de um continente, com características estéticas únicas, com referências culturais marcantes ou com uma simbologia própria.

- Edifícios antigos - Edifícios com mais de 50 anos, no final da sua vida útil, com estruturas mistas de alvenaria e madeira, sem instalações sanitárias.

- Edifícios recentes - Edifícios de habitação com estrutura porticada em betão armado (menos de 50 anos).

- Edifícios "eficientes" - Edifícios de habitação concebidos após o choque petrolífero dos anos 70, incorporando soluções de isolamento térmico e objectivos de redução dos consumos de energia (entre 5 e 30 anos).

- Edifícios novos - Construções muito recentes, sem ter ultrapassado o prazo legal de garantia, mas que podem apresentar manifestações patológicas precoces (menos de 5 anos).

Ficarão definitivamente excluídos da aplicação desta metodologia os edifícios históricos e antigos, cujo processo de reabilitação colidiria, por um lado, com as condições metodológicas impostas para a preservação do património histórico e por outro com os custos elevadíssimos da intervenção a efectuar, para que os edifícios cumpram os requisitos actuais.

No conjunto dos edifícios mais recentes, a aplicação deve ser feita de forma criteriosa e cuidada aos edifícios com mais de 30 anos e aos edifícios novos (menos de 5 anos). Os primeiros por necessitarem de intervenções de maior impacto e os últimos, sendo muito recentes, por apresentarem boa aparência.

Recomenda-se que a faixa óptima de avaliação – a dos edifícios eficientes, seja ainda objecto de subdivisão, para ser possível avaliar amostras homogéneas e efectuar comparações adequadas, quando necessário:

- Edifícios com idade entre 5 e 10 anos;
- Edifícios com idade entre 10 e 20 anos;
- Edifícios com idade entre 20 e 30 anos.

3.2 - Estruturação da nova metodologia proposta

A nova metodologia proposta assenta na seguinte estruturação:

1ª FASE – CONTACTO COM O CLIENTE

2ª FASE – CONSULTA E ESTUDO DA DOCUMENTAÇÃO DISPONÍVEL

3ª FASE – INSPEÇÃO VISUAL PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO EDIFÍCIO

4ª FASE – INQUÉRITO AOS RESIDENTES

5ª FASE – AVALIAÇÃO EXIGENCIAL

6ª FASE – RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO

Esta estruturação prevê uma abordagem global da situação em análise. No entanto, o seu aspecto fundamental é o da avaliação exigencial prevista na 5ª fase.

Pretende-se, para além da análise comparativa do estado de conservação, efectuar uma avaliação fundamentada do desempenho dos diversos elementos construtivos que constituem a envolvente. Avaliação baseada nas exigências técnicas de funcionamento estabelecidas em documentos regulamentares ou exigenciais, realizando sempre que possível análises técnicas, cálculos, medições e eventualmente ensaios “in situ”. Será determinado o desempenho dos elementos construtivos para diferentes situações, comparando-o com as exigências já referidas.

Este tipo de avaliação tem um carácter essencialmente técnico e deverá ser efectuado por profissionais com formação adequada no domínio do projecto, construção e reabilitação de edifícios, tendo em vista a correcta introdução dos dados necessários. Será fundamental o conhecimento profundo da regulamentação aplicável, das exigências funcionais dos elementos construtivos, regras e processos construtivos, fundamentos técnicos de funcionamento das diversas componentes dos edifícios, instrumentos de medição e sondagem, etc. nem sempre ao alcance dos técnicos menos experientes, ou dotados de formação básica nos domínios das ciências da construção.

Para efectuar uma avaliação exigencial é necessário dispor de um conjunto significativo de dados de partida, obtidos a partir do estudo e análise cuidada da informação documental disponibilizada, confirmada com as observações a efectuar no local.

Para facilitar o trabalho do avaliador estruturou-se uma aplicação informática denominada MEXREB que apresenta, como resultado final da manipulação dos dados, o perfil do edifício estudado, relativamente ao grau de satisfação de um conjunto de 21 exigências previamente definidas.

Para cada uma das exigências definidas, foram estabelecidos quadros onde é disponibilizada a seguinte informação:

- Descrição da exigência;
- Modo de expressão;
- Aspectos complementares a verificar;
- Quantificação da exigência com atribuição de níveis de qualidade e
- Elementos complementares, nomeadamente bibliografia de apoio.

Estas exigências repartem-se pelas partes mais significativas da envolvente exterior:

- Elementos verticais - considerando partes opacas e envidraçados;
- Cobertura - dando-se especial atenção aos dispositivos de drenagem de águas pluviais e às ligações com elementos salientes.

4 Análise global efectuada

Para avaliar o funcionamento da nova metodologia de diagnóstico exigencial proposta ^[5,6,7] foram analisadas duas amostras: uma recolhida em Novembro de 2003 e outra em Novembro de 2004, perfazendo no total 39 edifícios multi-familiares, amostra que nos parece significativa. Nesta perspectiva, foram analisados os edifícios na sua globalidade e realizados 370 inquéritos, nos 498 fogos possíveis, abrangendo um total de 1.086 residentes.

Tabela 1: Dados gerais da amostra

Nº de edifícios estudados	39
Nº de fracções	498
Nº inquéritos realizados	370
Nº de residentes	1086
Edifícios com mais de 30 anos	2
Edifícios entre 20 e 30 anos	3
Edifícios entre 10 e 20 anos	11
Edifícios entre 5 e 10 anos	14
Edifícios com menos de 5 anos	9

Os edifícios foram separados por períodos de idade para efectuar a comparação entre os dois métodos de avaliação do estado de conservação dos mesmos, inspecção visual e avaliação exigencial, e retirar algumas conclusões acerca dos diferentes processos construtivos utilizados nos diferentes intervalos de idade dos edifícios.

A primeira análise que pudemos efectuar diz respeito à validade da estrutura e documentação criada para a inspecção visual dos edifícios e do processo de avaliação exigencial.

Os resultados da inspecção visual efectuada (gráfico 1) permitem concluir que a envolvente exterior se mostra mais cuidada à medida que a idade dos edifícios decresce, apesar de existir um período em que a tendência se inverte. Esta situação pode ser explicada pela provável realização de trabalhos de manutenção ou reparação no intervalo de edifícios com idade entre 20 e 30 anos. Neste intervalo, os edifícios já apresentam degradação visível e necessitam de trabalhos de conservação e os proprietários, provavelmente, já estarão nesta fase aliviados dos encargos significativos dos primeiros anos de empréstimo à

habitação e poderão libertar algumas verbas disponíveis do orçamento familiar para suportar tais despesas.

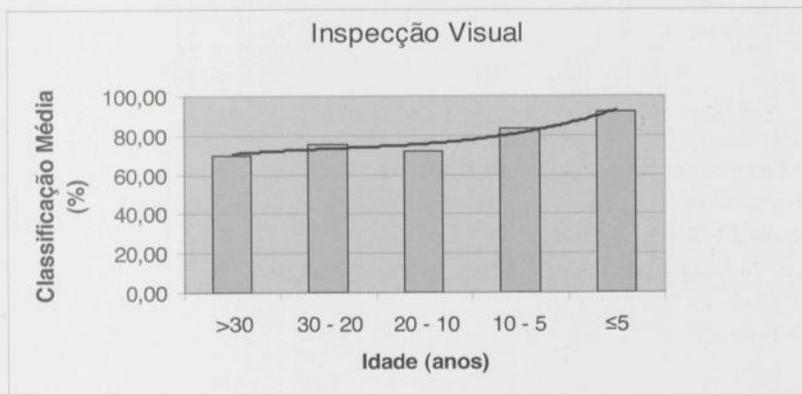


Gráfico 1 : Classificação Média da Inspeção Visual da Amostra Total

Analisados os valores da avaliação exigencial, obtidos para o mesmo conjunto de edifícios (gráfico 2), verifica-se que a qualidade exigencial dos últimos 30 anos tem vindo aumentar, apesar de ter existido um período em que este decresceu ligeiramente (na evolução entre o intervalo dos edifícios com mais de 30 anos e o dos edifícios com idade compreendida entre 20 e 30 anos).

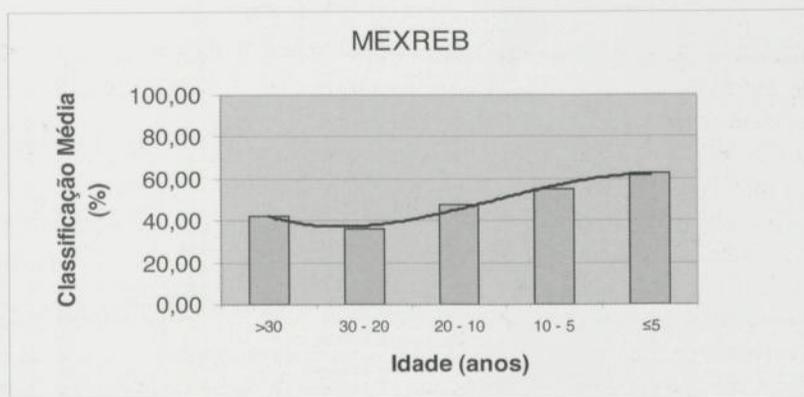


Gráfico 2 : Classificação Média do MEXREB da Amostra Total

As construções com mais de 30 anos, no entanto, apresentam uma classificação exigencial MEXREB suficiente, apesar da tendência natural ser para um decréscimo da classificação. Este facto que pode ser explicado por se tratar de um intervalo com um numero de edifícios muito reduzido e de ter sido apenas utilizado para avaliar a viabilidade do método ser aplicado a edifícios com mais de 30 anos. Por outro lado, os edifícios considerados poderão ter sido objecto de um tipo de construção diferente e mais cuidada relativamente à do intervalo 20-30 anos.

Analisando o quadro comparativo de resultados (Gráfico 3), verificamos que a classificação exigencial obtida a partir da aplicação MEXREB é sempre inferior à classificação obtida a partir da inspecção visual, como seria de esperar, evoluindo negativamente à medida que a idade dos edifícios aumenta.

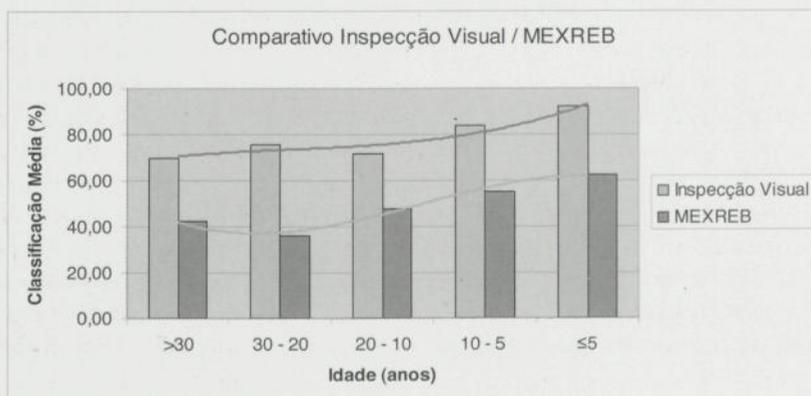


Gráfico 3 : Comparação Inspeção Visual/ MEXREB da Amostra Total

As classificações médias da Inspeção Visual e MEXREB, introduzindo uma avaliação qualitativa, constam da Tabela 2.

Tabela 2 : Resumo das Classificações Médias

Intervalo de Idade dos edifícios (anos)	Inspeção Visual		MEXREB		
	<5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	>30
<5	M. Bom	Bom	Suficiente	Suficiente	Suficiente
5 - 10	Bom	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente
10 - 20	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente
20 - 30	Bom	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente
>30	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente

O estudo efectuado permitiu ainda concluir que as faixas etárias dos moradores, tal como a percentagem de proprietários residentes, parecem influenciar o estado de conservação da envolvente dos edifícios. Isto é, quanto maior a percentagem de proprietários residentes no edifício, maior o número de pessoas interessadas em preservar e melhorar o seu estado de conservação.

5 Conclusão

Após a realização do presente trabalho experimental, conclui-se que a inspecção visual fornece resultados muito superiores ao da avaliação exigencial apoiada no suporte informático MEXREB, mantendo este diferencial apesar da variação da idade dos edifícios

Com base nas amostras analisadas, conclui-se também que nos últimos 20 anos a avaliação do estado de conservação da envolvente dos edifícios, efectuada a partir da inspecção visual, apresenta resultados mais favoráveis à medida que a idade dos edifícios diminui, o que também seria de esperar pois a sua degradação depende em muito da acção do tempo. A classificação que resulta da Inspeção Visual, avalia a aparência da envolvente exterior dos edifícios pelo que deve ser utilizado de forma cuidada na avaliação e definição da realização de trabalhos de reabilitação. Em nosso entender deve ser apenas utilizado num estudo prévio dos trabalhos a realizar.

A aplicação informática MEXREB fornece, pelo contrário, resultados que permitem avaliar de forma mais concreta a qualidade de construção do edifício, como o estudo demonstrou. Desta forma, conclui-se que os edifícios apresentam uma aparência exterior que no entanto, na maior parte dos casos, não corresponde ao estado de conservação, funcionalidade ou exigência actual dos diversos elementos construtivos que constituem a envolvente (ou "envelope") do edifício, sendo portanto mais credível a avaliação exigencial efectuada com base na aplicação informática MEXREB. No conjunto de edifícios com menos de 30 anos a qualidade e processos de construção também tem vindo a aumentar, o que naturalmente seria de esperar, pois o grau de satisfação das exigências definidas nas normas, legislação e regulamentos é cada vez maior.

É essencial realçar, que para se efectuar uma melhor avaliação acerca do estado de conservação dos edifícios, é necessário conhecer os resultados de ambos os métodos, apesar de os resultados do MEXREB serem mais decisivos. Assim, o profissional em causa poderá avaliar melhor o estado de conservação dos edifícios e tomará decisões de modo a proporcionar a melhor funcionalidade e aspecto aos mesmos, contribuindo por exemplo, para o conforto dos habitantes dos edifícios a nível térmico e acústico.

6 Bibliografia

[1] Marco, D. *et al.* *MER HABITAT - Méthode de diagnostic des dégradations, des désordres et des manques et d'évaluation des coûts de remise en état des bâtiments d'habitation.* (Bulletin du logement, vol. 64) Office fédéral du logement OFL, Granges, Suiça, 1996.

[2] Casademont, P. *et al.* *Manual del TEST HABITATGE.* Barcelona, Abril 1989.

[3] EPIQR Un outil d'aide à la decision pour la réhabilitation des bâtiments d'habitation – Les principes de la methode, C.S.T.B. France, 1999.

[4] Clau2000 – Base de dados del mantenimiento – software - Col·legi d'Arquitectes i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 2000.

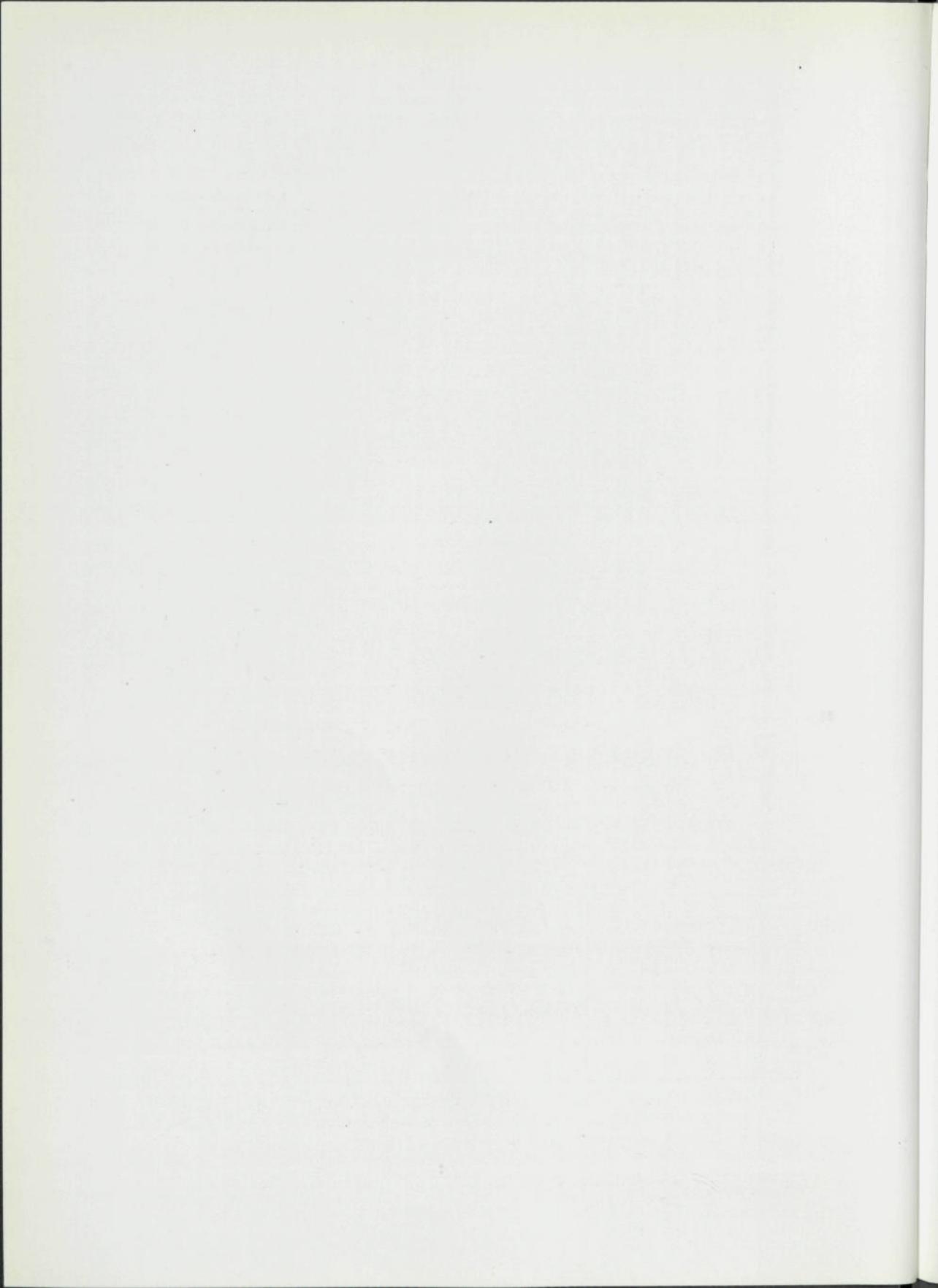
[5] Lanzinha, J.C. ; Freitas, V.P. e Castro Gomes J.P. *Metodologias de diagnóstico e intervenção na reabilitação de edifícios.* Congresso Construção 2001, IST, Lisboa, Portugal, Dez. 2001.

[6] Lanzinha, J.C. ; Freitas, V.P. e Castro Gomes J.P. *Development of exigencial diagnosis methodology applied to building rehabilitation.* XXX IAHS World Congress on Housing, Univ. Coimbra, Portugal, Set. 2002.

[7] Lanzinha, J.C. ; Freitas, V.P. e Castro Gomes J.P. *Metodologias de diagnóstico exigencial aplicadas à reabilitação de edifícios de habitação.* 1º Encontro Nacional sobre PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS – PATORREB2003, FEUP, Porto, Portugal, Mar. 2003.



SESSÃO X – PATOLOGIA / REABILITAÇÃO



DEGRADAÇÃO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA

Térmitas de Madeira Seca nas Ilhas dos Açores

Lina Nunes*

Correio electrónico: linanunes@lnec.pt

Helena Cruz†

Correio electrónico: helenacruz@lnec.pt

Mário Fragoso‡

Correio electrónico: mario.as.fragoso@azores.gov.pt

Resumo

A identificação em 2002 de térmitas de madeira seca da espécie *Cryptotermes brevis* nas ilhas dos Açores obrigou a equacionar estratégias de combate à praga e de recuperação dos edifícios infestados. Este assunto adquiriu um carácter de urgência face à situação de degradação que foi sendo encontrada e à relativamente rápida progressão da praga após instalação. Um levantamento exaustivo da situação nas diferentes Ilhas está em curso, mas foi já demonstrada a presença desta térmita de madeira seca na Terceira, em São Miguel e no Faial. Estudos recentes apontaram para a presença de *C. brevis* em 43% dos edifícios de Angra do Heroísmo, quase sempre acompanhada por um elevado grau de destruição, se não mesmo de cedência iminente das estruturas afectadas. O impacto desta degradação é particularmente grave se tivermos em conta a inscrição de Angra do Heroísmo como Património Mundial.

Refere-se a importância da reabilitação das estruturas já afectadas, a implementação de procedimentos que dificultem a dispersão e instalação de novas colónias em edifícios ainda não infestados e a alteração de práticas tradicionais, nomeadamente pela à escolha de espécies alternativas de madeira ou a aplicação de sistemas de protecção. Esta comunicação refere ainda os factores mais importantes no estabelecimento das térmitas de madeira seca, os problemas de degradação já encontrados e as propostas preliminares apresentadas pelos autores.

Palavras-chave: Térmitas, Açores, Impacto, Património Mundial.

* Investigador Auxiliar, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

† Investigador Principal, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

‡ Investigador, Laboratório Regional de Engenharia Civil, Açores.

1 Introdução

As térmitas de madeira seca incluem-se no grupo dos insectos sociais, mas ao contrário das térmitas subterrâneas, mais comuns em Portugal Continental, vivem no interior dos elementos de madeira, que ocupam sem necessidade de contacto com o meio exterior [1].

Esta característica facilita a sua dispersão, sendo facilmente transportadas pela deslocação de materiais infestados nomeadamente, embalagens e mobiliário. Uma vez introduzidas em ambientes adequados, as colónias podem sobreviver e instalar-se.

Cryptotermes brevis (Walker), constitui a espécie de térmitas que tem tido maior disseminação e é a térmita de madeira seca com maior estatuto de praga [2]. *C. brevis* tem um ciclo de vida com divisão de castas característico dos insectos sociais (figura 1). Nesta espécie, a colonização de uma estrutura ou de um edifício começa quando uma fêmea fecundada põe os primeiros ovos. Destes ovos, vão-se desenvolver as primeiras ninfas que têm a capacidade de dar origem a qualquer das castas, (falsas obreiras ou "pseudergates", soldados e reprodutores). As falsas obreiras são responsáveis pela obtenção do alimento, pela alimentação das outras castas e pela eliminação dos indivíduos doentes ou mortos.

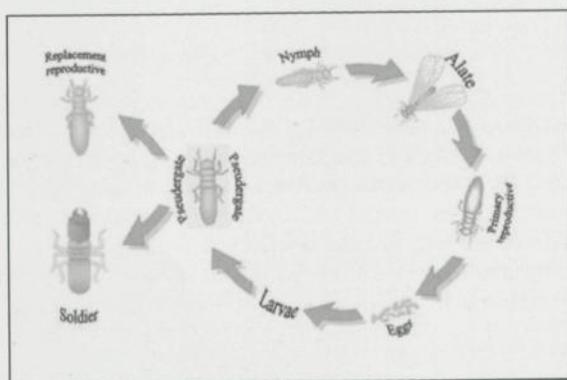


Figura 1: Ciclo de vida de *Cryptotermes brevis*

Todos os anos (normalmente com início em Junho) dá-se a enxameação dos reprodutores primários ou alados, tendo como objectivo a colonização de novas áreas. No entanto, se a rainha alada morrer, existem reprodutores secundários que a podem substituir. Estes reprodutores secundários desenvolvem-se a partir das falsas obreiras [1][3].

Uma colónia de *Cryptotermes* tem cerca de 300 indivíduos (embora possam chegar a 3000 por colónia) e podem coexistir numa determinada área várias colónias. Tanto quanto se sabe, todas as madeiras, não tratadas são alvo potencial de ataque e subsequente destruição.

2 A madeira na tradição construtiva dos Açores

Os edifícios nos centros históricos das ilhas açoreanas são, geralmente, edifícios de alvenaria de pedra com 3 ou 4 andares, possuindo nos pavimentos e nas coberturas estruturas de madeira (figura 2). Cada edifício partilha com os edifícios adjacentes as suas duas empenas e um conjunto de edifícios nestas condições forma um quarteirão que, em termos genéricos, se assume como uma estrutura única.



Figura 2: Edifício típico de Ponta Delgada, São Miguel.

Este tipo de construção é muito comum nos edifícios construídos após o século XIX, onde se pode encontrar estruturas resistentes formadas por vigas e elementos de contraventamento de madeira nos pavimentos dos edifícios e estruturas treliçadas de madeira nas coberturas.

Nos edifícios de construção recente, a madeira é muito menos utilizada, particularmente nas estruturas de suporte dos pavimentos, mas ao nível das estruturas de cobertura a importância da madeira mantém-se pelo facto deste tipo de solução construtiva favorecer o bom comportamento dos edifícios quando solicitados por acções sísmicas de intensidade elevada, uma vez que as massas, nos níveis mais elevados dos edifícios, assumem menores valores.

Num conjunto de inspecções realizadas em edifícios dos centros históricos das cidades de Angra do Heroísmo e de Ponta Delgada, foram identificadas nas estruturas resistentes dos pavimentos e coberturas, maioritariamente, madeiras de acácia e de eucalipto. Paralelamente, em elementos não resistentes, como as tábuas de forro das coberturas, foi identificada madeira de criptoméria. Estas madeiras, originárias das ilhas, eram e são bastante apreciadas pelas suas características de resistência, trabalhabilidade e disponibilidade.

As inspecções efectuadas permitiram ainda verificar que a prática corrente não incluía a aplicação de qualquer tratamento da madeira contra insectos, quer em profundidade quer superficial, nem a utilização de pinturas de revestimento exterior da madeira.

Com a transformação que ao longo do tempo tem ocorrido na agricultura açoreana, nomeadamente a introdução das explorações pecuárias, de forma massiva, no

Arquipélago dos Açores, boa parte das matas de acácias e de eucaliptos têm vindo a desaparecer passando a indústria da construção a recorrer, com maior frequência, à utilização de madeiras importadas como a câmbala (iroko) e o mogno.

A descoberta de patologias associadas a infestações graves por térmitas de madeira seca introduziu um conjunto de dificuldades adicionais à problemática da construção em madeira no Arquipélago dos Açores, obrigando, por um lado, a considerar-se a necessidade de uma protecção preventiva da madeira antes da sua aplicação na construção e, por outro lado, à definição de procedimentos de inspecção e de manutenção dos edifícios, de modo a garantir-se o bom funcionamento dos mesmos, durante a sua vida útil.

3 Introdução de *C. brevis* nos Açores

A espécie *Cryptotermes brevis* é nativa das Caraíbas mas ocorre em muitas outras regiões da área como a Florida e as costas do México, de toda a América Central e região norte da América do Sul. Foi introduzida em diversas ilhas do Pacífico incluindo as Galápagos, Fiji, Hawai, Marquesas, Nova Caledónia e Páscoa. Está ainda presente nas ilhas atlânticas de Ascensão, Bermudas e Santa Helena. Foi igualmente introduzida nas áreas costeiras de outros continentes incluindo a Austrália, China, Madagáscar, Gâmbia, Gana, Nigéria, Senegal, Serra Leoa, África do Sul, Uganda e Zaire [4][5][7]. Na Europa, a sua presença está referenciada nas Ilhas Canárias [8], Madeira [9], Nápoles, Liguria e Sicília [10].

C. brevis foi identificada pela primeira vez nos Açores em 2002 (Angra do Heroísmo) quando a presença de alados e asas foi registada por um conjunto de pessoas, ainda que sem uma avaliação real da sua distribuição e impacto.

Três anos depois já é possível começar a traçar um diagnóstico mais próximo da realidade das ilhas e, até ao momento, já foram encontradas populações bem estabelecidas deste insecto nas Ilhas de São Miguel (Ponta Delgada) [6], Terceira (Angra do Heroísmo e Biscoitos) [7] e Faial (Horta) (Nunes, observação pessoal).

No caso particular de Angra do Heroísmo, cujo centro histórico é Património Mundial, Borges e co-autores conduziram uma primeira avaliação sistemática da degradação e encontraram em alguns casos níveis de destruição alarmantes nos edifícios, revelando claramente o impacto muito grave desta espécie de térmitas nas construções. Os dados disponíveis apontam para a presença de infestação em 43% dos edifícios em Angra do Heroísmo, sendo pelo menos metade destes casos situações de infestação grave com elevados níveis de destruição.

As partes das habitações aparentemente mais afectadas são as dos andares superiores, principalmente coberturas (figura 3). Admite-se que as térmitas de madeira seca entram nas estruturas através das ventilações dos sótãos (figura 4) ou das fundações, pelos beirais ou outras aberturas existentes (ex. caixilharia) e uma vez instaladas no interior da madeira (por exemplo usando os orifícios de saída de carunchos pequenos como o *Anobium* spp) e selada por elas a abertura por onde entraram, a identificação da sua presença torna-se difícil.

A origem das térmitas presentes nos Açores continua indeterminada embora a sua distribuição em Angra do Heroísmo (degradação mais forte perto do porto e irradiando dele) sugere uma entrada pela área do porto há algumas dezenas de anos,

talvez após o último grande sismo de 1980 quando houve necessidade de reconstruir boa parte da cidade [7]. A entrada de embalagens e mobiliário infestado é outro meio considerado como uma possibilidade neste caso, embora talvez menos provável.



Figura 3: Exemplo de estrutura com degradação grave e pormenor da degradação numa vara de eucalipto.



Figura 4: Exemplo de um ponto de possível entrada de alados de *C. brevis*.

4 Estratégia da intervenção

A infestação por térmitas de madeira seca tem normalmente custos de tratamento e recuperação consideráveis. Só nos Estados Unidos da América se estima um gasto anual próximo de 300 milhões de dólares para o controlo destes insectos, apesar de terem uma zona de distribuição praticamente reduzida ao sul da Califórnia, à Florida e ao Hawaii. Só para o controlo de *Cryptotermes brevis* é estimado um valor próximo dos 120 milhões de dólares. Em termos

mundiais não existem estimativas fiáveis [11]. Estes custos referem-se somente aos tratamentos e não incluem todos os custos associados de pessoal, equipamento e materiais muitas vezes necessários para a substituição total das estruturas. E não são contabilizados igualmente todos os custos relativos a seguros e a um eventual impacto na segurança das pessoas e ambiente.

Tentou-se, no passado e em vários pontos do globo, a erradicação total da espécie, mas não se encontram registos de sucesso deste objectivo, particularmente nas situações em que a tentativa foi feita quando a espécie já se encontrava bem estabelecida, como se verifica actualmente em São Miguel e Terceira. Os dados disponíveis sobre o Faial não permitem ainda uma avaliação exacta da situação. As razões para um estabelecimento rápido e eficaz de *C. brevis* em algumas regiões do mundo, em particular ilhas e zonas costeiras, não está ainda completamente esclarecida e merece certamente mais investigação.

Assim, a forma mais eficaz de combater a praga tal como a conhecemos é prevenir a instalação dos insectos e desta forma diminuir a velocidade do processo de introdução e estabelecimento da espécie invasora.

A importação de madeira serrada, ou de produtos de madeira, de áreas reconhecidamente infestadas, deve ser sujeita a regras muito estritas que incluam, por exemplo, a fumigação preventiva do material no porto de entrada, a menos que possa ser provada a realização de outro tipo de tratamentos preventivos ou a utilização de madeira com durabilidade natural adequada. Deve salientar-se que a espécie *Cryptotermes brevis* nunca foi referenciada na Europa continental, fora dos já referidos pontos em Itália, e a sua introdução accidental poderia representar um custo incalculável para os países envolvidos.

Nas áreas já infestadas, a instalação das térmitas de madeira seca em edifícios ainda não infestados deve ser prevenida, fundamentalmente, impedindo o acesso dos alados na época da enxameação (figura 4), que ocorre durante o verão. Deve ser feita uma avaliação local das possíveis zonas de acesso e tomadas medidas para a sua vedação. Isto inclui a colocação de redes em janelas, portas ou aberturas de ventilação, com ênfase especial nas estruturas de cobertura e sótãos.

Os alados das térmitas de madeira seca não conseguem fazer voos muito longos e normalmente perdem as asas poucos minutos após aterrarem [11], mesmo assim dado o seu reduzido tamanho (e elevado número) a prevenção completa da entrada é praticamente impossível de realizar. Sugere-se portanto a utilização complementar de meios comuns de intersecção e destruição de insectos voadores, tal como as armadilhas de luz UV de utilização comum para a eliminação de moscas domésticas. A utilização de pós tóxicos (por exemplo com boro) aplicados nas superfícies a proteger, é também uma das hipóteses de prevenção de instalação, embora de utilização restrita a locais geralmente não frequentados [12].

Ao contrário do que acontece com a maior parte dos organismos xilófagos, não se conhecem espécies de madeira reconhecidamente resistentes à acção de *C. brevis*, embora obviamente existam diferentes graus de susceptibilidade das madeiras. Isto acrescenta mais uma variável difícil a uma equação já de si complicada, pois a generalidade das estruturas existentes é susceptível de infestação e não sendo possível recomendar uma madeira alternativa, que seja totalmente imune. Também aqui se verifica uma grande necessidade de novos dados, nomeadamente sobre a durabilidade real de algumas madeiras tidas como menos susceptíveis, ou da viabilidade de utilização de derivados da madeira.

Perante o estado actual dos conhecimentos, considera-se que apenas a madeira impregnada em profundidade (todo o borne) com produto preservador adequado pode ser considerada como durável face à acção de *C. brevis*, daí se recomendar a sua utilização nas construções novas ou em substituições na reconstrução de edifícios antigos [13]. De ressaltar que, no caso de madeira tratada em profundidade, a zona com maior risco de sofrer infestação passa a ser o cerne (não tratável) e daí ser recomendado reduzir ao mínimo a sua presença nas peças aplicadas. Paralelamente, no caso das espécies de maior durabilidade natural e difíceis de impregnar, aceita-se, no estado actual dos conhecimentos, a sua utilização apenas com a aplicação de um tratamento superficial (que evitará igualmente a infestação da madeira por outros insectos, como o *Anobium* spp.).

De uma forma geral, a primeira questão a ter em conta ao delinear uma estratégia de combate a térmitas de madeira seca é a sua detecção. A detecção das colónias assenta sobretudo na inspecção visual. Embora tenham já sido utilizados, com sucessos variáveis, métodos baseados no olfacto canino e em equipamentos detectores de som, de gás metabólico ou de vapor de água [14], ou ainda detectores de emissão acústica [15], a observação regular e a inspecção cuidada continuam a ser as ferramentas base.

Os sinais externos mais visíveis que indicam a presença dos insectos, podendo dar também uma indicação da gravidade da situação encontrada, são os seguintes:

- aparecimento na madeira de orifícios de expulsão (“kick-out”) com 1 a 2 mm, ou seja os orifícios pelos quais as térmitas expulsam as partículas fecais que produzem;
- aparecimento de pequenos cones de partículas fecais de cor variável (geralmente de creme a castanha) sempre na vertical dos orifícios de expulsão.
- aparecimento de alados ou de asas (tipicamente em Junho ou Julho).

O primeiro sintoma referido pode ser inicialmente confundido com a presença de orifícios de saída característicos de uma infestação por caruncho pequeno, sendo o aparecimento de partículas fecais (duras e de aspecto multifacetado) e de alados ou asas, os sintomas mais discriminativos deste tipo de infestação (figura 5).



Figura 5: Aspecto dos cones de partículas fecais no pavimento correspondendo à presença de infestação na estrutura de cobertura.

Depois de avaliada cuidadosamente a extensão e a gravidade de uma infestação, é necessário definir e implementar um plano de controlo da praga tendo, no entanto, sempre em conta que não existe uma solução/receita única que possa ser aplicada em todas as situações. Os tratamentos disponíveis para térmitas de madeira seca podem ser divididos em dois grandes grupos: tratamentos globais, que tratam a estrutura como um todo, e tratamentos localizados, que se centram nas zonas infestadas ou de maior risco.

Nos Estados Unidos e em outros locais severamente infestados, as infestações por *C. brevis* tendem a ser controladas primariamente pela aplicação de gases tóxicos (fumigação), único método de tratamento que pode reclamar até ao momento a erradicação completa dos insectos de um edifício (embora sem qualquer efeito residual). No entanto, para uma aplicação com sucesso, este método requer o isolamento total de toda a estrutura a tratar, sendo por isso mais adequado ao tratamento de moradias uni-familiares isoladas.

A utilização de tratamentos por fumigação nos Açores é considerada, na maior parte dos casos, impossível dada a tradição construtiva local com paredes comuns entre edifícios adjacentes e a elevada perigosidade dos gases normalmente utilizados neste tipo de tratamento (brometo de metilo ou mais recentemente fluoreto de sulfúrio).

Uma alternativa possível de tratamento é a aplicação de calor (acima de 50°C) em determinados pontos dos edifícios infestados. A aplicação deste tipo de tratamento em grande escala também não parece viável, não só pelas dificuldades técnicas da sua aplicação, mas principalmente pelo elevado risco de fogo associado à sua aplicação nas circunstâncias dos Açores.

Consequentemente, no caso dos edifícios tradicionais dos Açores, e à luz dos conhecimentos actuais, o tratamento parcial ou local das estruturas com produtos preservadores de madeira adequados (termíticidas de reconhecida eficácia curativa e preventiva) é provavelmente a melhor hipótese de actuação de forma a conter a

infestação e evitar uma progressiva destruição das estruturas. A inspecção tem neste caso um papel ainda mais relevante, dado que os tratamentos por pincelagem e/ou injeção devem ser efectuados a toda a madeira infestada e adjacente a esta (figura 6).

Deve haver, no entanto, um cuidado especial na escolha dos produtos a utilizar, tendo em conta não só as suas características de eficácia mas também a mais recente legislação que, face aos efeitos reconhecidamente nocivos de algumas substâncias para o Homem e para o ambiente, restringe muito a utilização de produtos preservadores tradicionais, como por exemplo, os baseados em formulações com cobre, crómio e arsénio (CCA).



Figura 6: Exemplo de aplicação de um tratamento por aspersão
(Foto: cortesia Pestkil Lda.)

O desenvolvimento e ensaio de novos produtos e estratégias de controlo com enfoque no organismo a combater, é uma importante área de trabalho no campo da tecnologia de madeiras, sendo fulcral neste tipo de desenvolvimento aprofundar o conhecimento existente sobre a biologia e as condições particulares de instalação de *C. brevis* nos Açores.

De referir que o controlo de *C. brevis* nos Açores é ainda mais premente pelo facto de se tratar de uma zona com elevado risco sísmico. Pelo que já se conhece sobre o conjunto de estruturas dos centros históricos de Ponta Delgada e Angra do Heroísmo, a perda de resistência das estruturas pela acção das térmitas de madeira seca tem forçosamente que ser considerada na avaliação de risco dos edifícios e é urgente a tomada de medidas apropriadas à situação.

5 Bibliografia

- [1] Pearce, M. J., *Termites: Biology and Pest management.*, CAB International. 1997, 293 pp.
- [2] Gay, F.J., A world review of introduced species of termites. *CSIRO Bulletin* No. 286, 1967, pp. 1-88.

- [3] Lee K. E.; Wood, T. G., *Termites and Soils* London, Academic Press. 1971, 251 pp.
- [4] Gay, F. J.; Watson J. A. L., The genus *Cryptotermes* in Australia (Isoptera: Kalotermitidae). *Australian Journal of Zoology*, Supplementary Series No. 88, 1982, pp. 1-64.
- [5] Constantino, R., The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status, *Journal of Applied Entomology*, 126, 2002, pp. 355-365.
- [6] Nunes, L.; Cruz, H.; Fragoso, M.; Nobre, T.; Machado, J. S.; Soares, A. Impact of drywood termites in the Islands of Azores. IABSE Symposium on Structures and Extreme Events. Lisboa, Portugal, September 14-17, 2005. 7 pp.
- [7] Borges, P.; Lopes, D.H.; Simões, A.M.; Rodrigues, A.; Bettencourt, S. E., "Determinação da distribuição e abundância de térmitas (Isoptera) nas habitações do concelho de Angra do Heroísmo", *Relatório de projecto*, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo. 2004, 55 pp.
- [8] Mateus, T., Goes, E.R., Sobre uma térmita das madeiras secas, *Cryptotermes brevis* Walker. *Lab. Nac. de Eng. Civil, Lisboa*. Memória nº 44, 1953, 56 pp.
- [9] Nobre, T.; Nunes, L., Preliminary assessment of the termite distribution in Portugal. *Silva Lusitana* 9(2), 2001, pp. 217-224.
- [10] Liotta, G., Le termiti agenti di degrado delle strutture lignee dei beni culturali. Gennaro Tampone Ed. Proceedings of the International Conference "Conservation of Historic Wooden Structures". Florence, 22-27 February, Vol.1, 2005, pp.3-10.
- [11] Scheffrahn, R.H.; SU, N.-Y., West Indian Powderpost drywood termite, *Cryptotermes brevis* (Walker). Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Doc. nº EENY-079. 1999. On-line <http://creatures.ifas.ufl.edu>
- [12] Lewis, V.R., IPM for drywood termites (Isoptera: Kalotermitidae). *J. Entomol. Sci.*, 38(2), 2003, pp. 181-199.
- [13] Fragoso, M.R., Cruz, H., Nunes, L., Amaral, C. *Regras gerais para intervenções em estruturas de madeira danificadas por térmitas de madeira seca (Documento de Trabalho – Versão 3.00)*. LREC. Ponta Delgada. April 2005.
- [14] Lewis, V.R., Fouche, C.F. and Lemaster, R.L. Evaluation of dog assisted searches and electronic odor devices for detecting the Western subterranean termites. *Forest Products Journal* 47, 79-84.1997.
- [15] Scheffrahn, R.H., Robbins, W.P., Busey, P., Su, N.-Y. and Mueller R.K. Evaluation of a novel, hand-held acoustic emissions detector to monitor termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology* 86, 1720-1729.1993.

PROCESO DE DIAGNOSIS Y REHABILITACIÓN DE UN EDIFICIO DE HORMIGÓN ARMADO DE 1960

Antoni Paricio Casademunt* Victor Brunet Subirats† Lluís González Guerrero‡
antoni.paricio@upc.edu victorbrunet@vimaalfacs.com sgon@tinet.fut.es

Resumen

Esta comunicación, pretende exponer el proceso de rehabilitación y cambio de uso de un edificio construido en la década de los 60 en la provincia de Tarragona (España). Dicho edificio fue materializado con la tecnología del hormigón armado cuando se implantó masivamente a partir de la década citada.

La evolución tecnológica de los sistemas constructivos a base de muros de carga, hacia sistemas porticados de hormigón armado se retardó mucho en Catalunya debido a la fuerte implantación de la fábrica de ladrillo debido a una mano de obra muy artesana y a unos materiales relativamente baratos. Los sistemas constructivos basados en la tecnología del hormigón armado se implantaron muy irregularmente a partir de 1960 entre otras cuestiones gracias al "boom" constructivo del decenio.

Los sistemas porticados de hormigón armado constituyeron el inicio de una "nueva forma de hacer", con falta de experiencia en el sistema, con irregularidades en la confección homogénea del hormigón y sobre todo con una mano de obra que en su evolución empezaba a especializarse: encofradores, ferrallistas, etc.

En esta comunicación, se expone el protocolo de actuación que se ha seguido en el proceso de rehabilitación y posterior reutilización de un edificio que fue hotel y estuvo cerrado durante veinte años. Se analizan básicamente las fases de diagnosis y posterior intervención. Los resultados de los ensayos, su análisis y la toma de decisiones posteriores que han servido de base para la redacción del proyecto de ejecución y su posterior materialización en edificio de viviendas.

Palabras-clave: Rehabilitación, Reutilización, Diagnosis.

* Doctor Arquitecto UPC.

† Arquitecto.

‡ Ingeniero.

1 Introducción

La intervención sobre el parque edificado constituye un ámbito de actuación cada día más frecuente. La reutilización y el cambio de uso son características implantadas plenamente en los procesos de renovación urbana. Es por este motivo que se hace necesario el establecimiento de un cierto protocolo de actuación que garantice que en todas las fases del proceso conlleve un nivel de calidad contrastado.

Estas fases de actuación se han programado según la siguiente secuencia: Información previa, diagnóstico, proyecto de ejecución, intervención y mantenimiento. La presente comunicación se centra básicamente en las fases de diagnóstico, proyecto y ejecución.

Tal como se ha especificado en el resumen, el edificio en cuestión se construyó en la década de 1960. Es por este motivo que hay que situarlo tecnológicamente en el contexto de los inicios del hormigón armado en Cataluña con todo lo que ello puede significar: dispersiones de resistencias, consolidaciones del hormigón con medios poco ortodoxos, armados con barras dobladas a 45°, etc. y también, con el agravante de la falta de mantenimiento y del propio envejecimiento de los materiales: carbonatación, cloruros, etc.

2 Características físicas y técnicas del edificio. Estado inicial

El edificio objeto de esta intervención está formado geoméricamente por una planta en forma de cuarto de un círculo de 480 metros cuadrados. Su altura es de 16 metros y está fragmentada por una planta baja, 4 plantas piso y un ático (Figuras 1 y 2).

Desde el punto de vista técnico, está constituido por un sistema de pórticos de hormigón armado paralelos y concéntricos apoyados sobre zapatas aisladas. Estos pórticos están "mínimamente" arriostrados y sobre los mismos descansan los forjados de cerámica armada. Una parte de estos forjados se prolonga al exterior en forma de voladizo para la formación de balcones.

Los cerramientos están constituidos por obra de fábrica vista y revestida con cámara de aire y tabique interior. La cubierta es plana y está formada "a la catalana", es decir, con tablero de doblado de rasilla apoyado sobre tabiquillos conejeros.



Figura 1: Perspectiva.

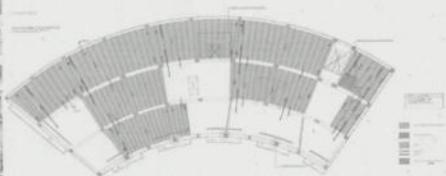


Figura 2: Planta estructural.

3 Información previa

Inicialmente, se planteó la necesidad de conocer técnicamente el edificio y para ello se planeó un derribo parcial de elementos superficiales tales como tabiquerías, pavimentos, revestimientos, cielos rasos, instalaciones, etc. Estas primeras acciones dejaron al descubierto la situación de los forjados cerámicos degradados considerablemente (Figura 3).

Paralelamente, se estudiaron los signos externos que ofrecían indicios de falta de conservación y mantenimiento tales como pérdidas en redes verticales de saneamiento, filtraciones en cubiertas y patios de luces, oxidaciones de elementos férricos, etc.

Estas dos acciones ya dejaron entrever la necesidad de incidir en dos grandes temas: la rehabilitación estructural y la rehabilitación de la fachada. Por último, a partir de la documentación existente se analizó el conjunto del edificio y se contrastó el proyecto con la realidad construida.

A partir de esta situación de conocimiento inicial del edificio se plantearon las siguientes fases de trabajo en que básicamente la diagnosis constituyó la clave de todo el proceso posterior.



Figura 3: Forjado cerámico.

4 Diagnósis

Efectivamente, la fase de diagnóstico es la que condiciona a partir de las deducciones aportadas la viabilidad y el aval de las acciones posteriores. En esta exposición centraremos los comentarios en los dos elementos básicos en que se ha intervenido en profundidad: La estructura y el cerramiento.

4.1 Diagnósis estructural

4.1.1 Ensayos y verificaciones realizadas

- Comprobación de las características mecánicas del hormigón y de las armaduras mediante ensayos.
- Verificación de las secciones de pilares, jácenas y forjados.
- Análisis de la capacidad mecánica de cada uno de los elementos que intervienen en la estabilidad estructural (soportes, jácenas, forjados i voladizos).
- Disposición de las armaduras activas y pasivas de cada elemento para poder verificar la respuesta estructural.
- Verificación y deducción del sistema de cálculo utilizado en el dimensionado de la estructura.

4.1.2 Principales consideraciones del diagnóstico estructural

- A partir de la extracción y rotura de probetas testigo se constata que la resistencia de los hormigones de las jácenas son muy inferiores a la de los pilares. En algunos casos el hormigón de los pilares dobla la resistencia del hormigón de las jácenas (de 87 a 263 kp/cm²).
- Los ensayos a tracción de las armaduras lisas verificaron resistencias sensiblemente parecidas que las podríamos situar alrededor de los 300 MPa y alargamiento a rotura del 30 %, es decir, el doble de las actuales armaduras corrugadas.
- La estructura porticada de hormigón armado era hiperestática, es decir, con nudos rígidos y armaduras de jácenas dispuestas escalonadamente a 45°.
- Los forjados de cerámica armada eran del sistema "Majorica" (Figura 4), estaban simplemente apoyados y sin negativos, es decir, con un comportamiento isostático.
- Existían diversas rozas de instalaciones tanto en pilares como en jácena y forjados que en algunos casos disminuían la sección resistente (Figura 5).
- Al no disponer de documentación del proyecto estructural y en base a las consideraciones anteriores se realizó un análisis "prudente" de la situación estructural.
- Se determino realizar un recálculo lineal en continuidad de los pórticos a partir de considerar los nudos como rotulas plásticas.
- Se considero el recalculo de los forjados a partir de su situación isostática de simple apoyo y exento de armaduras negativas.

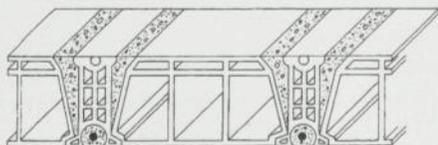


Figura 4: Detalle forjado cerámico. Figura 5: Pilar afectado por instalaciones.

4.1.3 Principales conclusiones del diagnóstico estructural

- La estructura porticada presentaba deficiencias en su comportamiento global, por tanto, era necesario incrementar el arriostramiento de los pórticos.
- La estructura porticada presentaba algunos soportes que estaban por debajo de su sollicitación resistente. (P. baja y P. primera), por tanto, habría que prever un encamisado metálico.
- Respecto a los forjados se pudieron deducir tres situaciones:
 - a) Substitución de los forjados del pórtico de máxima luz por considerarse insuficiente su capacidad portante.
 - b) Substitución parcial o refuerzo de forjados en aquellos vanos en que su situación patológica lo requiera.
 - c) Conservación de tramos existentes
- Refuerzo de balcones a partir de relacionar su voladizo con el forjado interior.

En definitiva, el diagnóstico emitido se resume en la aceptación de la estructura con intervenciones parciales de refuerzo y sustitución.

Estas consideraciones deberían llevar aparejada una actitud posterior en la fase de proyecto que primara el “aligeramiento de cargas” que podría concretarse en: sustituciones de forjados con bovedillas de poliestireno expandido, cerramientos interiores a base de yeso laminado, pavimentos ligeros, etc.

4.2 Diagnósis del cerramiento

4.2.1 Verificaciones realizadas

- Relación del cerramiento con la estructura;
- Verificación de las cornisas y balaustradas existentes en la cubierta;
- Grado de deterioro de la carpintería;
- Suciedad y pruebas de limpieza de la fachada;
- Recálculo de la resistencia térmica del cerramiento;
- Seguridad de las barandas existentes;
- Recalculo y seguridad de los arcos de descarga existentes.

4.2.2 Principales conclusiones del diagnóstico del cerramiento

- El espesor de la hoja exterior del cerramiento está apoyada por la cara pequeña, esto es, por los 9 cm;
- El cerramiento no cumple con las exigencias de resistencia térmica de la normativa vigente;
- La carpintería y la vidriería deben substituirse totalmente;
- Refuerzo de dos pórticos de la fachada de la planta baja.

En definitiva, se acepta parcialmente el cerramiento existente con el objetivo de completarlo y mejorarlo térmicamente.

5 Proyecto de ejecución

En base a la diagnóstico anterior, el proyecto de ejecución justifica la propuesta de intervención en todo su contexto.

- a) Respecto a la estructura, podemos mencionar el recálculo de todo el sistema del cual podemos destacar:
 - Zunchado de todo el edificio en su coronación con un elemento que descansa y sobre la última jácena (Figura 6);
 - Refuerzo del arrojamiento de los pórticos para lograr más monolitismo estructural (Figura 7).

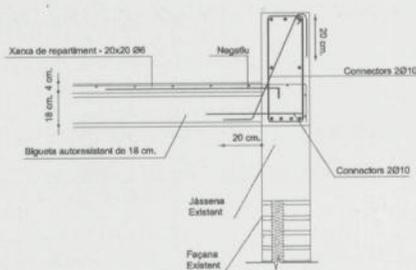


Figura 6: Zuncho de atado superior.

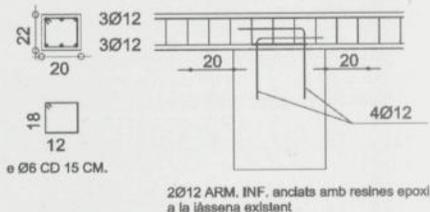


Figura 7: "Nuevo" arriostramiento de pórticos.

Desde el punto de vista de los elementos particulares podemos destacar los siguientes aspectos:

- Apoyo de dos forjados diferentes (uno existente y otro substituido) sobre la jáccena de soporte (Figura 8);
 - Refuerzo de pilares a base de angulares y presillas metálicas (Figura 9).
- b) Respecto al cerramiento podemos destacar el rediseño de la sección existente (Figura 10). En esta misma Figura podemos ver el detalle de la entrega del forjado con la jáccena.

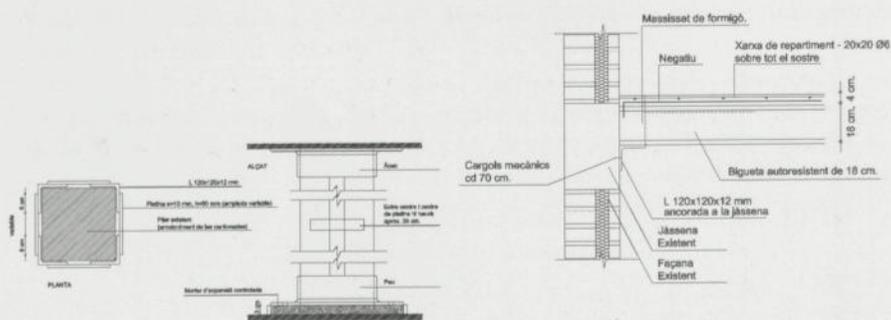


Figura 9: Empresillado de pilar.

Figura 10: Reestructuración del cerramiento existente.

6 Ejecución

El proceso de ejecución no deparó mayores sorpresas ya que la diagnosis había detectado los principales puntos para la intervención. Quizás hay que

destacar el empesillado de los pilares y los apoyos de los forjados substituidos como elementos característicos (Figura 11).

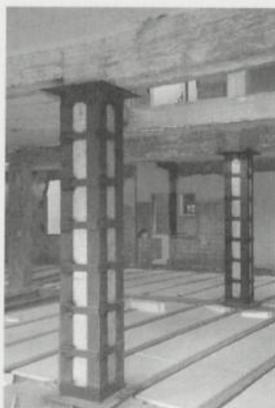


Figura 11: Intervención en pilares y techos.

7 Conclusión

Con este caso, se confirma una vez más la necesidad de asumir como metodología de trabajo un protocolo de actuación que garantice en cada una de las fases una calidad mínima para que en las siguientes la continuidad del proceso ofrezca las máximas garantías. Dentro de estas fases, hay que destacar una vez mas la diagnosis como punto de análisis clave en la toma de decisiones posteriores, así como de aval de la capacidad técnica de las preexistencias.

8 Bibliografía

- [1] Bellmunt, R. Casanoves, X. (et altres) Manual de diagnosis e intervenció en estructures de hormigón armado. Barcelona: COATB, 2000.
- [2] Bellmunt, R. Paricio, A. Vila, N. Reconeixement, diagnosi i intervenció a les façanes. Barcelona: ITEC, 2000.
- [3] Casanovas, X. Graus, R. Rosell, J.R. Manual de diagnosi i intervenció en sostres unidireccional de formigó i ceràmics. Barcelona: COATB, 1993.
- [4] Díaz, C. Casado, N. Inspecció i diagnosi. Pautes per a la intervenció en edificis d'habitatge. Barcelona: COAC, 2002.
- [5] Merchan, F. Manual para la inspección técnica de edificios (ITE). Madrid: Dossat 2000. (2ª edición) 1999.

- [6] Monjo, J. Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos. Madrid: Munillalera, 1994.
- [7] Seguí V. Recomanacions per al reconeixement, la diagnosi i la teràpia de sostres ceràmics. Barcelona: ITEC, 1995.
- [8] Normas para el cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado. Dirección General de Arquitectura. Noviembre de 1941.
- [9] Normas para el proyecto y ejecución de forjados de ladrillo armado. Dirección General de Arquitectura. Noviembre de 1941.
- [10] Orden ministerial 20 de marzo de 1944. Instrucción para el Proyecto de Obras de Hormigón.

TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DE PATOLOGIAS DE FISSURAÇÃO NUM REBOCO HIDRÁULICO

Artur Jorge Leirós*

Correio electrónico: arturleiros@lena-argamassas.com.pt

Resumo

Das patologias observadas em rebocos executados com argamassas hidráulicas tradicionais, a fissuração com origem em fenómenos de retracção ou em assentamentos das super-estruturas das edificações constitui, pela sua extensão e influência na leitura estética dos centros urbanos, uma das mais importantes e de maior necessidade de intervenção. Com a introdução das argamassas secas industriais, foi possível encontrar novas técnicas de reabilitação das superfícies afectadas por este tipo de patologias, com ganhos significativos no custo das intervenções e na adequação ao nível de formação e experiência da mão de obra disponível. Contudo, a eficiência das intervenções realizadas com estes recentes produtos dependerá em grande medida da adequação de técnicas e métodos que inviabilizem o aparecimento de novos tipos de patologias a elas associados. No presente trabalho, pretende-se apresentar a caracterização das patologias observadas, ao mesmo tempo que se apresenta um caso de reabilitação realizado com recurso a argamassas secas industriais, pré-doseadas, descrevendo-se o método, as técnicas de intervenção e o reporte do follow-up da patologia após intervenção. Com este trabalho, pretende-se demonstrar a manifestação da patologia, estudando os diferentes tipos de fissuração ocorridos, através da caracterização dos fenómenos de retracção e respectivas percentagens de adição.

Palavras-chave: reboco, fissuração, reabilitação, retracção, patologia

1 Introdução

Tradicionalmente, as argamassas destinadas às diferentes fases de elevação e revestimento de paredes e tectos eram, e ainda são em grande medida, realizadas por mistura de ligantes e agregados em estaleiro de obra. Com o tempo, as técnicas na base da sua fabricação têm vindo a alterar-se, baseando-se num único ligante – o cimento portland – e um único inerte, de grão máximo adequado ao fim a que a ar-

* Eng.º Técnico Civil, DBF/Lena Argamassas, Direcção Comercial.

gamassa se destina (assentamento, chapisco, cerzite, reboco, estanhamento) mas, sem controlo da sua curva granulométrica.

A mistura em obra, dos diversos componentes da argamassa, tem vindo a dispensar a quantificação cuidada de cada produto, sendo cada vez mais a produção de argamassas tradicionais realizada por sentimento, ao critério do operário, habitualmente o menos qualificado em obra. Ao longo do tempo, tem-se vindo a perder o hábito de abrir as embalagens dos ligantes para estância e proceder à sua medição e à medição de inertes, o mais aproximada possível, de acordo com os traços pretendidos. Por outro lado, tem caído em desuso a utilização de outros ligantes, como a cal aérea e a cal hidráulica, capazes de conferir propriedades particulares ao desempenho das argamassas tradicionais.

Em resultado, tem-se assistido a um agravamento permanente das patologias de fissuração de argamassas de revestimentos, ao ponto de se considerar normal na utilização deste tipo de argamassas. A patologia apresenta reflexos claros ao nível da leitura estética das superfícies impossibilitando, muitas vezes, a concretização da sua função de protecção dos ambientes internos dos edifícios e dos suportes porosos dos paramentos dos mesmos. Por outro lado, é de esperar – ao longo da vida do edifício – um agravamento da patologia por força de cedências resultantes da sua utilização ou por acções de origem higrotérmica.

A reabilitação das superfícies afectadas é tradicionalmente realizada por remoção e reposição dos panos afectados, ou por realização de nova camada de reboco com consequências ao nível de soleiras e peitoris, chapins e pingadeiras do edifício, que na maior parte dos casos necessitam de ser reposicionados. Também se recorre com alguma frequência à utilização de reparações por aplicação de membranas armadas ou argamassas sintéticas de capa fina, com influência nas transmissões gasosas entre os ambientes internos e externos dos edifícios.

A introdução das argamassas industriais na construção veio permitir, para além da disponibilização de produtos devidamente formulados e controlados, o desenvolvimento de soluções que, pelos ingredientes utilizados e pelo rigor da sua quantificação na mistura, se entendem de difícil realização em estaleiro de obra. Estão neste caso, argamassas de reabilitação de rebocos hidráulicos, aplicados em capa fina, objecto deste trabalho através da apresentação de uma aplicação prática.

2 Caracterização da Patologia

A fissuração por retracção é uma patologia caracterizada por um desenho aleatório, formando uma malha que, em função da sua intensidade e extensão, poderá atravessar toda a secção do revestimento – podendo mesmo originar o destacamento deste – ou apresentar uma incidência superficial.

A introdução, nos processos construtivos, de argamassas secas de pré-mistura industrial, permite dispor de argamassas mais equilibradas e de retracção controlada. Contudo, a utilização deste tipo de argamassas não elimina na totalidade os

efeitos, ao nível da fissuração, da sua retracção hidráulica. Ela está presente sob a forma de uma micro-fissuração, habitualmente invisível ou pouco visível à vista desarmada, mas de possível visualização após humedecimento dos panos.

A fissuração por retracção é uma fissuração pouco activa, após decorrido o processo de cura das argamassas. Contudo, a demonstração da patologia poderá agravar-se com a entrada em uso dos edifícios – muitas vezes como fissuração secundária associada a tensões provocadas por cedências ou falta de reforços em áreas de tracção – devendo merecer especial cuidado em revestimentos sujeitos a ciclos de gelo/degelo e/ou forte exposição solar, fundamentalmente dirigidos no quadrante sul-poente (figura 1).



Figura 1: Fissuração por acção de ciclos gelo-degelo.

3 Suportes: Caracterização e Preparação

3.1 Caracterização de suportes

O sistema de reabilitação foi aplicado sobre as fachadas de um edifício unifamiliar, com cerca de 30 anos, constituídas por um reboco realizado com argamassas hidráulicas tradicionais, de acabamento esponjado, e pintado com uma tinta lisa aquosa.

Para além de patologias de fissuração, com origem em retracções das argamassas de revestimento e por cedências de diferente origem, as fachadas do edifício

apresentavam colónias biológicas resultantes da presença mais ou menos constante de elevados teores de humedificação dos panos de reboco.

3.2 Preparação de suportes

Sobre a fissuração orientada, de alguma expressão e resultante de cedências diversas, procedeu-se ao seu avivamento e posterior reparação, utilizando uma argamassa seca pré-misturada, do tipo CS-III de acordo com a EN 998-1, aditivada



Figura 2 : Aspecto geral do edifício antes da intervenção

com uma resina acrílica. Complementarmente, e no sentido de assegurar melhor comportamento dos paramentos afectados por fissuração orientada, resultante de acções de origem higrotérmica, procedeu-se ao reforço da ligação entre as guardas de varanda, os topos das lajes maciças das mesmas e os panos de tijolo adjacentes, através da introdução de elementos em varão de aço A400ER, com 10 mm de diâmetro, com o objectivo de tornar solidário o desempenho dos diferentes elementos envolvidos e permitir um reforço mais eficiente da resistência aos esforços envolvidos nestes pontos singulares das fachadas.

Uma das fissuras orientadas da fachada norte, pela sua expressão, foi assumida através de junta da secção total do reboco, preenchida com material elastómero.

As superfícies pintadas foram lavadas, com água sob pressão, assegurando-se que no final da preparação dos suportes não existiam áreas desagregadas ou com influência na aderência posterior da argamassa de reboco.

4 Argamassa de Reabilitação: Caracterização e Aplicação

4.1 Caracterização da Argamassa de Reabilitação

A argamassa de reabilitação utilizada, produzida numa unidade de produção de argamassas secas pré-doseadas, era composta por ligantes hidráulicos – cimento portland e cal hidráulica – ligantes acrílicos e agregados siliciosos. Caracterizou-se a argamassa tendo em atenção o fim específico a que se destinava. Os valores obtidos, através de ensaios realizados em laboratório ao abrigo da EN 998-1 e das normas de ensaio nela contidas [1], foram conforme apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Resumo das características dos estilos referentes ao tipo de letra.

Propriedades	Norma Referência	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Cor	-	branca	branca	branca
Flexão (MPa)	EN 1015-11	0,798	0,753	0,727
Compressão (MPa)	EN 1015-11	8,178	8,340	7,897
Ductilidade	-	0,098	0,090	0,092
Retracção (mm/m)		0,675	0,698	0,682
Aderência (MPa)	EN 1015-12	0,27	0,32	0,31
Massa Volúmica do pó (Kg/m ³)	EN 1015-6	1879,85	1884,47	1894,23
Massa Volúmica da pasta (Kg/m ³)		1538,51	1610,83	1597,56
Capilaridade (gr/dm ² /min)	EN 1015-18	0,086	0,084	0,093
Consumo teórico de pó (Kg/m ² /cm)	-	13,68	13,89	13,76

A argamassa utilizada, de cor branca, constituiu acabamento final pelo que se dispensou a sua pintura.

4.2 Aplicação da Argamassa de Reabilitação

A aplicação do revestimento foi executada em duas camadas. A primeira camada, reforçada com uma rede de fibra de vidro, de 65 gr/m², com um passo de malha de 4 mm e tratamento anti-alcálico, foi aplicada directamente sobre os suportes previamente preparados. A aplicação foi realizada com uma liçosa e a malha embebida à costa da colher. A segunda camada, aplicada após suficiente endurecimento da primeira e destinada a acabamento, com acabamento areado.

Uma vez que as superfícies produzidas dispensaram pintura, a aplicação revestiu-se de alguns cuidados de forma a minimizar nuances e diferenças de

tonalidades. Assim, evitaram-se as juntas de trabalho através da execução de panos completos e procedeu-se à execução de remates (ombreiras, cunhais e outros pontos singulares) imediatamente após a execução dos rebocos dos paramentos.

A camada de acabamento (camada exterior) foi trabalhada de acordo com as técnicas tradicionais da arte, tendo-se procedido ao talochamento das superfícies e posterior esponjamento de forma a conferir-lhe o acabamento areado.

5 Conclusões:

O período pós-intervenção é ainda relativamente modesto – 5 meses – para retirar conclusões sobre a eficiência do sistema de reabilitação utilizado. Contudo, e até ao momento verificou-se um comportamento do revestimento das fachadas do edifício de acordo com as perspectivas inicialmente traçadas.

Verificou-se que, de uma forma geral, não existe continuidade de leitura entre a fissuração do revestimento original e o actual reboco, mesmo em situações de patologia por acção de tensões de origem higrotérmica. As novas superfícies apresentam-se isentas de fissuração com origem na retracção hidráulica, assegurando um reforço de protecção das fachadas à acção de águas de precipitação, se bem que a permeabilidade dos revestimentos iniciais não constituísse uma patologia observada.

Por outro lado, o sistema apresentou vantagens claras sob o ponto de vista económico da intervenção:

- a) foi executado sem necessidade de reposicionamento de elementos da construção, nomeadamente lambrins, caixilharias exteriores e soleiras;
- b) foi realizado utilizando como base o reboco original, sem necessidade de trabalhos adicionais de remoção e intervenção sobre as alvenarias;
- c) permitiu colmatar ou atenuar efeitos de fissuração orientada, sob efeitos de acções higrotérmicas incidentes sobre materiais de características mecânicas diferenciadas.

6 Bibliografia

- [1] EN 998-1, *Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar 2003*. CEN, Brussels.

PATOLOGÍA Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN LAS CUBIERTAS METÁLICAS DE CHAPA GALVANIZADA DE UN EDIFICIO MULTIUSO EN EL PRAT DE LLOBREGAT (BARCELONA)

Cesar Díaz Gómez*

Correo electrónico: cesar.díaz@upc.edu

Claudia Torres Gilles†

Correo electrónico: claudia.torres@upc.edu

Resumen

Las cubiertas de chapa galvanizada pueden presentar, en plazos cortos, deficiencias de estanqueidad debidas en gran parte a incorrecciones en la resolución o ejecución de los puntos singulares coincidentes con encuentros, juntas, evacuación de aguas, fijaciones, etc.

En esta comunicación se presenta un estudio de identificación, diagnóstico de los daños y análisis de las soluciones aplicadas en las cubiertas del edificio que alberga el Centro de Promociones Económicas (CPE) y Centro Juvenil (CAPSA) del Prat de Llobregat, (Barcelona). Dicho estudio incluye el levantamiento gráfico detallado de las soluciones aplicadas in situ y de las afectaciones visibles, la diagnosis de los daños y anomalías, y la propuesta correctora, tomando como referencia las normas y recomendaciones europeas sobre el tema.

Palabras clave: Cubiertas, Chapa galvanizada, Filtraciones, Diagnosis.

1 Introducción

Dentro del marco del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la ETSAB (UPC), el trabajo consistió en el estudio del estado de las cubiertas del edificio CPE y CAPSA, con el fin de averiguar las causas que han originado las filtraciones que desde hacía tiempo se percibían y establecer las inter-

* Dr. Arquitecto. Profesor Titular de Universidad. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Universidad Politécnica de Cataluña.

† Arquitecto. Doctoranda. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Universidad Politécnica de Cataluña.

venciones correctoras que aseguraran la durabilidad de los elementos de cobertura. (fig.1)

El trabajo se realizó mediante el estudio de los planos originales, la consulta a normativas, visitas a las cubiertas para recoger imágenes del estado de las filtraciones, inspecciones visuales para realizar dibujos detallados de las soluciones constructivas y sondeos de puntos predefinidos con el fin de poder determinar el estado general de las cubiertas. El trabajo incluye la descripción de los tipos de cubiertas, la definición de los elementos que presentan problemas y finalmente, las propuestas para mejorar su estanqueidad.



Figura 1: Imagen general del edificio CAPSA - CPE.

2 Descripción de las cubiertas

El conjunto de ambos edificios presenta variados sistemas y elementos de cubiertas, si bien esta comunicación se refiere únicamente a las cubiertas de chapas galvanizadas y a las cubiertas translucidas que forman los lucernarios.

2.1 Cubiertas opacas de chapa galvanizada

Ubicadas en aulas y oficinas, están formadas por un sistema (construido in-situ) de doble capa de planchas, separadas 6 cm por rastreles con aislamiento tipo lana mineral. Las planchas inferiores están fijadas a una subestructura metálica soportante, bajo la cual se ubica un falso techo. Las chapas galvanizadas son de nervadura pequeña, de 0,6mm y 0,8mm de espesor, estando las de 0,8mm sobrepuestas a las anteriores. Se desconocen algunas de las características particulares de las chapas utilizadas, tales como el tipo de protección y la calidad del galvanizado, sus Momentos de Inercia y sus Módulos de Resistencia, lo cual impide contrastar la separación de los rastreles. (Fig 2, 1ª)

2.2 Cubierta translucida de policarbonato

Son las que constituyen el lucernario ubicado en el acceso central del CPE, el cual está compuesto por dos capas de planchas de policarbonato de doble célula, distanciadas 10 cm entre ellas y sujetas a una subestructura de perfiles metálicos. (fig. 2, 2ª)

2.3 Cubierta translúcida de poliéster reforzado

Las placas de poliéster forman parte del lucernario que se sitúa en la parte central de una de las cubiertas a dos aguas soportada por cerchas metálicas sobre las que se apoyan las dobles placas de poliéster, cubriéndose en su cara interior con planchas de policarbonato en la zona translúcida. Con la misma forma que la chapa nervada, en el plano superior de la cubierta inclinada se disponen planchas translúcidas de poliéster reforzado con fibra de vidrio, y en la zona inferior de los faldones se disponen chapas galvanizadas. (fig.2, 3^a y 9)



Figura 2: Tipos de cubiertas de chapa galvanizada, de policarbonato y poliéster .

3 Análisis. Patología

Se relacionan a continuación los puntos más de los tres tipos de cubiertas.

3.1 Generalidades

- La pendiente mínima en chapas de ondulado pequeño, con cresta $\leq 30\text{mm.}$, según la NTE debe ser del 10 %, y por el DTU (40.35) francés, del 7 %; sin embargo, en la zona de aulas no alcanzaban el 5%.
- Chapas de espesor $\leq 0,6\text{ mm}$ son inaccesibles, según la NTE (QTG), para lo cual se deberían haber establecido dispositivos portantes intermedios, que al no existir no se evita el doblado de las planchas al ser pisadas, presentando quiebros e inicios de oxidación.
- El solapo longitudinal debería ser $> 20\text{cm.}$ (NTE, QTG), lo cual se cumple.
- Con la pendiente existente, tanto en los solapes transversales como longitudinales entre chapas, debería haberse colocado *complementos de estanqueidad*, que aparentemente no existen

3.2 Fijación de las chapas nervadas y refuerzos

La fijación a los rastreles se realiza con tornillos autorroscantes, admitiéndose dicha fijación en la parte superior o inferior de la nervadura. Las fijaciones sobre la nervadura, en los extremos de la cubierta, cumplen lo determinado por la NTE de ser $<$ de 25 cm. al estar cada 23 cm. En las correas intermedias lo recomendado es $<$ 33,3 cm. y sin embargo, varían entre 46cm y 104 cm.. Con chapas de espesor \leq 1mm., como es el caso, se debe colocar un *apoyahondas* por cada fijación cuando ésta se realice sobre los nervios. Dichos elemento no se colocaron en ninguna de las cubiertas.

Las chapas de 0,6 mm, además de decoloradas, están más deformadas que las otras, y en ciertos puntos incluso un poco curvas o con quebraduras en los nervios.

3.3 Remates superiores

Entre las chapas lisas de cumbrera y las de los faldones debía colocarse una *junta de estanqueidad* resiguiendo el perfil de la chapa para evitar el retorno del agua a través de los nervios. Esta junta de estanqueidad (aparentemente de poliuretano), sólo se colocó en las cubiertas con chapas de 0,6mm., evadiéndose en las de chapas de 0,8 mm (fig. 3)

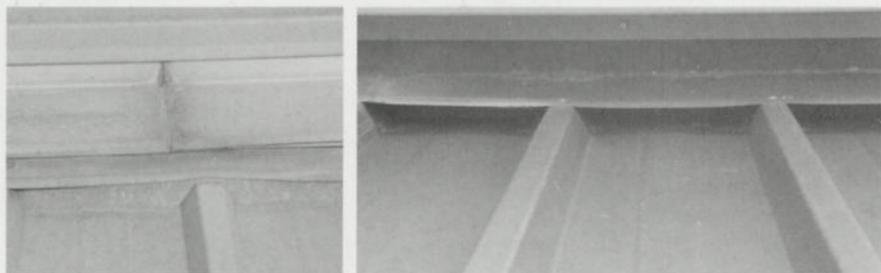


Figura 3: Remate superior con Junta de Estanqueidad (izq) y sin Junta (der) .

3.4 Cumbreras

La cumbrera de la cubierta a cuatro aguas con lucernario, construida con planchas translúcidas de poliéster reforzado con fibra de vidrio, está pintada con impermeabilizante tipo Lotum, aplicado como solución impermeabilizante posterior, por lo que no se puede determinar visualmente el tipo de unión entre chapas de cumbrera, ni entre éstas y las nervadas. El desarrollo de la cumbrera es de 36 cm y según la NTE (QTG) debería ser $>$ 50 cm.. No cumple, por tanto,

con esta condición, lo cual puede incidir en la falta de protección frente al retorno del agua. (fig. 4)



Figura 4: Detalle e imagen de la cumbrera impregnada de impermeabilizante.

3.5 Limahoyas

Las chapas de las limahoyas tienen un solapo de 7,5 cm, y por norma debería ser $>15,0$ cm. Las chapas de remate de la cubierta, que evitan el retorno del agua, están fijadas con remaches a distancias entre 30 y 120cm, con solapos entre 1,5cm y 15,0 cm y sin sellado en la unión. El solapo de la limahoya con el faldón de chapa nervada debería ser >10 cm, siendo en realidad de 4 cm. (fig.5)

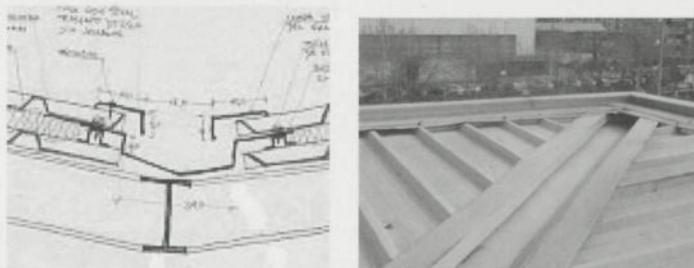


Figura 5: Detalle e imagen de la limahoya.

3.6 Remates laterales y superiores con paramento

Los remates laterales cubren dos ondas, cumpliendo con la NTE. También cumplen con el desarrollo > 50 cm., al ser de 65 cm. No cumplen en cambio con la recomendación de realizar las fijaciones sobre las nervaduras. (fig.6, 1ª)

En el remate superior entre la cubierta de chapas y el paramento revestido, el solapo es de 12cm, cuando se sugiere que sea \geq de 20 cm. (NTE). En este

encuentro deberían ir *juntas de estanqueidad*, pero no las hay. El solapo entre las chapas lisas se recomienda que sea $\geq 15\text{cm.}$ y sólo tiene 4 cm. (fig. 6, 2^a). El remate superior de las planchas de policarbonato se realiza con dos chapas lisas distanciadas 24 cm., la segunda de ellas a modo de alero fijada al revestimiento del muro (fig. 6, 3^a). En este encuentro, por ser una zona de difícil acceso, debería haber una rejilla de circulación para mantenimiento.

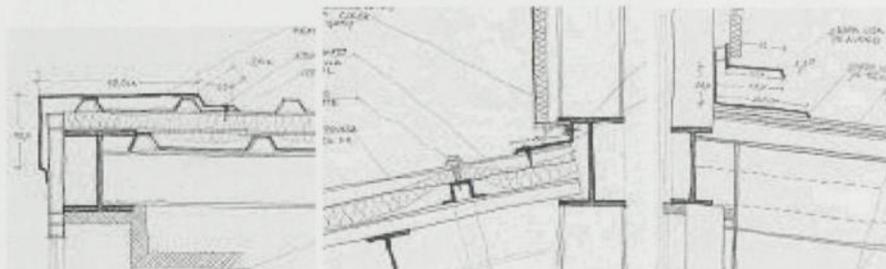


Figura 6: Detalles de remates laterales y superiores con paramentos.

3.7 Canales y bajantes

- Los canales no cumplen la pendiente mínima del 1%.
- En la cubierta de oficinas, los canales cumplen con los requerimientos de capacidad, sin embargo falta la *junta de estanqueidad* que evita el retorno de las aguas, y por otro lado, la cota exterior del canalón debería ser 5 cm. menor que la interior, de manera que en caso de obstrucción la evacuación de agua se efectuaría al exterior y no al interior. En este caso son de iguales dimensiones y en la cota exterior, por el contrario, se ha diseñado con un retorno.(fig. 7, 1^a)
- En los canales de las cubiertas de aulas, las aguas se concentran en los canales de la cubierta baja del lucernario. Se ha instalado un canalón de PVC en la cubierta superior, que está suelto y en algunos tramos con pendiente inversa al desagüe. El fondo del canalón está recubierto de impermeabilizante; sin embargo, pese a esto, las filtraciones con manchas en el falso techo persisten. Las dimensiones del canalón inferior -que debería ser doble, con aislamiento intermedio, son insuficientes, y presenta corrosión junto a los elementos de su entorno (fig.7, 2^a y 3^a).
- Las bajantes son circulares. En la zona de oficinas son de \varnothing entre 60 y 70 mm, cuando según su distanciamiento y el área de cubierta cuyas aguas recoge deberían ser de $\varnothing \geq 100\text{mm.}$ (fig. 7, 1^a sup.). En zona de aulas, las de PVC son de 90 mm. y las del canalón inferior de 60 mm,

debiendo ser de $\varnothing > 80\text{mm}$. (fig. 7, 2ª 4ª). Esta insuficiencia de dimensionado es una causa evidente de filtraciones de agua hacia el interior. Las planchas del falso techo en torno a las bajantes están manchadas de humedad. En un registro interior, se puede observar la oxidación de los elementos de sujeción y los chorreos en las paredes.

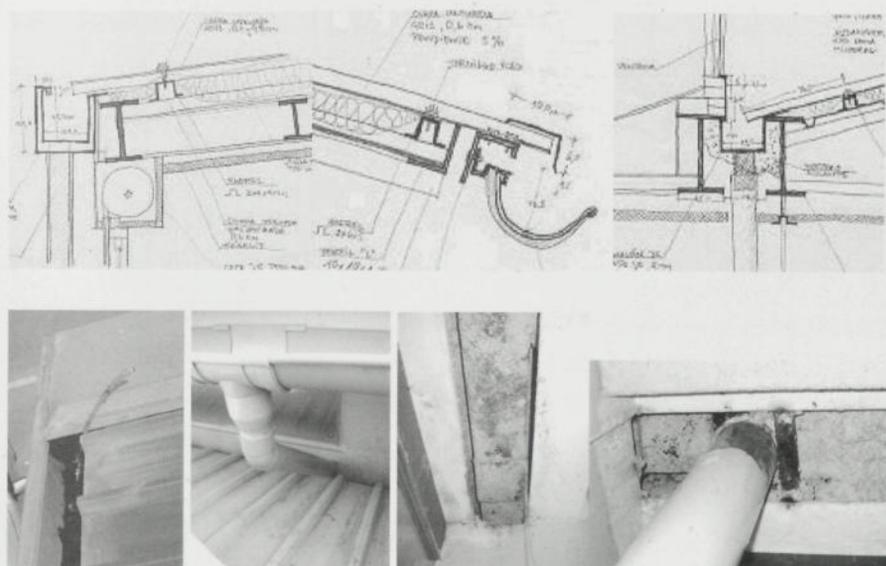


Figura 7: Detalles e imágenes de canalones y bajantes.

3.8 Encuentro entre chapas galvanizadas y planchas de polycarbonato

Los encuentros longitudinales se han modificado, introduciendo de forma forzada una chapa lisa para evitar el retorno del agua, deformando los perfiles de aluminio y quebrado las planchas. Aún así, no hay en estos encuentros una junta de estanqueidad segura (fig.8, 2ª). Los encuentros laterales están cubiertos de pintura impermeabilizante, pero mediante catas se pudo definir la unión, en donde se dispone una chapa lisa entre la de polycarbonato y la nervada. (fig. 8, 1ª)

Las uniones de las planchas de polycarbonato están realizadas con perfiles de aluminio, el cual ha perdido su sellado o burlete de goma, disponiéndose a posteriori, por encima de estas uniones, pintura impermeabilizante.(fig. 8, 3ª)

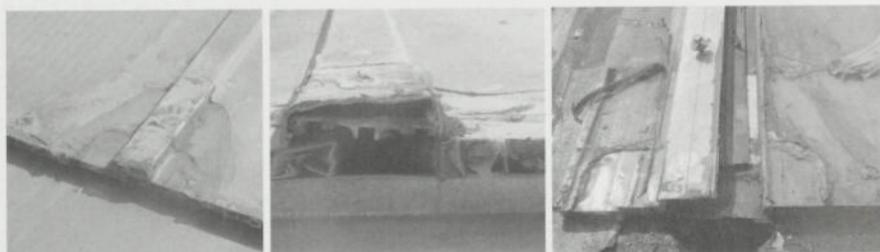
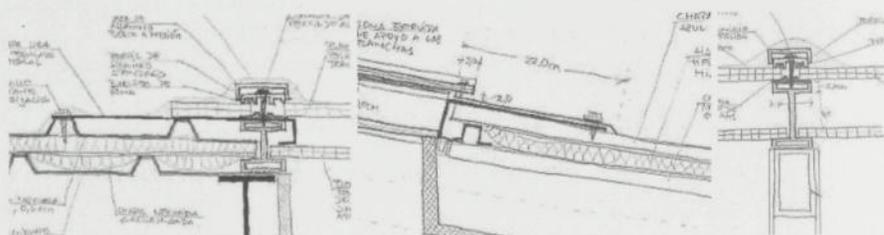


Figura 8: Encuentro entre planchas de policarbonato y chapas galvanizadas.

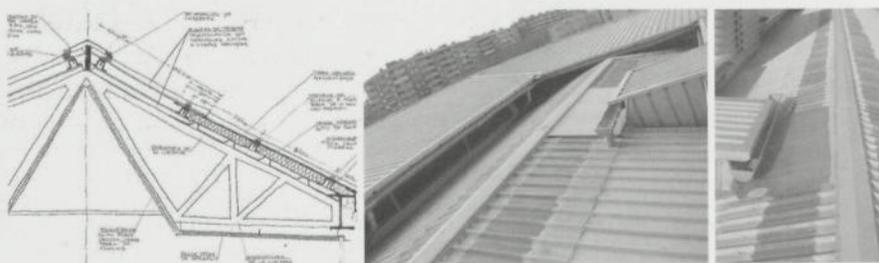


Figura 9: Lucernario con chapas galvanizadas y planchas de poliéster.

3.9 Encuentro entre planchas de poliéster y chapas nervadas

Ubicadas en el lucernario que está en la zona entre las aulas, estas planchas tiene una forma idéntica a las planchas de chapa nervada, por lo tanto su encuentro no presenta grandes dificultades. Al ser las planchas translúcidas, y pese a la pintura impermeabilizante, el solapo es visible y se puede determinar: hacia un lado es de 26 cm y hacia el otro de 33cm., cumpliendo con lo determinado por la NTE, ya que en pendientes del 25% , se necesita un solapo \geq 20 cm. y no son necesarios los complementos de estanqueidad.(fig. 9)

4 Causas de las patologías observadas

4.1 Deficiencias en las soluciones constructivas

- Falta de *complementos de estanqueidad* en los remates superiores y en los encuentros con los canalones.
- Solapes insuficientes entre chapas lisas de los remates que, además, no presentan material de sellado.
- Ausencia de refuerzos, como *apoyahondas* en las fijaciones de las chapas y *rejillas transitables* sobre las planchas de policarbonato.
- Elementos con problemas de infradimensionamiento, poca pendiente, forma o distanciamiento.

4.2 Elementos que se encuentran en mal estado

- Las cubiertas de policarbonato y poliéster han perdido su capacidad translúcida por el efecto del sol y la pintura impermeabilizante.
- Las cubiertas de policarbonato están quebradas en los extremos y los perfiles de aluminio están curvados.
- Las chapas nervadas de 0,6mm están decoloradas, y en las zonas donde la distancia entre rastreles es mayor, las nervaduras están quebradas y con oxidación, al transitarse por la cubierta y no tener refuerzos.
- Algunos falsos techos interiores presentan manchas de humedad bajo las líneas de canalones y entorno a bajantes. Manchas de chorreo en muros bajo canalones.

5 Intervenciones y propuestas

- Sustitución de los canalones y bajantes por unos que cumplan con la pendiente mínima. En la cubierta del lucernario en zona de aulas, el canalón perimetral debe ser redimensionado en su sección.
- Cambio de las chapas nervadas de 0,6mm, que están deterioradas, por unas > de 0,8 mm., colocándose los *complementos de estanqueidad* que faltan. En la cubierta mejor conservada y sin problemas en el interior, se propone cambiar las chapas por unas > de 0,8 mm. , o bien, colocar rejillas de circulación por el perímetro de los faldones para asegurar la realización de tareas de mantenimiento y limpieza.
- Sustitución de planchas de policarbonato y poliéster, en lucernarios, colocando *vidrio laminar templado* o bien *vidrio laminar de seguridad*, para mantener la translucidez.
- Sustitución de las planchas manchadas de falso techo, una vez se hayan solucionado los problemas que originan las filtraciones.

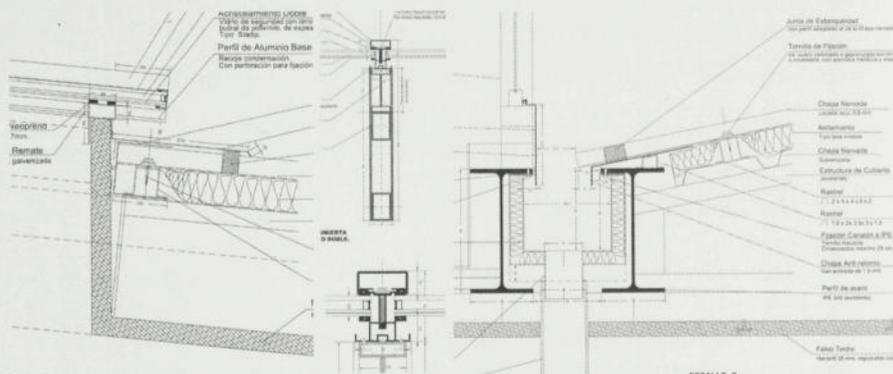


Figura 10: Ejemplo de los detalles incluidos en la propuesta de modificaciones.

6 Conclusiones.

Los daños en las cubiertas a base de chapas metálicas provienen de una insuficiente definición de los detalles y prescripciones técnicas en la fase de proyecto y de incorrecciones de puesta en obra en fase de ejecución.

Las geometrías complejas, que multiplican los encuentros y puntos singulares de todo tipo, así como la presencia de lucernarios, añaden niveles de dificultad a la solución, que se constata, de difícil adaptación a requerimientos específicos.

Las intervenciones parciales a posteriori, a base de pinturas impermeabilizantes, suplementos laminares, re-canalización de las aguas, etc. no evitan la necesidad de intervenciones más globales dentro de plazos no demasiado dilatados.

7 Bibliografía.

- [1] NTE-QTG *Cubiertas de Techados Galvanizados.*
- [2] DTU-40.35 *Couverture. en plaques nervurées issues de t tôles d'acier revêtues.*
- [3] Jailler, Michel. *Les couvertures en pente.* E.G. Editeur. 1993.
- [4] Centro de Información Técnica de aplicaciones del Vidrio. CITAV. *Manual del Vidrio.*
- [5] Tectonica, Nº 6. *Cubiertas Planas.*
- [6] Tectonica, Nº 8. *Cubiertas Inclinadas.*
- [7] F. Labastida, R. Serra, F. Ventura. *Fontanería.* Publicaciones del Colegio de Arquitectos de Cataluña. 5ª edición, Diciembre 1986. Pg. 64-65.



SESSÃO XI – PATOLOGIA / REABILITAÇÃO



INTERVENCIÓN EN PATOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN

Actuaciones en un diagnóstico. Informes

M.^a Pilar Nasarre de Goicoechea*

Correo electrónico: mpnasarre@ietcc.csic.es

Vanesa Asenjo Monjín†

Correo electrónico: vassenjo@ietcc.csic.es

Resumen

La presente comunicación refleja la metodología que hay que llevar a cabo para realizar el diagnóstico de los procesos patológicos en las edificaciones; las distintas fases a desarrollar a partir de la inspección técnica, el estudio de la documentación y los análisis y ensayos de los materiales, para llegar a determinar las causas que han originado las lesiones.

Como fase final se plantea la redacción de un Informe de patología y su estructura.

Palabras clave: Patología, Diagnóstico, Inspección técnica de edificios

1 Introducción

De acuerdo con el significado de la palabra PATOLOGÍA (pathos: enfermedad y logos: estudio), con la expresión PATOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN se quiere englobar el estudio de las lesiones o defectos que presentan los edificios, con objeto de realizar un diagnóstico que permita determinar las causas que han producido las incorrecciones existentes bien sea en los elementos constructivos, bien en los materiales que los conforman.

Por otra parte, también puede decirse que la PATOLOGÍA estudia la FALTA DE CALIDAD en la edificación.

El panorama que la realidad actual nos presenta, abundan las reclamaciones y peticiones de informes de PATOLOGÍA en la edificación, relacionados

* Aparejador y Arquitecto Técnico, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. (IETec-CSIC). Madrid. España.

† Arquitecto Técnico, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. (IETec-CSIC). Madrid. España.

con lesiones de toda índole lo que indica la existencia de problemas de calidad en los edificios.

1.1 Causas de la falta de calidad

La problemática en el aspecto de la falta de calidad de la edificación, y por tanto de la necesidad de la PATOLOGÍA en la construcción, es muy compleja y amplia, debido a la realidad actual con la que nos encontramos de multitud de nuevos materiales y nuevas tecnologías que aparecen continuamente y que su evolución es tan rápida que es prácticamente imposible su adecuación y perfeccionamiento.

Hay que ser conscientes de la complejidad que supone todo el proceso constructivo de una edificación, debido, entre otras causas, a la cantidad y diversidad de materiales que intervienen en la misma, cada uno con sus características físicas y químicas particulares (dilatación, porosidad, elasticidad, permeabilidad al agua y al vapor de agua, retracción,..... etc.), los cuales tienen que colaborar unos con otros y responder conjuntamente a fenómenos tan complejos como los procesos de humedad, dependiendo del movimiento del agua en sus fases de agua líquida y vapor de agua (capilaridad, difusividad,.....), procesos de calor (transmisiones térmicas, dilataciones, retracciones,.....), procesos de la mecánica estructural (cargas, sobrecargas, reacciones momentos,.....), etc.

A todo esto hay que añadir las exigencias de confort que a una edificación se le exigen hoy en día con nuevas tecnologías de calefacción, aire acondicionado, iluminación, insonorización, aislamiento térmico, protección ante el fuego,.... etc

2 Actuaciones del diagnóstico

Un edificio con problemas patológicos es aquel que presenta defectos o deterioros debidos a acciones que perturban su correcto funcionamiento, afectando a su seguridad, habitabilidad y durabilidad, es decir aquel edificio en el que su estado impide el uso adecuado para el que fue concebido e incumple la previsión de su vida útil.

De forma similar a la medicina, podemos indicar que el diagnóstico de una lesión en un elemento de una edificación consiste en investigar, partiendo del estudio de los defectos o deterioros que presenta, la causa y los factores con ella relacionados responsables de la existencia de tal defecto. Su investigación se realiza interrelacionando las distintas respuestas a muchas y variadas preguntas sobre el comportamiento estructural, de los materiales y de los distintos elementos constructivos que intervienen en una construcción.

Por tanto podemos indicar que:

PROCESO PATOLÓGICO = CAUSAS-----→ LESIONES
DIAGNÓSTICO = CAUSAS←-----LESIONES

2.1 Requisitos fundamentales

En todo diagnóstico, la investigación ha de llevarse a cabo de forma profunda y sistemática. Es necesario elaborar una metodología para cada caso. El investigador ha de tener un gran conocimiento, no sólo de las técnicas constructivas, sino también de las características y comportamiento estructural; de los materiales, de la forma de ejecución y colocación correcta y de los probables factores que pueden influir en el origen de incompatibilidades.

El investigador tiene que tener una visión global de las construcciones junto con un sentido muy agudo de la observación; tendrá que utilizar todos sus sentidos: vista, oído, olfato y tacto; interpretar lo que observe a simple vista o mediante distintos instrumentos que utilice y también deberá poseer ingenio para idear técnicas y procedimientos que en el proceso de la investigación no destruyan datos que pudieran tener valor.

2.2 Complejidad del diagnóstico

El estudio parte de la observación directa del defecto o lesión que se manifiesta y de lo que le rodea. La tipología de los daños da una primera orientación o prediagnóstico. Deberá procederse a continuación a la toma de datos y muestras necesarias. Seguidamente se investigará y analizarán sistemáticamente todos los defectos y datos que se van obteniendo hasta poder determinar el diagnóstico de la causa que ha producido la lesión.

Con mucha frecuencia hay más de una causa, lo que dificulta la realización de un correcto diagnóstico; en estos casos habrá que identificar cuales son, que interrelación existe entre ellas y cual es la principal. Al igual que en el diseño raras veces es posible seguir un proceso lineal; la investigación es inevitablemente iterativa; será necesario repetir algunas etapas realizadas en el proceso.

3 Alcance de la investigación

Hay que tener muy claro desde el principio el alcance de la investigación. Hay que tener presente:

- El carácter de la lesión
- La precisión o exactitud necesaria en la identificación de las causas
- La razón fundamental del estudio, es decir si es para determinar las obras de reparación necesarias o para establecer responsabilidades.

A un nivel muy sencillo, el diagnóstico se puede basar en una investigación que consista solamente en una inspección ocular profunda y en una recogida de datos limitada. En el otro extremo, puede ser necesario acometer unas obras extensas de demolición y apertura de calas, ensayos en obra y en laboratorio, recogida intensiva de datos con técnicas de instrumentación avanzada, etc. Este proceso puede llevar mucho tiempo y tener un coste muy elevado.

El motivo de la necesidad del diagnóstico, aunque no debe influir en las averiguaciones de las causas de un defecto, sí puede determinar la escala de la investigación que ha de realizarse.

A veces, es conveniente y necesario realizar una visita previa para concretar el alcance de la investigación. Conviene pedir toda aquella documentación que nos pueda servir como fuente de información necesaria para abordar el estudio.

4 Estudio de la documentación

Como paso previo dentro del proceso del diagnóstico, es necesario reunir todos los datos referentes al diseño, construcción y utilización del edificio o elemento en cuestión, ya que mediante su estudio y análisis pueden dotar al investigador de aquellos datos que han podido ser responsables o han podido contribuir a la aparición de las lesiones.

Las principales fuentes de información son:

- **Proyecto.**

Los planos, memorias y pliegos de condiciones (incluidos los de los especialistas y contratistas) del Proyecto y los utilizados durante la construcción de la obra deben dar detalles de lo ejecutado. Sin embargo la práctica nos indica que, en realidad, los datos no son totalmente fiables ya que, aparte de la influencia de la calidad de la mano de obra, pueden no reflejar todas las modificaciones realizadas durante el proceso de construcción.

A no ser que la exactitud de los planos, memorias y pliegos de condiciones pueda verificarse, la información que contiene el Proyecto sólo puede darnos unos datos de partida. Lo que realmente se ha ejecutado debe determinarse mediante observación y examen.

- **Libro de órdenes.**

El libro de órdenes puede darnos información complementaria acerca de los materiales y falta de detalles del Proyecto así como de las modificaciones realizadas durante la obra.

- **Notas de obra, actas e informes.**

Mediante esta información se pueden obtener datos sobre el tipo de dificultades producidas durante la construcción, la calidad de la mano de obra, las precauciones tomadas en la recepción y protección de los materiales, ...etc.

- **Meteorología.**

Información sobre los datos meteorológicos para conocer las condiciones atmosféricas con las que se ejecuto la construcción.

- **Fotografías.**

Mediante ellas se pueden aclarar detalles constructivos y la evolución del edificio y su entorno.

- **Información verbal.**

Información obtenida mediante conversaciones y entrevistas con todos aquellos relacionados con el diseño, cálculos, construcción, mantenimiento y utilización del edificio.

- **Datos del entorno.**

Conocimiento de realización de obras que afecten a apertura de viales cercanos, excavaciones próximas, vegetación o arbolado cercano, ... etc.

- **Reformas.**

Conocimiento de proyectos de reforma, remodelaciones ejecutadas, cambio de uso,etc., habidas en el transcurso de la utilización del edificio.

5 Inspección ocular y toma de datos

La información fundamental se obtiene por medio del examen directo de la lesión, defecto o fallo constructivo existente, y de igual importancia es la inspección ocular "in situ" del contexto en el que se ha producido.

El primer hecho que hay que tener presente al realizar una inspección para un estudio patológico, es ver si es necesario tomar medidas urgentes como desalojo, apeos, apuntalamientos, arriostramientos, aligeramientos de cargas, demoliciones parciales, etc.

Posteriormente dos son los objetivos que se tienen que plantear al realizar esta fase del diagnóstico:

1. Inspección ocular y toma de datos reales para la definición del edificio o elemento objeto del estudio, comparando la documentación aportada con la realidad existente.

- Plantas, distribución e instalaciones.
- Alzados.
- Secciones generales.
- Esquema estructural.
- Geometría de la estructura.
- Características de las uniones: apoyos, empotramientos, etc.
- Arriostramientos.
- Tipología de materiales, dimensiones y espesores.

2. Inspección y toma de datos de los defectos existentes:

- Detección de los síntomas patológicos.
- Identificación y características.

- Evolución y control.

Los síntomas patológicos por excelencia son: las fisuras y deformaciones en la patología estructural y las manchas en el tema de las humedades. Mediante su observación y su análisis sistemático, permiten realizar un primer diagnóstico basado en la experiencia, intuición y observación ("ojo clínico") del investigador.

En ambos casos, se puede decir que existe un lenguaje de fisuras y deformaciones en el campo estructural, y de manchas en los temas de humedades. Con esto se quiere indicar que con su observación, estudio, traducción y control de su evolución, en muchos casos, se puede definir el tipo de lesión, su causa y llegar a saber en que momento se ha conseguido su estabilización o se ha resuelto su origen, para poder comenzar las obras de reparación de daños.

6 Instrumentación y equipos

Para realizar la inspección ocular y la toma de muestras y datos, se necesita un equipo de instrumentos básicos de tipo convencional en el que se deben incluir:

- Cuadernos de notas, lápices, ceras y rotuladores de colores.
- Reglas graduadas, cintas métricas, fisurómetros, calibrador de pie de rey.
- Máquina fotográfica con flash.
- Brújula, nivel y plomada.
- Linternas y focos.
- Espejos y lupas.
- Herramientas como destornillador, punzón, corta-fríos, martillo.
- Bolsas, etiquetas, cintas adhesivas.
- Termo-higrómetros manuales y portátiles.
- Termo-higrógrafos.

7 Plan de inspección complementaria y ensayos

Además, en muchos casos, será necesario realizar un plan de inspección complementaria y ensayos según el carácter del defecto y el alcance que se quiera dar a la investigación. Se elegirán y determinarán las técnicas a seguir así como la localización, número de datos y pruebas a realizar.

Entre las pruebas, técnicas y ensayos a realizar de forma complementaria se pueden indicar las siguientes:

+ **Colocación de testigos.**- El empleo de testigos de yeso permite un control aceptable de la evolución de fisuras; tiene la ventaja de su sencillez de ejecución y observación ya que no requiere instrumentación especial alguna. Su

rotura generalmente es expresiva de un incremento de abertura de fisura, pero no se puede establecer la cantidad y dirección del movimiento. A veces la rotura se produce por simples cambios higrotérmicos, lo que puede inducir a interpretaciones equivocadas.

Otra forma de actuar es utilizando marcas o puntos de referencia fijados a cada lado de la fisura, de forma que de vez en cuando se pueda efectuar medidas de la abertura comprobando su evolución o estabilización. Para más precisión se utilizan sensores electrónicos.

+ **Toma de muestras.**- Se deben tomar adecuadamente muestras de los distintos materiales, polvo, eflorescencias,... etc. Se guardarán en botes o bolsas de plástico como evidencia para su investigación y análisis. Conviene tomar muestras de zonas afectadas y no afectadas para su análisis y contraste.

+ **Extracción de probetas testigo y microprobetas.**- Se obtienen generalmente testigos cilíndricos de altura doble que el diámetro. La extracción se realiza con sondas rotatorias que puedan actuar horizontal o verticalmente. La extracción se realizará según un plan estudiando número y localización de los mismos.

+ **Apertura de calas para información de partes ocultas.**- Con vistas a que estas informaciones costosas y destructivas puedan reducirse, se deberá realizar una clasificación de los distintos elementos y realizarlas en los más significativos. Por ejemplo en el aspecto estructural mediante la inspección visual de la geometría y esquemas de armados, requerirá casi siempre la realización de rozas en la zona inferior del centro del vano de vigas, en zona superior y en las presumibles zonas de corte de armaduras, debiéndose realizar conjuntamente métodos no destructivos como puede ser la utilización del "PACHÓMETRO" o ultrasonidos.

+ **Medición de humedades y temperaturas.**- Para la toma de datos ambientales se utilizarán medidores electrónicos de humedad y temperatura ambiente y de superficie. Además de los aparatos manuales, para que estas mediciones sean más efectivas y tengan mayor utilidad, han de hacerse durante cierto tiempo utilizando aparatos de medición y registro continuo. Para la medición de humedad de muestras en el laboratorio, la toma de muestras deberá realizarse adecuadamente utilizando recipientes de cierre hermético previamente pesados en balanzas de precisión.

+ **Medición de deformaciones.**- La planeidad de elementos horizontales se controla por medio de nivelaciones; la planeidad de elementos verticales y las alineaciones se controlan por medio de instrumentos ópticos(nivel, teodolito,...etc). Los desplomes se pueden controlar con estos mismos instrumento o mediante una simple plomada. Las deformaciones se controlan disponiendo convenientemente un número suficiente de flexímetros o comparadores.

8 Informes de patología

Una vez realizadas las fases anteriormente descritas y de haber efectuado los correspondientes ensayos de muestras, cálculos necesarios y sus análisis, comienza la fase final que consiste en la redacción del correspondiente informe.

Conviene aclarar previamente lo que se entiende por:

+ INFORME: Descripción con palabras de una situación técnica que suele aparecer confusa.

+ DICTAMEN: Opinión emitida por un experto acerca de algo que se somete a su juicio.

+INFORME-DICTAMEN: Desarrollo con explicaciones técnicas de un reconocimiento conteniendo opiniones.

La redacción y los términos utilizados deberán ser especialmente responsables, ponderados y meticulosos. La estructura del contenido de un informe deberá ser clara y correctamente organizada.

8.1 Estructura de un informe de patología

Todo informe de patología deberá estructurarse incluyendo, como mínimo los siguientes apartados:

1. OBJETO.

En este apartado deberá aparecer, con expresión clara y concisa, el objeto del informe, con indicación de los límites y alcance del mismo.

2. ANTECEDENTES.

Deberán incluirse de forma cronológica, los distintos contactos, conversaciones y escritos que se hayan producido en la fase preliminar.

Así mismo se incluirá el listado de la documentación aportada y la descripción de las muestras recibidas.

3. VISITAS DE INSPECCIÓN.

En este apartado se realizará la descripción de las visitas efectuadas junto con la tipología del edificio. Se deberán especificar las distintas zonas inspeccionadas y una descripción minuciosa y precisa de los daños. Es conveniente que las descripciones vengán acompañadas de un soporte gráfico mediante la aportación de fotografías.

Conviene que aparezca la identificación de las personas que acompañan a los técnicos. Deberá tenerse especial cuidado e indicarse claramente, todo aquello que es información aportada por los distintos agentes como testimonios ajenos.

4. TOMA DE DATOS Y MUESTRAS.

Deberán describirse todas las actuaciones de naturaleza técnica respecto a:

- Colocación de testigos.

- Toma de muestras.
- Extracción de probetas.
- Toma de datos con medición de geometrías, espesores, diámetros,... etc.
- Mediciones de temperatura y humedad.

En este apartado no deberá avanzarse ningún juicio de valor.

5. ANÁLISIS Y ENSAYOS.

Aparecerá en este apartado la descripción breve y concisa de los distintos tipos de análisis y ensayos realizados citando las normas y procedimientos utilizados. Se facilitará los resultados de forma neutra.

En los Anejos, que deberán incorporarse al final del informe, aparecerá la información pormenorizada de lo referente a este apartado.

6. CÁLCULOS.

Se incluirá la relación de los cálculos realizados. Por ejemplo en el aspecto estructural, deberá indicarse las hipótesis consideradas, los coeficientes de seguridad,..etc.

Los listados, tablas y desarrollo de los cálculos deberán incluirse en los Anejos, al final del informe.

7. POSIBLES CAUSAS.

En este apartado se incluirá un análisis equilibrado y razonado de todas las causas y concausas posibles. Deberá realizarse también un comentario de los resultados de los análisis, ensayos y cálculos efectuados.

8. RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN.

Se evaluará, en cada caso, la conveniencia de la inclusión de este apartado. En el se podrán dar consejos para clarificar algún aspecto o para alcanzar una solución concluyente, por ejemplo vigilar la evolución de las fisuras para saber si han alcanzado la estabilización, lo que indica que la causa ha dejado de actuar y por tanto se puede comenzar las reparaciones, o por el contrario las fisuras siguen "vivas", lo que indica que la causa sigue activa y no se puede actuar aún.

También podrá incluirse la recomendación de la realización de un estudio de refuerzo de tales elementos con indicación de posibles formas de realizarlo, etc

9. CONCLUSIONES.

Este apartado deberá redactarse con sumo cuidado y de forma breve. Las conclusiones deberán numerarse correlativamente y el orden de las mismas deberá evaluarse para que esté en concordancia con su gravedad o importancia.

10. HOJA DE FIRMAS.

El informe se finaliza con la firma del mismo, precedida de un texto que, dependiendo de si es de un organismo o de un profesional, su redacción puede cambiar del siguiente modo:

- **ORGANISMO:** “Este informe consta depáginas,figuras,fotografías yAnejos, todo ello numerado y sellado”.
- **PROFESIONAL:** “ El presente informe, que consta depáginas,figuras,fotografías yAnejos, contiene la opinión del firmante con arreglo a su leal saber y entender”.

9 Bibliografía

- [1] Addleson, L. *Fallos en los edificios (Guide to building failures)* Madrid Consejo General de Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de España. Año 1982.
- [2] García Meseguer, Álvaro. Informes de Patología y de peritaje de estructuras. *Seminario S.4 CEMCO-92 XII Curso de Estudios Mayores de la Construcción*. Madrid. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETec) Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Marzo 1992.
- [3] Ortega Basagoiti, L. La Instrucción de diagnóstico de AENOR. *I Jornadas de Investigación en construcción*. Madrid. AMIET Año 2005.

UMA REABILITAÇÃO CONSCIENTE

Ana Rita Pereira Roders*

Correio electrónico: a.r.pereira@bwk.tue.nl

Jouke Post†

Correio electrónico: j.m.post@bwk.tue.nl

Peter Erkelens†

Correio electrónico: p.a.erkelens@bwk.tue.nl

Resumo

Quando envolvidos em projectos de reabilitação, os arquitectos têm normalmente a sua própria metodologia projectual, coordenando e desenvolvendo uma série de fases e actividades necessárias para um profundo entendimento do edifício e seu ambiente; com mais ou menos tempo, com mais ou menos detalhe; mas que conseqüentemente se irão reflectir na qualidade da intervenção e na qualidade da sua própria performance como técnicos especializados.

Actualmente, as metodologias de intervenção no património edificado vêm o seu leque de prioridades, acções e intervenientes facilmente alterado, consoante a categoria e classificação do edifício, a entidade de salvaguarda, a entidade municipal, suas intenções políticas, seus processos de avaliação de projectos de intervenção, etc.

Especialmente, no caso de edifícios correntes, sejam novos ou antigos, não abrangidos por qualquer salvaguarda, deve partir do arquitecto ou dos seus proprietários, uma posição ética coerente, relativamente à forma de intervir no património edificado, já que muitas intervenções não necessitam de aprovação por parte das entidades municipais.

No âmbito do desenvolvimento da tese de doutoramento "Re-Architecture: lifespan rehabilitation of built heritage", iniciada em Janeiro de 2004, subsidiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, e acolhida pela Universidade Técnica de Eindhoven; tem vindo a ser desenvolvido e testado um modelo teórico de metodologia de reabilitação, consciente do ciclo de vida do edifício, respeitando o seu passado, presente e futuro.

Palavras-chave: Reabilitação, Metodologia, Projecto, Património, Ética.

* Doutoranda, Investigadora Convidada, Departamento de Arquitectura e Engenharia, Universidade Técnica de Eindhoven, Holanda.

† Orientador, Director e Professor associado, Departamento de Arquitectura e Engenharia, Universidade Técnica de Eindhoven, Holanda.

1 Introdução

Cada arquitecto tem a sua própria metodologia projectual, fases e actividades. Por vezes trabalha com uma equipa e tem de se adequar a metodologias d'outrem, mas na generalidade, cada qual tem o seu próprio método de trabalho, que directamente reflecte as suas preocupações e ideologias.

O arquitecto tem um papel fundamental na sociedade e começa já a consciencializar-se da problemática ecológica que assombra o nosso planeta. No entanto, e infelizmente para o património construído, as metodologias projectuais de reabilitação correntes frequentemente negligenciam as suas consequências no edifício e sua envolvente, relativamente ao seu passado e ao seu futuro, deixando-se ofuscar pelas vantagens do presente imediato.

A tese de doutoramento "Re-Architecture: lifespan rehabilitation of built heritage" tem como objectivo o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio a metodologias projectuais, para arquitectos envolvidos em projectos de reabilitação. Para tal obtenção, foi desenvolvido um estudo profundo sobre a evolução de conceitos como património, intervenções e metodologias. Os técnicos envolvidos neste projecto mantêm a expectativa, de conseguir desenvolver uma ferramenta de apoio, que os arquitectos considerem útil e que principalmente contribua para a consciencialização do ciclo de vida do edifício, consequentemente visível na qualidade do projecto.

2 Definições

Para um melhor entendimento do modelo teórico de metodologia de reabilitação é necessário, primeiro, compreender-se a sua base ideológica, assim como a exploração prévia dos seus conceitos de influência.

O modelo teórico nasceu de uma ideologia sustentada pelas últimas cartas recomendações internacionais, que já em 1988 recomendavam a reversibilidade nas intervenções que reduzem a importância cultural do edifício (Burra Charter) [1]. Em 1996, The Habitat Agenda apresentava também as intervenções de reabilitação de edifícios existentes, de acordo com actos sustentáveis na utilização dos recursos existentes [2].

Mas independentemente das recomendações internacionais e nacionais, muitos projectistas e intervenientes no património construído têm demonstrado alguma inércia em encarar o parque construído e suas potencialidades, economizando a sua criatividade projectual para os seus traços de modernidade em novas construções. Mesmo quando intervindo no património construído, é notória a prioridade dada às novas adições, esquecendo que existe um potencial imensurável na reutilização ou reciclagem das formas, componentes e materiais preexistentes, podendo perfeitamente integrá-los conjuntamente com as adições, estimulando o diálogo generacional com verdadeira criatividade.

Existem já projectistas que se preocupam com a reversibilidade das suas intervenções, assim como de manter uma metodologia única e coerente quando desenvolvendo projectos de reabilitação em ambos edifícios classificados e não classificados, como o caso dos Arq. Victor Mestre e Sofia Aleixo, no entanto, é insuficiente. Existem ainda projectistas que não valorizam de todo o património construído, possivelmente enraizados em ideologias Corbusianas, alheias à realidade da actual sociedade.

Estas intervenções de reabilitação subtraem quantidades consideráveis de elementos e materiais sem aprofundar as consequências dos seus actos, descaracterizando consideravelmente o edifício intervencionado. Para além de que, ao subtraírem antiguidade para adicionar modernidade, esta fusão de tecnologias e materiais, frequentemente entra em choque, devido às suas incompatibilidades características e às inconsequências de detalhes inalteráveis.

2.1 Património Construído

O património construído é normalmente alvo de reabilitações com um inconstante leque de prioridades, acções e intervenientes. Nem todos os edifícios são percebidos da mesma forma, variando consoante a sua categoria, classificação, entidade de salvaguarda, entidade municipal, intenções políticas, processos avaliativos, pressão imobiliária, etc.

Numa utopia teórica, os edifícios classificados estão mais protegidos em actos de reabilitação que qualquer outro edifício corrente, pois foi-lhes atribuído um valor cultural, que funciona como escudo de protecção, se não para o edifício todo, para alguns elementos relevantes.

Mas o que acontece com os edifícios correntes, novos ou antigos, alvos de reabilitação, se não há qualquer controle? Não deveriam ser também estes denominados de património, visto serem produções de gerações passadas? Não terão eles qualquer valor?

Normalmente em edifícios não classificados, tem de partir dos intervenientes envolvidos na reabilitação, sejam eles arquitectos, construtores ou proprietários, uma posição ética coerente, pois frequentemente muitas intervenções não requerem sequer a aprovação por parte das entidades municipais. Mas como controlar? Que posição é considerada eticamente correcta e coerente se a sociedade muda de geração para geração e os seus valores regentes oscilam continuamente?

No desenvolvimento teórico desta investigação todo o *ambiente construído* é subdividido em duas classes: a classe do *património construído* pela geração antecedente – aproximadamente 25 anos – e a classe do *construído recente* pela geração regente. Desta forma não existirão mais favoritismos de estilos, categorias ou demais subjectividades, pois todos os edifícios construídos pela

geração antecedente à regente serão automaticamente classificados como património.

Tabela 1: Fixação temporal do património construído.

Século XIX		Século XX				Século XXI	
1850	1875	1900	1925	1950	1975	2000	2025
1875	1900	1925	1950	1975	2000	2025	2050
Ambiente construído (2025)							
Património construído						Construído recente	
Ambiente construído (2007)							
Património construído					Construído recente		

Não se pretende com esta teorização travar qualquer classificação de edifícios emblemáticos, como por exemplo o Pavilhão de Portugal (Lisboa), projectado pelo Arq. Álvaro Siza Vieira, pois também os edifícios construídos pela geração regente podem ser classificados como património, desde que claro, simbolizem efectivamente a sua época.



Figura 1: O sistema de valores culturais

Esta democratização patrimonial tem o intuito de reforçar a necessidade de tratar o património construído com imparcialidade. Desta forma, todos os edifícios que não integrem qualquer dos valores normalmente atribuídos a edifícios patrimoniais, passam a fazer parte da classificação, pois, como recursos materiais existentes, têm inevitavelmente o valor ecológico associado.

A Figura 1 apresenta o sistema de valores culturais, desenvolvido para facilitar a sua identificação em edifícios patrimoniais, por parte dos projectistas. O sistema de valores culturais, também investigado por Torre (2002), [3] inclui para além dos valores: histórico, estético, científico e sociais recomendados pela Burra Charter (1988); o valor étario teorizado por Alois Reigl [4]; o valor económico, o valor político e o valor ecológico.

2.2 Reabilitação consciente

Nesta investigação foram teorizados diferentes tipos de intervenções possíveis num edifício (escala de um a sete), derivando do seu impacto no edifício, e identificando suas versões passivas e activas. A reabilitação foi considerada uma intervenção escala cinco, mas pode também integrar parcialmente os outros tipos de intervenção, de escalas inferiores – privação (1), preservação (2), conservação (3) e restauro (4) – ou de escalas superiores – reconstrução (6) e demolição (7).

Tabela 2: Excerto [reabilitação] da tabela global de intervenções.

assunto		descrição	
Escala		<i>cinco</i>	
Denominação		<i>reabilitação</i>	
Sub-escalas		Passiva	Activa
Denominação		<i>re-uso</i>	<i>adaptação</i>
Definição		<i>combinar parcialmente intervenções de escala anterior e posterior, dependendo directamente da condição do edifício, subtraindo o excedente e adicionando as necessárias formas e componentes</i>	
Alvo	Substância	<i>subtrações, subsistências, adições</i>	
	Função	<i>função original ou presente</i>	<i>nova função[ões]</i>
	Performance	<i>melhorar</i>	
	Ambiente	<i>património construído</i>	
	Material	<i>formas, componentes e materiais</i>	

A tabela 2 apresenta um excerto da tabela global de intervenções, relativamente à escala da reabilitação e suas sub-escalas, sua definição, e seus objectivos perante as diferentes especificidades. A reabilitação pode manter ou mudar a função do edifício, no entanto em ambas as situações, os seus objectivos perante a materialidade do edifício sustentam-se maioritariamente na relação entre o que é subtraído e adicionado à preexistência.

Por preexistência entende-se o edifício na fase pré-intervenção, e por nova existência o edifício na fase pós-intervenção.

Com o intuito de melhorar a performance do edifício em todas as suas condicionantes (físicas, técnicas, funcionais, estéticas e de durabilidade), a reabilitação focaliza-se maioritariamente no património construído e nas suas formas, componentes, e materiais como potenciais recursos.

Uma reabilitação considera-se consciente do ciclo de vida do edifício, quando respeita e considera em projecto as três temporalidades: o *passado*, o *presente* e o *futuro*.

O *passado* é considerado quando o projectista planeia a preservação, reutilização ou reciclagem da preexistência o mais possível. Ou seja, planear a utilização/destino de todos os espaços, elementos ou materiais, sejam elas subtracções ou subsistências.



Figura 2: As quatro realidades paralelas na reabilitação.

Normalmente os arquitectos envolvidos em reabilitações estão já habituados a desenvolver peças desenhadas com “vermelhos e amarelos”, mas quantos projectistas realmente reflectem sobre as partes desenhadas a amarelo? Não deveria um projectista ter de justificar conscientemente as subtracções que efectua ao edifício? Este processo de argumentação é uma das actividades basilares desta metodologia projectual, no entanto, falta ainda ilustrar as outras duas realidades paralelas.

O *presente* é considerado quando o projectista planeia o melhoramento da envolvente, do edifício no seu valor cultural, das suas características, suas condições de habitabilidade, sua eficiência energética, etc., tentando atingir na nova existência os níveis de conforto e economia essenciais para uma vivência contemporânea. Este factor, já é considerado por alguns projectistas, no entanto, o equilíbrio deste modelo teórico implica exactamente o adição das outras duas realidades (passado e futuro) à realidade do *presente*.

O *futuro* é considerado quando o projectista planeia as adições da nova existência, baseado na compatibilidade das características entre as subsistências e as adições. Um factor muito importante que foi considerado individualmente é o tipo de detalhe e a preocupação do projectista na ligação entre estas duas existências. Por vezes, é possível fazer adições formais soltas da subsistência, mesmo no interior do edifício, deixando-as assentes e “fixas” pelo seu próprio peso. No caso das adições de componentes construtivos, por vezes é inevitável a fixação à subsistência, no entanto esta ligação poderá sempre ser planeada pelo projectista com juntas secas, sistemas de encaixe, etc., chegando só às soluções irreversíveis em casos de última hipótese de escolha.

Desta forma uma grande parte dos elementos adicionados podem ser retirados ou substituídos se necessário, facilitando actividades de manutenção, e futuras alterações, inclusivamente executadas pelos próprios utilizadores, prevenindo futuras demolições desnecessárias.

Não é possível para um projectista ter pleno conhecimento de todas as tecnologias e do comportamento de todos os materiais no mercado da construção, pelo que, quando ele opta por uma solução, nem sempre esta se revela adequada. Desta forma, considerar e planejar as adições com flexibilidade, facilitaria a imediata substituição de componentes deficientes e inadequados.

Outro factor fundamental na escolha das novas adições diz respeito à sua efectiva durabilidade versus a vida útil do edifício. O projectista deve pensar sempre em otimizar as suas soluções e adequar as suas escolhas relativamente a estas duas relações temporais.

Interligado com as considerações de preservação do *passado*, e desta forma considerando o *futuro*, o projectista contribui consideravelmente para a redução da percentagem de resíduos da construção, no final da intervenção de reabilitação, solucionando e prevenindo durante a fase de projecto muitos dos problemas, que normalmente surgem num edifício reabilitado.

3 Modelo teórico de metodologia de reabilitação

O modelo teórico apresentado nesta comunicação foi desenvolvido na progressão do modelo teórico desenvolvido por Roozenburg e Eekels [5], em 1991, que por sua vez, havia progredido do modelo original desenvolvido por Jones [6], em 1963. Ambos se referiam a metodologias de projecto na generalidade, no entanto, a sua adaptação e focalização para projectos de reabilitação veio a revelar-se bastante adequada.

A metodologia de reabilitação, enquanto modelo teórico, foi alvo de verificação e revisão, em duas fases distintas: a primeira, comparando-o com metodologias existentes de uma equipa de arquitectos portugueses (Victor Mestre | Sofia Aleixo) e outra de arquitectos holandeses (Jouke Post), quando envolvidos em projectos de reabilitação, de ambos edifícios classificados e não classi-

ficados; e a segunda, empregando-o com dois grupos de alunos, portugueses e holandeses, de forma a verificar lacunas e fases de extrema importância durante o desenvolvimento do projecto.

Pretende-se que este modelo teórico se transforme numa útil ferramenta de apoio (internacional), pelo que a fase de teste foi muito importante e contribuiu consideravelmente para revisão do modelo teórico inicial. Existirá uma nova fase de teste no futuro (2006-2007), no entanto, esta diz respeito à verificação da sua utilidade e interesse como ferramenta de apoio em versão informática e não do seu conteúdo teórico.

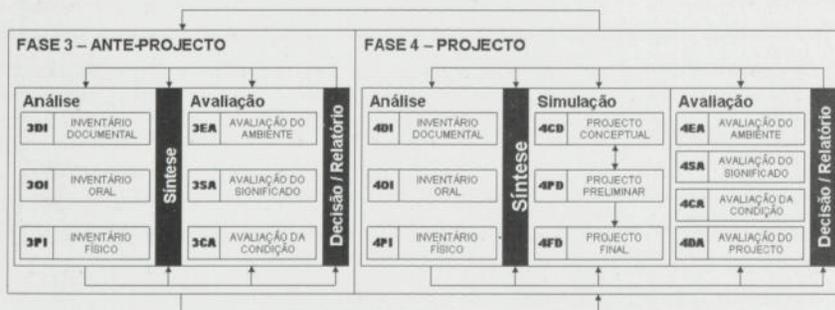


Figura 3: Metodologia projectual de reabilitação

Tal como ilustrado na figura 3, a metodologia de reabilitação foi subdividida em duas fases: a fase de ante-projecto e a fase de projecto. Na fase de pré-projecto, o projectista começa por analisar e inventariar toda a informação documental, oral e física existente. A informação encontrada deve ser muito bem organizada e sintetizada de forma ao projectista poder efectuar uma avaliação consciente do ambiente do edifício – natural, humano e construído; da significância do edifício e valores culturais identificados e da condição do edifício relativamente às suas características.

Depois duma fase meramente focalizada no edifício a reabilitar, o projectista inicia a fase de projecto, trazendo consigo todo o conhecimento do edifício e sua respectiva avaliação. Na fase de projecto, semelhante à fase de pré-projecto, o projectista volta a analisar e inventariar (nas três vertentes), a função a introduzir, seus requisitos básicos e compatibilidade com a preexistente.

Após sintetizar toda esta informação em documentos / peças desenhadas, o projectista inicia o processo de materialização; primeiro traduzindo para a realidade os seus esquemas e ideias conceptuais e depois tentando desenvolver com base nas quatro realidades paralelas – subtracções, subsistências, ligações e adições – uma proposta coerente, que por princípio melhore a relação do edi-

fício com a sua envolvente, que mantenha ou realce os seus valores culturais, assim como a sua condição e estado de conservação.

O projectista deve nesta fase repetir o mesmo processo de avaliação efectuado na fase pré-projecto, mas desta vez relativamente ao edifício na sua nova existência projectada e comparar a progressão ou regressão, relativamente aos factores avaliados. A única diferença relativamente à fase de avaliação da preexistência, é que, na fase de projecto o projectista pode avaliar também as suas decisões relativamente às quatro realidades paralelas – subtracções, subsistências, ligações e adições.

Neste momento, o projectista pode verificar que pode prosseguir com o projecto, pormenorizando-o de tal forma que a sua execução seja inequívoca; mas também pode verificar que existem situações ou algumas escolhas projectuais em que ele com uma simples alteração ou retrocesso pode melhorar consideravelmente a qualidade e o grau de consciencialização do seu projecto.

Com a conclusão das peças desenhadas, o projectista pode adicionar ao relatório final, os esquemas de avaliação ante-projecto versus projecto, apresentando aos intervenientes os benefícios que o seu projecto, consciente do ciclo de vida do edifício, realmente proporciona ao edifício e envolvente. Como diz o velho ditado “contra factos não há argumentos”.

4 Conclusão

Este modelo teórico tem o propósito de se transformar numa ferramenta informática de apoio a projectistas envolvidos em projectos de reabilitação de edifícios. Desta forma, os projectistas poderão utilizar este modelo teórico de metodologia de reabilitação, passo a passo, ou simplesmente utilizar as suas linhas de orientação, nas fases que consideram necessário.

Nas duas fases de avaliação, existem esquemas e tabelas que apoiam o projectista nesta actividade crítica, mas fundamental para o perfeito conhecimento das consequências do projecto relativamente ao edifício e seu ambiente envolvente. Também na fase de materialização, os projectistas terão para além das linhas de orientação, livre acesso a uma base de dados de componentes construtivos, onde poderão comparar por eles mesmos, a disparidade ou não, em características, vantagens e desvantagens, do componente inicialmente escolhido relativamente aos seus semelhantes.

Este modelo teórico não pretende substituir ou diminuir a importância do arquitecto e das suas decisões. Pretende somente apoiar e contribuir para a qualidade e grau de consciencialização dos seus projectos de reabilitação. Tal como muitas outras ferramentas de apoio desenvolvidas no passado e no presente, o objectivo principal desta investigação é torná-la útil e verdadeiramente contribuinte para a melhoria dos projectos de reabilitação e para a consequente redução do grau de destruição e desaproveitamento do património edificado.

Ciente da problemática ecológica herdada pelo século XXI, o projectista tem o compromisso cível, na perspectiva ética profissional, de assegurar em cada traço desenhado a sua efectiva contribuição (ou não) para a preservação do património natural e construído, quando envolvido em projectos de reabilitação.

5 Agradecimentos

Gostaria de agradecer à Fundação para a Ciência e a Tecnologia, e à Universidade Técnica de Eindhoven, respectivamente entidade bolsreira e de acolhimento, assim como ao Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes, pela sua colaboração durante os períodos de experimentação. Ao Prof. Jouke Post e Dr. Peter Erkelens (orientadores) por sempre acreditarem neste projecto; ao Arq. Victor Mestre e Arq. Sofia Aleixo, pela disponibilidade e atenção dedicada, e à motivação espontânea dos alunos em desenvolver um trabalho científico, quando testando o modelo teórico (ainda em desenvolvimento).

6 Bibliografia

- [1] Australia ICOMOS *The Burra Charter – The Australia ICOMOS charter for places of cultural significance*, 1999 (última versão)
<http://www.nsw.nationaltrust.org.au/burracharter.html> (24-11-2005)
- [2] Nações Unidas *The Habitat Agenda - Istanbul Declaration on Human Settlements*, 1996 <http://www.unhabitat.org/declarations/ist-dec.htm> (24-11-2005)
- [3] Torre, M. *Assessing the values of cultural heritage: Research report*, Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2002
- [4] Riegl A. & S. Scarroccia (edited by), *Il culto moderno dei monumenti, il suo carattere e i suoi inizi*, Bolonha: Nuova Alfa Editoriale, 1990
- [5] Voordt, T. J. & Wegen, H. B. *Architecture in Use, an introduction to the programming, design and evaluation of buildings*, Oxford: Architectural Press, 2005
- [6] Jones, J.C. *Design methods*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

A INSPECÇÃO DE EDIFÍCIOS NO SISTEMA DE GESTÃO DE PATRIMÓNIO EDIFICADO

Buildingslife.com

Pedro Vaz Paulo*
ppaulo@civil.ist.utl.pt

F. A. Branco†
fbranco@civil.ist.utl.pt

Jorge de Brito‡
jb@civil.ist.utl.pt

Resumo

A Gestão do Património Edificado (GPE) tem-se tornado uma necessidade cada vez mais premente, devendo ser considerada durante as várias fases de uma obra (projecto, construção e vida útil) e ser planeada de forma a minimizar o custo global ao longo de todo o ciclo. Para auxiliar a GPE, tem vindo a ser desenvolvido (no âmbito de uma tese de doutoramento no Instituto Superior Técnico) um sistema web que permite uniformizar informação sobre a degradação de elementos construtivos em edifícios. Este artigo propõe mostrar dois módulos desenvolvidos no sistema **Buildings Life** que são o "Registo de Edifícios" e o "Registo de Inspeções". Quanto ao primeiro, é possível registar os dados gerais do edifício, características técnica e orientação das fachadas e anexar ficheiros referentes ao edifício (fotografias, peças escritas e peças desenhadas). Quanto ao segundo, é permitido realizar o registo de fenómenos de degradação, estados de degradação, quantificar e localizar as anomalias existentes, data da última intervenção para cada elemento de construção. O **Buildings Life** permitirá estimar vidas úteis de vários elementos de construção para edifícios que estejam sujeitos a determinadas acções climáticas e ambientais.

Palavras-chave: Sistema de Gestão de Edifícios, Vida útil, Estados de degradação, ISO 15686.

* Assistente, Instituto Superior Técnico.

† Professor Catedrático, Instituto Superior Técnico.

‡ Professor Associado com Agregação, Instituto Superior Técnico.

1 Introdução

Diversas investigações nacionais e internacionais têm sido realizadas com o objectivo de estimar a vida útil de edifícios e dos seus elementos construtivos para otimizar os custos envolvidos ao longo do ciclo de uma obra [1] - *Life Cycle Assessment (LCA)*, dando a conhecer aos profissionais métodos que lhe permitam projectar, construir e manter com durabilidade.

É neste contexto, que está a ser desenvolvida a tese de doutoramento *Gestão do Património Edificado - Buildings Life* e que neste artigo se pretende dar a conhecer dois módulos já desenvolvidos: “Registo de Edifícios” e “Registo de Inspeções” que integram este sistema que tem como principais objetivos:

- auxiliar o dono de obra a gerir o seu património edificado de forma eficaz;
- auxiliar o projectista a projectar com durabilidade dando a conhecer a vida útil dos materiais / elementos construtivos aplicados em determinadas condições climáticas e ambientais;
- sistematizar e uniformizar a informação técnica de anomalias e reparações de elementos construtivos dos edifícios;
- classificar os estados de degradação dos diversos elementos construtivos;
- estimar probabilidades de degradação dos elementos construtivos ao longo da vida útil do edifício (Figura 1);

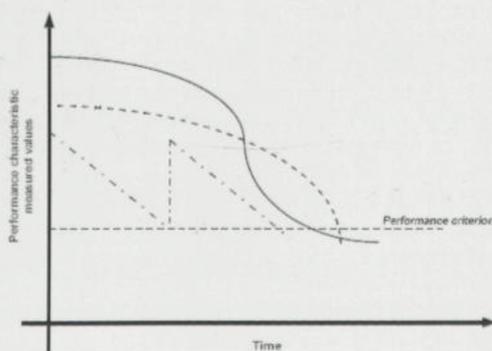


Figura 1: Funções de hipotéticas performances ao longo do tempo [2].

- definir Modelos Aproximados de Degradação (MAD) para edifícios;
- estabelecer Manuais de Inspeção e Manutenção do Edifício (MIME);

- estimar a Vida Útil de Edifícios (VUE);
- otimizar o custo de manutenção do património, estimando os custos de manutenção do edifício em função da gestão;
- saber como e quando se deve intervir, alertando o gestor do empreendimento para a necessidade da realização de intervenções em função de análises multicritério.

2 Análise dos sistemas de gestão de edifícios

De seguida, apresenta-se um pequeno resumo de alguns sistemas de gestão para edifícios que estão a ser ou se encontram já desenvolvidos na Europa e em Portugal.

2.1 EPIQR - Energy, Performance, Indoor Environment Quality, Retrofit

O EPIQR é uma ferramenta decisional para a reabilitação de edifícios de habitação. Este projecto envolve sete instituições de investigação e visa fornecer, quer a arquitectos, quer a organizações, uma ferramenta multimédia que lhes permita alcançar, simultaneamente, o processo de reabilitação ou reparação do edifício de habitação. A ferramenta permite avaliar o estado da degradação do edifício baseado em um diagnóstico técnico normalizado, registando a inspecção do edifício e preparando propostas de trabalho [8].

2.2 TOBUS - Tool for Office Building Upgrading Solutions

TOBUS é uma metodologia desenvolvida para ajudar, os proprietários de edifícios de escritórios, a reabilitar o edifício de modo a aumentar a sua eficiência energética, aumentar o desempenho ambiental e fornecer o nível suficiente de funcionalidade aos seus utilizadores. A metodologia é desenvolvida com base em inspecções que se dirigem a quatro aspectos de reabilitação do edifício: deterioração física dos seus elementos construtivos, obsolescência funcional, consumo de energia e condições ambientais *indoor* de qualidade [8].

2.3 Investimmo

O objectivo principal deste sistema é desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão para auxiliar os proprietários dos edifícios nas estratégias de investimento que minimizem os custos a longo prazo e elaborar operações de manutenção baseadas no processo da deterioração dos elementos de construção e com base no impacte ambiental das medidas de manutenção e nos factores económicos [5].

2.4 Principal guide for service life planning of buildings

Este guia, desenvolvido no Japão, enuncia os conceitos fundamentais de durabilidade que devem ser analisados em cada fase do ciclo de vida dos edifícios, tal como planeamento, projecto, construção, utilização, manutenção, melhoramento e demolição. Permite a previsão da vida útil de determinados elementos e componentes do edifício com base em coeficientes que se encontram limitados num determinado intervalo de dados.

2.5 Xenios

Este projecto visa desenvolver uma ferramenta de inspecção para hotéis. Pretende fornecer uma metodologia para realizar inspecções preliminares com as ferramentas necessárias para uma primeira avaliação de onde e como integrar as práticas, as tecnologias e os sistemas energéticos eficientes com o mínimo custo, tendo em conta o uso racional de energia e a exploração de energia renováveis [8].

2.6 Sureuro

É uma ferramenta de gestão total para a reabilitação sustentável de edifícios residenciais europeus pós-guerra. Os resultados são fornecidos para facilitar a enorme tarefa de reabilitação, a realizar na União Europeia tal como na Europa Oriental. A reabilitação sustentável deve ser executada com um orçamento de custo estabelecido e dentro de uma calendarização comparável à reabilitação tradicional mas com uma grande preocupação de economia de energia e melhoria ambiental.

2.7 Gestão de edifícios - modelo de simulação técnico-económica

Concebeu-se uma teoria sobre o comportamento de edifícios em serviço que permitiu identificar uma subdivisão deste face à patologia (Elementos Fonte de Manutenção - EFM) a partir dos quais foi possível, por recurso ao Método de Monte Carlo, desenvolver um método de simulação técnico-económico que permite prever intervenções e estimar custos [6].

3 Sistema *Buildings Life*

Baseado nos procedimentos definidos pela família *ISO 15686 Buildings and Constructed Assets - Service Life Planning* o sistema *Buildings Life* assenta numa estrutura (Figura 2) onde é realizada em primeiro lugar a *Definição* de vários conceitos envolvidos. De seguida, é efectuada a *Entrada de Registos* o

que permite aumentar dinamicamente a base de dados. Posteriormente, é realizada a *Validação* de semelhança de comportamento entre o que foi definido no sistema e o que é observado na realidade que, em caso positivo permite alcançar resultados finais que são *Analisados e Interpretados*. Finalmente, são gerados *Relatórios Finais* [3, 4, 7]. O sistema *Buildings Life* é acedido via *Internet* para utilizadores registados com “nome de utilizador” e “senha” com uma base de dados dinâmica o que permite otimizar os modelos de degradação em função dos registos (Figura 3).

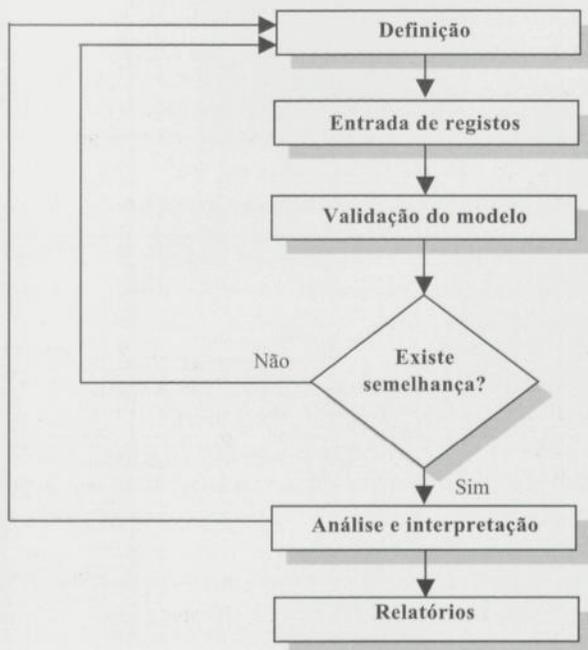


Figura 2: Diagrama de fluxo do processo de estimativa de vida útil [adaptado de 3].

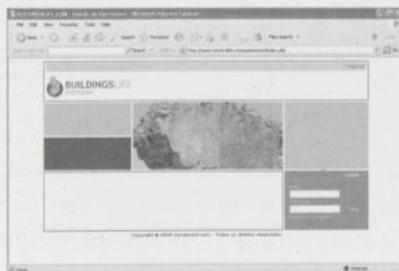


Figura 3: Página de entrada para o *Buildings Life*.

3.1 Definição

Nesta primeira etapa do fluxo, são definidos, para cada edifício, o distrito, o concelho, a freguesia, o tipo de estrutura e o tipo de utilização; para as inspeções, os elementos construtivos, as características dos materiais, os tipos de suportes onde estes estão aplicados, os fenómenos de degradação, os estados de degradação, as anomalias, os parâmetros das anomalias, os locais de ocorrência de anomalias, a gravidade da anomalia, os tipos de intervenção; para as acções exteriores, os dados climatéricos e os dados ambientais (Figura 4).

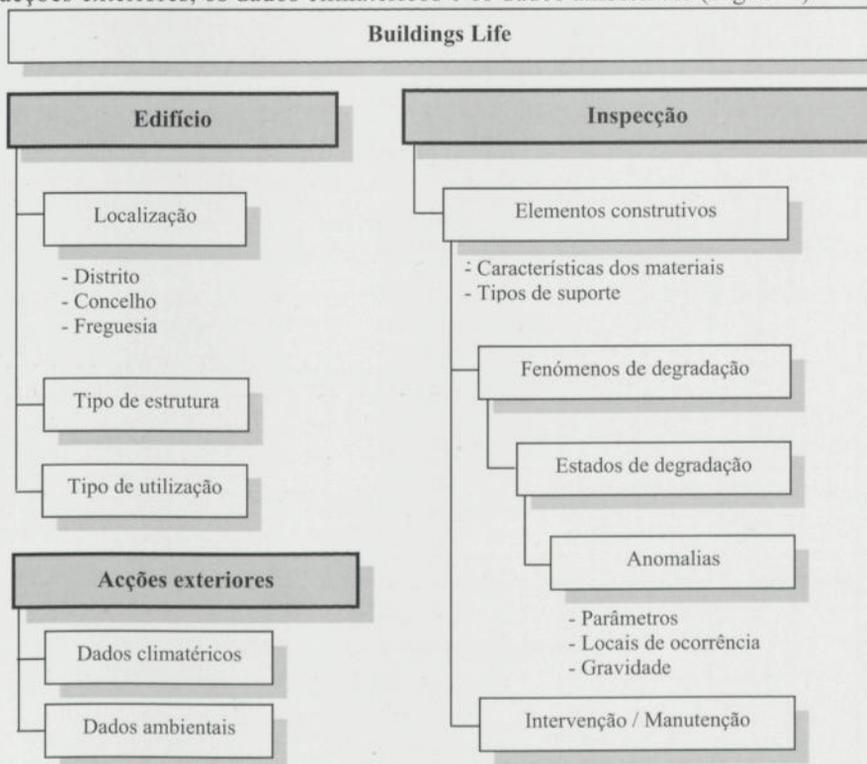


Figura 4: Relação entre os vários conteúdos que são necessários definir para o Sistema *Buildings Life*

Um elemento construtivo pertence a um determinado local inspeccionado (fachada, cobertura, garagem, etc.) e é definido por quatro níveis, categoria, classe, sub-classe e material (Tabela 1). Os tipos de suporte são todos aqueles que suportam os elementos construtivos que, por exemplo para o reboco, são

os diversos tipos de parede (alvenaria de tijolo furado, alvenaria mista, alvenaria de pedra, parede de tabique, parede de betão armado, taipa ou adobe).

Tabela 1: Exemplo da caracterização de um elemento construtivo.

Categoria	Classe	Sub-Classe	Material
Revestimento de paredes exteriores	Reboco	Tradicional	Cimento
Revestimento de paredes exteriores	Reboco	Tradicional	Cimento e cal
Revestimento de paredes exteriores	Reboco	Tradicional	Cal
Revestimento de paredes exteriores	Reboco	Pré-doseado	Monomassa
Revestimento de paredes exteriores	Reboco	Pré-doseado	Cimento

Os fenómenos de degradação são todos os processos que modificam os elementos construtivos ao longo da sua vida útil dando origem a diversos estados de degradação. No *Buildings Life*, um fenómeno de degradação é caracterizado por cinco estados de degradação (Tabela 2).

Tabela 2: Estados de degradação para o fenómeno “Alteração cromática” associado a uma pintura exterior.

Nível	Estado de degradação
1	Pintura com cores originais
2	Pintura descolorada. Perda de RGB é < 5% em relação à pintura original.
3	Pintura descolorada. Perda de RGB é ≥ 5% e < 15% em relação à pintura original.
4	Pintura descolorada. Perda de RGB é ≥ 15% e < 30% em relação à pintura original.
5	Pintura descolorada. Perda de RGB é ≥ 30% em relação à pintura original.

Os diversos níveis dos estados de degradação (n_i , $i=1,2,3,4,5$), associados a um mesmo fenómeno de degradação, resultam da evolução de estados anteriores (n_j é provocado pela evolução do estado n_i , $i < j$).

Associado a um estado de degradação, existem uma ou mais anomalias às quais são parametrizadas, localizadas em função do elemento construtivo e é avaliado o seu nível de gravidade em termos de consequências na vida útil do elemento e do edifício.

3.2 Entrada de registos

Nesta etapa, são inseridos os dados referentes aos Registos de Edifícios (dados gerais, fachadas, características, fotografias e ficheiros), os dados climatéricos (temperatura, humidade, ultra-violetas, velocidade do vento e radiação solar), os dados ambientais (dióxido de carbono e monóxido de carbono). São também registadas as Inspeções de Edifícios (dados gerais, locais inspeccionados, dados climatéricos, poluentes, elemento construtivo inspeccionado, suporte do elemento, fachada onde se localiza o elemento, fenómenos de de-

gradação, parametrização de anomalias, localização de ocorrências das anomalias, manutenção e observações).

3.3 Validação do modelo

Na etapa seguinte, é verificada a semelhança entre os fenómenos e estados de degradação existentes no sistema e os observados nas inspeções realizadas. Caso esta não exista, é necessário corrigir as definições inicialmente estabelecidas e, no caso contrário, avança-se para a *análise e interpretação*.

3.4 Análise e interpretação

Trata-se do processamento dos dados registados cruzados com as características definidas e do estabelecimento de probabilidades de degradação para os elementos construtivos em função das acções exteriores.

3.5 Relatórios

Nesta etapa, são gerados os relatórios dos edifícios e das inspeções realizadas.

4 Módulo “Registo de Edifícios”

A base de dados do *Buildings Life* é sustentada em registos de edifícios que são inspeccionados, pelo que é fundamental caracterizá-los correctamente. Quanto maior for o número de dados, mais estáveis e fiáveis serão os resultados obtidos pelo sistema (Figura 5).

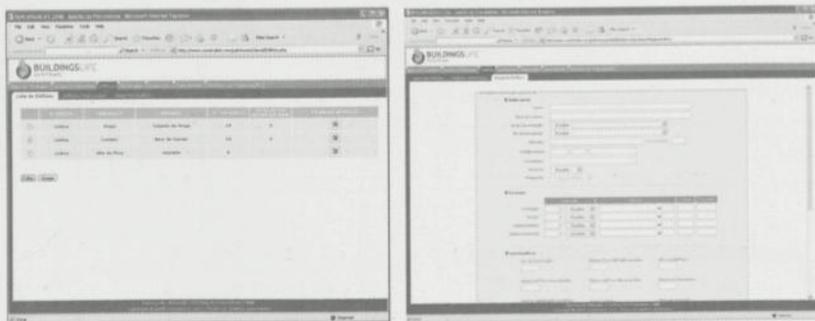


Figura 5: Ecrãs referentes ao módulo de registo de edifícios (à esquerda: lista de edifícios registados; à direita: formulário de registo de edifícios)

Assim, quando o utilizador regista um edifício, a base de dados atribui-lhe um identificador que o relaciona com o distrito, concelho, freguesia, morada e número da porta, permitindo distinguir os vários edifícios inseridos.

Para além disso, são definidos alguns dados gerais, como o tipo de via de comunicação que está inserido e o tipo de edifício. Quanto às fachadas, para cada uma pode ser registado o nome da rua, orientação e largura da rua. Podem ser inseridas outras características, tais como o ano de construção, o tipo de utilização, a altura do edifício ou o número de utilizadores. O *Buildings Life* permite também a inserção de fotografias e a anexação de vários ficheiros (peças escritas ou peças desenhadas). A informação relativa aos edifícios, depois de inserida, pode ser corrigida ou simplesmente apagada.

5 Módulo “Registo de Inspeções”

Depois de ter sido registado, o edifício fica disponível o módulo de Registo de Inspeções para que se caracterize os estados de degradação dos vários elementos construtivos analisados.

O registo é realizado em dois passos. No primeiro, o utilizador selecciona o edifício que foi inspeccionado, data e hora da inspeção, os locais que foram vistoriados, espaços comuns ou espaços individuais (Tabela 3) e dados climáticos e poluentes que se verificam no instante da inspeção.

Tabela 3: Segmentação dos locais a inspeccionar no *Buildings Life*

Espaços individuais	Espaços comuns
Arrecadação	Acessos comuns
Corredor	Bar
Cozinha	Cobertura
Escritório	Fachada
Instalações sanitárias	Garagem
Marquise	Ginásio
Quarto	Lobby
Sala	Piscina
Varanda	Restaurante

No segundo passo, são introduzidos dados para cada um dos locais inspeccionados, que são os estados de degradação, anomalias o tipo de manutenção e outras observações gerais referentes sempre a um elemento construtivo existente no local inspeccionado (Figura 6).

6 Considerações finais

O actual estado de desenvolvimento do *Buildings Life* permite, tal como foi descrito, a inserção de registos de edifícios e de inspeções de forma siste-

mática com o objectivo de caracterizar estados de degradação de forma unívoca independentemente do técnico que realize essas vistorias. A próxima etapa é a uniformização das acções climatéricas e ambientais e, de seguida, a concepção do modelo teórico que permita obter distribuições de probabilidades de degradação dos elementos construtivos de modo e realizar a gestão económica.

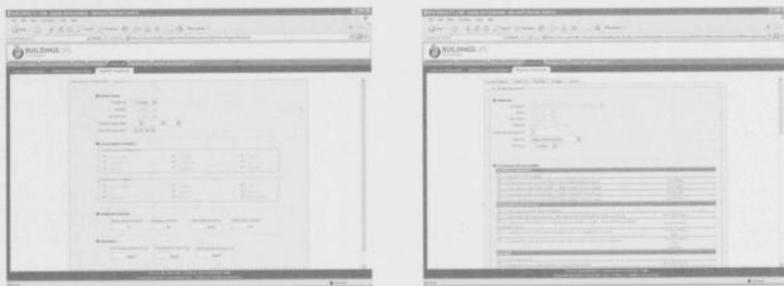


Figura 6: Ecrãs referentes ao módulo de registo de inspecções (à esquerda: passo 1; à direita: passo 2)

7 Bibliografia

- [1] ISO (International Organization for Standardization). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040)*. Geneve: ISO, 1997.
- [2] Jernberg, P. *et al. Guide and Bibliography to service Life and Durability Research for Building and Components Part I*, CIB W080 / RILEM TC 140.
- [3] ISO (International Organization for Standardisation). *Buildings and Constructed assets - service life planning - Part 1: General principles (ISO 15686-1)*. Geneve: ISO, 2000.
- [4] ISO (International Organization for Standardisation). *Buidings and Constructed assets - service life prediction principles - Part 2: General principles (ISO 15686-2)*. Geneve: ISO, 2000.
- [5] Balaras, C.A. *et al. Service life of buiding elements & instalations in European Apartment buildings*, 10 DBMC International Conference on Durability of Buiding Materials and Components. Lyon, 2005, pp. 718-725.
- [6] Calejo, R. M. *Gestão de edifícios - Modelo de simulação técnico-económica*. Dissertação de Doutoramento, FEUP, 2003.
- [7] Sjostrom, Ch. *et al. Product Declarations with respect to Durability - A progress report*, 10 DBMC International Conference on Durability of Buiding Materials and Components. Lyon, 2005, pp. 718-725.
- [8] Balaras, C.A. *et al. EPIQR - TOBUS - XENIOS - INVESTIMMO European Methodologies & Software Tools for Buiding Refubishment, Assessment of Energy Sanvings and IEQ*, 33rd Congress on Heating, Refrigerating and Air Conditioning. Belgrade, 2002.

NOVAS PERSPECTIVAS PARA A SISTEMATIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO RESULTANTE DE INSPECÇÕES TÉCNICAS

Xavier Romão*

Correio electrónico: xnr@fe.up.pt

Esmeralda Paupério†

Correio electrónico: pauperio@fe.up.pt

João Miranda Guedes‡

Correio electrónico: jguedes@fe.up.pt

Aníbal Costa§

Correio electrónico: agc@fe.up.pt

Luís Miranda**

Correio electrónico: mrp04006@fe.up.pt

Resumo

No âmbito da aplicação de novas tecnologias ao tratamento da informação obtida nas diversas inspecções técnicas que o Núcleo de Conservação e Reabilitação de Edifícios e Património (NCREP) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) tem efectuado, este tem vindo a desenvolver CDs multimédia como meios adicionais para a sistematização e divulgação da informação. Estas aplicações têm como objectivo disponibilizar a informação de uma forma simples e elucidativa, abrangendo descrições da estrutura, das patologias e dos materiais que constituem os imóveis em causa, e também de técnicas de construção e do enquadramento urbano do imóvel.

Apresenta-se, ainda, a base de dados do NCREP/FEUP que tem como objectivo permitir uma eficaz organização da informação associada aos diversos imóveis analisados. Serão salientados aspectos da base de dados, nomeadamente, ao nível do tipo de registos de informação que permite efectuar e do tipo de acesso a essa informação. Serão, igualmente, abordados aspectos relacionados com as potencialidades do tratamento estatístico global ou parcial da informação introduzida que pode ser efectuado na base de dados, sendo evidenciadas situações de interesse prático.

Palavras-chave: informação, multimédia, base de dados.

* Assistente, FEUP.

† Eng. Civil, IC-FEUP.

‡ Prof. Auxiliar, FEUP.

§ Prof. Catedrático, UA.

** Eng. Civil, aluno de mestrado, FEUP.

1 Introdução

O presente trabalho tem como objectivos a apresentação de duas ferramentas utilizadas pelo Núcleo de Conservação e Reabilitação de Edifícios e Património (NCREP) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) na área do tratamento, sistematização e apresentação de informação recolhida no âmbito das inspecções realizadas em imóveis classificados, de interesse público e em imóveis que, pelas suas características ou época de construção, foi considerado de interesse a sua inclusão neste conjunto.

A primeira ferramenta consiste em aplicações multimédia em suporte de CD-ROM. Um dos principais objectivos destas aplicações consiste em complementar os relatórios de inspecção efectuados possibilitando a apresentação de um conjunto diverso de informações que de outra forma seriam de difícil compilação e integração no relatório de inspecção. A utilização deste tipo de ferramentas, a partir da qual é possível apresentar simultaneamente diversos tipos de informação de forma simples, compacta e apelativa, constitui um componente cada vez menos dispensável na actual sociedade de informação onde a comunicação e a visualização de dados são fundamentais. Como exemplo, apresenta-se um projecto desenvolvido em torno duma habitação em alvenaria de pedra situada em Vila do Conde.

A segunda ferramenta é constituída por uma plataforma de gestão e tratamento da informação que possibilita, por um lado, a sua sistematização, e por outro, a sua distribuição através de diferentes meios que permitem a sua divulgação a vários níveis. Os principais constituintes desta ferramenta são uma base de dados, cujos aspectos mais importantes serão abordados neste trabalho, e que pretende aglomerar e organizar numa forma simples a informação recolhida ao longo das referidas inspecções, e uma página de Internet [1] que constitui o principal interface de divulgação da informação recolhida. Neste trabalho serão abordados os aspectos associados ao tipo de tratamento estatístico passível de ser efectuado com essa informação.

2 Meios multimédia interactivos como complementos na apresentação de informação

O conceito de multimédia interactiva surge, claramente, como a tecnologia do século XXI. Os benefícios da multimédia interactiva são de tal forma intuitivos e interessantes que começam a alcançar todas as áreas de negócio. Trabalhar na área multimédia é reconhecer que o conhecimento não reside unicamente nas mentes de um indivíduo, em livros, em jornais, em bibliotecas, em laboratórios, em bases de dados ou em experiências da vida. O conhecimento reside num espaço que cobre e envolve todos estes. Neste sentido, é importante

entender que a informação não é estática, mas sim dinâmica e móvel, e que a tecnologia multimédia abre as portas para o desenvolvimento de novos tipos de veículo para o acesso e distribuição dessa informação.

2.1 Ferramentas utilizadas

Um dos aspectos mais importantes no desenvolvimento de aplicações multimédia consiste na escolha de aplicativos adequados que permitam definir os conteúdos da forma pretendida. Essa escolha foi efectuada de forma a atender a dois factores fundamentais: Manter a complexidade do desenvolvimento da aplicação multimédia num nível razoável e possibilitar a transferência das diversas fontes de informação entre os diversos aplicativos.

No que respeita ao primeiro factor, a escolha recaiu no *software* de autoria Macromedia Director [2]. Tais programas permitem desenvolver aplicações multimédia completas, desde simples ou complexas apresentações, até aplicações de treino e formação interactiva. O *software* de autoria consiste em programas de computador de alto nível que permitem que designers ou programadores trabalhem com palavras e conceitos do dia-a-dia para criar apresentações interactivas. A principal função destes aplicativos é permitir que qualquer utilizador realize a combinação de texto, gráficos, animações, som e vídeo numa aplicação interactiva integrada e bem definida. De forma a oferecer uma maior flexibilidade na gestão dos diversos conteúdos multimédia, o Macromedia Director possui uma linguagem de programação associada: o Lingo.

Uma das grandes vantagens do Macromedia Director reside no facto de ser compatível com um grande número de formatos de imagem, vídeo e audio, geralmente suficientes para a maioria das aplicações. No entanto, uma das ferramentas de desenho assistido por computador mais utilizadas em engenharia civil, o AutoCAD® [3], não produz desenhos em formato compatível com o Macromedia Director. Assim, houve necessidade de recorrer a dois outros aplicativos para efectuar essa transferência de formatos. No que respeita a desenhos 2D de AutoCAD®, recorreu-se ao programa Macromedia Flash [4] para efectuar a conversão directa dos mesmos. Relativamente aos modelos 3D produzidos em AutoCAD®, estes foram convertidos num outro formato 3D através do aplicativo ModelPress Publisher [5], formato esse que é interpretado pelo programa ModelPress Reader [6] que pode ser executado a partir da aplicação multimédia. A vantagem da utilização do ModelPress Reader prende-se com a grande flexibilidade deste programa em manipular em tempo real modelos 3D de objectos complexos.

2.2 Breve descrição duma habitação objecto de estudo

A habitação objecto de estudo, Figura 1, foi construída, muito provavelmente, no século XX e localiza-se em pleno centro histórico da cidade de Vila

do Conde, em frente à casa de José Régio. A Figura 2 apresenta um postal ilustrado que, segundo informações prestadas, poderá ser de 1910 e onde se pode identificar a habitação em estudo. Neste postal é possível verificar que o edifício ainda mantém a traça original e que a fachada posterior (Poente), a cor de tijolo foi, entretanto, alvo de intervenção.

Em planta, o edifício tem forma trapezoidal e é constituído por rés-do-chão (R/C), um piso e sótão. O R/C tem três entradas independentes na fachada principal (Nascente). A entrada central dá acesso ao piso de habitação e as entradas laterais dão acesso a dois estabelecimentos comerciais. Estima-se que o sótão tenha sido, em tempos, parcialmente habitado.



Figura 1: Fachadas principal (Nascente) e Sul. Figura 2: Fachadas norte e poente em postal ilustrado de 1910 (?).

Os diversos conteúdos da aplicação multimédia encontram-se organizados por 6 temas: Localização, Habitação, Revestimentos, Estrutura, Mapa de Danos e Intervenção Sugerida (Figura 3). Cada um destes temas dá acesso a diversos sub-temas que, em seguida, são descritos de forma sucinta.

- Localização: os sub-temas Localização Geográfica, Envolvente Urbana e História de Vila do Conde complementam-se na definição do enquadramento geográfico da habitação em estudo, nomeadamente, através da apresentação de textos, fotografias da envolvente urbana e possibilitando a ligação a páginas da Internet com informação acerca de Vila do Conde. A Figura 4 apresenta um ecrã da Envolvente Urbana, onde se podem observar fotografias da zona envolvente da habitação referenciadas numa planta da zona urbana que circunda a habitação.
- Habitação: os sub-temas Descrição e Alterações Observadas apresentam uma descrição da arquitectura da habitação através de textos e fotografias, incluindo um levantamento fotográfico das zonas onde foram identificadas alterações ao projecto inicial da habitação, referenciado em plantas dos diferentes pisos.
- Revestimentos: os sub-temas Revestimentos Exteriores, Revestimentos e Pormenores Interiores apresentam, com recurso a diferentes estratégias de visualização, descrições detalhadas dos diferentes tipos de reves-

timentos presentes na habitação em estudo. Os revestimentos exteriores são apresentados por alçado através de desenhos 2D de AutoCAD®, Figura 5. Em termos de revestimentos interiores, são abordadas as diferentes técnicas de revestimento existentes, sendo apresentadas descrições dessas técnicas e registos fotográficos da habitação que as exemplificam. Em termos de pormenores interiores, é apresentado um registo fotográfico de diferentes aspectos da habitação que foram considerados de interesse.



Figura 3: Menu de escolha dos diferentes tipos de conteúdos.



Figura 4: Envoltura urbana

- Estrutura: os sub-temas Caracterização Material e Modelo Tridimensional complementam-se na apresentação e descrição da estrutura resistente da habitação. Na caracterização material são descritas a estrutura das paredes resistentes, dos pavimentos e da cobertura. Por seu lado, o modelo tridimensional apresenta uma representação 3D da habitação, Figura 6, que permite interagir em tempo real com o modelo através da interface do programa ModelPress Reader.

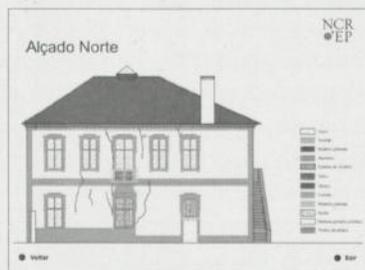


Figura 5: Revestimentos exteriores

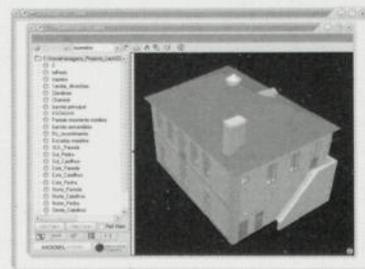


Figura 6: Modelo tridimensional

- Mapa de Danos: os sub-temas Levantamento de Patologias e Registo de Danos apresentam duas estratégias diferentes para a descrição das patologias identificadas na inspeção técnica da habitação. São apresentados desenhos 2D dos alçados da habitação onde estão assinaladas as diferentes patologias observadas. Estes desenhos incluem conteúdos interactivos, na medida em que, ao passar com o cursor do rato sobre as

representações das patologias, são exibidas fotografias das mesmas. Adicionalmente, são disponibilizadas as fichas de registo de patologias em formato pdf que constam do relatório de inspecção.

- Intervenção Sugerida: os sub-temas Ensaios/Sondagens, Reforço Provisório e Registo de Obra contém registos fotográficos de alguns ensaios de caracterização estrutural realizados na habitação e da solução de reforço estrutural preconizada no relatório de inspecção, sendo que esta última se encontra igualmente descrita.

3 A base de dados do NCREP

A base de dados do NCREP foi desenvolvida de forma a utilizar um ficheiro com o formato do MS Access [7]. Possui uma interface gráfica para introdução de dados e consulta simples desenvolvida em MS Visual Basic [8] e possui uma interface de consulta detalhada para a Internet desenvolvida em ASP [9]. Os elementos constituintes, que em seguida se apresentam de forma sucinta, foram desenvolvidos em conjunto com o Prof. António João Cruz [10].

Na sistematização da informação a introduzir na base de dados foi necessário estabelecer critérios e definir campos-chave que permitissem, numa primeira abordagem, estabelecer uma triagem das inspecções. Os dois campos-chave definidos na identificação do imóvel são o tipo de relatório produzido após inspecção e a definição da tipologia do imóvel inspeccionado. Para a definição da tipologia foi criada uma lista com base no tipo de imóveis inspeccionados. O tipo de relatório foi associado ao tipo de inspecção e à informação por esta produzida tendo-se definido 4 grupos de relatório-tipo: Relatório de Visita Técnica, Relatório de Obra, Estudo de Mestrado e Estudo de Doutoramento.

A identificação da entidade que encomenda o relatório, o número global de relatórios, ou dos relatórios efectuados para um mesmo edifício ou mesma entidade, foram consideradas informações importantes. Essas informações foram associadas e introduzidas na numeração dos relatórios através de códigos que permitissem a leitura dessa informação. Para a identificação de um determinado imóvel, os elementos considerados importantes foram: o nome; a localização; o facto do edifício ser ou não classificado e o número IPA (o Sistema de Informação Técnica e Científica para o Património Arquitectónico, abreviadamente designado por Inventário do Património Arquitectónico - IPA, compreende imóveis, conjuntos urbanos, sítios e paisagens culturais, disponíveis na Internet através de <http://www.monumentos.pt/>) da base de dados da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN).

Após uma inspecção, parte da informação obtida é registada em 4 fichas com campos de preenchimento obrigatório: Identificação; Patologias; Monito-

rização/Intervenção e Ensaio e 1 ficha de preenchimento opcional (Observação/Resumo). Estas 5 fichas correspondem a uma entrada da base dados.

Na ficha de “*Identificação*”, apresentada na Figura 7, estão identificados três campos de preenchimento individualizados: um campo identificativo do edifício com a indicação de classificação, o número IPA e a definição da tipologia do imóvel. O campo “*Localização do imóvel*” é, para já e à falta de um Sistema de Informação Geográfica de âmbito nacional, definida por local, freguesia, concelho e distrito. O campo relativo ao Relatório executa a numeração automática deste em função de um código de letras e números cujo conteúdo e organização fornece informação sobre o relatório. Esses códigos correspondem à sigla da entidade que encomenda o relatório (IC para Instituto da Construção, DGEMN ou OU para outras entidades) e um número associado a essa entidade, a sigla que identifica o tipo de relatório e um número associado ao tipo de relatório, e uma letra associada ao imóvel informando sobre quantos relatórios existem para um mesmo imóvel. No final, junta-se a sigla NG (número geral) e o número de relatório em termos globais. A título de exemplo, um relatório com o número DGEMN16-RO5-C-NG22 corresponde ao relatório geral número 22, ao relatório número 16 para a DGEMN, ao 5º relatório de obra e que, além deste, foram elaborados dois relatórios referentes ao este imóvel (C).

Figura 7: Ficha de identificação do imóvel.

A ficha correspondente às “*Patologias*” compreende 3 campos principais: patologias de âmbito estrutural, físicas e químicas, e biológicas. Estas patologias estão definidas em lista, de acordo com as patologias que se consideraram mais representativas aquando do desenvolvimento inicial da base de dados. Actualmente, e face à experiência obtida na utilização desta base de dados, esta lista é considerada demasiado genérica, prevendo-se que num desenvol-

vimento a curto prazo esta definição seja revista, sendo associada ao tipo de imóvel e ao material de construção predominante: betão ou alvenaria de pedra. Este aspecto levanta a necessidade de criar um outro campo-chave na ficha "Identificação" e que corresponde à definição do material de construção. Inicialmente, a base de dados foi estruturada pensando apenas em estruturas de alvenaria. No entanto, posteriormente, foram sendo introduzidas estruturas de betão armado datadas até sensivelmente aos anos 60 do Séc. XX.

A ficha "Monitorização/Intervenção" apresenta listas de preenchimento de itens que não se pretenderam exaustivos mas apenas indicativos. A perda de argamassa de revestimento, por exemplo, foi incluída nas patologias estruturais porque se considera que em edifícios de pedra construídos para serem revestidos, a perda desta argamassa é factor de degradação da estrutura. Nos campos de preenchimento existem as opções "aconselhadas e/ou efectuadas", que permitem um controlo, após obra, entre o definido e o executado.

A ficha de "Ensaios" divide-se em ensaios "in situ", de caracterização petrofísica, mecânica e química-mineralógica. Todas as fichas possuem ainda as opções "Nenhum", que desactiva o preenchimento dos campos, a opção "Outros" que permite acrescentar ensaios não contemplados nas listas gerais. Na situação actual, apenas são definidos ensaios específicos a imóveis que, face às características das patologias que apresentam e/ou à necessidade da definição de trabalhos de reparação, necessitem de informação complementar.

3.1 Tratamento estatístico da informação da base de dados

Com base nos registos efectuados nas fichas previamente identificadas, a base de dados cria um ficheiro que, quando importado no MS Excel [11], permite o tratamento estatístico da informação introduzida na base de dados permitindo, por exemplo, saber quantos relatórios se executam para quem, que tipo de imóvel tem mais pedidos de inspecção, que patologia é mais frequente em determinado tipo de imóvel, quantos relatórios foram executados para determinada entidade ao longo dos últimos anos, etc.

Decorrente deste tratamento estatístico, apresenta-se na Figura 8 a quantidade de inspecções que o grupo NCREP/FEUP efectuou nos últimos 5 anos por tipologia de imóveis para as diversas entidades. Como se verifica, as igrejas e as pontes são os imóveis mais inspeccionados pelo NCREP. Na Figura 9 apresentam-se as entidades que mais solicitam o apoio do NCREP. O apoio à DGEMN é efectuado no âmbito de um protocolo com a FEUP, sendo visível o aumento do trabalho do NCREP para entidades públicas e privadas através do IC a partir do ano de 2002. Para a entidade DGEMN, as tipologias de imóveis mais inspeccionados são as tipologias "Igreja" e "Pontes".

De forma a exemplificar as potencialidades do tratamento estatístico permitido, apresentam-se, na Figura 10, as patologias mais frequentes em Pontes. Verifica-se que a "Degradação" assinalada em 20% dos casos,

Verifica-se que a “*Degradação*” assinalada em 20% dos casos, resultante muitas vezes do abandono e da falta de manutenção destas estruturas, é a patologia mais assinalada. Em estruturas de alvenaria de pedra, a degradação do material traduz-se sempre em degradação estrutural. O mesmo acontece com a “*Perda de argamassa nas juntas*” (13%), que também se considera ser uma das maiores causas de dano, dado que proporciona o aparecimento de infiltrações de água no interior da estrutura que produzem a degradação do material de enchimento. A “*Fendilhação*” (13%) é muitas vezes observada no intradorso dos arcos e deriva, quer da descompressão dos arcos, quer do tráfego intenso que os solicitam acima da sua capacidade resistente. Neste tipo de estruturas é, por vezes, usual a inexistência de uma camada de material que permita uma adequada degradação das cargas, estando a cota do pavimento quase à cota de fecho dos arcos. A patologia *Ruína*, assinalada em 10% dos casos, é referente à ruína de qualquer elemento estrutural da ponte, contabilizando-se neste grupo também os quebra-mares e quebrantes que são essenciais para permitirem um bom escoamento hidráulico e diminuírem as acções horizontais sobre a estrutura e os efeitos de vórtice junto às fundações dos pilares. Salienta-se que estão englobadas duas pontes de betão armado que, apesar de não estarem datadas, são consideradas do início da época em que foi introduzido o betão armado em Portugal. Nestas pontes, as patologias mais assinaladas são a corrosão de armaduras e a deficiente camada de recobrimento.

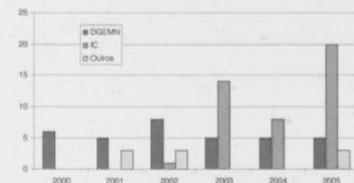
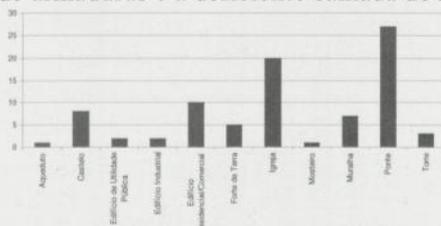


Figura 8: Inspeções efectuadas por tipologia Figura 9: Inspeções efectuadas por entidades e por ano.

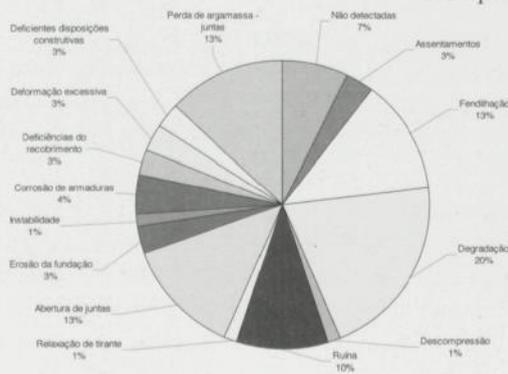


Figura 10: Patologias estruturais observadas em pontes.

A base de dados do NCREP/FEUP encontra-se ainda numa fase de desenvolvimento e aperfeiçoamento possuindo já, no entanto, cerca de 90 entradas que permitem uma melhor aferição dos itens definidos para o seu preenchimento. Nestes registos incluem-se todas as inspecções efectuadas para a DGEMN e as que englobam edifícios que se consideram dentro do âmbito dos imóveis em análise, efectuadas para Câmaras Municipais e entidades privadas cujos pedidos chegam por intermédio do IC. Como desenvolvimento futuro, e no âmbito de um registo de informação essencial para a base de dados, prevê-se a realização de ensaios que possibilitem a caracterização material e estrutural de imóveis, sendo o primeiro objectivo a caracterização dos imóveis já registados.

4 Conclusões

Apresentaram-se neste trabalho duas ferramentas utilizadas pelo NCREP/FEUP na área do tratamento, sistematização e apresentação de informação. Os aspectos e constituintes mais importantes destas ferramentas foram abordados e descritos, salientando-se as potencialidades da sua utilização.

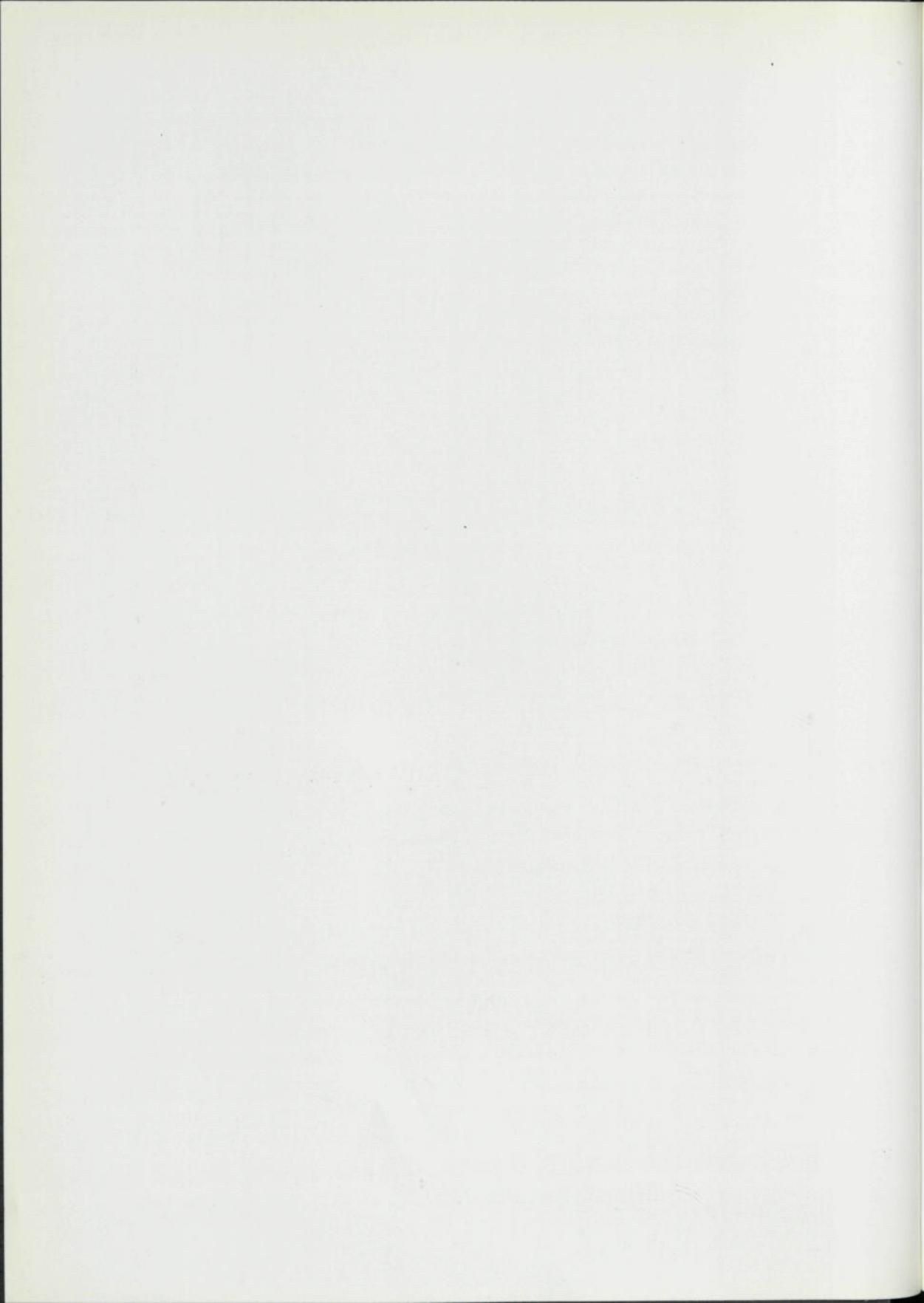
A primeira ferramenta apresentada consiste numa aplicação multimédia desenvolvida para suporte em CD-ROM. Esta aplicação foi desenvolvida em torno duma habitação situada em Vila do Conde, tendo sido sumariamente descritos neste trabalho os seus conteúdos. Após o contacto com o desenvolvimento duma aplicação deste tipo é importante salientar as suas vantagens em termos de apresentação de informação em diversos formatos. No entanto, certos aspectos ainda estão por explorar, nomeadamente a definição de modelos tridimensionais dos imóveis que permitam diversos níveis de interacção.

A segunda ferramenta é constituída por uma plataforma de gestão e tratamento da informação que possibilita a sua sistematização e distribuição através de diferentes meios. Esta ferramenta é constituída por uma base de dados, cujos aspectos mais importantes foram abordados neste trabalho, e uma página de Internet [1]. Foram abordadas algumas das potencialidades desta base de dados ao nível do cruzamento e interpretação da informação. Actualmente, e face à experiência obtida com esta base de dados, prevê-se que certos aspectos sejam revistos e melhorados com vista a melhor servir os objectivos deste trabalho.

5 Bibliografia

- [1] NCREP, Núcleo de conservação e Reabilitação de Edifícios e Património, Faculdade de Engenharia Da Universidade do Porto, 2005. <http://ncrep.fe.up.pt/>
- [2] Macromedia Director MX 2004, Macromedia, 2005.
- [3] AutoCAD® 2005, Autodesk®, 2005.

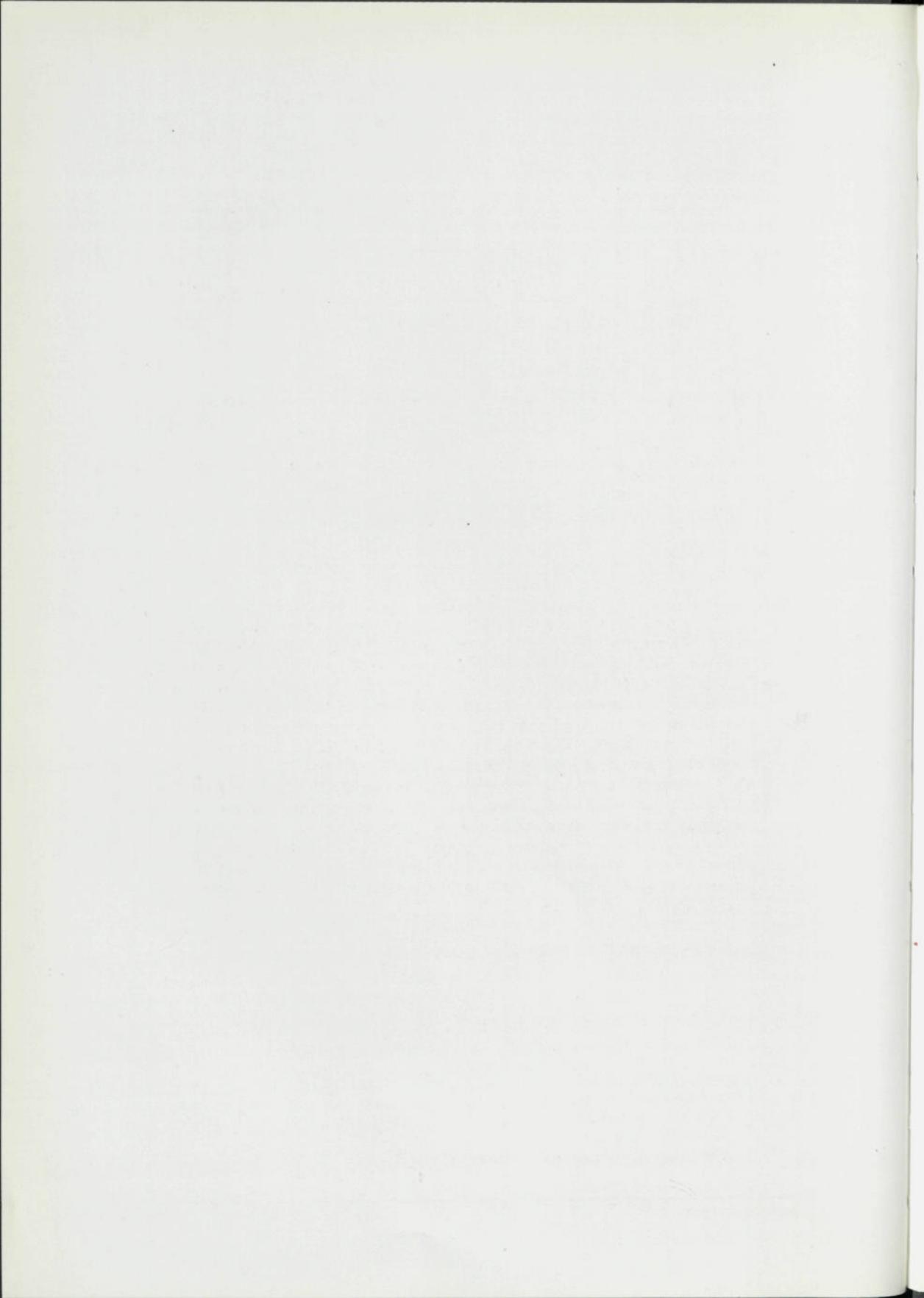
- [4] Macromedia Flash MX 2004, Macromedia, 2005.
- [5] ModelPress Publisher, Informative Graphics Corporation, 2005.
- [6] ModelPress Reader, Informative Graphics Corporation, 2005.
- [7] MS Access, Microsoft Access 2003, Microsoft Corporation, 2005.
- [8] MS Visual Basic, Microsoft Visual Basic, Microsoft Corporation, 2005.
- [9] ASP, Active Server Pages, Microsoft Corporation, 2005
- [10] Cruz, A. J., Departamento de Arte, Conservação e Restauro, Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico de Tomar, 2005
- [11] MS Excel, Microsoft Excel 2003, Microsoft Corporation, 2005.





PATORREB 2006

SESSÃO XII – MANUTENÇÃO / REABILITAÇÃO



A INSPECÇÃO COMO INSTRUMENTO DE DECISÃO

Apresentação de um caso prático num edifício com valor patrimonial

Cilisia Ornelas*

Correio electrónico: cilisia@fe.up.pt

Tiago Dias†

Correio electrónico: tiagoid@fe.up.pt

João Guedes‡

Correio electrónico: jguedes@fe.up.pt

Aníbal Costa§

Correio electrónico: agc@fe.up.pt

Esmeralda Paupério**

Correio electrónico: pauperio@fe.up.pt

Resumo

A presente comunicação pretende expor um estudo desenvolvido no âmbito de um protocolo realizado entre o Instituto Arquitecto José Marques da Silva (IMS), através da Reitoria da Universidade do Porto, e o Núcleo de Conservação e Reabilitação de Edifícios e Património (NCREP), através da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). O objecto de trabalho residiu em dois edifícios em alvenaria de pedra propriedade do IMS, um do final do século XIX e outro do início do século XX, este último casa-ateliêr e projecto do Arquitecto Marques da Silva.

O estudo teve como objectivo concluir acerca do estado de conservação dos dois edifícios, e da necessidade e do nível de intervenção a realizar no edificado. Com esse objectivo, foi efectuado o levantamento exaustivo dos materiais, elementos estruturais e patologias. Esta informação, a apresentar sob a forma de relatório de inspecção, pretende ser uma base de trabalho e de apoio à decisão do projecto de reabilitação. Os dados aqui apresentados referem-se apenas ao edifício do séc. XIX.

Palavras-chave: Inspeção, Diagnóstico, Intervenção, Património.

* Arquitecta, Bolseira, FEUP.

† Engenheiro Civil, Bolseiro, FEUP.

‡ Professor Auxiliar, FEUP.

§ Professor Catedrático, UA.

** Engenheira Civil, Instituto da Construção (IC), FEUP.

1 Introdução

“A realização deste diagnóstico é essencial a uma correcta intervenção sobre o construído (...) já que é o ponto de partida para o estabelecimento das tecnologias e materiais a utilizar e que melhor se adequem às características físicas e à história do objecto a intervir.” [1]

Quando surge o interesse em proceder à reabilitação de um edifício de uma forma sustentada, tendo em atenção o seu valor histórico, patrimonial, arquitectónico, construtivo, etc., é necessário que se desenvolva um trabalho prévio de diagnóstico cuidado que possa servir como instrumento de decisão útil e prático nas tomadas de decisão da obra a realizar. Para que nenhum pormenor seja esquecido ou menosprezado, é importante percorrer as mais variadas disciplinas que possam estar relacionadas com o edifício. Assim, para além da Geotecnia, das Estruturas e das Construções, deve-se abordar com especial atenção as questões relacionadas com a Arquitectura, a História e o Restauro.

Nesse sentido, verifica-se ser de enorme importância a consulta de especialistas nas diversas áreas. As discussões relacionadas com os diversos temas podem-se revelar muito profícuas, tendendo, naturalmente, para a obtenção de explicações dos fenómenos e de soluções para os problemas.

Por outro lado, e podendo os relatórios ser consultados por pessoas ligadas a diferentes áreas, é fundamental que apresentem a informação de forma clara. Nessa medida, é importante delinear desde o início a táctica de diagnóstico, isto é, a forma de levantamento e organização da informação tendo em conta a interdisciplinariedade deste tipo de intervenções. Naturalmente que esta sistematização ganha importância à medida que os edifícios a estudar vão crescendo em complexidade.

Neste trabalho será analisado, a título de exemplo, o caso de estudo de um palacete do século XIX (1875) situado na Praça do Marquês de Pombal, no Porto [2], propriedade do IMS.

2 O objecto de estudo

Existem, em todo o país, inúmeros edifícios anteriores ao Séc. XX. Muitos, encontram-se em estado de conservação satisfatório. Outros, votados ao abandono, continuam à mercê do tempo e dos seus efeitos e apresentam-se por vezes em estado de ruína. Tal como sucede nos dias de hoje, também no século XIX havia construções com níveis de qualidade substancialmente diferentes. A qualidade dos materiais – pedra, madeira, argamassas – e o processo de construção influenciam fortemente a durabilidade dos edifícios.

A configuração do objecto de análise do presente estudo, um palacete do final do século XIX, vai de encontro ao que se construía na altura na cidade do Porto [3]: a volumetria do edifício baseia-se num processo de associação que

consiste na adição de volumes mais pequenos (neste caso destinados a zonas de serviço) a um volume principal de maior dimensão.

A fachada principal (Figura 1), claramente a mais importante, é a que apresenta um carácter mais austero, com envasamento e cantaria de granito, grandes vãos com padieiras em arco e varandas ao nível do piso 1 – piso nobre. As outras fachadas estão voltadas para os jardins e não exibem a mesma preocupação de ordem estética, consistindo em alçados simples com composição fortemente horizontal, dada por faixas de granito que dividem os dois andares.



Figura 1: Alçados principal, Sul e Este.

No alçado posterior (Este) é notória a distinção entre a zona nobre da casa composta por vãos e varandas, e a zona de serviços com poucos vãos para o exterior, sendo os que existem de reduzidas dimensões, existindo uma evidente anulação ou ocultação destes espaços para o exterior.

A planta organiza-se de forma simétrica à volta de uma caixa de escadas central pontuada por uma clarabóia que ilumina todo este espaço, realçando a sua importância. Ao nível do rés-do-chão (Piso 0) verifica-se uma disposição de espaços típica deste tipo de edifícios, com a zona de recepção, sala de visitas, escritório, salas sociais e alguns espaços de apoio. O compartimento mais imponente deste piso, a sala de jantar, possui o tecto e o mobiliário desenhados pelo Arquitecto José Marques da Silva [4]. No andar nobre (Piso 1) existe um grande salão voltado para a Praça do Marquês de Pombal, uma sala-capela voltada a Norte e os quartos dos proprietários voltados a Nascente e a Sul. Existe ainda uma cave sem aberturas para o exterior, funcionando como cofre da casa.

3 Metodologia de Inspeção

3.1 Recolha de Informação

O primeiro passo do processo de diagnóstico consistiu na recolha de informação acerca do objecto de estudo, de forma a conhecer o seu enquadra-

mento histórico, arquitectónico e paisagístico. Com pouca documentação escrita existente, foi possível conhecer um pouco mais acerca do edifício através de conversas com elementos do IMS, donde resultou alguma da informação referida no ponto 2. Por outro lado, as peças desenhadas de apoio ao trabalho foram obtidas através do levantamento arquitectónico do edifício realizado pela Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto (FAUP).

3.2 Observação e levantamento de materiais estruturais, não estruturais e da estrutura

O passo seguinte consistiu na inspecção visual do edifício tendo em vista o levantamento de todos os materiais estruturais e não estruturais. Tendo-se verificado, nesta fase, a importância de se proceder a uma correcta sistematização da informação [5], elaboraram-se Mapas de Compartimentos e Vãos. Através destes, foi possível sistematizar a organização dos vários espaços e vãos do edifício, estabelecendo uma terminologia e sequência a utilizar ao longo do estudo. Ao longo desta fase, efectuou-se um levantamento fotográfico extenso que pretendeu focar diferentes aspectos do edifício: características arquitectónicas e construtivas relevantes e patologias detectadas. Este levantamento foi devidamente registado e organizado através de Mapas de Fotografias.

Através da inspecção visual foi possível, para cada compartimento, fazer a descrição de todos os materiais de revestimento. Esta informação foi apresentada em tabelas onde, para cada compartimento, se definiram os materiais de todos os elementos construtivos – pavimentos, paredes, rodapés/lambris e tectos (Tabela 1).

Tabela 1: Definição dos materiais de revestimento dos compartimentos.

Piso 1	Pavimento	Lambrim/Rodapé	Parede	Tecto
C5_1	Madeira de casquinha tábuas corridas simples (esp.=3,5cm) com encaixe macho fêmea	Rodapé em madeira com fingimento de mármore	Estuque com pintura cinzenta	Estuque com molduras decorativas e pinturas figurativas (em tons de cinzento e verde)

Complementarmente, e com o auxílio de algumas sondagens (através de furos de pequeno diâmetro executados com berbequim a diversas cotas ou aproveitando buracos existentes nas paredes), organizou-se para todas as paredes uma tabela com os materiais constituintes e respectivas espessuras. Nesta fase utilizaram-se ainda alçapões e buracos existentes nos pavimentos e tectos para se visualizar as respectivas estruturas de suporte. Com esta informação elaboraram-se Mapas de Sondagens, em que se representou o tipo de sondagem efectuada, o seu posicionamento, e sendo caso disso, a altura a que foi execu-

tada (Figura 2). Mais uma vez, a escolha por uma apresentação deste tipo – tabelas e mapas – deveu-se à necessidade de clarificar a informação, já que com uma tão grande quantidade de compartimentos e elementos construtivos, qualquer tipo de texto descritivo se poderia tornar facilmente confuso. Como complemento desta informação, e para permitir uma percepção mais gráfica/visual da situação, apresentaram-se algumas secções tipo de paredes (Figura 3).

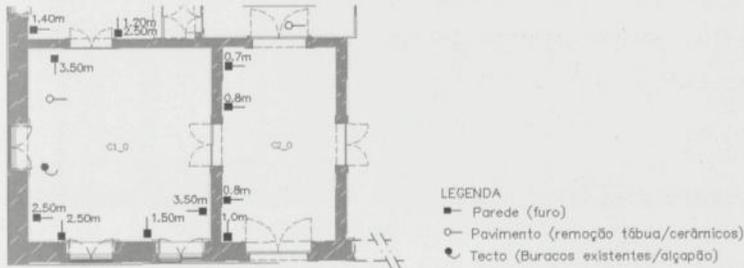


Figura 2: Mapa de Sondagens (detalhe).

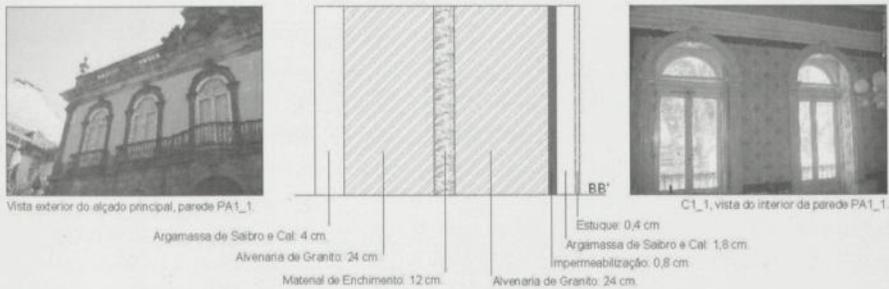


Figura 3: Secção tipo de uma parede; fotografias das faces exterior e interior.

Esta etapa do estudo permitiu recolher sobre os materiais de construção e técnicas construtivas utilizadas e confirmar a boa qualidade geral do edifício. Os pavimentos elevados ou com caixa-de-ar são em madeira de casquinha, enquanto que os pavimentos assentes sobre o terreno exibem revestimento de ladrilhos cerâmicos. A maior parte dos compartimentos apresenta paredes estucadas e pintadas e os mais nobres exibem pinturas figurativas. Existem alguns compartimentos com revestimento em papel de parede (Figura 4) e mesmo em tecido aplicados sobre o estuque. Por outro lado, descobriu-se que a impermeabilização do edifício é feita pela face interior das paredes exteriores e consiste numa camada de material asfáltico situada entre a camada de argamassa de

saibro e cal e a alvenaria de granito. Esta camada atinge geralmente o topo das paredes exteriores. Verificou-se ainda que, ao nível do rés-do-chão (piso 0), as paredes interiores resistentes exibem impermeabilização em ambas as faces, mas apenas até aos 2m de altura.



Figura 4: Parede revestida a papel e tecto estucado com pinturas decorativas.

Com o conhecimento completo dos materiais de revestimento existentes, efectuou-se o levantamento dos elementos estruturais: dimensões, materiais e espaçamento das vigas, espessura e materiais das paredes, ligações paredes/vigas, etc., e procurou-se compreender o seu funcionamento. A informação foi apresentada através de plantas estruturais do edifício, juntamente com cortes das secções consideradas mais relevantes. Foram, de igual modo, elaborados mapas e cortes de paredes, fazendo a distinção entre paredes exteriores, interiores resistentes (alvenaria de granito) e interiores não resistentes (tabique).

Este levantamento permitiu verificar que, tanto as paredes exteriores como as interiores são em alvenaria de granito (com 60cm e 24cm de espessura respectivamente), existindo, no entanto, algumas paredes de tabique a dividir alguns compartimentos. Por outro lado, a estrutura dos pavimentos é constituída por vigas de madeira, tarugadas, com cerca de 15cm de diâmetro e com um espaçamento médio de 60cm entre eixos (Figura 5).



Figura 5: Pormenor da estrutura de suporte do pavimento e do lanternim.

A cobertura de quatro águas é suportada por asnas de madeira de castanho em bom estado apoiadas directamente nas paredes. De referir ainda a complexidade da estrutura de madeira de suporte do lanternim com grande profusão de vigas e escoras (Figura 5).

3.3 Observação e levantamento de patologias

Depois de verificados os materiais e o funcionamento estrutural do edifício, procurou-se perceber as manifestações patológicas que este apresentava. Sendo assim, depois de uma observação geral do edifício, realizou-se uma inspecção visual exaustiva, desta vez com o objectivo de fazer o levantamento das patologias existentes, quer nas fachadas, quer no interior. De forma a apoiar o levantamento, e com o intuito de uniformizar as definições das diferentes patologias, foi adoptada a terminologia usada na Informação Técnica do LNEC [6]. Este documento, além de fornecer as definições das diferentes patologias, associa-lhes um símbolo gráfico que permite a sua representação nos levantamentos efectuados. O resultado da inspecção foi apresentado sob a forma desenhada e escrita. Para cada compartimento apresentou-se uma folha com a representação gráfica das patologias verificadas (Figura 6), com a descrição inscrita numa tabela, complementada com fotografias e alguns esboços considerados relevantes. Esta metodologia foi igualmente utilizada para os alçados.

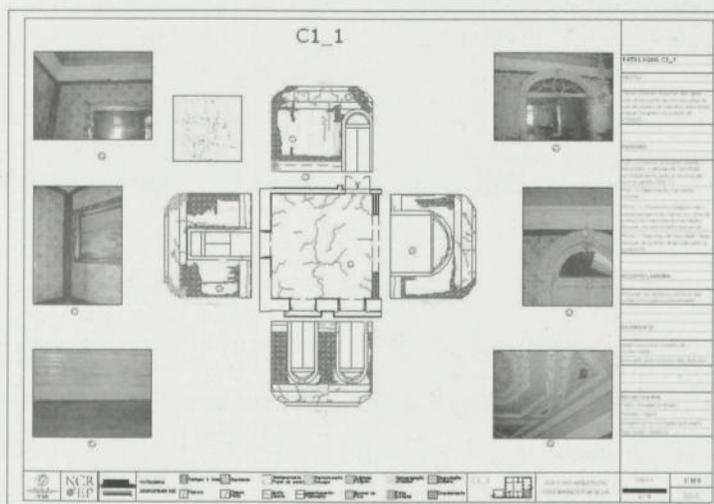


Figura 6: Folha de patologias de um compartimento.

Ao longo desta fase do estudo registaram-se e catalogaram-se as patologias existentes e concluiu-se acerca do estado de conservação do edifício. Verifi-

cou-se assim que, de uma forma geral, as suas paredes exteriores apresentam manchas de humidade e eflorescências (Figura 7). Também as paredes interiores apresentam eflorescências, mas apenas ao nível do rés-do-chão. Por outro lado, verificou-se um destacamento global das tintas e destacamentos pontuais de estuque, estes com particular incidência nos tectos, sendo mesmo possível, em alguns casos, visualizar a estrutura do tabique. Verificaram-se ainda algumas fissuras (pouco relevantes) nas paredes, com particular incidência nas zonas sobre as padieiras, e bastantes microfissuras no estuque dos tectos.

Apesar de grande parte do pavimento se encontrar em excelente estado de conservação, foi possível observar em algumas zonas do edifício, geralmente junto a janelas, uma maior flexibilidade do pavimento, possivelmente associada a uma degradação localizada do travejamento de apoio do piso.

Ao nível das fachadas, verificou-se um destacamento generalizado de tinta e empolamentos e destacamentos pontuais de reboco. Em relação ao granito, as manifestações encontradas em maior escala foram as desagregações granulares. Por outro lado, verificou-se a existência de filmes negros, com maior intensidade na fachada virada para a Praça, e de colonização biológica (musgos, líquenes, etc.) na fachada virada a Norte (Figura 7).



Figura 7: Manchas de humidade em parede exterior; destacamento de estuque com tabique à vista; fachada virada a Norte com colonização biológica.

3.4 Apuramento e interpretação das causas das patologias

Durante o desenvolvimento das fases anteriores, procurou-se fazer uma interpretação dos danos, avaliando as causas que lhes deram origem. No entanto, é nesta etapa posterior que se conclui de forma “definitiva” acerca de tais causas. O registo exaustivo e cuidado das patologias executado anteriormente, revelou-se de grande utilidade já que permitiu uma visão global do problema, auxiliando na avaliação das anomalias e do seu inter-relacionamento.

Por outro lado, o conhecimento completo dos materiais que compõem o edifício e dos esquemas estruturais revestiu-se de grande importância, permi-

tindo estabelecer uma correlação entre os elementos construtivos e os fenómenos observados, [5] e [7]. Neste ponto, a consulta de especialistas de diferentes áreas revela-se de grande proficuidade, já que a discussão surgida contribui para um melhor entendimento do edifício. Foi igualmente de grande importância o trabalho de investigação realizado – consulta de bibliografia de construção, leitura de escritos descritivos de anteriores experiências na área. Por último, procuraram-se na envolvente ao edifício sinais que pudessem contribuir para o aparecimento das patologias, procurando compreender quais os mecanismos que lhes pudessem dar origem. Conjugando todos estes factores, foi possível concluir acerca das principais causas das patologias encontradas.

Sendo assim, verifica-se que ascensão de água por capilaridade foi a principal responsável pelo aparecimento de manchas de humidade, eflorescências e empolamentos de reboco ao nível do piso 0. Por outro lado, a entrada de água em zonas localizadas da cobertura originou as manchas de humidade encontradas nas paredes exteriores do piso 1. Já os assentamentos do pavimento terão tido origem em entradas de água através de janelas ou portas exteriores.

As fissuras e destacamentos de estuque verificados no tecto explicam-se em parte pelo envelhecimento natural dos materiais. Por outro lado, o facto do edifício se situar nas proximidades da construção de uma obra subterrânea, poderá ter tido alguma influência no agravamento do estado destes estuques.

Finalmente, convém referir que o facto do edifício já não ser utilizado e arejado convenientemente há mais de 5 anos, é, necessariamente, um motivo de aceleração dos mecanismos de degradação do edifício.

4 Considerações finais

A inspecção do edifício foi desenvolvida tendo em vista o seu objectivo final: o fornecimento de elementos de apoio a uma futura decisão do projecto de reabilitação. Tendo em conta que essa futura intervenção será feita de uma forma cuidada, preservando os valores arquitectónicos e históricos do edifício, procurou-se estudar o edifício de uma forma exaustiva, tentando fazer uma análise tanto ao nível global, como ao nível dos pormenores.

Neste sentido, procurou percorrer-se todas as disciplinas que pudessem estar envolvidas no estudo do edifício, elaborando-se o diagnóstico do seu estado de conservação e fornecendo indicações acerca das zonas críticas e dos elementos construtivos com maior necessidade de reparação. Em particular, foi dada especial atenção à sistematização da informação por artes, tornando mais simples o processo de medição e orçamentação da futura obra. Procurou-se, desde o início, apresentar a informação de uma forma clara e de consulta simples. Nesse sentido foram criados diferentes mapas - compartimentos, vãos, paredes, sondagens e fotografias, que foram uma preciosa ajuda na organização do estudo. Elaborou-se uma grelha interpretativa por artes, que permite

que técnicos de diferentes áreas entendam os parâmetros de análise e os resultados do trabalho de investigação.

Em conclusão, foi intenção deste trabalho apresentar uma metodologia sistematizada de levantamento estrutural/material/arquitectónico de um edifício, já que se considera ser este uma ferramenta fundamental de apoio à decisão e realização de uma intervenção sustentada no património.

O estudo de um edifício com valor patrimonial, construído com materiais de qualidade e segundo as “boas normas” da época é, inegavelmente, um desafio aliciante, e é com grande satisfação que se verifica a chegada aos nossos dias, 130 anos após a sua construção, de um edifício privado de valor inquestionável em condições de conservação que permitem a sua recuperação integral.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Arquitecto José Marques da Silva na pessoa do seu presidente, o Prof. Francisco Ribeiro da Silva, e em particular às Doutoradas Maria Odete Machado, Maria Conceição Prata e Inês Sarmento, por toda a colaboração prestada na realização deste trabalho.

6 Bibliografia

- [1] Appleton, J. *Estudo de Diagnósticos em Edifícios. Da Experiência à Ciência*. Seminário A Intervenção no Património, Práticas de Conservação e Reabilitação, Porto, 12 a 14 de Outubro 2002, p. 29.
- [2] Costa, A. *et al. Relatório de Inspeção à Casa Marquês de Pombal n.º 30*. FEUP, 2005.
- [3] Pires, M. C. M. *A Rua Alvares Cabral (1895-1940). Formas de Habitar*. Publicações FAUP, 1ª Edição, Porto, 2000, p. 113.
- [4] Cardoso, A. *O Arquitecto José Marques da Silva e a arquitectura no Norte do País na primeira metade do séc. XX*. Publicações FAUP, 2ª Edição, Porto, 1997, p.590.
- [5] Costa, A. *et al. Patologias em Igrejas de Alvenaria: Estudo de Casos*. Seminário A Intervenção no Património, Práticas de Conservação e Reabilitação, Porto, 12 a 14 de Outubro 2002.
- [6] Henriques, F. *et al. Materiais Pêtreos e Similares. Terminologia das formas de alteração e degradação*. Informação Técnica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2004.
- [7] Faria, J. A. *Reabilitação de Coberturas em Madeira em Edifícios Históricos*. Seminário A Intervenção no Património, Práticas de Conservação e Reabilitação, Porto, 12 a 14 de Outubro 2002.

REABILITAÇÃO DE CAIXILHARIAS DE MADEIRA EM EDIFÍCIOS DO SÉCULO XIX E INÍCIO DO SÉCULO XX

Do Restauro à Seleção Exigencial de uma Nova Caixilharia

Nuno Valentim Lopes*

Correio electrónico: nvalentim@mail.telepac.pt

Vasco Peixoto de Freitas†

Correio electrónico: mail@vpfreitas.net

José Manuel Gigante‡

Correio electrónico: josegigante@sapo.pt

Resumo

Inúmeras questões se colocam aos projectistas na reabilitação de caixilharias de madeira: Restaurar? Restaurar melhorando o desempenho? Substituir interpretando o desenho original? Seleccionar um caixilho classificado do mercado ou desenhado por nós? E quais as consequências destas opções ao nível da sua expressão (e do desenho da própria fachada)?

Complementarmente a estas questões, a necessidade absoluta de fornecer aos projectistas caminhos para soluções fundamentadas ao nível histórico, urbano, arquitectónico e técnico, conduziram ao desenvolvimento de um conjunto de reflexões que a presente comunicação pretende sintetizar.

A partir do estudo do caso do edificado corrente portuense do século XIX, inicia-se a apresentação pela delimitação da área urbana em análise, procedendo-se então ao enquadramento histórico, social, arquitectónico e tipológico que conduz ao sistema construtivo da habitação corrente portuense – o vão objecto de estudo é uma consequência lógica deste sistema construtivo concretizado numa caixilharia-tipo que, com pequenas variações, se generaliza a praticamente todo o edificado deste período.

Analisa-se o enquadramento exigencial aplicável e a importância do diagnóstico (levantamentos, inspecção e patologias).

Por fim caracterizam-se as opções de intervenção que se colocam aos projectistas, *do restauro à seleção exigencial de uma nova caixilharia*.

Palavras-chave: Caixilharia, Madeira, Reabilitação, Exigências, Desempenho, Porto

* Arquitecto, Assistente Estagiário da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Mestrando em Reabilitação do Património Edificado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

† Engenheiro, Professor Catedrático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Física das Construções.

‡ Arquitecto, Professor Auxiliar Convocado do Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

1 Breve Enquadramento Histórico/Urbano da Cidade e do Edificado em Estudo

O Porto do séc. XIX, referenciado por autores como Francisco Barata [1] na passagem do “Porto Iluminista” ao “Porto Liberal”, encontrava-se em expansão urbana para fora da sua muralha na sequência dos grandes alinhamentos radiais definidos pelos Almadás. Ainda nas décadas de 1830 e 1840, o Porto continuava a possuir predominantemente as características de uma cidade mercantil e pré-industrial. Em poucas décadas, como resultado do trabalho de duas ou três gerações, o rosto do Porto mudou e a cidade adquiriu características urbanas completamente novas e uma nova imagem urbana que definiria, dali para a frente, a nossa ideia do Porto. A construção desta nova cidade obriga a planear o edificado e o espaço público tendo em conta o cadastro, o sistema construtivo, a tipologia e naturalmente as fachadas e suas aberturas (cheios e vazios) articuladas com a difícil topografia da cidade.



Figura 1: O papel fundamental das caixilharias originais no conjunto urbano onde se inserem e como continuação do desenho das próprias fachadas.

Estas fachadas ou conjunto de fachadas ganham uma importância verdadeiramente cenográfica, inseparável das imagens que retemos da qualidade dos nossos centros históricos e, neste caso, do conjunto edificado de habitações correntes históricas no Centro Urbano do Porto. Uma observação mais atenta destes quarteirões históricos permite constatar que, embora com sinais de degradação, persistem inúmeras caixilharias originais o que conduz a algumas conclusões (Fig. 1):

- Invariavelmente os edifícios procuram a luz natural – as construções são altas e estreitas em lotes profundos, sendo as janelas para a rua e no tardoiz fundamentais a essa iluminação.
- A superfície envidraçada é sistematicamente superior à superfície de parede traduzindo-se em centenas de milhares de vãos e caixilharias com uma geometria e sistema construtivo semelhantes.

- As caixilharias são o prolongamento natural dos desenhos das próprias fachadas – corolário lógico do sistema construtivo dos próprios edifícios.
- O resultado é um efeito único, verdadeiramente orgânico, pleno de vibração entre luz e sombra.
- As intervenções tornam-se desastrosas quando não são enquadradas pela exigência técnica e cultural que as operações de reabilitação impõem aos intervenientes - projectistas, donos de obra e entidades reguladoras.

2 Caracterização Construtiva do Edificado, do Vão e da Caixilharia em Estudo



Figura 2: Porto, Fases de desenvolvimento. [1]

No presente estudo são analisados os vãos do edificado corrente da cidade do séc. XIX que, para além dos edifícios plurifuncionais, contempla a habitação burguesa do Porto Liberal do início do séc. XX (Fig 2). Trata-se do edificado construído para lá da muralha fernandina, nas antigas estradas regionais de ligação com os povoados próximos e ao longo da malha projectada pelos Almadas no séc. XVIII.

A janela de guilhotina amplamente difundida no séc. XVIII e muito seguramente importada pelos ingleses, começa a ser substituída quase generalizadamente pela janela envidraçada de batente com duas folhas, bandeira e abertura para o interior. As janelas e as próprias dimensões dos vãos terão sido resulta-

do da tecnologia existente e da dimensão máxima permitida pelo fabrico do vidro. Generalizadamente estas janelas teriam dimensões múltiplas dos vidros disponíveis (habitualmente 6 vidros por folha de correr – 3 módulos de largura por 2 de altura). A tecnologia do fabrico do vidro avança enormemente no séc. XIX, o que contribui decisivamente para esta mudança: as 2 folhas e a bandeira contemplam dimensões de envidraçados até então impossíveis de atingir. A relação com o exterior altera-se: maior transparência e luz natural são mais valias indispensáveis a uma cidade granítica, de ruas estreitas e lotes profundos. À semelhança das portadas, as duas folhas da caixilharia podem recolher na espessura da própria parede, abrindo-se uma nova relação com o exterior, bem característica dos ideais românticos de relação com a natureza: novos jardins e passeios multiplicam-se pela cidade - Avenida das Tílias, Passeio das Virtudes, Passeio das Fontainhas, Passeio Alegre.... Simultaneamente com uma só solução de caixilharia resolve-se o desenho das janelas e portas de acesso às sacadas.

As janelas estão habitualmente inseridas em paredes de grande espessura com locais claramente definidos para os vários elementos que ocupam esta espessura:

- Caixilharia: sempre na face exterior do plano da fachada, quando muito ligeiramente recuada para entalar uma guarda de ferro forjado sobre o peitoril de cantaria;
- Portadas: habitualmente as pedras de ombreira contêm um dente/ressalto para fixação (e batente) das duas portadas; são frequentemente subdivididas em mais de duas partes para permitir a sua recolha dentro da espessura da parede disponível e ocultadas pela guarnição interior.

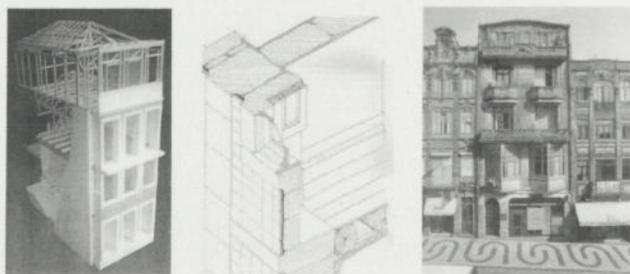


Figura 3: a) O sistema construtivo da habitação corrente portuense entre os sécs. XVII e XIX [2]; b) articulação/integração com a caixilharia/portada de madeira [2]; c) adaptação desta caixilharia às novas linguagens do início do séc. XX.

3 Síntese do Enquadramento Exigencial

Mais e maiores exigências são hoje colocadas às janelas, do que a qualquer outro componente de um edifício. As janelas são o derradeiro interface entre o interior e a envolvente exterior do edifício - elementos chave da concepção e do desenho arquitectónico.

Principais exigências funcionais aplicáveis aos vãos envidraçados:

- | | |
|---|---------|
| — Resistência e Deformação ao Vento | Vi [-] |
| — Coeficiente de Transmissão Luminosa | TL [%] |
| — Coeficiente de Transmissão Térmica | U [W/m] |
| — Factor Solar | S [%] |
| — Reacção ao fogo dos Materiais | M [-] |
| — Estanquicidade à Água da Chuva/Neve | Ei [-] |
| — Permeabilidade ao Ar | Ai [-] |
| — Redução Acústica ou Sonora | Rw [dB] |
| — Exigências de enquadramento arquitectónico, histórico e/ou urbano | |
| — Outras exigências: funcionamento, emissão de poluentes, protecção contra o choque, vandalismo, intrusão [3]. | |
| — Será possível dar resposta a todas estas exigências na reabilitação de caixilharias de madeira do séc. XIX e início do séc. XX? | |

4 Importância do Diagnóstico

4.1 Levantamentos

Bases e elementos fundamentais para a elaboração do diagnóstico e posterior desenvolvimento da operação de reabilitação:

- Recolha histórica: pesquisa arquivística (de desenhos, gravuras e fotografias da época da construção);
- Levantamento geométrico/arquitectónico tão exaustivo quanto possível: alçados/cortes, pormenorização construtiva;
- Caracterização técnico-construtiva: materiais, encaixes, ferragens...;
- Levantamento fotográfico: não só do edifício e caixilharias em questão, mas também da envolvente próxima (o conjunto urbano onde o edifício se insere fornece dados essenciais à estratégia de reabilitação a definir).

4.2 Inspeção

Uma inspeção cuidada das janelas proporcionar-nos-á informações importantes sobre o seu estado e eventuais patologias dos seus componentes e materiais, nomeadamente: materiais estruturantes (madeira, vidro...), acabamentos (tinta, verniz...), juntas entre materiais (massas, vedantes, mastiques...), ferra-

gens (puxadores, fechos, trincos...), protecção interior/exterior (portadas, estores...) e coerência/integração arquitectónica da solução existente. Se a análise for metódica e abrangente no registo/identificação de anomalias, muitas questões de estratégia para a reabilitação de janelas podem ser respondidas no decurso da inspecção visual preliminar. Testes feitos com instrumentos básicos são normalmente suficientes para determinar anomalias da madeira, pintura e massas (canivetes, escovas metálicas, espátula...). Instrumentos portáteis poderão ser usados para medir e registar valores em relação ao comportamento térmico e acústico [4].

4.3 Patologias Correntes e Suas Causas

As deteriorações observadas relacionam-se geralmente com a falta de manutenção, associada à acção das humidades, e ao próprio envelhecimento e degradação dos materiais. A humidade de precipitação é a que assume uma maior relevância, ainda que não seja de excluir a ocorrência de situações patológicas derivadas da humidade de condensação. Quando a caixilharia não se encontra devidamente protegida com um esquema de pintura estanque, ou quando essa protecção se tenha deteriorado por ausência de conservação periódica poderá causar quer inchamentos e empenos responsáveis por deficiências no funcionamento e na vedação das janelas, quer mesmo o apodrecimento do material se a madeira não for devidamente preservada contra o ataque de fungos e insectos. Seguidamente enumeram-se os principais defeitos da madeira exposta (causa e efeito) [5]:

- Radiação solar: retracção da madeira, madeira cinzenta - decomposição lenhina;
- Esforços internos: fendas longitudinais;
- Chuva: água nas fendas;
- Inchamento: aprofundamento das fendas;
- Fendas profundas: permanência da humidade;
- Permanência da humidade: desenvolvimento fungos/insectos;
- Acção de fungos/insectos: deterioração interna;
- Deterioração pronunciada: perda de resistência/ruína.

5 Do Restauro à Substituição das Caixilharias em Madeira: Seis Estratégias

5.1 Restauro Utilizando Técnicas e Materiais Tradicionais

Sempre que existam caixilharias da origem do edifício ou com trabalho de marcenaria de valor, entendemos que antes de passar à substituição, se deveria ponderar todas as hipóteses de reabilitação.

A operação mais conservadora será a utilização de técnicas e materiais tradicionais, mas provavelmente enfrentará dificuldades de ordem económica e técnica, pois cada vez se torna mais difícil encontrar artesãos capazes. Também existe o risco de um desempenho distante dos parâmetros de conforto contemporâneos, sendo esta opção, mais facilmente justificável para edifícios de valor histórico/monumental.

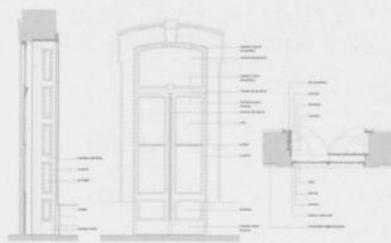


Figura 4: Levantamento da caixilharia em estudo num edifício do séc. XIX

5.2 Restauro Utilizando Técnicas e Materiais Contemporâneos

Para o edificado em causa este parece-nos um dos caminhos mais acertados quando existam caixilharias originais (ou desenhos que as permitam reproduzir). Utilizando materiais e técnicas contemporâneas podemos melhorar o desempenho, praticamente sem alterar a imagem original (Fig. 4), nomeadamente através de:

- introdução de vedantes de borracha em pontos críticos;
- reforço de encaixes ou realização de próteses ;
- utilização de vidros com melhor desempenho;
- adaptação ou substituição de ferragens (dobradiças, fechos, etc.);
- aplicação de tintas, betumes e mastiques com melhor desempenho e durabilidade.

Apesar de também não ser possível quantificar o seu desempenho, garante-se com esta solução a contenção de custos uma vez que se utilizam técnicas correntes mais acessíveis aos construtores. À semelhança da opção anterior continua-se desta forma a garantir o respeito histórico/arquitectónico e a própria integração urbana com melhorias de desempenho (e economia).

5.3 Restauro e Introdução de Segunda Caixilharia Interior

Quando existe a possibilidade física de introduzir uma segunda caixilharia pelo interior, esta solução poderá revelar-se como a que globalmente melhor corresponde às exigências de desempenho e necessidades de conservação arquitectónica. Se esta segunda caixilharia for uma caixilharia de mercado, classificada, poderá quantificar-se o desempenho. No entanto as condicionantes físicas e as exigências de integração arquitectónica obrigam frequentemente a

recorrer a soluções desenhadas especificamente (Fig. 5) e por isso não quantificáveis quanto ao desempenho.

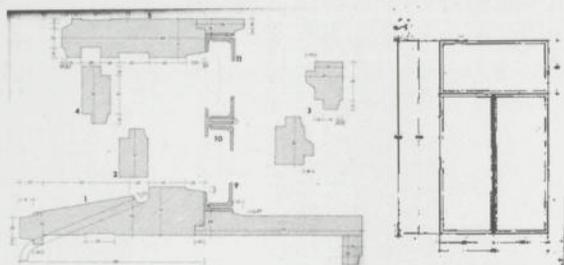


Figura 5: Exemplo de introdução de segunda caixilharia em ferro em caixilharia de madeira. [Sérgio Gamelas *et al.* – *Caixilhariás, Projecto MEREC...*]

5.4 Nova Caixilharia Reinterpretando o Desenho Original

Estamos perante o caminho mais complexo de abordar, tanto em termos teóricos como técnicos. A suposta reprodução do desenho original poderá conduzir a enormes equívocos de resultado desastroso quando se intervém em conjuntos edificados com valor histórico. Esta solução poderá ser a única possível quando, por exemplo, estamos perante uma fachada bastante exposta ao sol/chuva/ruído, não temos possibilidade de introduzir uma segunda caixilharia interior e pelas características da envolvente ou do próprio edifício, somos obrigados a aproximarmo-nos, tanto quanto possível, da solução original.

É neste caso indispensável um conhecimento profundo dos elementos que constituem a janela tradicional para se intervir sem alterar a essência desta caixilharia (Fig. 6a). Caso não exista este conhecimento ou elementos que permitam perceber como seria a caixilharia, então a substituição por uma caixilharia com um novo desenho (formas e/ou materiais distantes da preexistência) poderá ser o caminho mais adequado.

5.5 Nova Caixilharia com “Desenho de Autor”

Na “caixilharia com desenho de autor” estamos a referir-nos à caixilharia pomenorizada pelo próprio projectista, sem repetir o desenho ou o material original/pré-existente e não seleccionando um sistema de mercado.

Em muitos casos poderá ser a solução que melhor responde à intenção do projectista, pois (à semelhança das soluções tradicionais) ela será o corolário lógico dos processos de reabilitação do edifício, muitas vezes profundamente intervenção (Fig. 6b).

No entanto, devemos estar perfeitamente conscientes dos riscos que esta solução comporta, principalmente pela incerteza do desempenho da caixilharia. Deverão, neste caso, ser consultados os diversos documentos e normas na-

cionais/internacionais sobre o tema (bastante dispersos e por sintetizar) para apoio à pormenorização construtiva desta opção.



Figura 6: a) nova caixilharia de madeira com pequenas adaptações do desenho original para introduzir vidro duplo; b) nova caixilharia desenhada pelo projectista.



Figura 7: Substituição de caixilharia existente por sistemas classificados do mercado: a) caixilhariias de madeira oscilo-batente; b) caixilhariias monocarril em alumínio.

5.6 Selecção Exigencial de uma Nova Caixilharia Classificada

Como já foi referido anteriormente, este caminho (à semelhança dos outros apresentados) poderá em muitos casos ser a solução mais adequada, quando, por exemplo, não exista qualquer dado da preexistência, quando as exigências do conforto são elevadas e quando o projectista pretende também dar um sinal exterior claro da sua intervenção interior (Fig. 7). Todas as intervenções de substituição conferem ao projectista uma responsabilidade suplementar, confiando ao seu critério, conhecimento e mesmo cultura, uma solução que sendo alternativa à preexistência deverá por aparente oposição revelar-se uma solução integrada – ou não fosse o centro histórico um dos maiores catálogos de soluções e materiais distintos.

6 Conclusões

Com o presente documento Não se pretende apresentar qualquer tipo de prontuário ou receita para as operações de reabilitação ou substituição de caixilharia de madeira no edificado em estudo – é reconhecido que em reabilitação “cada caso é um caso”... A introdução da regra “cega” e inflexível também

não pode ser adoptada sob o risco de tornar os centros históricos numa fabulação ou numa fabricação imaginária da própria história.

O objectivo será fornecer aos projectistas uma síntese da informação disponível e parametrizar, tanto quanto possível, os caminhos de intervenção: o restauro, a intervenção para melhorar o desempenho da caixilharia preexistente e a substituição por uma nova caixilharia.

Uma conclusão evidente será a dificuldade em quantificar os desempenhos das soluções de conservação ou reprodução do desenho original das caixilhari-
rias, o que obrigará a pensar em critérios exigenciais ajustados a estes conjuntos com capacidade de adaptação a cada caso, mas também fornecendo dados para o enquadramento das operações de reabilitação destes conjuntos.

Esperamos que a dissertação que deu origem a este documento possa ser um pequeno contributo teórico e técnico para responder à absoluta necessidade de formar e informar os diferentes intervenientes nos processos de reabilitação. O processo irreversível de investimento na reabilitação do património edificado obriga a intervenientes cultural e tecnicamente capazes, conscientes da especificidade e particularidade de cada projecto.



Figura 8: Vãos que integram o mesmo edifício: à esquerda o equívoco da suposta repetição do desenho original por uma caixilharia classificada de alumínio (fracção reabilitada), à direita o caixilho original (fracção por reabilitar).

7 Bibliografia

- [1] Barata, F. *Transformações e Permanência na Habitação [...]*. FAUP, 1999
- [2] Teixeira, J. *Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto entre os séculos XVII e XIX - Provas de aptidão [...]*. FAUP, 2004
- [3] Freitas, V. P.; Sousa, M.; Machado, N. *Patorreb. Grupo de Estudos da Patologia da Construção*, FEUP, 2004. <http://www.patorreb.com>, 2005 e <http://paginas.fe.up.pt/~vpfreita/>
- [4] New York Landmarks Conservancy. *Repairing Old and Historic Windows*. New York, USA, John Wiley & Sons Inc, 1992
- [5] Faria, J. *Reabilitação de coberturas em madeira em edifícios históricos*. In Seminário A Intervenção no Património [...]. Porto, FEUP, 2002.

TÉCNICAS DE ENSAIO *IN-SITU* PARA APOIO À MANUTENÇÃO PREDICTIVA DE REBOCOS DE FACHADA

Inês Flores-Colen*

Correio electrónico: ines@florescolen.com

Jorge de Brito†

Correio electrónico: jb@civil.ist.utl.pt

Vasco Peixoto de Freitas‡

Correio electrónico: vpfreita@fe.up.pt

Resumo

A prática da manutenção predictiva (realização de inspecções periódicas) depende da eficácia da avaliação *in-situ* do desempenho em serviço das soluções construtivas, a qual deve contabilizar um conjunto de procedimentos lógicos, inerentes a uma metodologia exigencial e a um correcto diagnóstico. Neste contexto, é feita uma caracterização de várias técnicas de ensaio *in-situ*, em termos da informação recolhida (parâmetros medidos), da sua contribuição para o conhecimento do desempenho em serviço (análise das propriedades relevantes), dos estados de degradação (anomalias e possíveis causas) e da relação com as necessidades de manutenção. Por último, estas técnicas são comparadas através de vários critérios e avaliadas em termos da sua adequabilidade para uma avaliação *in-situ* deste tipo. Esta comunicação insere-se nos estudos de doutoramento da primeira autora, relacionados com a inspecção e manutenção de fachadas de edifícios correntes.

Palavras-chave: Ensaio *In-situ*, Manutenção, Predictiva, Rebocos.

1 Introdução

A manutenção é, cada vez mais, um elemento decisivo na gestão dos edifícios e um peso importante nas despesas globais, durante o ciclo de vida - para um empreendimento com uma vida útil de 50 anos, as despesas relacionadas com as fases de concepção e de execução representam cerca de 20 a 25% dos

* Doutoranda do Instituto Superior Técnico (IST), Bolseira de Investigação (FCT).

† Professor Associado c/ Agregação, DECivil, IST, Lisboa.

‡ Professor Catedrático, LFC, DEC, FEUP, Porto.



custos totais, enquanto que a fase de exploração e manutenção constitui cerca de 75 a 80% desses mesmos custos [1].

A manutenção é definida na ISO 15686-1 [2] como a combinação de todas as acções técnicas e administrativas que permitem que o edifício e seus elementos desempenhem, durante a vida útil, as funções para as quais foram concebidos. Existem várias formas de abordar a manutenção de edifícios (do tipo planeada ou não planeada), sendo a manutenção correctiva, a mais corrente em Portugal. Este tipo de manutenção tem sido caracterizado por intervenções tardias em elementos construtivos, com avançado estado de degradação, ou por acções de emergência, associadas a situações de risco para a vida ou integridade dos utentes (por exemplo: queda de placas de revestimento em fachadas); afectando o funcionamento normal do edifício e originando sobre-custos [3].

As inspecções periódicas durante a fase de utilização (manutenção predictiva) aumentam a capacidade de detectar (“quando” e “onde”) a necessidade de intervenções, reduzindo o número de anomalias imprevistas [4], e permitem um crescente conhecimento do comportamento em serviço dos elementos construtivos, da sua vida útil expectável e agentes de degradação precoce [5].

Neste contexto, a prática da manutenção predictiva depende da eficácia da avaliação *in-situ* do desempenho em serviço dos vários elementos construtivos, a qual deve contabilizar um conjunto de procedimentos lógicos inerentes a uma metodologia exigencial, a implementar desde a fase de projecto, e a um correcto diagnóstico, na fase de utilização. Para o caso dos rebocos exteriores de paredes, a metodologia exigencial inclui a definição e quantificação (pelos projectistas, com apoio dos fabricantes) das propriedades dos rebocos relevantes para um bom desempenho em serviço, tendo em conta as funções que estes devem cumprir para o bom desempenho das fachadas: impermeabilização e protecção das paredes, acabamento dos paramentos, durabilidade face às acções externas e adequabilidade ao uso [6]. O correcto diagnóstico deve permitir a caracterização das anomalias existentes e suas causas prováveis, avaliar o desempenho em serviço (cumprimento das funções definidas em projecto), verificar se as exigências dos utentes estão a ser satisfeitas e, por último, definir as acções correctivas, de prevenção ou monitorização.

A avaliação *in-situ* do desempenho em serviço é uma actividade complexa, normalmente restringida a uma avaliação visual da degradação dos elementos, podendo levar a uma deficiente diagnóstico e conseqüente realização de intervenções inadequadas. A usual ausência de registos das intervenções (histórico do edifício) agrava esta situação pela acumulação de erros. As principais razões que justificam a complexidade deste tipo de avaliação são identificadas:

- as soluções em projecto têm um carácter prescritivo e não exigencial;
- a informação técnica fornecida pelos fabricantes é, na sua maioria, insuficiente (ou tem carácter descritivo ou, mesmo que especifique os requisitos mínimos da EN998-1, as propriedades declaradas não são su-

- ficientes para avaliar o comportamento global do reboco exterior [6]);
- as inspecções *in-situ* são, na sua maioria, visuais, sendo poucas as vezes em que são utilizadas outras técnicas auxiliares de diagnóstico (técnicas *in-situ* ou laboratoriais);
 - a maioria dos edifícios não possui meios de acesso, ficando a inspecção limitada ao piso térreo, ou sendo necessários meios de acesso auxiliares ou a entrada no edifício;
 - a informação disponível é insuficiente (telas finais desactualizadas, desconhecimento das características dos materiais aplicados, intervenções anteriores, entre outras lacunas).

2 Técnicas de ensaio *in-situ* de apoio às inspecções

2.1 A importância da realização de técnicas de ensaio *in-situ*

A *Bureau Veritas* [7] recomenda inspecções localizadas todos os três a cinco anos para verificar o aparecimento de anomalias e o comportamento em serviço, e inspecções globais todos os dez ou quinze anos para examinar eventuais disfuncionalidades e envelhecimento real de todos os elementos.

Os ensaios *in-situ* constituem um precioso meio auxiliar à inspecção visual e permitem uma melhor caracterização de:

- mecanismos de degradação existentes nos paramentos (por exemplo, sujidade, eflorescências, humidade, fissuração);
- variações das propriedades do reboco relacionadas directamente com o seu desempenho (por exemplo, resistência mecânica, coeficiente de absorção de água);
- condições *in-situ* (por exemplo, parâmetros ambientais);
- tipo de materiais aplicados, em conjunto com ensaios laboratoriais, a partir de amostras *in-situ* (por exemplo: caracterização dos constituintes da argamassa, teor de ligante).

Neste sentido, a sua realização permite reduzir a subjectividade das inspecções visuais (muito dependente da formação e experiência do técnico que faz a inspecção) e avaliar, com maior precisão, as efectivas necessidades de manutenção; permite ainda detectar pequenas alterações que podem estar associadas a sinais de pré-patologia (fenómenos de alteração anteriores ao aparecimento das anomalias que são visíveis a olho nu) [3; 8].

No entanto, estes ensaios apresentam alguns condicionalismos: podem aumentar o tempo de inspecção e produzir resultados confusos e de difícil interpretação (em especial, quando a informação disponível sobre os materiais aplicados é nula ou escassa); possuem limitações, dependendo da técnica utilizada - por vezes, a pouca precisão da técnica utilizada permite apenas uma análise

qualitativa. No actual estado do conhecimento, são poucas (e normalmente onerosas) as técnicas de *ensaio in-situ* que permitem informação fiável, de carácter quantitativo, para qualquer grau de degradação [9]. Porém, a utilização conjunta de várias técnicas de ensaio facilita a interpretação dos resultados e minimiza as limitações referidas.

Pelas razões anteriores, estes ensaios, mesmo com algumas limitações, permitem detectar erros grosseiros no diagnóstico [10] ou evitar, em certos casos, a realização de análises laboratoriais (que consomem tempo e aumentam os custos da inspecção) [9], sendo sempre preferível utilizá-los em conjunto com a inspecção visual em vez de uma inspecção unicamente visual.

2.2 Classificação e comparação de algumas técnicas *in-situ*

Os ensaios *in-situ* incluem uma grande variedade de testes e técnicas associados à determinação de diversas características, dificultando uma classificação coerente e global destes ensaios [9]. As técnicas de ensaio *in-situ* podem ser classificadas em termos de [9; 10; 11]:

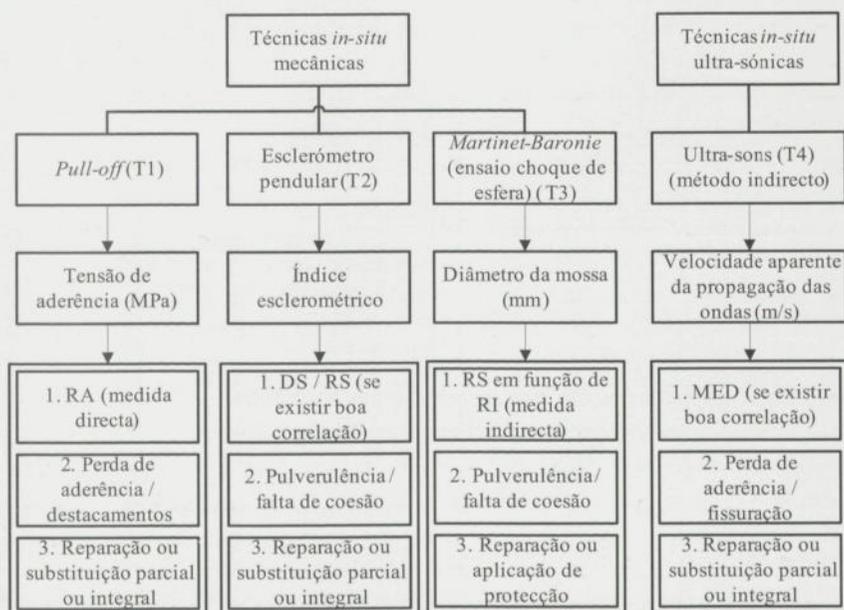
- grau de destruição que provocam no paramento (destrutivas, semi-destrutivas e não-destrutivas);
- existência ou não de solicitação artificial (passivas, também designadas de não invasivas, e activas, também designadas de invasivas);
- princípios em que se baseiam (mecânicos, eléctricos, magnéticos, electromagnéticos, ultra-sónicos, radioactivos, sensoriais, térmicos, químicos, electroquímicos, entre outros);
- tipo de resultados obtidos (propriedades a avaliar);
- tipo de tecnologia utilizada (baixa ou alta tecnologia);
- objectivos principais (exemplos: resistência, durabilidade, geometria);
- elementos a que se aplicam (exemplos: revestimento, suporte, ambos);
- actividades em que intervêm (controlo da qualidade, inspecção de edifícios, verificação da aplicação de regulamentos, entre outros).

A escolha adequada das técnicas a utilizar é muito importante porque influencia sobremaneira os custos e prazos envolvidos, o tipo de equipamento a utilizar, a informação a recolher, o conhecimento necessário para a realização de cada técnica, o tipo de recursos humanos (número de pessoas envolvidas e respectiva formação técnica) e actividades necessárias antes (exemplo: contabilização de meios de acesso temporários) e após o ensaio (exemplo: reparações para repor as condições iniciais que existiam antes da realização dos testes).

Para facilitar a escolha das técnicas a utilizar *in-situ* na avaliação do desempenho em serviço de rebocos de paredes exteriores são analisadas algumas técnicas de ensaio *in-situ* com base na experiência até agora adquirida pelas inspecções realizadas a fachadas de edifícios, no âmbito do doutoramento da primeira autora, e pela consulta a bibliografia técnica especializada. As técni-

cas que são objecto de análise nesta comunicação são técnicas correntes de apoio à inspecção [12] e encontram-se disponíveis para a realização do estudo mencionado: tubo de *Karsten*, ultra-sons, esclerómetro, humidímetro, binóculos, microscópio óptico, comparador de fissuras, *pull-off*, fitas colorimétricas, medidor de pH / condutividade / total de sais, colorímetro, *Martinet-Baronie*, termómetro de infra-vermelhos, pirómetro de radiação infra-vermelha, termohigrómetro e percussão com martelo.

Os fluxogramas representados nas Figuras 1 a 4 fazem uma caracterização das técnicas anteriores, em termos da informação recolhida (parâmetros medidos), da sua contribuição para o conhecimento do desempenho em serviço (quais as propriedades que podem ser analisadas com a técnica) e das anomalias e, ainda, da sua relação com as necessidades de manutenção.

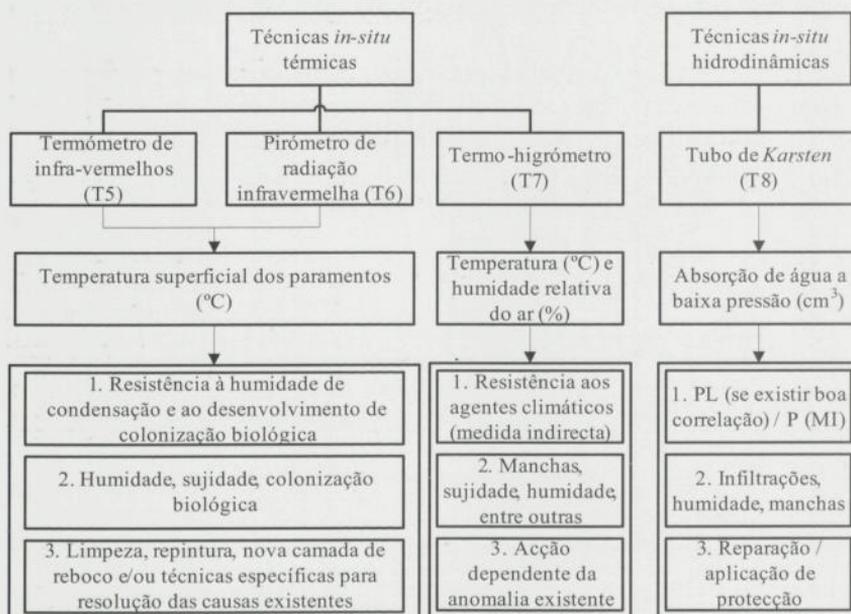


Legenda: RA (resistência ao arrancamento), DS (dureza superficial), RS (resistência superficial, RI (resistência ao impacto), MED (módulo de elasticidade dinâmico).

Figura 1: Técnicas mecânicas e ultra-sónicas - parâmetros medidos, propriedades de desempenho, tipo de anomalias e eventuais necessidades de manutenção.

A comparação entre as várias técnicas deve ter em conta a sua adequabilidade para a avaliação *in-situ* a ser efectuada em cada caso. Neste sentido, são comparadas as técnicas mencionadas anteriormente, utilizando como base alguns critérios já definidos por estudos anteriores para técnicas *in-situ* aplicadas a pontes de betão armado [9] e para diagnóstico de manchas em paredes rebo-

casas [13]. O indicador de adequabilidade para cada técnica é obtido através da soma dos vários critérios (quanto maior essa soma, mais adequada será a técnica para utilização *in-situ*), tendo em conta as seguintes ponderações [9]: P = 2 (a técnica cumpre o critério); P = 1 (se a técnica não cumpre totalmente o critério) e P = 0 (se a técnica não cumpre o critério).



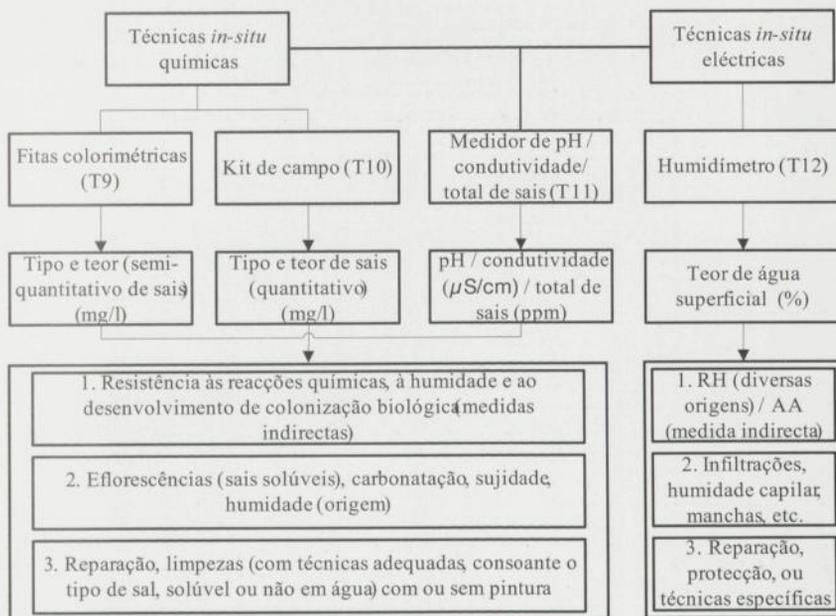
Legenda: PL (permeabilidade à água líquida), P (MI) (medida indirecta e qualitativa da porosidade).

Figura 2: Técnicas térmicas e hidrodinâmicas - parâmetros medidos, propriedades de desempenho, tipo de anomalias e eventuais necessidades de manutenção.

Na Tabela 1, as técnicas são comparadas tendo em conta os indicadores de adequabilidade obtidos a partir dos critérios anteriores. São propostos limites para cada critério para clarificar a análise comparativa e facilitar a escolha entre técnicas (objecto desta análise ou outras técnicas que venham a ser utilizadas no futuro).

Neste critérios são avaliadas as técnicas, incluindo os trabalhos preparatórios, durante e após o ensaio a que a técnica se refere:

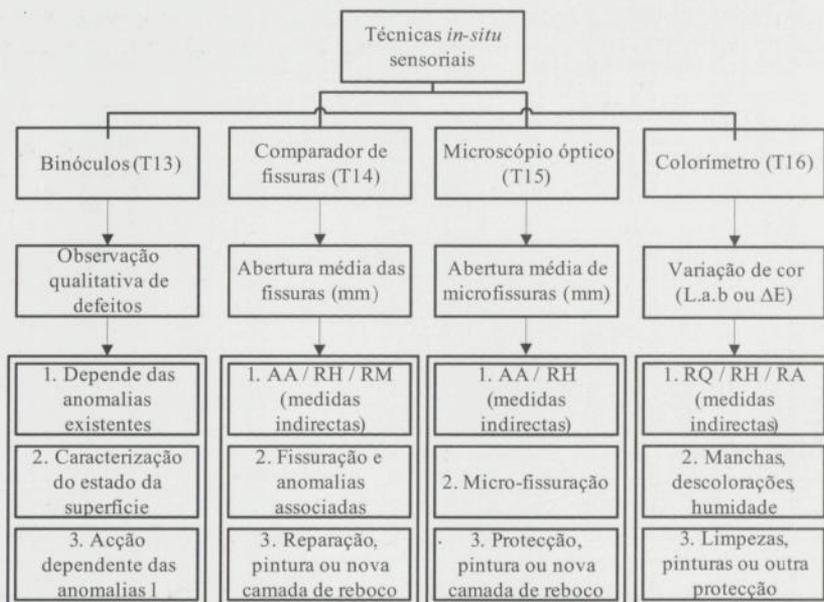
- A - baixo custo envolvido com o equipamento (custo de aquisição): P = 2 (se $A \leq 500$ €); P = 1 (se $500 \text{ €} < A \leq 2500$ €); P = 0 (se $A > 2500$ €);
- B - utilização do equipamento fácil e rápida: P = 2 (se é fácil e rápida, ou seja, duração máxima até 1 h); P = 1 (se não cumpre um dos sub-critérios); P = 0 (se não cumpre nenhum dos sub-critérios);



Legenda: RH (resistência à humidade), AA (absorção de água).

Figura 3: Técnicas químicas e eléctricas - parâmetros medidos, propriedades de desempenho, tipo de anomalias e eventuais necessidades de manutenção.

- C - significativa quantidade de informação útil: P = 2 (se permite obter informação sobre desempenho e degradação); P = 1 (se a informação está limitada a um dos sub-critérios); P = 0 (informação muitas das vezes é insuficiente para qualquer um dos critérios);
- D - fácil interpretação de resultados: P = 2 (se as medições realizadas são de análise rápida); P = 1 (se as medições requerem algum tempo de análise); P = 0 (se as medições realizadas necessitam de outros ensaios para uma melhor interpretação);
- E - nenhum ou pequeno grau de destruição: P = 2 (técnica não-destrutiva); P = 1 (técnica semi-destrutiva, com a necessidade de pequena reparação); P = 0 (técnica destrutiva, com reparações);
- F - equipamento portátil: P = 2 (se o equipamento é fácil de transportar, em termos de dimensões e massa); P = 1 (se um dos sub-critérios não é satisfeito); P = 0 (se não verifica nenhum dos sub-critérios);
- G - sem fonte de energia *in-situ*: P = 2 (não necessita de energia ou tem alimentação própria); P = 1 (se precisa de fonte de alimentação pontual); P = 0 (se não verifica o critério);



Legenda: AA (absorção de água), RH (resistência à humidade), RM (resistência mecânica), RQ (resistências às reacções químicas), RA (resistência às acções climáticas).

Figura 4: Técnicas sensoriais (inclui o ramo da óptica) - parâmetros medidos, propriedades de desempenho, tipo de anomalias e eventuais necessidades de manutenção.

- H - sem técnicos especializados ou com formação específica: P = 2 (se os técnicos não têm formação específica); P = 1 (se é necessário pelo menos um técnico com formação específica); P = 0 (se o critério não é satisfeito);
- I - resultados fiáveis: P = 2 (análise quantitativa); P = 1 (análise qualitativa); P = 0 (análise dependente de outros resultados);
- J - sem trabalho de laboratório: P = 2 (cumpre o critério); P = 1 (em certos casos, necessita da recolha de amostras para ensaios laboratoriais); P = 0 (é sempre necessária a recolha de amostras);
- K - sem meios de acesso: P = 2 (cumpre o critério); P = 1 (são necessários meios de acesso, com facilidade de transporte do equipamento para o local); P = 0 (não cumpre nenhum dos sub-critérios).

A análise da Tabela 1 permite concluir que a generalidade das técnicas preconizadas apresenta boa adequabilidade à avaliação *in-situ* e tem carácter expedito. No entanto, de um modo geral, não permitem uma avaliação directa do desempenho, estando mais vocacionadas para a caracterização da degradação, e dependem excessivamente dos meios de acesso.

Tabela 1: Comparação entre técnicas de ensaio *in-situ* (lista não exaustiva) aplicadas a rebocos exteriores, através de factores de ponderação e cálculo dos indicadores de adequabilidade à avaliação *in-situ*

Técnica de ensaio <i>in-situ</i>	Critérios de comparação											Indicadores
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
T1	1	0	2	2	0	0	0	1	2	2	0	10
T2	1	2	1	0	2	2	2	2	1	2	1	16
T3	0	1	2	2	1	1	2	2	2	2	0	15
T4	0	2	1	0	2	2	1	2	2	2	1	15
T5	2	2	0	2	2	2	2	2	0	2	1	17
T6	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	19
T7	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	19
T8	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	19
T9	2	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	17
T10	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	16
T11	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	17
T12	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	16
T13	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	19
T14	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	20
T15	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	19
T16	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	19

3 Conclusões

Através da comparação de um conjunto de técnicas expeditas de ensaio *in-situ*, conclui-se que a sua maioria não permite uma análise directa das propriedades de desempenho (Figuras 1 a 4 e critério C na Tabela 1). Por outro lado, a técnica do *pull-off* (T1 - determinação da tensão de aderência ao suporte), que é a única analisada que permite ter uma relação directa com os requisitos mínimos da EN 998, possui o mais baixo indicador de adequabilidade (10 em 22 possíveis). No entanto, esta técnica continua a ser recomendada, com grande aplicação em revestimentos, em detrimento de outras técnicas de ensaio mais complexas (não analisadas neste estudo). Assim, para que a avaliação *in-situ* permita uma adequada manutenção predictiva, devem ser definidos requisitos adicionais, directamente relacionados com parâmetros mensuráveis *in-situ*, que permitam a correlação directa entre os ensaios e as exigências funcionais.

4 Agradecimentos

À Fundação para a Ciência e Tecnologia pela bolsa de investigação de apoio aos estudos de doutoramento da primeira autora; ao Laboratório de Físi-

ca das Construções da FEUP; ao Departamento de Química do IST; ao Grupo de Materiais do IST, em particular ao Prof. Gaspar Nero e ao ICIST - IST pela utilização do equipamento, e ao Eng.º Paulo Henriques (mestrando do IST) pelo apoio durante a realização das inspecções *in-situ*.

5 Bibliografia

- [1] Perret, J. - *Guide de La Maintenance des Bâtiments*, Moniteur Référence Technique, Paris, 1995, 431 p.
- [2] ISO 15686-1 *Buildings and Constructed Assets - Service Life Planning - Part 1: General Principles*. International Organization for Standardization, Switzerland, 2000.
- [3] Flores, I. *Estratégias de Manutenção - Elementos da Envolvente de Edifícios Correntes*, Dissertação de Mestrado em Construção. Lisboa: IST, Fevereiro de 2002, 186 p.
- [4] Flores-Colen, I. & de Brito, J. *A Manutenção Predictiva de Edifícios*. Revista Construção Magazine, n.º 9, 2º-Trimestre, Ano 3, 2004, pp.14-20.
- [5] BCIS, *Life Expectancy of Buildings Components. Surveyor's Experiences of Building in Use - A Practical Guide*. Londres, Building Cost Information Service, 2001, 164 p.
- [6] Veiga, R. *Comportamento de Revestimentos de Fachadas com base em Ligante Mineral. Exigências Funcionais e Avaliação do Desempenho*, 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Lisboa: APFAC, Novembro 2005 (CD-ROM).
- [7] Bureau Veritas. *Gestion Technique du Patrimoine Réhabilitation et Maintenance*, Guide Veritas du Bâtiment, Tome 4, 3 édition, Bureau Veritas, ed. Le Moniteur, Paris, 1993, 463 p.
- [8] Calejo, R. *Projecto e Diagnóstico de Patologias em Edifícios*, Manutenção e Reabilitação de Edifícios, Comunicações das 4ªs Jornadas de Construções Cívicas, Secção de Construções Cívicas da FEUP, Maio 1996.
- [9] Branco, B. & Brito J. de. *Handbook of Concrete Bridge Management*, American Society of Civil Engineers, USA, 2005, 468 p.
- [10] Córias e Silva, V. *Manual de Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*, Janeiro 2004 (CD-ROM).
- [11] Campanella, C. *Obras de Conservação e Restauro Arquitectónico - Condições Técnicas Especiais*. Coordenação / adaptação de João Mascarenhas Mateus, Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa, Dezembro 2003, 211 p.
- [12] Hollis, M. & Gibson, C. *Surveying Buildings*. RCIS Books, London, UK, 3rd Edition, January 1991, 236 p.
- [13] Flores-Colen, I. et al *Técnicas de diagnóstico e de manutenção para remoção de manchas em paredes rebocadas*, 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, 24-25 Nov. 2005, Lisboa (CD-ROM).

CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS MAIS COMUNS APRESENTADAS POR REVESTIMENTOS DE PISO LENHOSOS

Anabela Delgado*

Correio electrónico: as.delgado@mail.telepac.pt

Jorge de Brito†

Correio electrónico: jb@civil.ist.utl.pt

Resumo

Os revestimentos de madeira e seus derivados constituem actualmente uma solução corrente em edifícios e até em espaços exteriores. Nem sempre se torna necessária a substituição integral destes pavimentos quando se detectam anomalias ao longo da sua vida útil. Muito pelo contrário, alguns destes revestimentos apresentam durabilidade e constância de características físicas e mecânicas superiores a outras soluções de revestimento contemporâneas.

Nesta comunicação, são apresentadas as anomalias mais comuns que podem ocorrer em revestimentos de piso lenhosos. A identificação da patologia associada a estes elementos é conseguida através de uma inspecção visual.

Palavras-chave: Revestimentos lenhosos, anomalia, inspecção, classificação, diagnóstico.

1 Introdução

Os revestimentos de piso constituem um dos acabamentos de qualquer obra que mais interação tem com o utilizador. De facto, a qualidade e durabilidade deste elemento não estrutural influenciam grandemente o nível de conforto dos espaços destinados à permanência de pessoas [1].

A utilização da madeira e seus derivados no revestimento de pavimentos tem vindo a aumentar ao longo dos últimos anos em Portugal. Este facto prende-se com a consciencialização por parte de arquitectos e engenheiros das vantagens da madeira e seus derivados relativamente a outros revestimentos, nomeadamente ao nível das exigências de conforto e de habitabilidade actual-

* Engenheira Civil. Mestranda em Construção pelo Instituto Superior Técnico.

† Professor Associado com Agregação da Secção de Estruturas e Construção do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do IST.

mente exigidas pelos utilizadores dos espaços, aliadas às características estéticas apresentadas, facilidade e rapidez de execução [2].

A facilidade na obtenção da matéria-prima e a sua grande trabalhabilidade levam a que actualmente os revestimentos de piso lenhosos se encontrem amplamente difundidos, mercê também dos seus subprodutos e derivados, que dão resposta a todo o tipo de solicitações, nomeadamente a situações de grande exigência de comportamento e de durabilidade, com elevados padrões estéticos.

As soluções a aplicar, para além de obedecer a requisitos de conforto e durabilidade, devem ser competitivas em termos de preço e prazo de execução, permitir alterações localizadas se tal se revelar necessário, por alteração de compartimentação por exemplo, bem como permitir reparações localizadas de anomalias que se manifestarem ao longo da sua vida útil.

A existência de níveis elevados de degradação ao nível dos revestimentos de piso de madeira e seus derivados, quer em zonas exteriores de circulação quer em zonas interiores, justificam a necessidade de recuperar e reabilitar esses pavimentos antes de se tornar inevitável a sua substituição integral.

A madeira, tratando-se de um material orgânico putrescível, é susceptível a deterioração que conduz à desintegração estrutural e conseqüente destruição.

Existem diversas causas da destruição da madeira aplicada em revestimentos de piso: degradação térmica, hidrólise, oxidação devida a radiação ultravioleta, fungos (nomeadamente da podridão), ataque de insectos xilófagos e acção do fogo [3].

A degradação total da madeira resulta da acção isolada e combinada destes processos de forma continuada.

2 Objectivo

Com este trabalho, pretende-se elaborar um sistema capaz de identificar, registar e classificar de forma objectiva as anomalias susceptíveis de ocorrer em revestimentos lenhosos de pisos, de forma a avaliar os níveis intermédios de degradação em que é possível intervir de forma a preservar o pavimento.

Associadas aos revestimentos lenhosos de piso, estão anomalias tipificadas, que têm a sua origem na conjugação de vários factores adversos e que podem ser sistematizadas com o auxílio desta ferramenta, com o propósito de facilitar o diagnóstico das situações mais correntes e contribuir para encontrar as melhores formas de reabilitação [1].

A gestão do parque edificado, nomeadamente ao nível dos revestimentos de piso, deverá ser eficaz sob o ponto de vista da estratégia e metodologia a implementar, devendo para tal ser feita a identificação dos principais parâmetros de classificação, uniformizando os conceitos e os procedimentos a tomar.

A sistematização das anomalias apresentadas pelos revestimentos de piso lenhosos permite uma melhor gestão das estratégias de intervenção, no sentido

da racionalização dos métodos de reparação, uma melhor gestão das prioridades e urgência da reparação e uma avaliação do grau de desconforto causado ao utente do pavimento.

O sistema deve permitir evitar a propagação das anomalias detectadas, quer em extensão quer por proximidade de outros elementos do revestimento, de forma a minimizar os custos de reparação e permitir um diagnóstico e uma intervenção atempada, prolongando a vida útil do pavimento como um todo e evitando estados de degradação irreversíveis.

3 Características principais

Os revestimentos de piso lenhosos apresentam, em geral, as características indicadas na Tabela 1. Os revestimentos de piso lenhosos podem ser divididos da forma expressa na Tabela 2.

Tabela 1: Principais características dos revestimentos de piso lenhosos [1]

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS REVESTIMENTOS DE PISO LENHOSOS	Média ou elevada durabilidade Superfície confortável e elástica Grande adaptabilidade arquitetónica Fácil manutenção e limpeza Induzem a ideia de conforto e elegância
	A aplicação requer mão-de-obra especializada Os materiais constituintes são combustíveis Os materiais estão sujeitos a ataques biológicos Má capacidade de condução da electricidade Boa capacidade de isolamento térmico e acústico

Tabela 2: Classificação dos revestimentos de piso lenhosos [1]

MADEIRA	Estrados	Composto por tábuas de madeira maciça assente sobre ripas transversais.
	Soalhos	Composto por régua maciças ou laminadas, unidas entre si por meio de juntas de união e apoiadas em sarrafos por meio de pregos de aço.
	<i>Parquets, lamparquets, parquets-mosaico</i>	As peças do pavimento são de pequena dimensão, dispõem-se encostadas umas às outras e a fixação ao suporte é feita por colagem.
	Pavimento flutuante	As peças estão coladas entre si por juntas à inglesa, não estão fixas ao suporte mas sim apoiadas sobre uma tela de polietileno expandido ou cortiça.
CORTIÇA		Composto por ladrilhos rectangulares de dimensões variáveis, a fixação ao suporte é feita por colagem.

4 Patologia

Neste processo, há que distinguir as anomalias associadas ao próprio processo de envelhecimento da madeira, enquanto matéria-prima, e as implicações ao nível da degradação de determinadas características mecânicas, deixando o revestimento de cumprir a função para a qual foi previsto. São aqui de salientar os empenamentos e as fissuras que se observam normalmente durante a secagem de madeiras verdes e os descolamentos devidos à degradação dos materiais de colagem da madeira e seus derivados ao respectivo suporte. As anomalias podem assim ser decorrentes da acção humana, de acções de carácter natural, de utilização inadequada e de acções de acidente.

No entanto, o maior inimigo dos revestimentos lenhosos de piso é a água, sob a forma de infiltrações que ocorrem através da envolvente dos edifícios, de humidade proveniente do betão ou argamassa constituintes do suporte, ou até de acções de acidente, como roturas de canalizações e excesso de águas de lavagem [4].

A humidade a que os revestimentos lenhosos estão sujeitos, por si só, leva ao desenvolvimento de fungos de podridão e, associada a alternância de temperaturas, leva ao aparecimento de insectos xilófagos, nomeadamente térmitas e carunchos.

Em revestimentos interiores, os locais mais sensíveis são aqueles que se encontram em contacto ou na vizinhança de zonas húmidas das habitações, designadamente casas de banho e cozinhas. Os revestimentos exteriores, por se encontrarem expostos à intempérie, às radiações e ao ataque de todo o tipo de insectos, requerem uma manutenção mais amiúde e o emprego de madeiras com características físicas específicas e durabilidade natural elevada, sendo a sua vida útil inferior à de um revestimento protegido.

Sendo a madeira um material anisotrópico, a aplicação de madeira e seus derivados em grandes áreas de pavimento deverá prever a existência de juntas entre os diversos elementos, de forma a consentir eventuais variações dimensionais, não só do revestimento como do respectivo suporte [5].

As alterações das condições de utilização são responsáveis por um grande número de anomalias, associadas às deficientes condições de manutenção e ao emprego de produtos de tratamento superficial inadequados ao tipo de revestimento lenhosos. Este facto leva ao aparecimento de descolorações, manchas, riscos e sulcos na superfície e fendas.

As anomalias observadas no revestimentos lenhosos de piso podem ter origem em alterações do próprio suporte, nomeadamente movimentos da estrutura devidos a retracções, alteração das condições de apoio iniciais, desrespeito pelas juntas de construção, ausência de juntas em número suficiente para a extensão do revestimento, entre outras.

4.1 Anomalias e respectivas causas

Nas Tabelas 3 e 4, são apresentados respectivamente os tipos de anomalias que mais correntemente afectam os revestimentos lenhosos de piso, ou os seus constituintes, e as respectivas causas mais prováveis.

São apenas consideradas as anomalias decorrentes da utilização em obra, resultantes quer de deficiências de concepção ou de execução do revestimento, quer de defeitos de fabrico, que a utilização força a manifestarem-se.

Pretende-se elaborar um sistema capaz de identificar, registar e classificar de forma objectiva as anomalias susceptíveis de ocorrer em revestimentos lenhosos de piso. Só assim se evitará situações em que o mesmo fenómeno seja descrito de formas diferentes consoante o inspector ou em que designações idênticas descrevam defeitos que não o são.

Por outro lado, a decisão em termos de trabalhos de manutenção / reabilitação / substituição a implementar vai funcionar com base nas fichas de anomalia, que devem ser sintéticas, precisas e inequívocas.

A classificação aqui proposta baseia-se num critério basicamente de localização e funcionalidade.

4.1.1 Lista de anomalias

As anomalias mais frequentes em revestimentos de piso em madeira e seus derivados, decorrentes da sua utilização comum, são as que se prendem com as variações de humidade, durante e após a sua aplicação em obra, e as que são devidas à degradação causada por agentes xilófagos [5].

Tabela 3: Lista de anomalias [6] [7]

A-A SUPERFÍCIE CORRENTE	
A-A1 descolamento localizado / generalizado	A-A8 riscagem ou desgaste prematuro
A-A2 desprendimento	A-A9 alteração da cor
A-A3 inchamento do revestimento	A-A10 presença de fendas ou vazios pronunciados
A-A4 fissuras que atravessam toda e espessura do revestimento	A-A11 presença de resíduos pulverulentos
A-A5 sulcos e outras marcas	A-A12 deficiências de planeza
A-A6 esmagamento ou lascagem nos bordos das peças	A-A13 manchas de humidade
	A-A13 manchas de ferrugem
A-A7 enodoamento prematuro	A-A14 actos de vandalismo
A-B LIGAÇÃO AO SUPORTE	
A-B1 rotura adesiva entre a peça e a cola	A-B4 rotura coesiva do suporte
A-B2 rotura coesiva da cola	A-B5 deficiente ligação às ripas de apoio
A-B3 rotura adesiva da cola - suporte	
A-C JUNTAS ENTRE PEÇAS	

A-C1 fissuração do produto de preenchimento	A-C4 alteração da cor das juntas
A-C2 descolamento dos bordos	A-C5 alteração da dimensão da junta
A-C3 desprendimento do produto de preenchimento	A-C6 empolamento na zona da junta
A-D BIODETERIORAÇÃO	
A-D1 fungos da podridão branca	A-D3 ataque por térmitas
A-D2 fungos da podridão castanha	A-D4 ataque por carunchos

4.1.2 Lista de causas possíveis de anomalias

Todas as causas possíveis (directas e indirectas) destas anomalias foram classificadas, de acordo com um critério cronológico, em 9 grupos diferentes.

Podem ser encontradas várias causas para uma mesma anomalia e só por vezes uma delas é preponderante [6].

Tabela 4: Lista de causas possíveis de anomalias [6] [7]

C-A CARACTERÍSTICAS DO SUPORTE	
C-A1 inexistência de planeza	C-A5 instabilidade dimensional
C-A2 rugosidade exagerada	C-A6 suporte demasiado jovem
C-A3 falta de coesão	C-A7 suporte excessivamente quente ou seco
C-A4 superfície pulverulenta ou oleosa	
C-B DEFICIÊNCIAS DE EXECUÇÃO EM GERAL	
C-B1 assentamento em condições atmosféricas adversas	C-B8 assentamento de peças empenadas
	C-B9 acabamento superficial inadequado
C-B2 insuficiente permeabilidade ao vapor de água	C-B10 desrespeito pelas juntas da construção
C-B3 sistema de fixação ao suporte inadequado	
C-B4 largura insuficiente das juntas entre peças	C-B11 revestimento em continuidade sobre materiais de suporte diferentes
C-B5 falta de juntas elásticas no contorno do revestimento	C-B12 utilização de peças com defeito
C-B6 aderência insuficiente entre camadas do revestimento	C-B13 falta de especialização da mão-de-obra
C-B7 revestimento com classificação funcional insuficiente para o espaço revestido	C-B14 classe de resistência inadequada
C-C DEFICIÊNCIAS DE EXECUÇÃO DA COLAGEM	
C-C1 desrespeito pelo tempo de abertura da cola	C-C5 espessura da cola fora dos limites recomendados
C-C2 assentamento demasiado "ligeiro" das peças	
C-C3 inexistente/deficiente controlo de qualidade da colagem	C-C6 utilização de espátula com perfil inadequado
C-C4 desrespeito pelo intervalo de tempo que deve decorrer entre a aplicação da base de assentamento	C-C7 cola inadequada ao grau de porosidade das peças ou do suporte

e a cola	C-C8 desrespeito pelo tempo de repouso [‡] da cola
C-D DEFICIÊNCIAS NO PREENCHIMENTO DAS JUNTAS	
C-D1 equipamento de preenchimento das juntas inadequado	C-D3 produto de preenchimento inadequado à largura e profundidade das juntas
C-D2 juntas não completamente preenchidas	C-D4 relação inadequada largura / profundidade da junta
C-E ACÇÕES DE ORIGEM MECÂNICA	
C-E1 movimentos diferenciais suporte - revestimento	C-E6 rotura por flexão em peças mal assentes
C-E2 fendilhação do suporte	C-E7 diminuição da tenacidade da madeira
C-E3 contracção ou expansão do produto de assentamento das peças	C-E8 actos de vandalismo
C-E4 retracção inicial e/ou contracção ou expansão do produto de preenchimento das juntas	C-E9 deficiente resistência à compressão
C-E5 choque violento ou em peças mal assentes	C-E10 contracção da madeira
C-F ACÇÕES DE ORIGEM BIOLÓGICA	
C-F1 desenvolvimento de fungos e bolores por excesso de humidade	C-F2 infestação por insectos (térmitas) em pavimentos térreos
C-F3 infestação por caruncho do borne da madeira	C-F3 aparecimento de plantas parasitárias
C-G ACÇÕES AMBIENTAIS	
C-G1 envelhecimento natural	C-G4 choque térmico
C-G2 exposição aos agentes atmosféricos	C-G5 radiação ultravioleta
C-G3 radiação solar incidente	
C-H CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO	
C-H1 solicitações não previstas em projecto	C-H3 limpeza inadequada
C-H2 vandalismo	C-H4 categorias dos utentes
C-I DEFICIÊNCIAS NO PROCESSO DE FABRICO	
C-I1 tempo de secagem da madeira não adequado	C-I3 protecção biológica inadequada ou insuficiente
C-I2 processo de secagem da madeira não adequado	C-I4 corte inadequado à disposição das fibras da madeira

4.2 Diagnóstico em revestimentos de piso lenhosos

O processo de diagnóstico inicia-se com a determinação das causas das anomalias dos edifícios, a partir das suas manifestações e consequências.

Esta tarefa é a mais complexa e imprecisa ao longo de todo o ciclo de vida de uma construção e debate-se com algumas limitações [8]:

[‡] Tempo de repouso: intervalo de tempo que deve decorrer entre o momento em que a argamassa-cola é amassada e o momento em que já pode ser aplicada.

- dificuldade em estabelecer relações biunívocas entre as causas e os defeitos, quer pela coexistência de diversas causas e de diversos defeitos, quer pelo modo como se condicionam mutuamente;
- dificuldade, ou impossibilidade em alguns casos, de reconstituir fielmente a história do edifício, em particular no período de construção (os materiais, a execução, a qualificação da mão-de-obra, as condições atmosféricas, as pequenas alterações ao projecto, as reparações entretanto efectuadas, etc.);
- extracção / destruição de áreas de revestimentos, dado o carácter destrutivo e invasivo de muitas das técnicas de diagnóstico;
- incerteza sobre a representatividade dos eventuais ensaios, sempre localizados e em número limitado.

O diagnóstico é uma tarefa ingrata, morosa e onerosa, mas imprescindível ao sucesso das acções de reabilitação, na qual se deve investir com um grau de empenho e um tipo de abordagem adequados aos objectivos a atingir.

Estes objectivos passam por eliminação integral da causa, recuperação durável com eliminação da disfunção verificada e prevenção de patologia semelhante em futuras construções, entre outras.

A realização de ensaios permite determinar qual a causa da alteração dos elementos.

O estudo das anomalias dos revestimentos lenhosos de piso não se limita ao material de revestimento em si, mas engloba o conjunto formado por suporte, material de revestimento, juntas, material e técnica de assentamento e preenchimento das juntas.

O conhecimento aprofundado dos materiais, do seu comportamento e das técnicas de construção, bem como a adopção de metodologias rigorosas de observação, registo e análise dos defeitos, são os instrumentos mais relevantes no processo de diagnóstico de patologias não-estruturais em revestimentos lenhosos de piso.

Normalmente a inspecção visual é o método que precede a utilização de qualquer outro método na determinação de anomalias num revestimento de piso, pois permite avaliar anomalias superficiais numa inspecção preliminar.

Durante a inspecção, através da observação visual das anomalias, deverão ser caracterizados os mecanismos físicos e químicos que estão na sua origem e estabelecidas relações causa-efeito [7].

4 Fichas de anomalia

Apresenta-se na Tabela 5 um exemplo tipo das fichas de anomalia propostas.

Tabela 5: Exemplo tipo de ficha de anomalia [9] [10]

<p>FICHA DE ANOMALIA A-A1</p> <p>LOCALIZAÇÃO: junto à parede exterior</p> <p>DESIGNAÇÃO: manchas escuras na superfície da madeira</p> <p>DESCRIÇÃO: manchas escuras devidas ao desenvolvimento de fungos da podridão</p> <p>CAUSAS POSSÍVEIS:</p> <ul style="list-style-type: none">exposição aos agentes atmosféricos (C-G2)desenvolvimento de fungos e bolores por excesso de humidade (C-F1)limpeza inadequada (C-H3)protecção biológica inadequada ou insuficiente (C-I3) <p>CONSEQUÊNCIAS POSSÍVEIS:</p> <ul style="list-style-type: none">estética afectadadeterioração do revestimentoperda de resistência da peça de madeira <p>ASPECTOS A INSPECCIONAR:</p> <ul style="list-style-type: none">desenvolvimento generalizado ou localizado dos fungospercentagem de elementos danificados <p>PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none">condições para que a degradação aumente rapidamente: S/Nvalor estético das zonas afectadas: alto (A) / médio (M) / baixo (B) <p>CLASSIFICAÇÃO DA ANOMALIA:</p> <p><u>Nível de gravidade:</u> médio, se houver condições para que a degradação aumente rapidamente ou se o valor estético das zonas afectadas for alto; baixo, nos casos restantes</p> <p>TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO:</p> <ul style="list-style-type: none">observação visual directaavaliação da qualidade e durabilidade	
---	--

5 Considerações finais

Os revestimentos lenhosos de piso, quer exteriores quer interiores, são um elemento decorativo importante, dando origem a pavimentos confortáveis e agradáveis à vista e ao tacto.

Apresentam-se nesta comunicação as anomalias mais comuns em revestimentos de piso lenhosos, com o propósito de sistematizar os métodos de diagnóstico e a sua reparação. Pretende-se assim evidenciar que existem soluções de reparação que permitem preservar a integridade do pavimento, não conduzindo a existência de determinado tipo de anomalias necessariamente à remoção total do revestimento.

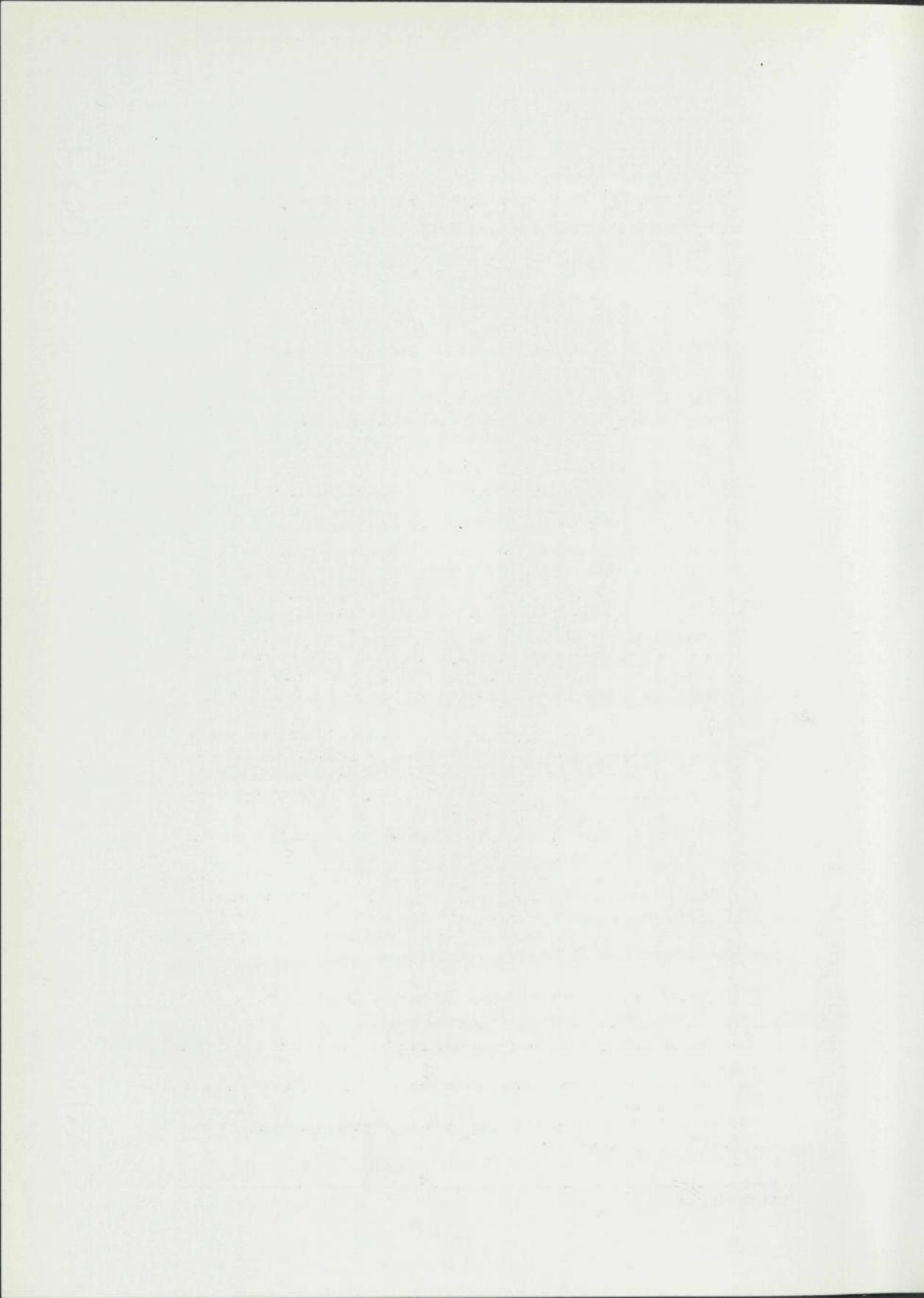
A actual preocupação pelo restauro e manutenção do património histórico e arquitectónico, a qual está intimamente ligada a aspectos de carácter económico, poderá socorrer-se deste tipo de ferramenta com o objectivo de minimizar os custos inerentes a determinadas reparações.

6 Bibliografia

- [1] Brito, Jorge de, "*Diagnóstico, patologia e reabilitação de revestimentos de pisos*", Folhas de apoio à disciplina de Reabilitação Não-estrutural de Edifícios, IST, Lisboa, 2004.
- [2] "Cimad '04 - A madeira na construção, 1.º Congresso Ibérico, Universidade do Minho, Guimarães, 2004.
- [3] Brito, Jorge de; Sousa, Vítor; Pereira, Telmo, "*Patologias não estruturais do Palácio Nacional de Sintra - Anomalias em Caixilharias de Madeira*", 3º ENCORE - Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, LNEC, Lisboa, 2003.
- [4] Appleton, João; Baião, Manuel "*Pavimentos de madeira de edifícios antigos. Constituição, patologia e reabilitação*", 2º ENCORE - Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, LNEC, Lisboa, 1994.
- [5] Cruz, Helena; Machado, José Saporiti; Nunes, Lina "*Problemas de conservação de madeira em edifícios*", 2º ENCORE - Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, LNEC, Lisboa, 1994.
- [6] Brito, Jorge de; Baptista, Sónia; Walter, Ana, "*Sistema de inspeção e diagnóstico de impermeabilizações de coberturas em terraço*", FUNDEC/IST, Lisboa, 2003.
- [7] "*Curso de Inspeção e Reabilitação de Construções em Betão Armado*", documento de apoio à disciplina de Técnicas de Inspeção e Avaliação Estrutural, IST, Lisboa, 2004.
- [8] Cruz, Helena; Machado, José Saporiti; Nunes, Lina "*Inspeção e avaliação de estruturas de madeira*", Comunicação apresentada no Seminário Estruturas de Madeira: Reabilitação e Inovação, LNEC, Lisboa, 2000.
- [9] "*Curso de Inspeção e Reabilitação de Construções em Betão Armado*", documento de apoio à disciplina de Técnicas de Inspeção e Avaliação Estrutural, IST, Lisboa, 2004.
- [10] Brito, Jorge de; Gonçalves, Carlos; Pereira, Telmo, "*Desenvolvimento de um sistema de apoio à inspeção de edifícios correntes*", 3º ENCORE - Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, LNEC, Lisboa, 2003.
- [11] Machado, José Saporiti, "*Placas de derivados de madeira*", ITES 14, LNEC, Lisboa, 2005.
- [12] "*Madeira na construção, MCI - Especificação de madeiras para estruturas*", LNEC, Lisboa, 1997.
- [13] "*Madeira na construção, MC9 - Humidade da madeira*", LNEC, Lisboa, 1997.
- [14] "*La madera y su tecnología*", Fundación Conde del Valle de Salazar, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 2002.



SESSÃO XIII – ESTUDO DE CASOS



TRATAMENTO DE PATOLOGIAS NO EDIFÍCIO DO CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO DE PORTOS MARÍTIMOS

Manuel Maia Gomes*

Correio electrónico: convento.carmo@cm-viladoconde.pt

Carla Cruz†

Correio electrónico: carla.cruz@cm-viladoconde.pt

António Costa‡

Correio electrónico: antonio.costa@cm-viladoconde.pt

Resumo

A comunicação que se propõe apresentar visa um conjunto de experiências acerca da reabilitação do edifício onde está instalado o Centro de Documentação do Portos Marítimos Portugueses. Decorridos cinco anos após a execução da obra, procedeu-se à análise do comportamento da solução preconizada para o tratamento das paredes de alvenaria de granito e da solução adoptada para o revestimento interior e exterior das mesmas.

Propõe-se relatar os trabalhos efectuados na consolidação das paredes em alvenaria de granito, afectadas por várias patologias, das quais se destaca a desagregação das partículas do granito motivado por humidades atmosféricas e escorrências de um muro de suporte longitudinal construído sobre afloramentos graníticos.

Descreve-se de forma pormenorizada, a solução para recalçamento das paredes de granito existentes, sem prévio desmonte das paredes, para constituição de um piso enterrado escavado em material saibroso. Serão ainda abordadas questões relativas ao restauro de elementos em madeira, o redimensionamento de algumas peças em ordem a cumprir os requisitos normativos, a utilização de argamassas tradicionais e o restauro da pintura pré-existente.

Palavras-chave: Reabilitação, Ventilação, Materiais tradicionais

* Arquitecto, Director do Departamento de Estudos e Projectos da Câmara Municipal de Vila do Conde.

† Arquitecta, Técnico Superior Principal do Departamento de Estudos e Projectos da Câmara Municipal de Vila do Conde.

‡ Engenheiro Civil, Técnico Superior Assessor do Departamento de Estudos e Projectos da Câmara Municipal de Vila do Conde.

1 Caracterização do edifício

O edifício foi construído segundo as técnicas tradicionais, com paredes em alvenaria de granito, pavimentos e cobertura em madeira, em três fases bem identificadas: a primeira no século XV, mandada fazer por D. João II em 1487, a segunda datável do século XVIII a partir da leitura dos elementos arquitectónicos existentes e a terceira adicionada na transição entre o século XIX e o século XX.

A picagem das paredes revelou existir uma grande homogeneidade no aparelho de granito, o que permitiu concluir que o “contentor” principal teria sido construído em 1487. A afinação da datação de Quatrocentos do corpo principal, radica na leitura dos vãos existentes, com portais chanfrados e padieira abobadada, certidão que confirma a época das Descobertas.

Sabe-se que o edifício foi profundamente remodelado no século XVIII, datam desta época as janelas da fachada Nascente e os coruchéus que encimam as pilastras.

Não há qualquer dúvida que o corpo Sul do edifício foi “colado” ao edifício de Quatrocentos, uma vez que as paredes que conformam este corpo, construído provavelmente no final do século XIX, foram justapostas às pilastras executadas em cantaria feita ao gosto do século XVIII.

A parede Poente do imóvel, da primitiva Alfândega, encosta aos logradouros dos lotes da Rua do Socorro dispostos a uma cota 4,00m acima da cota de entrada do nosso edifício, funcionando parcialmente como muro de suporte dos quintais dos lotes confinantes. Esta disposição provocava na parede escorrimientos provenientes das águas subterrâneas, pluviais e até de fossas existentes. Resolvidas algumas questões relativas às fossas que foram ligadas ao colectador de saneamento, (não foi possível fazer a drenagem de águas pluviais dos logradouros uma vez que os moradores não o permitiram) persistia sempre o problema das águas subterrâneas.

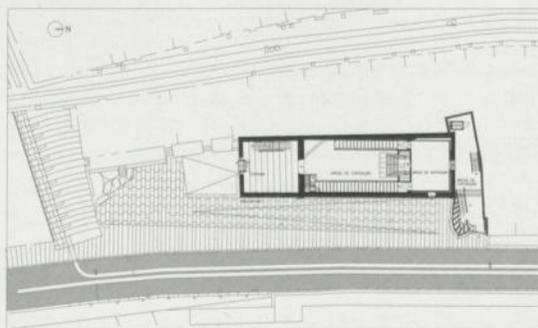


Figura 1 – Implantação.

2 Reabilitação das paredes de alvenaria de granito

O nível do pavimento existente teve que ser rebaixado para introduzir o sistema de ventilação, o qual se previu enterrado, recurso utilizado para ocultar as condutas que percorrem o edifício, sem manifestar a sua aparência. Foi, portanto, necessário escavar a superfície saibrosa e empalmar a parede de cima para baixo com a mesma alvenaria de granito, obrigando a rebaixar a fundação das paredes em cerca de 80 cm.

A construção da cave para instalação dos equipamentos de climatização e ventilação, dentro do perímetro das paredes existentes, obrigou também a proceder à escavação do maciço saibroso até às novas cotas e ao aumento da parede, construindo-a, por troços e de cima para baixo, mobilizando o efeito do arco, utilizando o sistema construtivo tradicional – alvenaria de granito assente com argamassa à base de saibro, areia e cal gorda com aparelho semelhante ao existente.



Figura 2 - Fotografias da obra: prolongamento inferior da parede estrutural em granito e abertura de novos vãos

Na sequência destas operações, e dado que a parede Poente estava completamente impregnada de humidade, sendo impossível estancar a escorrência de águas subterrâneas, foi necessário construir um colector que fizesse a drenagem das águas provenientes do muro de suporte.

Só após a consolidação das paredes de alvenaria de granito foram abertos vãos de comunicação com o lote onde se implantou o edifício de ampliação reservado a Museu da Construção Naval em Madeira.

3 Revestimento das paredes com reboco tradicional

As paredes manifestavam patologias variadas, como já se descreveu: a parede Poente estava completamente impregnada de humidade enquanto as paredes Nascente e Sul, bem ventiladas, expostas ao sol e ventos dominantes, apresentavam-se sem patologias relevantes para além da penetração de alguma humidade no seu leito superior e ascensional. Em face desta realidade, preconizou-se soluções distintas para os diferentes tramos de parede, ajustando a estratégia de intervenção em função das condições específicas de cada parede e a sua correspondência objectiva no que se refere às solicitações arquitectónicas de um projecto que tem por base uma atitude de restauro, ou seja, manter a aparência daquilo que seria o edifício da antiga “Casa da Alfândega”.

Perante esta impossibilidade de aplicar reboco sobre as paredes existentes, procurou-se uma solução que não conduzisse a alterações formais dentro do imóvel, aumentando consideravelmente a espessura de paredes e sua relação com as molduras em granito dos portais existentes. Assim, naquelas que apresentam mais forte contaminação com sais e granito em decomposição optou-se por construir uma nova parede ventilada [1].

As várias alternativas de construção de uma “forra” que servisse de suporte a um reboco, o mais tradicional possível, tais como parede em tijolo ou blocos de cimento torna-se inviável, assim como não se aceitava uma forra em gesso cartonado tipo “Pladur”, a qual retiraria a “tectónica” ao interior do edifício.



Figura 3 - Ripado em madeira para assentamento do “Heraklite” e fotografia do salão principal com as paredes revestidas com “Heraklite”, pronta a receber o estuque veneziano.

Optou-se por construir uma forra em “Heraklite” (material composto por fibras de madeira impregnadas com uma calda de cimento), pregadas, com pregos em aço inox sobre barrotes em madeira de pinho tratado em autoclave, desligados da parede de granito através de calços pontuais igualmente em madeira. As placas de “Heraklite” foram usadas como suporte para a aplicação de um reboco tradicional à base de saibro, areia e cal gorda, acabada com um es-

tuque do tipo “veneziano” com cor incorporada (argamassa de cal com óxido de ferro) [2].

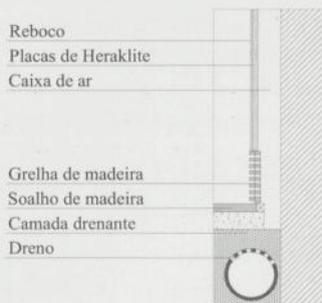


Figura 4 - Pormenor do ripado em madeira para assentamento do “Heraklite” e drenagem da parede em alvenaria de granito.

O próximo passo, foi prover esta forra de uma ventilação adequada e eficiente, de modo a assegurar a movimentação do ar: o rodapé é composto por uma grelha contínua em madeira que recebe o ar do pavimento e, por diferença térmica, o conduz ao vão da cobertura, o qual está provido de um conjunto de grelhas que, igualmente por depressão térmica, activam a circulação do ar.

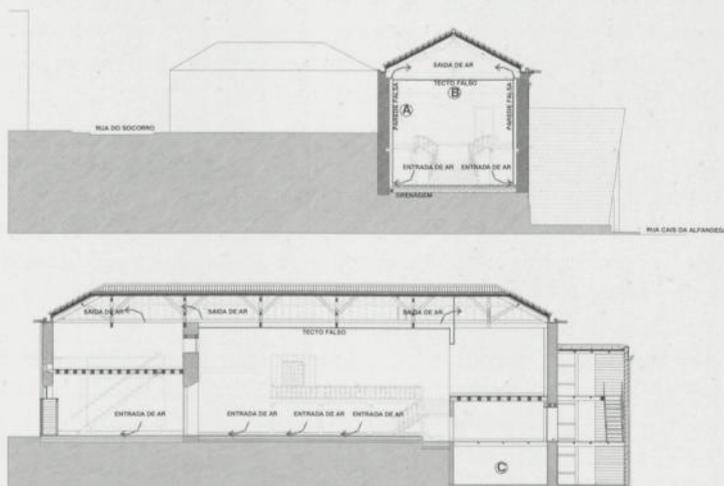


Figura 5 - Cortes do edifício com esquema de ventilação, com a legenda: A – Forra de paredes constituída por estrutura de sarrafos de madeira sobre a qual foram pregadas placas de “Heraklite” e revestidas a estuque tradicional; B – tecto falso em placas de estafe revestido com estuque tradicional; C – Desmonte do maciço rochoso.

Após o tratamento das faces interiores das paredes de alvenaria, convinha manter o mesmos princípios para o exterior, permitir a respiração da parede sem constituir barreiras ao vapor de água, ou seja, para o revestimento exterior foi aplicada uma argamassa tradicional à base de saibro, areia e cal gorda, finalizada com uma pintura com tinta tradicional utilizando pigmentos naturais, tendo sido posteriormente aplicado um repelente de água.

4 As Madeiras

Entre o período de encerramento da Antiga Alfândega, ocorrido na primeira metade do século XX e o início da obra, o edifício foi utilizado pela firma Samuel e Filho (construtores navais de embarcações em madeira), como armazém e vestiário de pessoal. A esta firma se deve a conservação e a manutenção das estruturas antigas até aos nossos dias, embora em muito mau estado e com a cobertura em ruína. Apesar disso, foi possível identificar os vários elementos em madeira, através de um levantamento rigoroso dos materiais existentes, permitindo a sua reprodução e até a sua incorporação no salão actual, tais como as pinturas formadas por marmoreados e fingidos em policromias diversas.

Para a reconstituição do salão da Alfândega, único em Portugal e dos poucos da Europa, houve necessidade de conferir à estrutura primitiva condições de segurança de acordo com as normativas legais. Por este motivo, as secções de madeira tiveram de ser reforçadas com espessuras superiores às pré-existentes, sem afectar o aspecto original do salão.

A estratégia do projecto tomou como princípio o restauro e a reprodução dos elementos arquitectónicos de valor reconhecido presentes no edifício. O salão da Alfândega era, sem dúvida, o local onde de se encontrava ainda os elementos originais: o corrimão e quase todos os balaústres são os primitivos, incluindo algumas tábuas da Casa do Juiz que foram aproveitadas. Nos outros espaços do edifício não figurava qualquer reminiscência valiosa, no que concerne à sua qualificação arquitectónica.

O pavimento do Centro de Documentação dos Portos Marítimos (CEDOR-POR) situado sobre a zona de entrada e portaria, foi construído com vigamento de madeira de Carvalho disposto perpendicularmente ao eixo longitudinal do edifício, encaixado entre dois perfis de aço com 25cm de altura. Pode-se, assim, elevar o pé direito do rés-do-chão libertando o pórtico Quatrocentista, uma vez que, aquando da construção deste corpo, o pavimento do primeiro andar foi encostado ao portal, desfigurando gravemente este notável elemento arquitectónico.

Em face da redução do pé direito superior, refez-se a cobertura existente, em estrutura de madeira, aproveitando o seu vão. A mesma solução foi adoptada para a cobertura do corpo Norte, onde figura o palco do salão. A disposição

livre destas coberturas/tectos construídas em madeira de Carvalho permitem uma franca ventilação do vão do telhado do salão principal.

5 Ampliação

Para além das valências de Museu da Alfândega e do Centro de Documentação dos Portos Marítimos (CEDORPOR), este equipamento integra ainda um Núcleo Museológico da Construção Naval em Madeira. Esta área recordatória de uma actividade intensa em Vila do Conde, que se manifesta depois da instituição da nacionalidade, foi implantada num lote onde se localizava um edifício de arquitectura doméstica do século XIX, sem qualquer referência arquitectónica de qualidade. O novo volume permite ainda estabelecer comunicações verticais entre as várias cotas do edifício, através de um ascensor para apoio aos portadores de mobilidade reduzida.

Elegeu-se construir este edifício com pavimentos, cobertura e fachada em madeira como homenagem aos construtores navais (quis a sorte, que a forma do interior do edifício tivesse igualmente uma curva figurativa do dorso de um barco). Era intenção, na fase de projecto, que a fachada ligeiramente afeiçoada à proa de um barco fosse construída por uma empresa de construção naval. No entanto, e por via de questões ligadas à organização de empreitadas, quis a realidade que este trabalho fosse executado por uma firma de Braga, bem longe do mar, sob a competente direcção do Sr. Augusto Oliveira Ferreira.

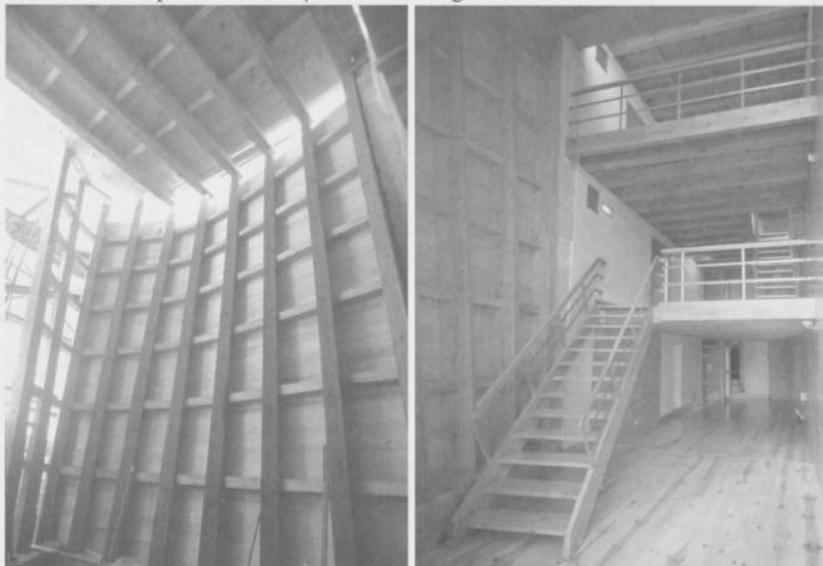


Figura 6 - Fotografia da construção da fachada do volume de ampliação e vista geral do seu interior.

6 O cobre

Escolheu-se o cobre como material de revestimento por ser o material mais óbvio pela sua ductibilidade e capacidade de ganhar "patine" [3].

Revela-se ainda, no capítulo da utilização do cobre, os conceitos desenvolvidos na prevenção de humidades capilares no topo dos vigamentos em madeira através da utilização de copos de cobre nos apoios em paredes. Estes libertam a madeira de eventuais concentrações de humidade presentes na parede de alvenaria de granito, humidades, aliás, impossíveis de controlar, uma vez que parte das paredes estruturais são partilhadas com a construção vizinha, sujeitas a infiltrações de água através de coberturas ou de instalações sanitárias. Este revestimento a cobre impede a madeira da infiltração capilar através dos topos das vigas, patologia corrente em estruturas de pavimentos em madeira. Contribui, também, para evitar a criação de fungos ou colónias de insectos, uma vez que a composição do cobre, integrada através dos seus componentes uma acção preventiva à ocorrência de patologias causadas por estes agentes.

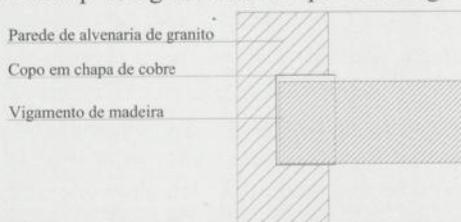


Figura 7 - Pormenor do copo de cobre assegurando a ventilação dos topos da madeira

Esta subempreitada foi objecto de uma comunicação no 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. [4] Essa comunicação, que incide sobre a aplicação de um revestimento de cobre na parte ampliada do edifício pré-existente, foi elaborada sem qualquer contacto ou nota de conhecimento dos autores do projecto do edifício, subscritores desta comunicação. Acresce ainda, a dificuldade de exemplificar ao subempreiteiro o processo de disposição das escamas metálicas, as quais configuram uma geometria muito específica, obrigando a recorrer a processos de representação em maquete da solução preconizada.

Enquanto autores do projecto não concordamos com as ilações ou interpretações de algumas soluções por nós adoptadas e a omissão de alguns pormenores construtivos que reputamos de importantes na intervenção do edifício em análise. A título de exemplo, na pág. 192 é referido que foi adoptada uma solução não ventilada para as paredes exteriores. Não se concorda com esta afir-

mação por ser justamente o contrário daquilo que se preconizou no nosso detalhe de pormenor, que é baseado no conceito da fachada ventilada.



Figura 8 - Pormenor da fachada revestida a chapa de cobre

A parede é constituída basicamente por uma “sanduiche” de soalho e contraplacado de madeira, preenchida com poliestireno extrudido. Sobre a superfície exterior foi aplicado uma lâmina drenante pitonada em PVC que assegura a drenagem e ventilação da parede.

7 Conclusão

O princípio utilizado na realização desta obra foi sempre o de promover a “respiração” dos materiais e elementos construtivos evitando assim constituir barreiras ao vapor de água gerado no interior do edifício. Assim foram utilizados materiais naturais em madeira, sempre ventilada e rebocos naturais que permitem a troca de vapor entre o interior e o exterior.

O imóvel apresenta um grande volume e continuidade espacial sem qualquer subdivisão estanque. É dotado de um sistema de ventilação forçada com controle de humidade, o que minimiza a ocorrência de fenómenos de condensação.

Decorridos cinco anos após a execução da obra, concluiu-se da dispensabilidade do sistema de aquecimento, uma vez que a inércia das paredes de alvenaria de granito aliada ao isolamento térmico instalado, acrescido ainda da energia gerada pela iluminação artificial é suficiente para suprir as necessidades de climatização no período de Inverno. A solução preconizada, descrita nesta comunicação, revelou um bom desempenho face à utilização do edifício, sem sinais visíveis das patologias anteriores nem eflurescências, assim como, o reboco aplicado se encontra bem estabilizado sobre o suporte, sem fendilhação aparente.

8 Bibliografia

- [1] Achtziger, Joachim, *The Use and Uselessness of Vapour Barriers*, Detail – Review of Architecture, Maio 2002: pp. 624-632.
- [2] Teixeira, G.B. & Belém, M.C. , *Diálogos de edificação – técnicas tradicionais de construção*, Porto, CRAT , 1998.
- [3] Comoletti, Cesare, *Il rame sui tetti*, Milano, Electa, 1994.
- [4] Bragança, L. *et al* , *Tecnologia de utilização de chapas de cobre na reabilitação de edifícios antigos*, 1.º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, 2003, pp. 185-196.

REABILITAÇÃO DO BAIRRO DO FAROL

Miguel Sousa*

Correio electrónico: miguel.sousa@cm-viladoconde.pt

António Costa†

Correio electrónico: antonio.costa@cm-viladoconde.pt

Resumo

Reabilitação do Bairro do Farol em Vila do Conde, estratégia e metodologia de intervenção. A reabilitação da construção como elemento dinamizador da reabilitação urbana e da vida colectiva.

Palavras-chave: Degradação, Reabilitação, Revestimento.

1 Introdução

O Bairro Farol é um empreendimento habitacional a custos controlados construído em 1978 em terrenos do Município por iniciativa do FFH. Trata-se de um conjunto urbano composto por blocos de habitação 4 pisos e habitações unifamiliares em banda de um só piso, num total de 118 fogos.

Os edifícios foram executados num sistema de construção de pré-fabricação pesada de paredes Turcopóvoa.

Trata-se pois, e no essencial, de uma intervenção de reabilitação, na sequência de um processo típico de gestão do parque habitacional de arrendamento público, onde a ausência de programas de manutenção e conservação conduzem à habitual degradação progressiva dos edifícios, nomeadamente dos seus elementos construtivos exteriores e de utilização colectiva.

O conjunto de deficiências observadas compreendiam a fissuração acentuada e extensiva das paredes exteriores, a revelação das armaduras estruturais com avançado estado de oxidação e o quase colapso do sistema de cobertura que originavam no seu conjunto infiltrações por todo o edifício, acentuando a imagem tradicionalmente negativa associada aos empreendimentos de habitação social.

* Arquitecto, Técnico Superior Assessor da Câmara Municipal de Vila do Conde.

† Engenheiro, Técnico Superior Assessor da Câmara Municipal de Vila do Conde.

Perante tal cenário a Câmara Municipal viu-se confrontada com a eventual necessidade de proceder à demolição dos blocos de habitação face ao avultado investimento inerente à reabilitação dos edifícios o que, ainda assim, não garantiria uma vida útil compatível. A decisão foi posta à consideração dos moradores na perspectiva de um realojamento provisório ou definitivo noutra local ou da possibilidade de retorno após a construção de novos edifícios. Perante a recusa dos moradores decidiu então a Câmara Municipal proceder aos trabalhos de reabilitação dos edifícios degradados, optando por uma estratégia de valorização dos edifícios e do espaço urbano envolvente, para além da mera reparação dos elementos construtivos degradados. Importava pois, nesta operação reabilitar também os modos de vida e de utilização colectiva dos espaços construídos e espaços exteriores, fomentando a estima dos moradores.



Figura 1: Aspecto geral da fachada posterior antes da intervenção



Figura 2: Aspecto das lavandarias e galerias antes da intervenção

A intervenção de reabilitação consistiu, no essencial, no tratamento dos elementos estruturais expostos, nomeadamente as armaduras de aço, no revestimento integral das paredes exteriores com sistema de isolamento em poliestireno expandido com revestimento armado e resinas, na substituição do sistema de cobertura por painéis isotérmicos e substituição de toda a caixilharia de ferro existente em portas de entrada e lavandarias, bem como o revestimento de todas as soleiras de vãos exteriores com sistema agregado ao novo revestimento de fachadas.

A esta intervenção global e mais profunda, seguiu-se uma intervenção programada, a desenvolver em contínuo, nas redes internas de águas e saneamento por forma a conferir aos edifícios alguma capacidade de utilização confortável, evitando que se instale entre os utilizadores a sensação de “obra de fachada” que conduziria de novo a um processo de “auto-degradação” dos edifícios.

2 Metodologia e Processos de Intervenção

2.1 Remoção de Revestimentos Exteriores

Ao longo do anos, em sucessivas intervenções, foram-se acumulando materiais diversos de reparação de fissuras ou de desagregação de revestimentos.

Importava nesta intervenção mais profunda, proceder à sua remoção para melhor aceder e aferir do estado dos suportes e assim poder determinar o processo de intervenção.

Assim, removeram-se as membranas asfálticas de impermeabilização das empenas, as camadas de pintura e os rebocos desagregados, utilizando-se para o efeito a raspagem, a escovagem das superfícies e sua limpeza fina a jacto de água.



Figura 3: Aspecto dos revestimentos exteriores antes da intervenção

2.2 Reparação de Elementos Estruturais

Esta intervenção fundamentalmente sobre o tratamento das armaduras construtivas que, com o tempo, ficaram aparentes após a desagregação das argamassas nas topos de lajes e paredes portantes exteriores.

Como método de intervenção adoptaram-se os seguintes procedimentos:

- Verificação visual e por impacto de todas as superfícies exteriores para detecção e remoção de rebocos desagregados ou destacados;
- Alargamento, por picagem, de todas as fissuras, revelação das armaduras danificadas e amostragem do suporte mais consolidado;
- Decapagem e tratamento de armaduras com primário anticorrosivo de resinas sintéticas tipo “ibofer”;
- Limpeza, colmatação e fechamento de todas as fissuras com argamassa de resinas e fibras sintéticas do tipo “motex dur”.



Figura 4: Aspectos dos elementos estruturais aparentes por degradação dos revestimentos das fachadas

2.3 Reabilitação de Paredes Exteriores

A adopção do sistema de revestimento térmico pelo exterior, decorre do objectivo de encontrar uma solução que, por um lado, resolvesse o previsível aparecimento de nova fissuração superficial, e, por outro lado, absorvesse as irregularidades das superfícies decorrentes das sucessivas intervenções nos paramentos exteriores, sem a necessidade de introdução de novos rebocos ou o tratamento mais cuidado dos rebocos existentes.

Importava também impedir que a provável origem da extensa fissuração – as amplitudes térmicas – continuasse a produzir efeitos nefastos, promovendo uma solução que garantisse alguma estabilidade mecânica e dimensional aos elementos construtivos.

Inicialmente previsto com uma espessura de 3 a 5cm, o isolamento em placas de poliestireno expandido acabaram por ter um recobrimento variável (chegando aos 8cm), dado o desaprumo dos painéis pré-fabricados das fachadas. Assim foi também possível absorver no novo plano do revestimento os elementos antes salientes dos topos de laje e caixas de estore.

Como procedimento de execução foram utilizadas as técnicas preconizadas pelos fornecedores do sistema, acrescentando-se apenas uma fixação mecânica

suplementar dada a espessura considerável do isolamento em grande parte das fachadas.

Estando os edifícios contíguos a faixas de ajardinadas, percursos de atravessamento e espaços colectivos de lazer, procedeu-se à aplicação de um lambrim em mosaico cerâmico extrudido leve sobre o revestimento final, por forma a prevenir danos por choques ocasionais, sobre o sistema de isolamento.



Figura 5: Aspectos dos trabalhos na intervenção nas paredes exteriores com a colocação das placas de isolamento térmico e redes de reforço

2.4 Reabilitação de Coberturas

Na sequência da inexistência de uma manutenção regular e programada, as coberturas encontravam-se em acentuado estado de degradação constituindo, por efeito de contínuas infiltrações, o principal motivo de degradação do interior das habitações bem como de alguns elementos estruturais.

A opção foi a substituição integral dos elementos de revestimento, isolamento e impermeabilização, reconfigurando-se simultaneamente o sistema de recolha e drenagem de águas pluviais.

Como princípio de intervenção adoptaram-se os seguintes procedimentos:

- Isolamento da laje de cobertura com placas poliestireno extrudido com 3 cm de espessura;
- Criação de canais de drenagem com 40cm de largura, com inclinações acrescidas, executadas em betão leve com argila expandida;
- Impermeabilização em contínuo de canais de drenagem (caleiras) com dobragem em platibandas e muretes, com sistema de dupla tela elastómera asfáltica e tela de desgaste;

- Aplicação de chapa isotérmica de cobertura com revestimento final em película de alumínio lacado, sobre novos perfis galvanizados de suporte;
- Substituição integral de terminais de ventilação e chaminés introduzindo sistema de protecção a possíveis infiltrações por acção do vento;
- Rufagem integral em chapa de zinco em coroamentos de paltibandas, coberturas e transição de planos;
- Substituição de todos os materiais e acessórios passíveis de introduzir danos no sistema de cobertura, protegendo-se, ainda assim, todos os novos elementos de fixação com produtos que impedem a sua calcinação.

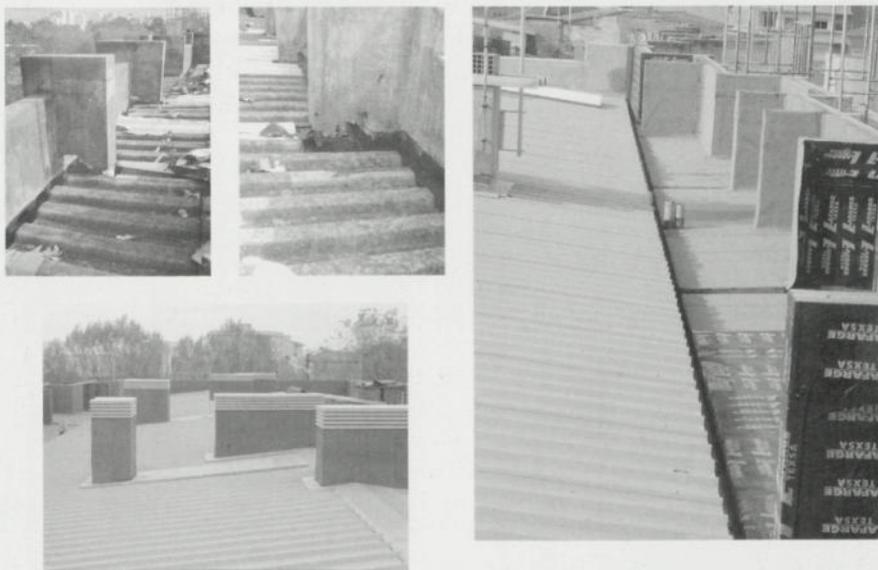


Figura 6: Aspectos dos trabalhos na intervenção nas coberturas

2.5 Reabilitação de Elementos Acessórios

Na sequência da intervenção mais global sobre os elementos construtivos exteriores, importava também intervir sobre os elementos acessórios, que no tempo entraram em processo de degradação e que muito contribuíam para a imagem negativa do bairro.

Procedeu-se à substituição da caixilharia das lavandarias, encerrando o contacto com exterior com nova caixilharia em alumínio, e introduzindo elementos fixos de ventilação por forma a melhorar as condições de arejamento da habitação.

- Procedeu-se à aplicação de soleiras em alumínio (sobre as soleiras de betão existentes), agregadas aos sistema de revestimento exterior, incluindo a revisão das vedações da caixilharia.
- Procedeu-se à substituição da caixilharia das entradas dos blocos, reconfigurando os acessos e instalando caixas de correio integradas.
- Procedeu-se à renovação dos acabamentos das caixas-de-escada com reparação e pintura de paredes e guardas metálicas.
- Procedeu-se à substituição integral dos equipamentos colectivos de campainhas, colunas de distribuição eléctrica, telefones, tv e distribuição de água.



Figura 7: Aspectos dos trabalhos na intervenção nas paredes exteriores, após aplicação dos revestimentos finais e novas caixilharias

2.6 Plano de Intervenção Complementar

Na perspectiva da efectiva melhoria das condições de habitabilidade das habitações, implementou-se também um conjunto de intervenções programadas e sistemáticas para a revisão e renovação das redes internas de águas e esgotos, com substituição integral das tubagens, acessórios e esquentadores de gás.

Simultaneamente, e com o conhecimento dos moradores, procedeu-se ao estudo de requalificação dos espaços exteriores, cuja implementação faseada permitirá envolver os moradores num processo de reaprendizagem do uso dos espaços colectivos.

O Bairro do Farol, embora com uma localização central na proximidade de um vasto conjunto de equipamentos públicos, estava transformado num espaço lateral e segregado, onde os próprios moradores não encontravam estímulos de vivência e convivência urbana.

Esta intervenção, que incidiu fundamentalmente na reabilitação de elementos construtivos, trouxe, para além da evidente valorização dos factores de conforto, uma nova imagem e presença do bairro na cidade.



Figura 8: Aspecto final do bairro após a intervenção

3 Notas Finais

Os trabalhos de reabilitação foram executados pela empresa Engenheiros Associados, SA, em regime de Empreitada de Concepção – Construção, com Caderno de Encargos e soluções técnicas tipificadas e descritas pelo Dono-de-Obra.

A Fiscalização dos trabalhos foi exercida pelo Eng^o Pedro Reis, técnico da Câmara Municipal de Vila de Conde.

4 Bibliografia

- [1] Avis technique 7/01 – 1315, *Produits et systèmes d'étanchéité et d'isolation complémentaire de parois verticales*, Agosto de 1989.
- [2] Patorreb 2003 , *Actas do Encontro*, Porto, FEUP , 2003.

REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS EN EL CENTRO HISTÓRICO DE BARCELONA

Claudia Torres Gilles*

Correo electrónico: claudia.torres@upc.edu

Resumen

El estudio se basa en el análisis de proyectos de rehabilitación realizados en edificios de viviendas en dos barrios del Centro Histórico de Barcelona: el Raval y la Barceloneta.

Se trata de edificios de vivienda del los siglos XVIII o XIX, , ubicados en tramas urbanas en manzana cerrada con edificaciones adosadas, con sistemas constructivos característicos de la época constituidos por muros de carga de ladrillo; forjados, compuestos en su mayoría por bovedillas y viguetas de madera o metálicas; y cubiertas transitables.

El estudio de los expedientes de obras de rehabilitación ha permitido identificar, por una parte, el estado de conservación del edificio que, generalmente por falta de mantenimiento y dependiendo de sus niveles de degradación, presenta patologías de mayor o menor gravedad; y por otra parte, los problemas de adecuación a las exigencias actuales de habitabilidad y confortabilidad de las viviendas y de incorporación en el edificio de nuevos servicios y dotaciones.

Palabras clave: Edificios vivienda, Centro Histórico, Conservación, Patologías, Rehabilitación.

1 Introducción.

El estudio de casos se ha realizado con la información que se ha obtenido de los Expedientes de Obras Mayores existentes en el Archivo Municipal del Distrito I de Barcelona, seleccionándose para este comunicado, solo aquellos proyectos de rehabilitación integral que corresponden a edificios residenciales ubicados en el Raval de Ciutat Vella.

Estos proyectos pertenecen a las nuevas promociones realizadas a partir de 1985 con el inicio de los Planes Especiales de Reforma Interior (PERIs) que buscan, por un lado, revitalizar el centro, y por otro, solucionar los problemas generados a partir de las deplorables condiciones de las viviendas.

* Arquitecta, Doctoranda y colaboradora del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, ETSAB, Universidad Politécnica de Cataluña.

Los proyectos de rehabilitación en estos edificios se consideran integrales siendo una intervención sobre todos los elementos del edificio –constructivo o distributivos- produciéndose o no una alteración significativa de los espacios originales, mejorando sus condiciones de utilización o adaptándose a nuevos usos. Esto supone recuperar los espacios comunes del edificio, los interiores de las viviendas, las fachadas y cubiertas.

La presente comunicación se refiere a las condiciones de las edificaciones antes de la intervención rehabilitadora, a las problemáticas de actualización y en términos generales a las propuestas arquitectónicas.

2 Presentación de los casos.

Los edificios estudiados pertenecen a una tipología característica de las viviendas del siglo XVIII o XIX, tanto por la conformación de la parcela, con un fondo 4 veces el frente, como por su sistema constructivo (fig 1). Los edificios están adosados, compartiendo medianeros y constan de planta baja mas 4 o 5 plantas y terrado, teniendo alturas edificadas entre 17 y 23 m. Cuentan con un patio interior, ubicado en la mitad de la profundidad y junto a él se encuentran las cajas de escala que dan salida al terrado. Este conjunto, del patio y la caja de escalera, divide el edificio en dos áreas habitables independientes, una orientada hacia el interior de manzana y la otra, con la fachada principal, hacia la calle.

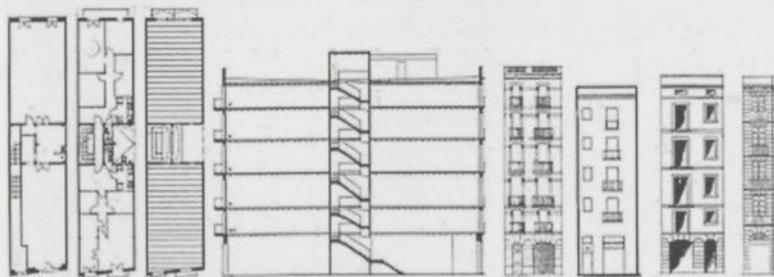


Figura 1: Tipología de viviendas estudiadas.

Los sistemas constructivos son los tradicionales de esta tipología de edificios, estructurados en base a muros portantes perimetrales, conformados por medianeras y fachadas, además de algunos ejes interiores, los cuales soportan forjados unidireccionales.

2.1 Fachadas, medianeras y muros intermedios.

Las fachadas principales tiene en Planta Baja dinteles y jambas de piedra de montjuic con muros de 45 a 60 cm, el resto es de ladrillo de 25 cm. Los balcones están formados, con perfilera metálica vista y un pavimento cerámico, o bien, por losas de piedra en 3 piezas encajando las laterales bajo las jambas. Las fachadas posteriores son sencillas, sin balcones salientes y cuando existen son balcones corridos, o galerías. Están construidas de ladrillo macizo de espesores de 45cm en PB, y de 25 cm en las plantas superiores

Los muros medianeros presentan mayor grueso -de 30 a 40 cm- en las plantas bajas, formadas en algunos casos por mampostería de piedra. El resto de las plantas superiores están realizadas con ladrillo macizo de 15 a 20 cm. En la mayor parte de los casos, estos muros medianeros son de regular calidad constructiva debido a una edificación por etapas.

Los muros intermedios son muros interiores de ladrillo macizo con espesores que van de los 25 cm a los 15 cm. En los edificios con frentes de 9m existe un eje central paralelo a los medianeros. En edificios con frente de 7m. los muros van paralelos a la fachada, de medianero a medianero y en los con frente de 4m., no existen, la luz es salvada directamente por los forjados.

2.2 Patios de luz y cajas de escalera.

Los patios de luz se ubican en medio del largo del edificio, centrados en la planta, desligados de los medianeros, cerrados por todos lados con muros portantes de ladrillos que están perforados por ventanas de ventilación.

Las cajas de escala se ubican junto a los patios de luces o desfasadas de éstos y adosadas a los medianeros, están construidas con bóvedas tabicadas con rasillas, apoyadas en muros medianeros, del patio de luz o muros intermedios. Los peldaños son de terracota o rajola cerámica. (fig. 2)

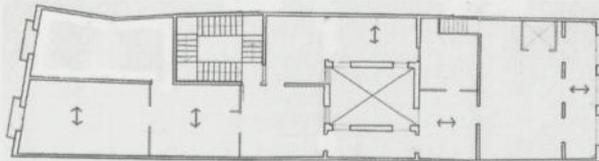


Figura 2: Ejemplo de planta tipo con frente de 9m.

2.3 Forjados, cubiertas y terrados.

Los forjados son generalmente de vigas de madera labrada de sección rectangular, que se apoyan en los muros medianeros y en ejes de muros interme-

dios. Entre vigas, el forjado se conforma de bovedillas de rasilla con relleno de argamasa de cal y escombros de pavimentos. Las crujías son simples, en la mayor parte de los casos, unidireccionales. (fig. 3 izq)

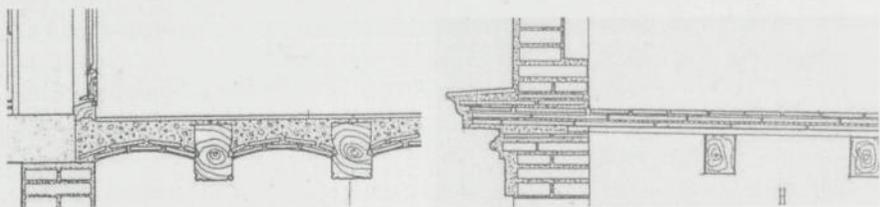


Figura 3: Detalles de forjados de plantas tipos y cubierta o terrado.

Los terrados son transitables al estar conformados por una cubierta plana, cuyos forjados son de vigas de madera con bovedillas o rastreles de madera y solera de rasilla, con pendientes hacia fachadas o patio de luces. No poseen impermeabilización y algunos cuentan con cámaras de ventilación. (fig. 3 der.)

3 Estado de conservación de los edificios.

Estos edificios presentan cierto nivel de degradación constructivo estructural, y además, carencias en las condiciones funcionales y de confort -de acuerdo a los requerimientos actuales-, necesarios para garantizar niveles adecuados de accesibilidad, habitabilidad y seguridad en las viviendas.

3.1 Patologías constructivo-estructurales.

En general los muros estructurales y las fundaciones, se encuentran en buenas condiciones, o por lo menos, en la mayoría de los proyectos de rehabilitación se mantienen o aplican refuerzos puntuales. No así los elementos estructurales horizontales, que se reparan, renuevan o reemplazan.

3.1.1 Patologías en fachadas y muros medianeros.

Las fachadas padecen las deficiencias propias de la falta de mantenimiento. Los rebocos presentan en pocos casos fisuras o grietas diagonales en esquinas de dinteles, mayoritariamente presentan algunos desprendimientos del revoco, desconchados, manchas de humedad entorno a bajantes y pinturas con tendencia a englobarse. Hay casos de fachadas con esgrafiados muy degradados, casi imperceptibles u ocultos bajo algún cartel comercial.

Las cornisas y los balcones siendo elementos de alta vulnerabilidad no tienen protección contra el agua, son elementos degradados al estar expuestos a la humedad ambiental y de usos, generando desprendimientos de los estucos en

las aristas, deformaciones y oxidación de las piezas metálicas. Las carpinterías tienen deficiencias generales por la humedad.(fig 4, 1ª-2ª)



Figura 4: Propuestas para fachadas y desprendimiento del revoco en medianero.

Los medianeros se encuentran en un estado óptimo para reutilizarse como elementos estructurales, en pocos casos presentan grietas y fisuras horizontales en línea de apoyo de las vigas de los forjados, mayoritariamente presentan: fisuras leves, producto de la discontinuidad en la fábrica por construcciones en etapas, humedades cerca de zonas de servicios de las viviendas y humedades por capilaridad en plantas bajas. y degradación del revoco en las partes sobresalientes al terrado que se encuentran expuestas a lluvias.(fig. 4, 3ª)

3.1.2 Patologías en forjados.

El principal problema de los forjados es con el apoyo de las vigas de madera en los muros, que en general se encuentran carcomidas y en algunos casos los cambios de humedad y temperatura han provocado su pudrición, esto se acentúa en los forjados ubicados bajo las cubiertas por los problemas de filtraciones y en los de las zonas de servicio de las viviendas con la humedad por condensación (fig. 5, 1ª). En algunos forjados de vigas de madera y pocos de vigas metálicas, el pavimento de los pisos está desnivelado ya que los forjados han flechado considerablemente (fig 5, 2ª), no obstante, los forjados con vigas metálicas tiene un mejor comportamiento (fig 5, 3ª).



Figura 5: Forjados con vigas en estado de pudrición y flechadas

3.1.3 Estado de patios de luz y cajas de escalera.

Estos patios no están cubiertos y cumplen la función de iluminar y ventilar las áreas de servicios, siendo muros bastante perforados por nuevas ventanas, tuberías de instalaciones, tuberías de ventilaciones y tendedores de ropa, generándose deterioro y en algunos casos agrietándose considerablemente. La mayoría presenta desprendimiento de los revocos y tendencia a englobarse por efecto de la humedad propia del uso y la lluvia. (fig 6, 1ª 2ª)

Las bóvedas a la catalana de escaleras, se encuentran con fisuras y agrietamientos graves, desgaste de los peldaños y muchas de ellas presentan humedades por problemas de filtraciones en la cubierta. Las grietas en los muros de las escaleras se producen en los apoyos de las bóvedas por los empujes horizontales que descargan sobre ellos.

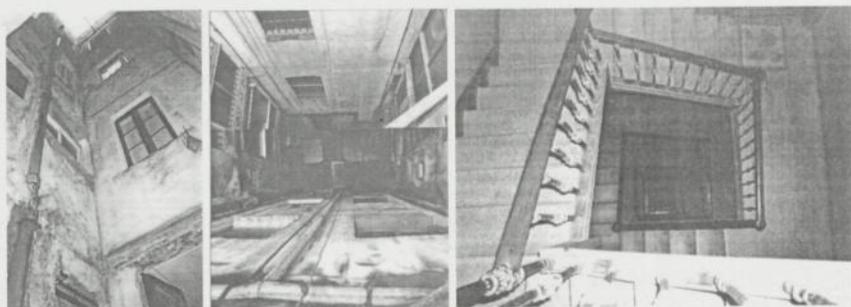


Figura 6: Patios de luz y cajas de escaleras en estado aceptable.

3.1.4 Patologías en cubierta y terrado.

La cubierta sufre por un lado, los problemas de impermeabilización y por otro, los de sobrecarga por ocupación del terrado, con bodegas, estanques de acumulación de agua, lavanderías, etc., los cuales, además, contribuyen a la humedad generalizada. Estos problemas de impermeabilización se reflejan en los forjados y falsos techos, los cuales se encuentran con altos niveles de pudrición en las vigas y degradación de las bovedillas. No son rescatables.

3.1.5 Instalaciones y salubridad.

Las instalaciones se encuentran todas obsoletas para los nuevos requerimientos, tanto en las viviendas como en las zonas comunes. Lo más frecuente es la degradación en torno a los antiguos estanques de acumulación de agua sobre las cubiertas, la falta de capacidad de las instalaciones eléctricas, la desconexión de las instalaciones interiores a las redes urbanas de desagües y los problemas de acceso a los contadores de las viviendas.

3.2 Problemáticas de accesibilidad y habitabilidad.

Sin duda la dificultad mas importante en cuanto a accesibilidad a las viviendas –además de la ausencia de estacionamientos- es la falta de ascensores en edificios de mas de 4 plantas, esto significa un gran problema teniendo en cuenta que la mayor parte de los habitantes de estos edificios son adultos mayores. No menos importante es, en algunos casos, la estrechez de las escaleras que no permiten subir objetos de cierta envergadura.

En cuanto a la habitabilidad del edificio y de las viviendas presentan carencias en cuanto a la iluminación natural y ventilación de los espacios, ya que cada vivienda tiene dos ventanas a fachadas y dos a los patios de luz.

En general presentan problemas de distribución interna, incluso, es normal encontrar baños accesibles a través de la cocina o en las galerías de la fachada interior de manzana. Presentan carencias totales respecto de los elementos de impermeabilización, aislamiento acústico, térmico y calefacción.

4 Intervenciones Propuestas.

Las intervenciones de rehabilitación integral en estos edificios de vivienda son realizadas, en edificios de propiedad vertical, existiendo menos dificultades al momento de hacer una propuesta para todo el edificio y lograr reformas en las viviendas. Las intervenciones son las siguientes:

4.1 -Limpieza y reparación de fachadas y medianeros.

Los trabajos realizados en las fachadas principales son de repicado del revoco existente y aplicación de uno nuevo, reparando las fisuras y grietas que aparecen. En casos menos graves las dos fachadas se limpian a temperatura y presión controlada con detergentes neutros. Después del saneado se pintan, previa muestra aprobadas por el ayuntamiento. Se restauran los esgrafiados y piezas cerámicas, como elementos singulares (fig 7. 1ª)

Los elementos de piedra natural que generalmente están ocultos por marquesinas, dinteles de ventanas y balcones, se sanean lavándolas con jabones neutros y con agua a presión y temperatura controlada. (fig. 7, 3ª 4ª)

Las losas de los balcones se rehacen de perfiles metálicos, manteniendo la proporción y composición de los existentes, las barandas se restauran o se hacen nuevas. Las cornisas se rehacen en su canto inicial y se impermeabilizan con tela asfáltica y baldosa cerámica. Las carpinterías se renuevan, colocándose carpinterías de aluminio lacado, pocos casos se sanean y reparan.

Los medianeros se mantienen casi intactos, reparándose los casos mas graves de grietas verticales, las que se grapan mediante varillas de acero corrugado, cogidas con mortero de resinas epoxi a la de fabrica de ladrillo.(fig.7, 2ª)

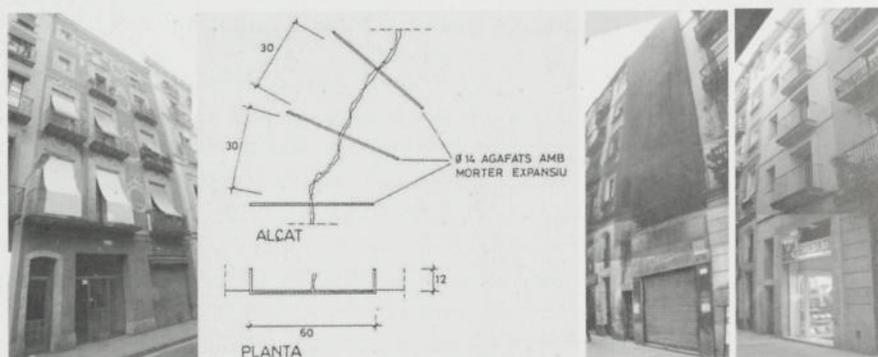


Figura 7: Fachadas con esgrafiados, reparaciones y dos imágenes de la misma.

4.2 Accesibilidad, cajas de escalera, patios de luz, y ascensores.

La planta baja se redistribuye para crear un nuevo acceso a las viviendas (fig 8). Se cubren los patios con claraboyas translúcidas para permitir el paso de la luz y evitar el deterioro prematuro de los mismos. Cuando el espacio de la caja escalera lo permite, se coloca en su centro un nuevo ascensor, no obstante, en los casos de parcela de frente menor a 7 m, se contempla la colocación de un ascensor en el patio de luz conectando las viviendas al nivel intermedio, y desapareciendo parcialmente el patio de luz (fig 8, 3ª).

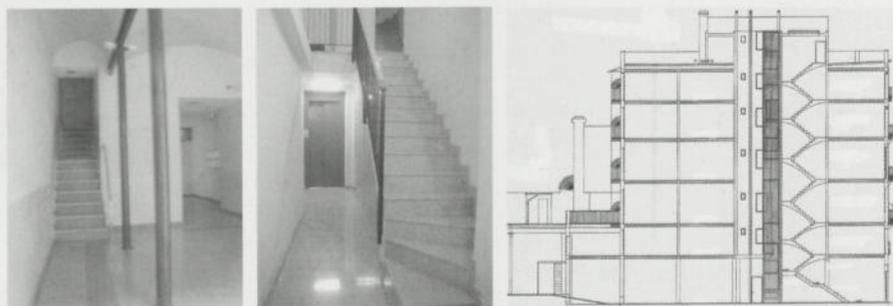


Figura 8: Ejemplos de nuevos vestíbulos y sección con nuevo ascensor.

4.3 Reparación y sustitución en forjados, cubiertas y terrado.

En casos de forjados con vigas de madera, se sustituyen aquellas cuyo estado no se adecua a las sollicitaciones del proyecto, remplazándolas por perfi-

les de acero con función estructural, o bien reforzándose mediante perfiles metálicos, apeando los revoltones si es menester.

En el caso de forjados de viguetas metálicas cuando las deformaciones no son admisibles para el uso proyectado, se refuerzan por encima o debajo según estén habitadas las viviendas afectadas.

En los casos en que se debe eliminar el forjado completo, la intervención se resuelve con un forjado unidireccional, de viguetas semi-resistentes y bovedillas cerámicas apoyada en los muros mediante unos dados de hormigón.

Por las condiciones en que se encuentran las cubiertas existentes, todas las intervenciones las eliminan, reconstruyéndose una nueva cubierta plana transitable que estarán integradas por barreras de vapor, formación de pendiente, impermeabilización, aislamiento térmico, capa de protección y pavimento.

En las nuevas cubiertas generalmente se eliminan las construcciones secundarias sobre los terrados, dejando las salidas de cajas de escalera, espacios para la maquinaria de ascensores e instalaciones y alguna bodega.

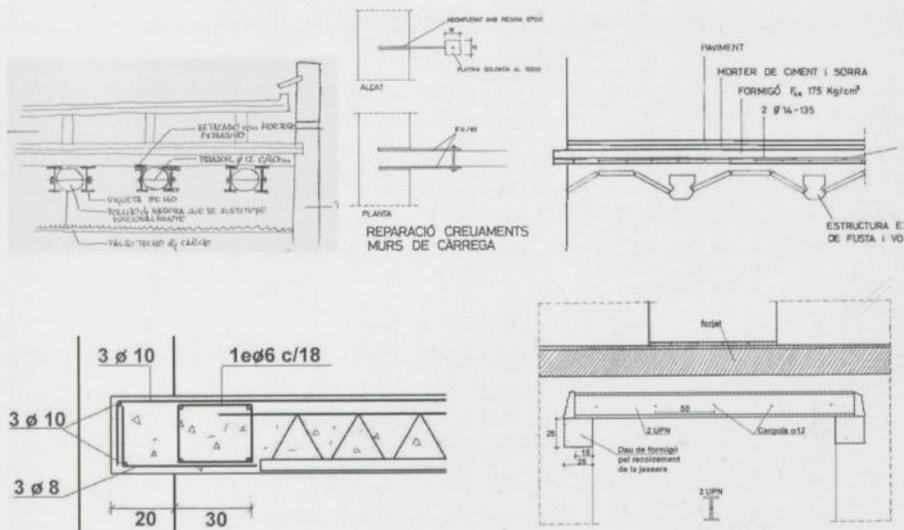


Figura 9: Ejemplos diversos de soluciones a los problemas de los forjados.

4.4 Tabiquerías y redistribución de los espacios.

La nueva distribución interior, se realiza mediante la creación de nuevos tabiques, eliminando los existentes con anterioridad, así, se logran espacios mas funcionales, ventilados e iluminados. Se distribuyen de forma especial las zonas húmedas, de modo que todas ellas ventilen. Se aliviana la estructura

eliminando los antiguos tabiques de ladrillo. Los nuevos tabiques, como los extradados de las paredes, se harán con tabiques autoportantes.

4.5 Revestimientos e instalaciones.

Se cambian los revestimientos por unos de aspecto mas moderno.

Todas las instalaciones, tanto del edificio como de las viviendas, se proyectan de nueva construcción. Las evacuaciones se conectan a las redes urbanas. Los contadores se centrarán en armarios reglamentarios en el vestíbulo de planta baja, de acuerdo a las normativas vigentes.

5 Conclusiones.

En estos edificios de vivienda la conformación volumétrica, así como la imagen de los edificios se mantiene (bajo regulación normativa), salvo casos de baja edificabilidad y de eliminación de elementos propagandísticos.

En general la solución a las patologías de los muros estructurales pasa por técnicas de reparación, sin embargo, en el caso de los forjados, siendo éstos elementos discontinuos, es mas fácil optar por el reemplazo de las piezas mas degradadas y el refuerzo en casos de menor deterioro.

Los elementos no estructurales permiten fácilmente la actualización de las viviendas, con algunas opciones de modificación de los espacios, modernización de los revestimientos e instalaciones, así como de los sistemas de seguridad y la incorporación de elementos de aislamiento, que mejoran sustancialmente la habitabilidad.

6 Bibliografía.

- [1] Expedientes de Obra Mayor, Archivo Municipal del Distrito I de Barcelona.
- [2] Giol, Pere. *Possibilitats i limitacions de la Rehabilitació dels habitatges*, Barcelona, Metròpolis Mediterrània, Quaderns Central Num.1, 1985.
- [3] Sust, Xavier. *La Reconversió de L'Habitatge vell al Raval*, Barcelona, Metròpolis Mediterrània, Quaderns Central Num.1, 1985.
- [4] AAVV, *3 Manual de Diagnosi, Patologia i Intervenció en Estructures de Fusta*. Col.legi D'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.
- [5] Bellmunt, Rafael; Paricio, Antoni; Martinez, Nuria, *Reconeixement, diagnosi i intervenció a les façanes*, ITEC, Octubre 2000.
- [6] Díaz, Cesar; Casado, Natividad. *Inspecció i Diagnosi. Pautes per a la intervenció en edificis d'habitatge*. Colecció Papers Sert. Escola Sert. Col.legi d'Arquitectes de Catalunya, Noviembre 2002.

SISTEMAS DE REPARACIÓN DE FORJADOS CON DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA

Análisis comparado y consideraciones constructivas

José Ignacio de Llorens Duran*

Correo electrónico: ignasi.llorens@upc.edu

Resumen

Se presenta un análisis comparativo de las características particulares de cada uno de los sistemas de reparación de forjados unidireccionales que tienen concedido el Documento de Idoneidad Técnica del Instituto Eduardo Torroja.

Palabras clave: Reparación, Substitución, Forjados, Viguetas, Aluminosis y Patología

1 Introducción

En 1990, el colapso parcial de un forjado en la calle Cadí de Barcelona desencadenó una investigación sobre las viguetas prefabricadas con cemento aluminoso que culminó durante los años 1993 a 1998 con la aprobación de 10 Documentos de Idoneidad Técnica del Instituto Eduardo Torroja.

Ya que todos los sistemas se presentan como universales, esta ponencia expone un análisis comparativo de las características particulares de cada uno de ellos, para facilitar la elección más adecuada en cada caso particular. El número de casos de forjados pendientes de reparación es todavía muy elevado y no se ha hecho público, hasta la fecha, ningún análisis comparativo de los sistemas disponibles.

El método aplicado consiste en formular los requerimientos de los sistemas de reparación de forjados y examinar las diferentes partes de que se componen con objeto de determinar el grado de idoneidad.

Los requerimientos mencionados son: resistencia, poca deformabilidad, facilidad de maniobra, de apoyo, para atravesar tabiques, retacado, entrada en carga, compatibilidad química y durabilidad así como el respeto a los acabados contiguos que se tengan que conservar.

* Dr. Arquitecto, Catedrático de Construcción de la Escuela de Arquitectura de Barcelona, UPC

2 Análisis de los sistemas

Los sistemas de reparación de forjados que han obtenido el Documento de Idoneidad Técnica del Instituto Eduardo Torroja se presentan a continuación mediante fichas cuyo contenido es el siguiente:

- 4 detalles constructivos básicos relativos al perfil resistente, apoyo, empalme y sección completa.
- especificación del perfil resistente, apoyo, empalme, retacado/puesta en carga, misión estructural (refuerzo o sustitución), colocación húmeda o en seco, necesidad o no de romper las bovedillas colindantes y necesidad de canto.
- operaciones de puesta en obra. Están numeradas de acuerdo con la lista adjunta.
- resultados de los ensayos de flexión y cortante descritos a continuación: en primer lugar se presentan los resultados de dos ensayos de flexión: flecha al llegar a los 1.500 kp, carga y forma de rotura. Después se presentan los resultados de dos ensayos de cortante: flechas de los extremos al llegar a los 1.500 kp, carga y forma de rotura.

3 Consideraciones constructivas

3.1 Condiciones técnicas especiales de las reparaciones de edificios habitados

Posibilidad de aparcamiento – zona de carga, descarga, almacenaje y maniobra – distancia al acceso – métodos de transporte – existencia o no de ascensor o montacargas – medida del hueco de la escalera – superficie de los rellanos – distribución de espacios en la vivienda – aberturas al exterior – rendimientos bajos – limitaciones horarias – zonificación de la obra – protección de mobiliario y paramentos – seguridad de terceros (que son primeros) – herramientas especiales para la transferencia de carga – materiales especiales: morteros fluidos, de alta resistencia, sin retracción, vertidos, inyectados o proyectados, resinas, tacos mecánicos y químicos, regletas. **Requieren experiencia y especialización.**

Comportan obras complementarias: mejora en la estanqueidad de la red de desagües y suministro del agua, impermeabilización de terrazas y cubiertas, tratamiento de las fachadas y patios interiores, reposiciones de los interiores afectados: cielos rasos, pavimentos, tabiques, revestimientos, pinturas y otras mejoras aprovechando la ocasión.

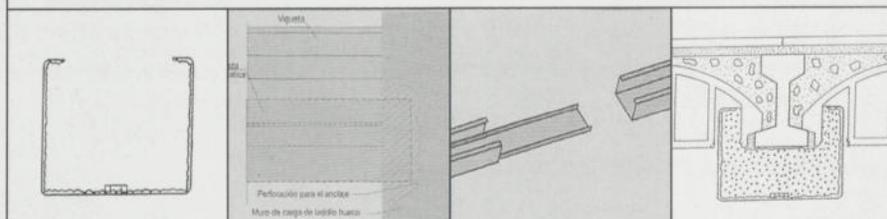
3.2 Condiciones sociales

Son obras no deseadas. Perturban substancialmente la vida doméstica del usuario \Rightarrow molestias, porquería, ruido, humedades. Se han de realizar en convivencia con el usuario que controla intensamente. No aportan valor añadido.

3.3 Relación de operaciones

1. Apuntalar
2. Localizar y desviar instalaciones.
3. Localizar y descubrir las viguetas afectadas desmontando o picando en el cielo raso y derribando o perforando tabiques.
4. Investigar la posición de las armaduras y la anchura del alma.
5. Sanear las partes afectadas de las viguetas y rehacerlas.
6. Romper los casetones para poder introducir el refuerzo.
7. Replantear y marcar los soportes.
8. Preparar los soportes: rozas verticales, repicar revestimientos, agujeros, tacos, redondos, placas, perfiles, codales, uñas, palomillas, macizado de extremos, capiteles.
9. Preparar la imprimación, limpiar e imprimir la superficie de las viguetas y el interior del refuerzo.
10. Montar el refuerzo (pasamano, armadura perfil, chapa), ajustar la longitud, comprobar las uniones en los apoyos y entre elementos. En refuerzo de viguetas metálicas: soldar. En recrecidos de hormigón: untar o proyectar.
11. Apuntalar (con o sin presión).
12. Perforar y colocar los pasadores, anclajes y tornillos de fijación del refuerzo, soldar los perfiles.
13. Colocar bandejas y traviesas (en variantes que sitúan el elemento resistente nuevo entre viguetas viejas).
14. Preparar el mortero para retacar (de alta resistencia, sin retracción y a veces fluido). Retacar el espacio comprendido entre refuerzo y vigueta antes de 4 horas después de preparar el mortero y los agujeros de los muros. (El retacado activo entrará en carga al transferir.)
15. Esperar el endurecimiento del mortero.
16. Transferir la carga: apretando los tornillos de los codales, el dispositivo de tensión y acoplamiento, los tornillos de pos-tensado o los gatos.
17. Acabar el refuerzo: rellenando con mortero los espacios sobrantes. (El retacado pasivo es un relleno. Se coloca después de transferir. Entrará en carga en servicio). Apretar pasadores y anclajes, retirar los dispositivos de transferencia, soldar soportes.
18. Retirar los puntales a partir de las 24 horas, comprobando que se ha obtenido la resistencia
19. Restituir los casetones, protección del refuerzo, pinturas, revestimientos ignífugos, aislamientos.
20. Reposición de instalaciones, cielo raso, tabiques y revestimientos.

BETTOR – DIT nº 281 (06/06/94)



PERFIL RESISTENTE: C de chapa conformada completada con mortero inyectado previa imprimación epoxídica.

APOYO: ranuras verticales o angular atornillado.

EMPALME: perfil U auxiliar soldado

RETACADO/ ENTRADA EN CARGA: resina y mortero

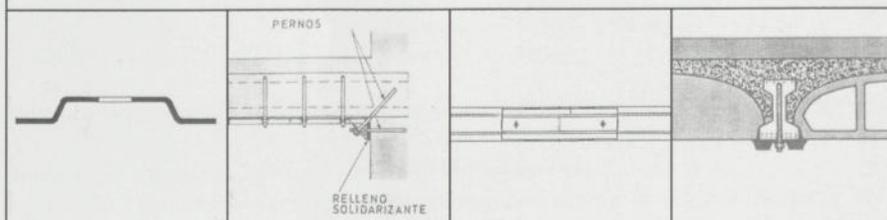
OTRAS CARACTERÍSTICAS: Refuerzo o sustitución. Húmedo (con resina y mortero). Rompe bovedillas. Consume poco canto.

OPERACIONES: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20

FLEXIÓN: flechas: 6,98 mm y 8,91 mm. Rotura: 2.865 kp y 3.225 kp por separación de los perfiles y agotamiento del hormigón de la vigueta reforzada.

CORTANTE: flechas: 0,86/0,61 mm y 0,63/0,78 mm. Rotura: 4.220 kp y 4.960 kp por abollamiento del perfil bajo la carga y corte bajo la carga.

CAR – VIGA - DIT nº 272 (15/10/93)



PERFIL RESISTENTE: chapa conformada de acero inoxidable ($e = 3$ mm).

APOYO: codales atornillados

EMPALME: solape atornillado

RETACADO/ENTRADA EN CARGA: mortero y apriete

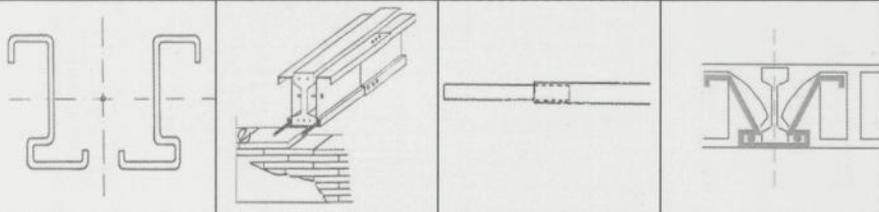
OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo activo húmedo. No rompe bovedillas. Consume poco canto.

OPERACIONES: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 16, 18, 19 y 20

FLEXIÓN: flechas 10,38 mm a los 1500 Kp y 4,67 mm a los 650 Kp. Rotura 3479 Kp por pandeo de la armadura de compresión y 1644 Kp por compresión del hormigón.

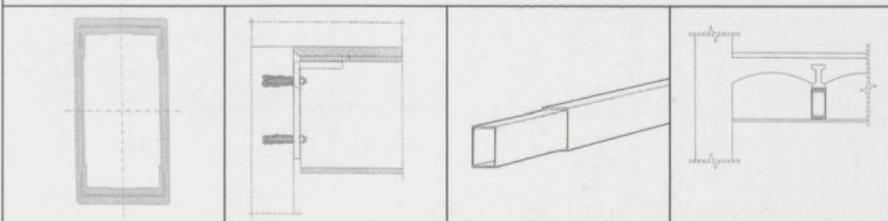
CORTANTE: flechas 0,8/0,64 mm a los 1000 Kp y 0,97/0,73 mm a los 1400 Kp. Rotura 2725 Kp por cortante en apoyo izquierdo y 2430 Kp por cortante en apoyo derecho.

COINTECS - DIT nº 276 (11/03/94)



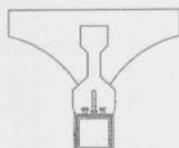
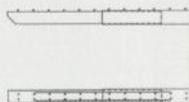
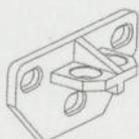
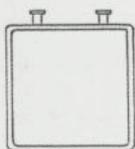
PERFIL RESISTENTE: chapa conformada de acero galvanizado ($e = 3 \text{ mm}$)
APOYO: redondos laterales introducidos en perforaciones (apoyados sobre placa opcional) con mortero sin retracción.
EMPALME: solape atornillado.
RETACADO/ENTRADA EN CARGA: dispositivo de transferencia de carga, cuñas y mortero sin retracción.
OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo o sustitución. Húmedo (con mortero). Rompe bovedillas. Consume poco cortante.
OPERACIONES: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 16, 17, 18, 19, 20.
FLEXIÓN: flechas 2,63 mm y 3,43 mm. Rotura 6240 Kp y 6350 Kp por aplastamiento del muro.
CORTANTE: flechas 0,49/0,15 mm y 0,27/0,33 mm. Rotura 8905 Kp y 9055Kp por aplastamiento del muro.

EXTEND - DIT nº 270 (15/10/93)



PERFIL RESISTENTE: de aluminio
APOYO: sujeto al muro mediante anclajes de tipo químico o mecánico.
EMPALME: por solape
RETACADO/ENTRADA EN CARGA: con mortero sin retracción
OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo o sustitución. Húmedo (con mortero). No rompe bovedillas. Consume canto.
OPERACIONES: 1, 2, 2, 5, 7, 8, 10, (13), 14, 15, 18, 19, 20.
FLEXIÓN: flechas 6,94 y 7,85 mm. Rotura 5440 Kp y 6200 Kp por aplastamiento del muro.
CORTANTE: flechas 0/0,29 mm y 0/0 mm. Rotura 7250 Kp y 6744 Kp por aplastamiento del muro.

HERMS - DIT nº 289 (28/09/05)



PERFIL RESISTENTE: tubular de acero galvanizado.

APOYO: pieza de fundición atornillada.

EMPALME: telescópico.

RETACADO/ENTRADA EN CARGA: tornillos de postensión y retacado con mortero sin retracción previa, imprimación con resina.

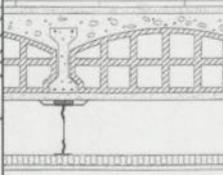
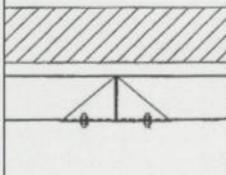
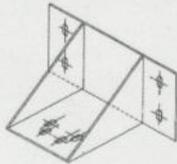
OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo o sustitución. Húmedo (con mortero). No rompe bovedillas. Consume canto.

OPERACIONES: 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 19, 20.

FLEXIÓN: flechas 3,23 mm y 3,69 mm. Rotura 4820 Kp por fisuración continua a lo largo del alma de la vigueta reforzada y 4300 Kp por rotura de la vigueta reforzada.

CORTANTE: flechas 0,62/0,85 mm y 0,49/0,47 mm. Rotura 6700 Kp y 7170 Kp por aplastamiento del muro.

J3F - DIT nº 268 (15/10/93)



PERFIL RESISTENTE: chapa de acero galvanizado.

APOYO: pieza especial.

EMPALME: perfil único cortado a medida. Se pueden empalmar tramos atornillando dos piezas especiales de apoyo o mediante unión de continuidad.

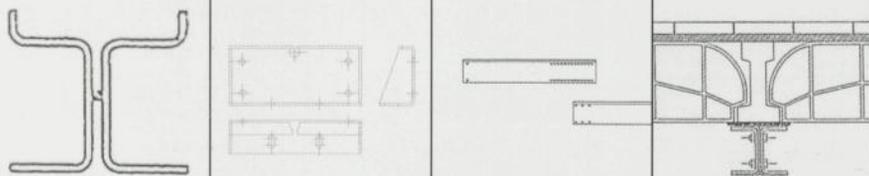
RETACADO/ENTRADA EN CARGA: caucho celular comprimido previa descarga del forjado superior.

OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo o sustitución. En seco sin soldadura. No rompe bovedillas. Consume canto.

FLEXIÓN: flechas 8,86 mm y 9,14 mm. Rotura 3006 Kp por rotura del muro y 2970 Kp por pandeo del perfil.

CORTANTE: flechas 1,65/4,04 mm y 0,74/0,51 mm. Rotura 6035 Kp por abollamiento y pandeo del perfil y 3857 Kp por rotura del muro.

MECANOVIGA (1) - DIT n° 303 (15/07/96)



PERFIL RESISTENTE: chapa de acero conformada zincada

APOYO: cartela

EMPALME: solape atornillado

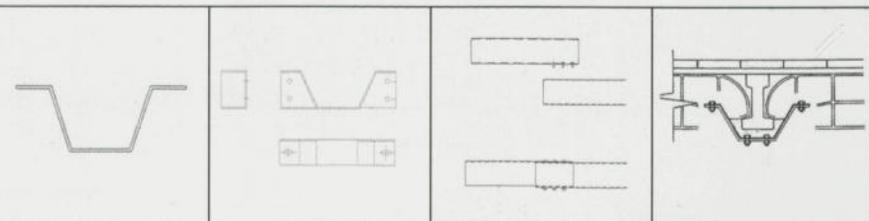
RETACADO/ENTRADA EN CARGA: gato de tensado y mortero sin retracción.

OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo o sustitución. Húmedo (con mortero). Sin rotura de casetones. Consume canto.

FLEXIÓN: flechas 5,12 mm y 4,33 mm. Rotura 6260 Kp por fallo del muro en la zona de anclaje y 8050 Kp por rotura del muro de apoyo.

CORTANTE: flechas 2,18/2,04 mm y 2,34/2,50 mm. Rotura 3720 y 5370 Kp por momento flector de uno de los apoyos.

MECANOVIGA (2) - DIT n° 331 (07/08/98)



PERFIL RESISTENTE: chapa conformada zincada ($e = 4$ a 6 mm)

APOYO: cartela atornillada.

EMPALME: solape atornillado.

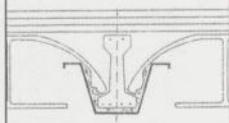
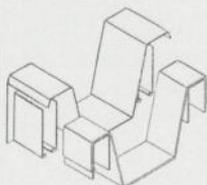
RETACADO/ENTRADA EN CARGA: con mortero sin retracción.

OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo o sustitución. Húmedo (con mortero). Con rotura de casetones. Consume poco canto.

FLEXIÓN: flechas 2,49 mm y 2,16 mm. Rotura 6330 Kp y 7220 Kp por fallo del muro de apoyo.

CORTANTE: flechas 0,31/0,32 mm y 0,26/0,27 mm. No se produjo rotura a los 8750 Kp y 8000 Kp.

NOU BAU - DIT nº 271 (15/10/93)



PERFIL RESISTENTE: chapa plegada de acero inoxidable. Directriz convexa.

APOYO: dispositivo de pretensado inicial y relleno.

EMPALME: telescópico soldado.

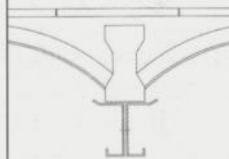
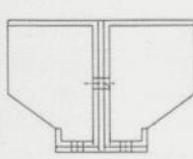
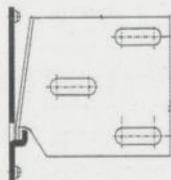
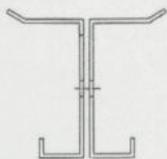
RETACADO/ENTRADA EN CARGA: presionado de los extremos contra los apoyos y relleno de mortero.

OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo o sustitución. Húmedo (relleno de mortero) y soldadura. Con rotura de casetones. Consume canto.

FLEXIÓN: rotura 6400 Kp y 6900 Kp por aplastamiento del muro.

CORTANTE: Rotura 4475 Kp y 4125 Kp por deformación excesiva.

UNDO - DIT nº 269 (15/10/93)



PERFIL RESISTENTE: chapa de acero conformada galvanizada.

APOYO: cartela atornillada con colisos para ajustar la longitud.

EMPALME: atornillado.

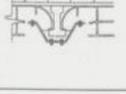
RETACADO/ENTRADA EN CARGA: con mortero de relleno previa imprimación

OTRAS CARACTERÍSTICAS: refuerzo o sustitución. Húmedo con mortero de retacado. Sin rotura de casetones. Consume canto.

FLEXIÓN: flechas 4,26 mm y 4,37 mm. No se produjo la rotura en el primer ensayo a los 6150 Kp. En el segundo se produjo a los 7150 Kp por aplastamiento del muro.

CORTANTE: flechas 0,31/0,46 mm y 0,26/0,31 mm. Rotura 8833 Kp por aplastamiento del muro. No se produjo la rotura en el segundo ensayo a los 10635 Kp.

CUADRO COMPARATIVO

SISTEMA	FLEXIÓN FLECHA (mm)	FLEXIÓN ROTURA (kp)	FLEXIÓN TIPO	CORTANTE FLECHA (mm)	CORTANTE ROTURA (kp)	CORTANTE TIPO
	6,98	2865	Separación chapa	0,86/0,61	4220	Abollamiento perfil
	8,91	3225	Agotamiento vigueta	0,63/0,78	4960	Cortante bajo carga
	10,38	3479	Pandeo armadura	0,8/0,64 (carga 1000kp)	2725	Apoyo
	4,67 (carga 650kp)	1644	Compresión del hormigón	0,97/0,73 (carga 1400kp)	2430	Apoyo
	2,63	6240	Aplastamiento del muro	0,49/0,15	8905	Aplastamiento del muro
	3,43	6350	Abollamiento del ala	0,27/0,33	9055	Aplastamiento del muro
	6,94	5440	Aplastamiento del muro	0/0,29	7250	Aplastamiento del muro
	7,85	6200	Aplastamiento del muro	0/0	6744	Aplastamiento del muro
	3,23	4820	Fisuración vigueta	0,62/0,85	6700	Aplastamiento del muro
	3,69	4300	Vigueta	0,49/0,47	7170	Aplastamiento del muro
	8,86	3006	Rotura del muro	1,65/4,04	6035	Pandeo perfil
	9,14	2970	Pandeo del perfil	0,74/0,51	3857	Rotura del muro
	5,12	6260	Fallo del muro	2,18/2,04	3720	Flector apoyo
	4,33	8050	Rotura del muro	2,34/2,50	5370	Flector apoyo
	2,49	6330	Fallo del muro	0,31/0,32	8750	Sin rotura
	2,16	7220	Fallo del muro	0,26/0,27	8000	Sin rotura
		6400	Aplastamiento del muro		4475	Deformación excesiva
		6900	Aplastamiento del muro		4125	Deformación excesiva
	4,26	6150	Sin rotura	0,31/0,46	8833	Aplastamiento del muro
	4,37	7150	Aplastamiento del muro	0,26/0,31	10635	Sin rotura

4 Conclusiones

4.1.- Altura necesaria: los sistemas BETTOR, EXTEND, HERMS, J3F, MECANOVIGA (1) y UNDO añaden canto al del forjado existente, por lo que disminuyen la altura libre disponible. Suelen presentar variantes para evitarlo, que requieren accesorios y rotura de bovedillas.

4.2.- Puesta en obra: el sistema J3F no requiere mortero ni soldadura. Los sistemas COINTECS, HERMS, NOU-BAU y UNDO disponen de mecanismos para la puesta en carga.

4.3.- Resistencia a la flexión: los sistemas que resultaron más resistentes a la flexión en los ensayos realizados fueron MECANOVIGA 1 y 2 y UNDO.

4.4.- Resistencia al cortante: los sistemas que resultaron más resistentes al corte fueron COINTECS, MECANOVIGA 2 y UNDO.

4.5.- Rigidez: los sistemas más rígidos fueron COINTECS, HERMS y MECANOVIGA (2).

4.6.- No se llegó a la rotura o todas las roturas se produjeron por aplastamiento de los muros de apoyo en los ensayos de los sistemas EXTEND, MECANOVIGA 2 y UNDO.

4.7.- Las consideraciones constructivas y las operaciones necesarias pueden determinar la idoneidad.

4.8.- Análisis crítico: las aportaciones más interesantes de los sistemas descritos, en comparación con los que no disponen de Documento de Idoneidad Técnica, son: el sistema de apoyo, de empalme y la puesta en carga que garantiza su efectividad inmediata y la colaboración residual del forjado existente que se refuerza.

5 Bibliografía

[1] ADIGSA, 1995: "*1er. Congreso. El caso de los forjados. Experiencias i perspectivas*". VCA Editores, Barcelona.

[2] A.Baglioni & G. Guarnerio, 1982: "*La Ristrutturazione edilizia. Tecnologia per il recupero delle vecchie costruzioni. Aspetti socio-ambientali, economici, legislativi*". Ulrico Hoepli Editori, Milano.

[3] X.Casanovas, R.Graus & J.R:Rosell, 1993: "*Manual de diagnosis e intervenció en forjados unidireccionales de hormigón y cerámicos*". Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona.

[4] Centro Técnico i de Cooperación para la Rehabilitación de Viviendas & Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, 1994: "*Intervención en forjados con patologías estructurales. Los sistemas de reparación con Documento de Idoneidad Técnica*".

[5] Instituto Eduardo Torroja, 1993 a 1998: "*Documentos de Idoneidad Técnica*" números 268, 269, 270, 271, 272, 276, 281, 289, 303 y 331. Madrid.

Vasco Peixoto de Freitas*

Correio electrónico: vpfreita@fe.up.pt

Marília Sousa†

Correio electrónico: mariliamsousa@yahoo.com

Resumo

Apesar de existir uma preocupação crescente com a qualidade da construção, muitos dos edifícios construídos em Portugal nos últimos anos não apresentam o desempenho esperado. Por outro lado, não existe informação disponível que permita identificar e resolver as principais patologias que afectam esses edifícios.

O registo dos erros e a análise das causas que lhe deram origem, bem como a sua divulgação, são fundamentais para o conhecimento das patologias mais correntes e para uma mais fácil resolução dos muitos problemas.

Com este objectivo o Grupo de Estudos da Patologia da Construção – PATORREB, coordenado pelo Laboratório de Física das Construções – LFC da FEUP, encontra-se a desenvolver um Catálogo de Patologias, constituído por um conjunto de Fichas de Patologia elaboradas com base nos estudos de patologia realizados pelas diferentes universidades que fazem parte do Grupo. As Fichas contêm a descrição do problema e dos métodos de diagnóstico, a definição das causas das patologias e apresentam soluções possíveis de reparação.

A divulgação do Catálogo de Patologias está a ser efectuada através do site criado pelo Grupo de Estudos – www.patorreb.com.

Esta comunicação pretende mostrar a importância da patologia da construção e evidenciar o trabalho já desenvolvido pelo Grupo de Estudos da Patologia da Construção, em particular o desenvolvimento do site www.patorreb.com.

Palavras-chave: Patologia, Catálogo, PATORREB.

1 O Problema da Patologia da Construção

Em França, a Agence Qualité Construction (AQC), organismo responsável pela apreciação e implementação da qualidade na construção, criou um meca-

* Professor Catedrático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Responsável pelo Laboratório de Física das Construções, Porto, Portugal.

† Engenheira Civil, Mestre em Construção de Edifícios, Porto, Portugal.

nismo de recolha e análise dos sinistros declarados às companhias seguradoras – sistema SYCODÉS (“Système de Collecte des Désordres”), no âmbito da garantia decenal e dos seguros inerentes (seguros de reparação de danos e de responsabilidade decenal), obrigatórios em França desde 1978. Estes dados constituem um elemento fundamental na avaliação da importância da patologia da construção.

Entre 1999 e 2001 foram analisados 39.000 casos de sinistros declarados às companhias seguradoras, a que corresponderam custos de reparação, por sinistro, compreendidos entre €1.000 e €130.000, atingindo o custo total cerca de €200.000.000.

As coberturas e as fachadas são os elementos mais afectados pelas patologias, correspondendo no seu conjunto a 54% dos sinistros declarados. As patologias mais frequentes estão definidas na Figura 1, que evidencia que 62% dos casos correspondem a problemas de estanquidade à água da envolvente dos edifícios.

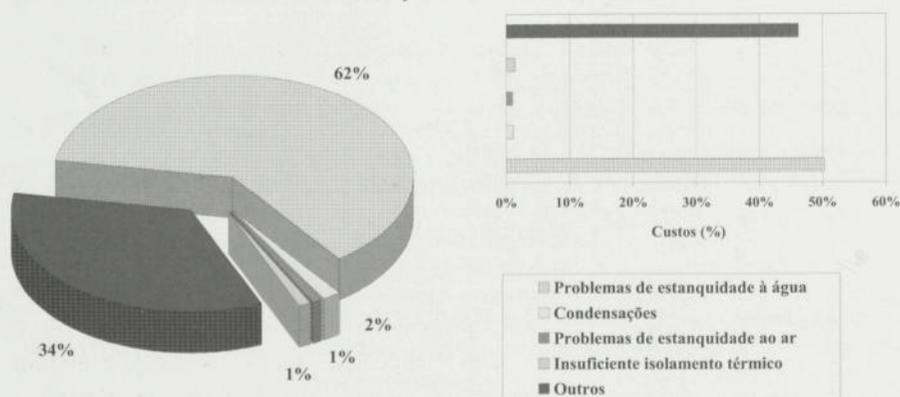


Figura 1 – Principais patologias e custo dos trabalhos de reparação (SYCODÉS – 1991/2001).

Na Figura 2 apresentam-se as principais causas que estiveram na origem dos problemas analisados. Constata-se que 80% dos sinistros registados se verificaram devido a defeitos de execução. As patologias devidas a erros de concepção representaram apenas cerca de 11% dos sinistros.

Em Portugal, a inexistência de um sistema efectivo de seguros, não permite realizar uma recolha de dados e efectuar uma análise estatística do problema da patologia da construção. Os dados existentes resultam de trabalhos pontuais de investigação, o que não permite uma abordagem global. Torna-se, por isso,

absolutamente necessário fazer um estudo sistemático dos problemas da construção, o que pode exigir a criação de um “Observatório” e a inspeção periódica obrigatória dos edifícios.

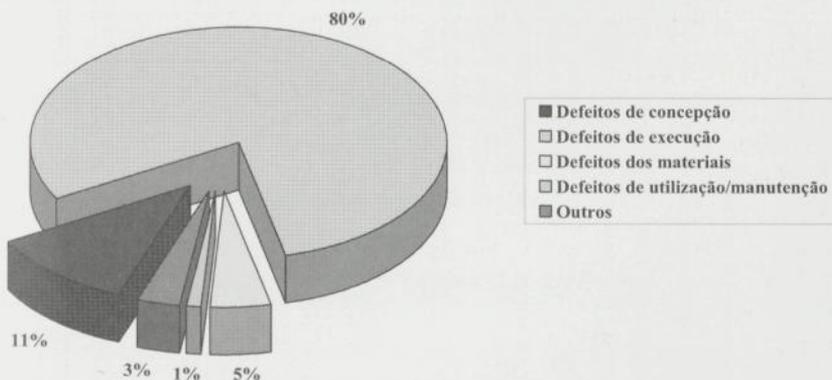


Figura 2 – Principais causas das patologias (SYCODÉS – 1991/2001).

2 Grupo de Estudos da Patologia da Construção – PATORREB

2.1 A Ideia

As universidades portuguesas têm desenvolvido inúmeros estudos, no âmbito da patologia da construção, com o objectivo de analisar as causas das patologias e definir as acções a desenvolver para restabelecer as características funcionais ou estéticas dos elementos degradados da envolvente dos edifícios. No entanto, esta informação encontra-se dispersa, sendo a sua sistematização e divulgação um contributo fundamental para o estudo da patologia em Portugal.

Na sequência do 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios – PATORREB 2003 foi constituído o Grupo de Estudos da Patologia da Construção – PATORREB que tem como principal objectivo identificar as patologias mais correntes nos edifícios portugueses, bem como divulgar a informação disponível.

O Grupo de Estudos encontra-se a desenvolver um Catálogo de Patologias, constituído por um conjunto de Fichas de Patologia, elaboradas com base nos estudos de patologia realizados pelas diferentes universidades que fazem parte

do Grupo. A divulgação da informação já disponível está a ser efectuada através do site www.patorreb.com.

2.2 Membros do Grupo de Estudos e Apoios

O Grupo de Estudos PATORREB é coordenado pelo Laboratório de Física das Construções (LFC) da FEUP e tem a participação de mais sete Universidades portuguesas (Figura 3): Instituto Superior Técnico de Lisboa (IST), Universidade Nova de Lisboa (UNL), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), Universidade do Minho (UM), Universidade da Beira Interior (UBI), Universidade de Aveiro (UA) e Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD).

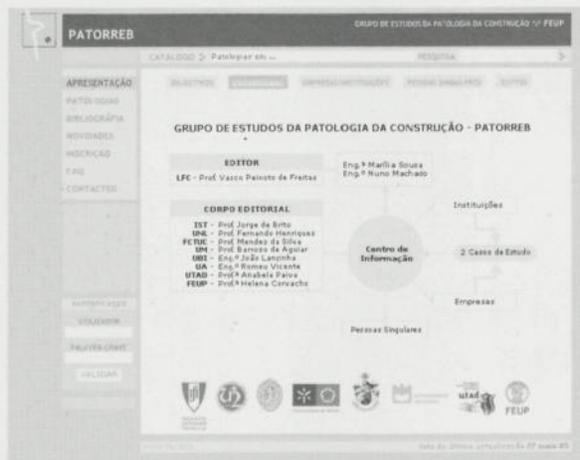


Figura 3 – Membros do Grupo de Estudos da Patologia da Construção PATORREB.

A edição, a organização, o desenvolvimento do site e a publicação das Fichas de Patologia são da responsabilidade do LFC, designado por “Editor”. Fazem parte do “Corpo Editorial” professores das oito Universidades, que, além de desenvolverem Fichas de Patologia procedem também à revisão do conteúdo das fichas. Em cada ficha são indicadas as Instituições que produziram a informação, bem como o nome dos autores e do revisor.

Para o desenvolvimento do site, o Grupo de Estudos contou com o apoio de 14 empresas e de instituições públicas: INH – Instituto Nacional de Habitação; ERCM – Engenharia Reabilitação e Construção de Mindelo, Lda; FASE – Estudos e Projectos, S. A; GPAU – Gabinete de Estudos e Projectos de Arquitectura e Urbanismo, Lda; IMPERBOR – Comércio e Tecnologia de Revestimentos, Lda; J. GOMES – Sociedade de Construções do Cávado, S. A; LUSOMA-

PEI, Lda; MOTA-ENGIL – Engenharia e Construção, S. A.; OPENLINE PORTUGAL –Tecnologias de Reabilitação de Edifícios, Lda.; SECIL Martingança; SOTECNISOL – Isolamentos, Engenharia e Ambiente, S. A.; STB – Sociedade Técnica de Tratamento de Aços e Betões, Lda.; TEPROCIL – Tecnologias e Produtos para Construção Civil, Lda. e Tintas CIN – Corporação industrial do Norte, S. A..

Em Dezembro de 2005 encontravam-se inscritas cerca de 230 pessoas singulares, sendo a grande maioria alunos que frequentam Licenciaturas e cursos de Mestrado das universidades que fazem parte do Grupo de Estudos, para os quais o acesso é gratuito.

Desde Agosto de 2004 até Dezembro de 2005 foram registadas 8.611 consultas ao site (Figura 4).

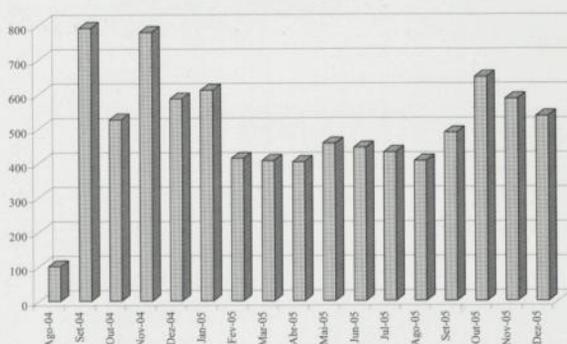


Figura 4 – Utilizadores do site *www.patorreb.com* (Agosto 2004 - Dezembro 2005).

3 *www.patorreb.com*

3.1 Estrutura e Descrição do Site

O site *www.patorreb.com* contém, fundamentalmente, um conjunto de Fichas de Patologia. As Fichas encontram-se agrupadas em função do elemento construtivo em que se manifestou o problema (Figura 5).

Está também a ser desenvolvida uma listagem de bibliografia disponível no âmbito da patologia e da reabilitação de edifícios, que em breve será divulgada.



Figura 5 – Organização do site www.patorreb.com.

3.2 Fichas de Patologia

1.1.1 Estrutura das Fichas de Patologia

A informação é organizada em cinco campos (Figura 6): identificação da patologia, descrição da patologia, sondagens e medidas, causas da patologia e soluções possíveis de reparação.

Identificação da Patologia		N.º da Ficha
Descrição da patologia 	Sondagens e medidas 	
Causas da patologia 	Soluções possíveis de reparação 	

Figura 6 – Modelo tipo das “Fichas de Patologia”.

1.1.2 Identificação da Patologia

O campo “identificação da patologia” (Figura 7) inclui a classificação e a descrição sumária da patologia em estudo, a indicação do elemento construtivo em que se manifestou o problema e a principal causa do problema.

A cada ficha foi atribuído um número sequencial de publicação. Constatam ainda as palavras-chave, definidas de forma a permitir uma identificação do problema estudado.

Pavimentos Têrreos – Condensações Internas		FICHA 001
DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO À BASE DE PVC DO PISO DE UM PAVILHÃO GIMNODESPORTIVO		
PALAVRAS-CHAVE:	PAVIMENTOS TÊRREOS, REVESTIMENTO À BASE DE PVC, DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO, CONDENSAÇÕES INTERNAS, BARRERA PARA-VAPOR	

Figura 7 – Campo da Ficha de Patologia correspondente à “Identificação da Patologia”.

1.1.3 Descrição da Patologia

Apresenta-se uma descrição sumária da patologia em análise, sendo indicados os principais sinais observados e caracterizado o elemento em que se manifestou o problema (Figura 8). A descrição da patologia tem como base a observação visual e o registo fotográfico, tendo sido privilegiada a informação gráfica, de modo a permitir identificar, de forma inequívoca, a patologia em estudo.

PATORREB GRUPO DE ESTUDOS DA PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO 1.º FEUP

CATALOGO > Patologias em ... PESQUISA >

APRESENTAÇÃO
PATOLOGIAS
BIBLIOGRAFIA
NOVIDADES
MEDIÇÃO
FAQ
CONTACTOS

APRESENTAÇÃO
SOLICITAR
PALAVRA-CHAVE
VALIDAR

FICHA 001 Pavimento Têrreo - Condensações Internas
DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO À BASE DE PVC DO PISO DE UM PAVILHÃO GIMNODESPORTIVO

DESCRIPÇÃO DA PATOLOGIA

O revestimento à base de PVC do piso têrreo de um pavilhão gimnodesportivo apresentava-se descolado e levantado, particularmente na zona das juntas. Após o levantamento do revestimento na zona de uma junta, deteclou-se uma forte humedificação na interface de colagem e a degradação da cola.

PALAVRAS CHAVE: Pavimento Têrreo, Revestimento à Base de PVC, Descolamento do Revestimento, Condensações Internas, Barreira Para-Vapor

AUTORES: Prof. César P. de Fátima, Eng.ª Maria Sílvia **REVISOR:** Prof. Fernando Henriques

Figura 8 – Campo da Ficha de Patologia correspondente à “Descrição da Patologia”.

1.1.4 Sondagens e Medidas

No campo “sondagens e medidas” (Figura 9) descrevem-se as sondagens destrutivas e as medidas em laboratório ou “in situ” realizadas para o diagnóstico do problema.

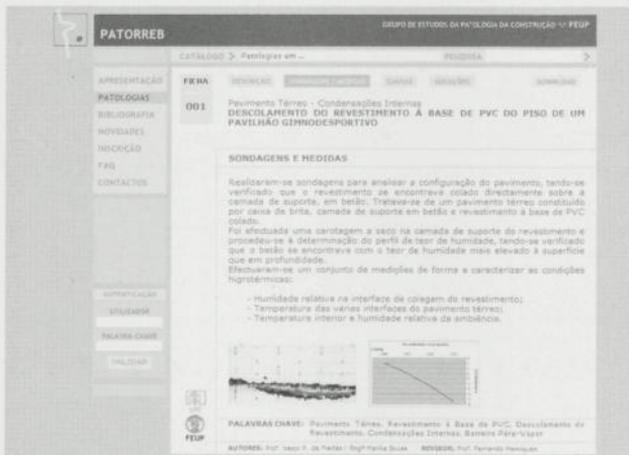


Figura 9 – Campo da Ficha de Patologia correspondente às “Sondagens e Medidas”.

1.1.5 Causas da Patologia

A ocorrência de patologias pode ter origem em diversas causas, resultantes da conjugação de vários factores, pelo que é da maior importância a experiência do técnico que avalia e estuda o problema.

Nas Fichas de Patologia publicadas, sempre que possível, é apresentado o fenómeno físico que esteve na origem da patologia, tendo como base o estudo de diagnóstico elaborado (Figura 10).

1.1.6 Soluções Possíveis de Reparação

Nos trabalhos de reparação a efectuar interessa adoptar procedimentos que assegurem resultados satisfatórios a longo prazo, muito embora seja sempre difícil a resolução total dos problemas, associados ao comportamento dos elementos de construção, sem uma intervenção global.

São propostas possíveis soluções de reparação, definidas com base no estudo diagnóstico realizado e nas causas do problema (Figura 11). Note-se que são soluções que foram propostas para um caso específico em análise, não podendo ser generalizadas para a resolução de problemas que aparentemente possam ser considerados semelhantes.

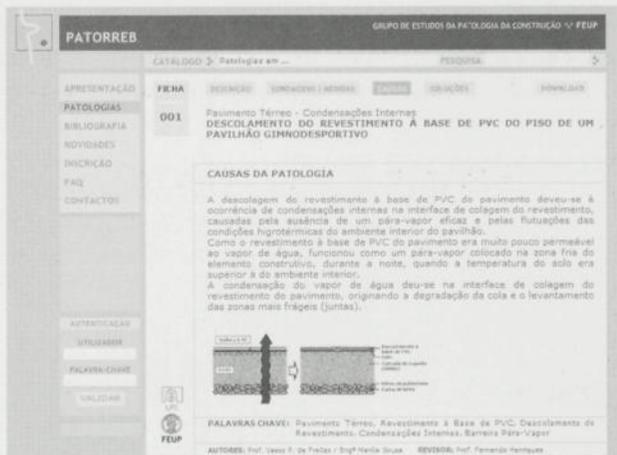


Figura 10 – Campo da Ficha de Patologia correspondente às “Causas da Patologia”.

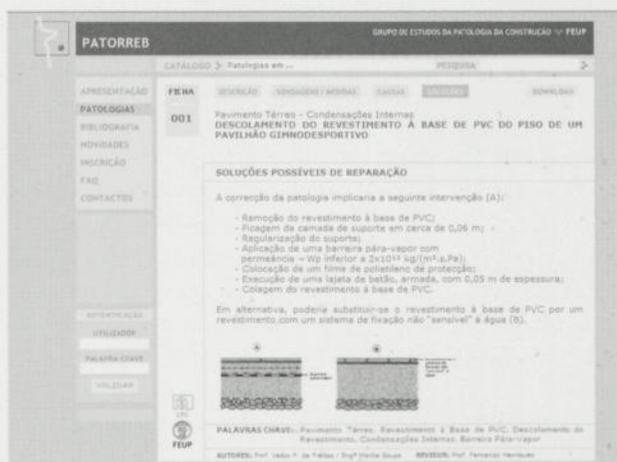


Figura 11 – Campo da Ficha de Patologia correspondente às “Soluções Possíveis de Reparação”.

4 Conclusão

Com a constituição de um Grupo de Estudo da Patologia da Construção – PATORREB e a criação de um site, pretende-se contribuir para o estudo e di-

vulgação das principais patologias que afectam a envolvente dos edifícios portugueses, sensibilizando os intervenientes no processo construtivo sobre a importância do diagnóstico e a exclusão de soluções construtivas inadequadas.

5 Agradecimentos

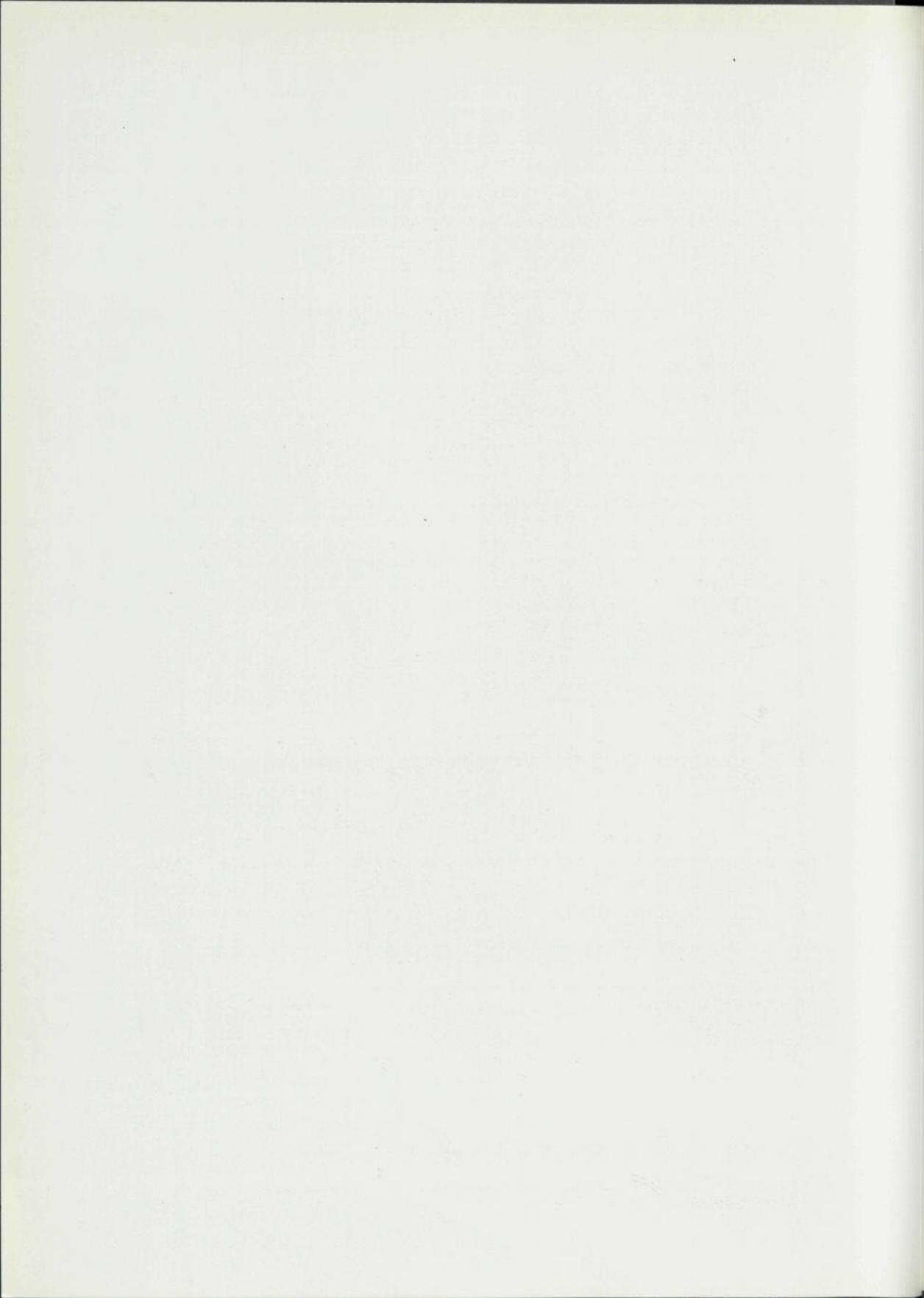
Gostaríamos de expressar o nosso agradecimento aos professores que fazem parte do Corpo Editorial do Grupo de Estudos, sem os quais não teria sido possível desenvolver o site, bem como às empresas que apoiaram e contribuíram financeiramente para o seu desenvolvimento.

6 Bibliografia

- [1] Freitas, V. P. & Sousa, M. *Reabilitação de edifícios – Mercado em expansão*. 1º Seminário de Materiais de Construção “Patologia e Reabilitação da Construção”, Universidade do Minho, 15 de Maio de 2001, pp.63-69.
- [2] Sousa, M. & Freitas, V. P. *Patologia da Construção – Um Catálogo*. 2º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação de Edifícios “Aprendendo com os Erros e Defeitos de Construção”, LNEC, 6 a 8 de Novembro de 2003, pp. 401-408.
- [3] Sousa, M. *Patologia da Construção – Elaboração de um Catálogo*. Tese de Mestrado, FEUP, 2004.
- [4] Internet: www.patorreb.com



SESSÃO XIV – TECNOLOGIA DE REABILITAÇÃO



SINGULARIDADES DOS EDIFÍCIOS: O CASO DAS JUNTAS DE FACHADA

Jorge M. Grandão Lopes*
Correio electrónico: glopes@lnec.pt

Resumo

Apresenta-se uma classificação e descrição das juntas de fachada de edifícios, dos principais materiais vedantes utilizados e dos parâmetros a considerar para a escolha e aplicação adequadas desses vedantes, especialmente dos mastiques.

As considerações respectivas inserem-se na preocupação de realçar a importância dos pontos singulares dos edifícios, dos quais as juntas são um caso particular, na garantia da estanquidade à água da sua envolvente, já que muitas das anomalias relacionadas com a humidade nos paramentos interiores dessa envolvente têm nessas zonas a sua origem.

Palavras-chave: Juntas, Vedantes, Mastiques.

1 Introdução

A estanquidade à água da envolvente dos edifícios é muitas vezes apenas tida em conta com os cuidados devidos em relação à sua zona corrente, descurando-se assim as zonas singulares. Entre essas zonas encontram-se as juntas de dilatação, em paredes e coberturas, as juntas entre painéis prefabricados de fachadas e as juntas entre a caixilharia e os respectivos vãos.

Com o intuito de procurar dar igual relevo ao tratamento dessas zonas particulares dos edifícios, fazem-se de seguida algumas considerações sobre as mesmas, restringindo-se no entanto neste texto os respectivos comentários às juntas nas fachadas dos edifícios.

A importância do tratamento adequado das zonas singulares do edifício será por todos reconhecida, já que muitas das anomalias relacionadas com a humidade nos paramentos interiores da sua envolvente têm nessas zonas a sua origem. Assim, o texto que se segue está especialmente orientado para a garantia da estanquidade à água das mencionadas juntas de fachada, considerando-se

* Investigador do Departamento de Edifícios do LNEC.

fundamentalmente os mastiques como o principal tipo de material vedante utilizado nessas juntas.

2 Conceitos básicos sobre as juntas de fachada

Conviria recordar, antes de mais, alguns conceitos e terminologia simples relacionada com as juntas e seus vedantes, especialmente quando estes são mastiques.

Definições de mastiques encontram-se bastantes na bibliografia da especialidade; para este texto reproduz-se uma delas retirada duma Norma Internacional ISO [1] referente a esta temática: material aplicado numa junta sob a forma pastosa que a veda através da aderência a superfícies apropriadas no interior da junta¹.

Esta definição não se afasta muito de outras, nomeadamente das indicadas em documentos já antigos, dos quais se dá como exemplo um documento belga [2].

Relativamente às juntas, podem distinguir-se, consoante a sua configuração, dois tipos fundamentais, aos quais estão associados os principais tipos de esforços a que o mastique (ou perfil vedante) geralmente está sujeito: juntas topo-a-topo (fig. 1 a) e juntas de recobrimento (fig. 1 b).

No primeiro caso o vedante estará fundamentalmente sujeito a esforços de tracção-compressão e no segundo a esforços de corte. Em 3 far-se-á referência às principais acções que dão origem a cada um destes tipos de esforços nos materiais de vedação das juntas.

Na figura 1 está também já identificada a terminologia que se pretendia recordar: flancos da junta, superfície de aderência do mastique, largura da junta, profundidade do mastique e empanque. Embora estas noções sejam facilmente percebidas pela própria figura, dá-se de seguida a definição de cada uma delas.

Assim, flancos da junta são superfícies dos elementos de construção que delimitam ou definem as juntas, superfícies de aderência (aplicável quando o vedante é um mastique) são as superfícies dos flancos da junta que ficam em contacto com o mastique, largura da junta é a distância entre os flancos da junta ou entre as superfícies de aderência, profundidade do mastique é a menor distância entre a superfície livre do mastique e a superfície oposta, do tardóz, em contacto com o empanque, e empanque, ou fundo de junta (ou ainda material de preenchimento), é o elemento que delimita a profundidade do mastique.

¹ Sealant: A material which, applied in an unformed state to a joint, seals it by adhering to appropriate surfaces within the joint.

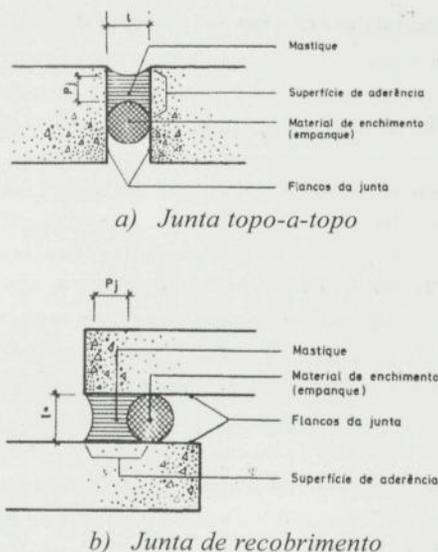


Figura 1: Principais tipos de juntas consoante a sua configuração [3].

3 Principais tipos de juntas de fachada

As juntas que são realizadas nas fachadas podem classificar-se segundo várias ópticas: a sua localização, as acções fundamentais a que estão sujeitos os respectivos vedantes, o tipo de vedantes utilizados e o modo de funcionamento do sistema de vedação.

Em relação à primeira, já no capítulo anterior se fez referência aos principais tipos de juntas da fachada, consoante o local onde são inseridas nessas fachadas: as juntas de dilatação, as juntas entre painéis prefabricados de fachada e as juntas entre a caixilharia e a envolvente do respectivo vão. Devido às particularidades de que em geral se revestem as juntas entre elementos da caixilharia, não serão tais juntas objecto de análise neste contexto.

As acções a que estão sujeitos os vedantes de junta resultam fundamentalmente de movimentos de origem termo-higrométrica ou de movimentos diferenciais dos elementos que os confinam. Os esforços que se originam nesses vedantes são geralmente compostos, predominando no entanto em geral um deles: ou o de tracção, ou o de compressão, ou o de corte ou mesmo o de torção. Os dois primeiros são típicos dos movimentos de origem termo-higrométrica (variações diárias e sazonais da temperatura e humidade do ar), e os dois últimos podem resultar de movimentos diferenciais dos elementos da construção confinantes (por exemplo, o assentamento vertical ou a rotação de um painel prefabricado de fachada em relação ao adjacente).

Como mais adiante se verá, é importante realçar a reversibilidade ou não dos movimentos a que o vedante estará sujeito, já que tal condicionará a escolha desse vedante, especialmente se se tratar de um mastique.

Assim, nos exemplos dados, os movimentos resultantes das variações de temperatura e humidade do ar são movimentos reversíveis, enquanto que os resultantes dum assentamento ou da rotação de um painel em relação ao adjacente são em geral irreversíveis.

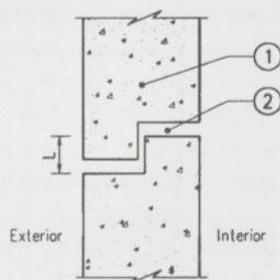
Em relação aos vedantes das juntas, podemos associá-los em dois grupos: os vedantes pastosos, aplicados *in situ*, e os vedantes prefabricados. Nos primeiros incluem-se a generalidade dos mastiques e nos segundos os perfis rígidos ou flexíveis. Note-se que existem ainda cordões prefabricados de mastiques, os quais se deverão também incluir no referido primeiro grupo de vedantes pastosos. No capítulo seguinte descrevem-se com mais detalhe algumas das características destes vedantes de juntas.

Conforme é conhecido, as juntas nas fachadas dos edifícios são fundamentalmente verticais ou horizontais. A última classificação apresentada (segundo o modo de funcionamento do sistema de vedação) está especialmente associada à configuração e orientação das juntas, conforme já de seguida se verá.

Assim, a estanquidade à água das juntas verticais ou horizontais pode ser garantida por duas vias: ou através da colocação de um material vedante ou através da sua geometria. Em qualquer caso as respectivas soluções criam uma barreira à passagem da água (geralmente da chuva) do exterior para o interior do edifício. Ora a utilização desta segunda via para garantir a estanquidade à água é mais vocacionada nas juntas com orientação horizontal do que nas juntas com outras orientações, conforme a figura 2 realça; esta figura mostra uma junta de sobreposição entre dois painéis prefabricados de fachada onde o resalto existente nos bordos dos painéis, com a dimensão *l* definida em função da localização da fachada do edifício à acção concomitante da chuva e do vento, é assim o garante da estanquidade à água da respectiva junta horizontal.

4 Principais famílias de vedantes de juntas de fachada

Dos dois grupos de vedantes a que atrás se fez referência – vedantes pastosos e vedantes prefabricados –, são sem dúvida os mastiques, como vedantes pastosos, que mais larga utilização têm em Portugal na vedação de juntas de fachada de edifícios.



- 1 - Painel
- 2 - Junta

Figura 2: Junta horizontal entre painéis de fachada com a estanquidade à água garantida através da sua geometria.

Os vedantes prefabricados são geralmente apresentados sob a forma de perfis com configurações diversas, uns mais rígidos outros mais flexíveis. Os materiais mais usados nos perfis vedantes rígidos são o PVC e os materiais metálicos e nos vedantes flexíveis são os da família das borrachas: neoprene, butílicos e EPDM.

Relativamente aos mastiques, eles são comercializados sob a forma pastosa, em um ou dois componentes, em bisnagas, latas, bidões ou outros recipientes similares. Os mastiques de um componente apresentam-se pontos a aplicar, sendo evidentemente necessário, do segundo tipo de mastiques, efectuar adequadamente, antes da aplicação, a mistura dos dois componentes.

Os mastiques de um componente podem agrupar-se nas seguintes principais famílias: polisulfuretos, silicónicos, acrílicos, poliuretanos, policloropreno e betuminosos [3, 4]. Os mastiques de dois componentes são geralmente da família dos polisulfuretos.

Conforme atrás se mencionou (vd. 3), existem também mastiques comercializados sob a forma de cordões prefabricados prontos a aplicar. No entanto, estes mastiques têm uma utilização menos importante, pelo menos em Portugal, nas juntas objecto desta comunicação, sendo mais vocacionados para garantirem a estanquidade à água de juntas de sobreposição de chapas de coberturas inclinadas, através do seu "esmagamento" pelo aperto das chapas confinantes. Refira-se, já agora, a propósito, que cordões deste tipo, mas com características expansivas, são ainda utilizados em juntas de betonagem ou entre elementos distintos da construção (formados em geral por materiais diferentes) para evitar a passagem da água por essas zonas críticas da construção.

5 Parâmetros a considerar na escolha de um mastique

5.1 Generalidades

Como não podia deixar de ser, a escolha de um vedante de junta está intimamente ligada ao tipo de junta onde o mesmo é aplicado. Assim, desta devem ter-se em conta os seguintes parâmetros: amplitude do movimento; direcção preferencial do movimento; irreversibilidade do movimento; material dos flancos da junta; largura da junta; e localização do vedante.

A amplitude do movimento da junta está relacionada com a capacidade de deformação do mastique, já que os movimentos verificados nos elementos de construção adjacentes da junta são integralmente transmitido ao mastique ou a outro sistema de vedação que fique comprimido contra os flancos a junta.

A direcção preferencial dos movimentos da junta terá reflexos no tipo de esforço a que o vedante estará fundamentalmente sujeito.

A irreversibilidade desses movimentos condicionará, sob o ponto de vista da sua recuperação elástica, a escolha dum mastique (ou ainda de um perfil vedante comprimido na junta). Compreende-se que vedantes deste tipo devam ter preferencialmente uma recuperação elástica baixa quando sujeitos a movimentos irreversíveis (como é o caso do assentamento vertical dum painel de fachada sobre o subjacente, após ter sido colocado o vedante na respectiva junta horizontal), para que não tenham "necessidade" de voltar à sua posição original e, por esse facto, não fiquem tão sujeitos a tensões permanentes ao longo do tempo. Pelo contrário, vedantes do mesmo tipo dos referidos devem ter características de recuperação elástica elevada quando sujeitos a movimentos reversíveis, como são o caso dos movimentos de origem térmica ou termohigrométrica de painéis prefabricados de fachada ou dos elementos da construção que delimitam juntas de dilatação. De facto, recuperações elásticas elevadas permitem que o vedante volte à sua posição original sem ficar sujeito a tensões residuais significativas quando a largura da respectiva junta para aí também se encaminhe.

A capacidade de aderência dum mastique aos flancos dum junta depende evidentemente também do material desses flancos. Assim, certos mastiques são mais vocacionados para betão ou argamassas, enquanto para outros se restringe o seu campo de aplicação, por exemplo, ao vidro ou a superfícies metálicas lisas. Note-se que para melhorar essa aderência é corrente aplicarem-se previamente sobre as superfícies de aderência primários específicos.

A rigidez dos elementos de construção que delimitam a junta, que pode ser condicionada pelos materiais e sistemas construtivos que os constituem, terá implicações no comportamento do mastique e vice-versa. Um parâmetro para caracterizar um mastique nesta óptica é a tensão para uma dada deformação,

muitas vezes designada por módulo secante. Assim, em flancos de junta formados por materiais pouco coesos ou porosos interessará ter um mastique com um módulo mais baixo do que quando, pelo contrário, esses materiais são francamente pouco porosos, como é o caso do vidro; ou seja, no primeiro caso é importante ter mastiques com um grande alongamento na rotura mas com tensões baixas durante o seu estado de deformação, condição que não é importante no segundo caso.

A largura da junta está intimamente relacionada com a capacidade do mastique se manter estável na mesma, sem escorrimentos, durante a sua aplicação, ou seja de se garantir a profundidade do mastique ao longo do desenvolvimento da junta. Essa característica de estabilidade está naturalmente relacionada com a viscosidade do mastique, que, por sua vez, depende de outras características ou está com elas relacionada (por exemplo, o tipo de resina, o teor de sólidos, a forma de cura, etc.).

Por fim, a localização do vedante nas juntas tem a ver com o seu grau de exposição aos agentes atmosféricos, especialmente à acção da água da chuva e à radiação solar. Assim, um mastique colocado recolhido numa junta ou totalmente protegido daqueles agentes atmosféricos não precisa de possuir as características de um outro colocado em situação oposta a esta. Registe-se que existem mastiques que são resistentes à acção da água logo após a sua aplicação, outros que, pelo contrário, nunca devem ficar sujeitos a este agente e, os mais correntes, que só devem ficar sujeitos à acção da água após o seu endurecimento ou cura.

5.2 Classificação de mastiques

Tendo em conta as referidas características dos mastiques sob as diversas ópticas indicadas, várias classificações se poderão adoptar para a escolha criteriosa de um mastique para uma dada junta de fachada. Uma delas, indicada em Directivas da UEAtc aplicáveis a estes produtos [3], define uma classificação, designada por ARMSE, onde cada letra está associada a uma dessas características: A – Capacidade de deformação do mastique (amplitude do movimento); R – Recuperação elástica; M – Módulo secante; S – Estabilidade ao escorrimento; E – Resistência à acção da água.

A cada uma destas características (ou letras) está associado um índice que traduz a classe relativa a essa característica. Assim, por exemplo, um mastique com baixa recuperação elástica seria da classe R_1 (recuperação inferior a 10%) e um outro da classe mais elevada sob este ponto de vista seria da classe R_5 (recuperação superior a 90%). Um exemplo da classificação ARMSE de um mastique poderia ser a seguinte: $A_3R_2M_2S_1E_1$.

A normalização ISO aplicável a mastiques com este campo de aplicação [5] vai nesta mesma linha de classificação dos mastiques, ou seja de acordo com

as suas características mais relevantes. Os parâmetros considerados por essa normalização internacional são assim os seguintes: recuperação elástica, propriedades em tracção, estabilidade ao escorrimento e perda de volume. Aquela norma ISO define sete classes possíveis de mastiques para usar em edifícios, os designados mastiques do tipo *F* (não inclui os mastiques para envidraçados): classes 7.5, 12.5 E, 12.5 P, 20 LM, 20 HM, 25 LM e 25 HM. O primeiro número caracteriza a capacidade de deformação do mastique (7.5%, 12.5%, 20% e 25%), as letras E e P a sua maior ou menor elasticidade, respectivamente, e as letras LM e HM os valores do módulo secante, respectivamente baixo ou alto.

6 Parâmetros relacionados com a aplicação de mastiques

As condições de aplicação dos mastiques e a forma como são aplicados são factores condicionantes do seu desempenho inicial e a longo prazo. Entre as primeiras, realçam-se o estado da superfície de aderência e as condições atmosféricas durante e após a aplicação do mastique e, entre as segundas, destacam-se a posição do fundo de junta ou empanque e os cuidados tidos no preenchimento integral do espaço da junta.

Relativamente à superfície de aderência, é importante que ela se apresente isenta de material pulverulento, o qual pode resultar das próprias características de acabamento dos flancos da junta ou de poeiras ou outros detritos que se depositem nesses flancos durante ou após a construção. É assim necessário remover o melhor possível esse material pulverulento, para não comprometer logo de início a aderência do mastique aos flancos da junta. Para melhorar essa aderência é corrente, e muitas vezes indispensável, utilizarem-se, previamente à aplicação dos mastiques, primários apropriados ao tipo de material dos flancos da junta (betão, argamassas, madeira, alumínio, etc.) e naturalmente ao tipo de mastique. Tais primários permitem até certo ponto aglutinar o material friável superficial e penetrar nos poros da superfície do material dos flancos da junta, garantindo deste modo a referida melhoria de aderência do mastique a esses flancos.

A presença de óleos nos flancos da junta, nomeadamente dos óleos descofrantes de painéis de fachada, é também um factor francamente comprometedor da aderência da generalidade dos mastiques, mesmo utilizando os primários adequados ao tipo de mastique e de material desses flancos.

As condições atmosféricas, à semelhança do que acontece na generalidade dos trabalhos realizados na envolvente das construções, condicionam também neste caso a forma e os tempos de execução dos mesmos. A água da chuva ou

o nevoeiro intenso são em geral os principais agentes atmosféricos a ter em conta, mas em muitos casos a humidade relativa do ar também deve ser considerada quando é factor condicionante do adequado endurecimento ou polimerização do mastique. De facto, alguns mastiques, nomeadamente os poliméricos, necessitam de uma humidade relativa suficientemente elevada (acima de 50% costumam ser valores apropriados) para polimerizarem satisfatoriamente.

Relativamente à presença de água nas juntas, é preciso ter em consideração a capacidade de absorção de água do material dos seus flancos, a qual está intimamente relacionada com a porosidade desse material, que condicionará assim o seu tempo de secagem.

Relativamente às condições de aplicação, devem ter-se em conta as respeitantes não só ao mastique mas também ao eventual primário e ao fundo de junta ou empanque.

Este empanque é geralmente o primeiro elemento do sistema de vedação das juntas a ser aplicado. Para que ele desempenhe adequadamente as suas funções, deve ser suficientemente comprimido contra os flancos da junta, de forma a não ser afastado da sua posição aquando da aplicação posterior do mastique. Assim, é também importante que o seu posicionamento seja regular ao longo de todo o desenvolvimento da junta, para que a profundidade do mastique seja também aí o mais uniforme possível. A superfície do empanque que fica em contacto com o mastique deve ainda apresentar-se lisa e convexa, evitando-se também que o mastique a ela adira durante e após a sua aplicação, especialmente se forem apreciáveis os movimentos da respectiva junta.

A flexibilidade que o empanque naturalmente terá, não só no seu estado novo mas também durante o seu tempo de vida útil, é assim uma das principais características que dele se exige, para que não sejam restringidos os movimentos das juntas respectivas, especialmente os que conduzem a diminuições da sua largura. Essas restrições são introduzidas por exemplo quando, inadequadamente, se preenche o espaço da junta com argamassa ou com tiras ou bandas de poliestireno expandido extrudido.

Relativamente à aplicação dos primários, são especialmente o consumo húmido e o tempo de secagem os principais parâmetros a considerar para o seu adequado desempenho nas superfícies de aderência do mastique.

Sobre a aplicação do mastique interessa garantir que ele preenche totalmente o espaço delimitado pelo fundo de junta e pelos seus flancos, sendo contra estes suficientemente apertado; além disso deve também garantir-se que não ficam à superfície nem se introduzem no interior do mastique elementos estranhos, nomeadamente detritos diversos, como são o caso de grãos de areia ou de outros agregados finos. Tais elementos ao reduzirem a secção do mastique, conduzem por esta via a um aumento das tensões neste material, para o mesmo tipo de solicitações, e geram ainda tensões localizadas junto a esses elementos estranhos, tanto maiores quanto mais irregulares esses elementos forem. É muitas vezes por aí que a fendilhação se

inicia e progride, dando eventualmente origem a roturas coesivas (no seio do mastique) ou adesivas do mastique (junto às superfícies de aderência da junta).

Os referidos detritos ou elementos estranhos são muitas vezes carregados nas espátulas utilizadas no preenchimento da junta ou no alisamento da superfície aparente do mastique, quando não se tomam os devidos cuidados na sua limpeza.

Do deficiente preenchimento do espaço da junta pelo respectivo mastique podem resultar vazios ou bolsas, quer junto às superfícies de aderência quer no interior da massa do mastique. Tais vazios, por reduzirem igualmente a secção do mastique, podem conduzir às mesmas consequências das atrás referidas, ou então originar empolamentos superficiais do mastique devido ao aumento da pressão do vapor de água neles contido, nomeadamente quando a temperatura do ar aumenta. Em casos extremos esses empolamentos podem também conduzir à rotura do mastique.

7 Conclusões

Como em geral todas as singularidades na construção (e também fora dela) obrigam a cuidados acrescidos no seu tratamento, as juntas da fachada não devem fugir a essa regra para que não possam ser origem de anomalias que ponham em causa não só a salubridade dos espaços interiores dos edifícios mas também a durabilidade dos materiais adjacentes e o desempenho dos elementos de construção onde estão integrados. Tais cuidados passam, por um lado, pela escolha criteriosa do mastique e de eventuais primários (ou de outro tipo de vedante), tendo em conta a geometria da junta e as principais acções a que está sujeita, e, por outro lado, pelo devido tratamento dos seus flancos e pela adequada aplicação do sistema de vedação em questão: no caso dos mastiques, fundo de junta, primários e mastique.

8 Bibliografia

- [1] International Organization for Standardization, *Building Construction – Jointing products – Sealants*. ISO 6927. Genève: ISO, 1981.
- [2] Centre Scientifique et Technique de la Construction, *Mastics d'étanchéité des façades. Classification, conception, exécution*. NIT 107. Bruxelles: CSTC, 1975.
- [3] Laboratório Nacional de Engenharia Civil, *Directivas Comuns UEAtc para homologação de mastiques para juntas de fachada*. Tradução 681. Lisboa: LNEC, 1977.
- [4] Bolte, H. & Boettger, T., *Studies into the long-term durability of elastomeric building sealants (Part 2)*. Proceedings of the Second International RILEM Symposium. Proceedings 36. London: E & FN Spone, 1999.
- [5] International Organization for Standardization, *Building Construction – Sealants – Classification and requirements*. ISO 11600. Genève: ISO, 1993.

ANOMALIAS EM PAVIMENTOS INDUSTRIAIS COM REVESTIMENTOS EPÓXIDOS E SUA REPARAÇÃO

João Garcia*

Correio electrónico: joao.garcia@maxit.pt

Jorge de Brito†

Correio electrónico: jbcivil.ist.utl.pt

Resumo

Os pavimentos industriais em Portugal são tipicamente projectados para serem executados, na solução tradicional, em betão com endurecedor de superfície, embora a utilização de soluções como os revestimentos epóxicos ou os autonivelantes cimentícios assumam cada vez maior importância, tendo em conta a melhoria das principais características técnicas em relação à primeira. Aos revestimentos de pisos industriais estão associadas anomalias tipificadas, que decorrem da conjugação de vários factores adversos. A conjugação de causas é normalmente de tal complexidade que se torna extremamente difícil o estabelecimento da sua listagem exaustiva e respectiva hierarquização. A estas anomalias, estão naturalmente interligadas técnicas de reparação, que deverão ser enquadradas numa perspectiva não só curativa mas igualmente preventiva, de forma a minimizar a ocorrência de outros fenómenos anómalos.

Na presente comunicação, apresentam-se as principais anomalias associadas aos pavimentos industriais em resinas epóxicas e as técnicas mais adequadas para reparação das mesmas.

Palavras-chave: Pavimentos, Epóxicos, PIRE, Indústria, Anomalias, Reparação.

1 Introdução

O piso é, sem dúvida, a estrutura mais utilizada numa edificação industrial. Toda a produção, comercialização, movimentação e produção se desenvolve sobre o pavimento, estando o mesmo sujeito a esforços estáticos e dinâmicos, acções químicas ou lavagens frequentes. Em alguns sectores industriais, as normas vigentes exigem requisitos essenciais, em matéria de resistência mecâ-

* Responsável I&D para a área *Premix*, maxit - Tecnologias de Construção e Renovação.

† Professor Associado com Agregação, Instituto Superior Técnico.

nica, química, higiene e segurança ocupacional. A qualidade de um pavimento industrial está fortemente condicionada por factores diversificados mas interligados como sejam projecto estrutural, qualidade dos materiais, qualidade de execução, controlo de qualidade, protecção, conservação e manutenção.

Em termos de soluções para revestimento de piso industriais, as mais frequentemente utilizadas são betão com endurecedores de superfície, pavimentos autonivelantes de base cimentícia e resinas sintéticas (epóxicas, poliuretanos ou metacrilatos). A solução PIRE (Pavimentos Industriais com Revestimentos Epóxicos) deverá representar cerca de 10% do total de aplicações em pavimentação industrial, sendo expectável um aumento deste valor, tendo em conta as características deste material. As principais vantagens dos revestimentos epóxicos traduzem-se sobretudo em factores como resistências química e mecânica geralmente elevadas, facilidade de limpeza e impermeabilidade, mesmo em espessuras reduzidas e, não menos importante, inúmeras possibilidades estéticas, tendo em conta a diversidade de acabamentos disponíveis.

Como em outros sistemas construtivos, aos PIRE estão associadas anomalias tipificadas que, regra geral, são identificadas com uma ideia de má execução ou utilização. De facto, a causa humana é responsável directa pelo sucesso ou insucesso de uma aplicação, sendo portanto decisivo o facto de se procurar utilizar mão-de-obra especializada. No entanto, muitas das ocorrências são devidas a defeitos numa fase anterior à construção propriamente dita, ou seja, na fase de especificação dos materiais e planeamento dos trabalhos [1].

As intervenções de reparação em PIRE podem ser de natureza preventiva ou correctiva. As primeiras correspondem à adopção de disposições construtivas e de projecto adequadas, que permitem evitar o aparecimento de anomalias. As soluções de intervenção correctiva são diversificadas, não só porque as anomalias em PIRE podem ser variadas, mas porque para cada tipo de anomalia não existe uma medida correctiva única possível. O grau de intervenção deve ser previsto em função do objectivo e da natureza das obras a realizar, que podem ser de simples conservação, ou implicar trabalhos de maior envergadura, quando visam a reabilitação dos revestimentos para novas funções [2].

2 Tecnologia dos revestimentos de piso

2.1 Exigências funcionais

Os pavimentos industriais devem satisfazer determinadas exigências estéticas e funcionais, de forma a garantir um desempenho compatível com o inicialmente previsto. Para sistematização e simplificação, podem agrupar-se em *exigências de segurança*, com as quais se visa garantir a integridade física dos ocupantes, *exigências de durabilidade*, com as quais se visa garantir a manu-

tenção das qualidades do revestimento e *exigências de habitabilidade*, destinadas a assegurar, por um lado, as condições indispensáveis à vida fisiológica dos ocupantes e, por outro, as condições de conforto dos utentes [3].

2.2 Revestimentos epóxicos

Em 1936, Pierre Castan produziu o primeiro composto termo-rígido derivado da resina epóxida, de cor âmbar. Este investigador trabalhava para uma companhia sediada na Suíça e estava a desenvolver um produto para a fabricação de dentaduras e outras próteses odontológicas [4]. As principais dificuldades na utilização deste material estavam relacionadas com os problemas de secagem apresentados pela resina epóxida e os mecanismos para que a mesma endurecesse. A solução apareceu quando cientistas descobriram que algumas substâncias poderiam reagir com a resina conferindo-lhe propriedades finais diferentes. Essas substâncias foram chamadas de endurecedores ou agentes de cura e, actualmente, são os produtos responsáveis não só pela secagem, mas também pelo desempenho da resistência química, física e mecânica da resina epóxida [5]. A patente Trey-Castan foi adquirida pela empresa Ciba Pharma & Plastics Ltd. que, após um intenso trabalho de pesquisa e desenvolvimento, lançou a resina epóxida para aplicação industrial, inicialmente como adesivo, com a conhecida marca Araldite (Figura 1).



Figura 1 - Equipa de aplicação de Araldite [4].

Desde então, o emprego de resinas epóxidas na construção civil adquiriu maior importância, graças ao elevado poder de aderência e estas passaram a ser utilizadas genericamente em aplicações diversificadas como, por exemplo, adesivos para colagens difíceis, união entre betão antigo e novo, revestimentos de depósitos destinados a produtos agressivos, membranas impermeabilizantes, pinturas anticorrosivas, argamassas de reparação, consolidação e reforço de betão e ainda como revestimentos de piso comerciais e industriais [4].

Os diferentes tipos de resinas epóxidas compreendem em geral três componentes. O primeiro é o ligante, ou seja, a resina base propriamente dita. O segundo é o endurecedor reactivo, enquanto que o terceiro engloba as cargas

que possam estar associadas ao sistema de pavimentação seleccionado. Geralmente, o sistema é fornecido com os três componentes em separado, salvo algumas excepções em que as cargas podem estar incorporadas num dos componentes líquidos. Alguns produtos podem incluir ainda alguns adjuvantes adicionais, como sejam pigmentos, aceleradores, emulsionantes ou estabilizantes.

2.3 Tipificação de PIRE

A tipificação de soluções para estas aplicações é diversificada e variável de país para país, consoante a legislação e normalização em vigor. Além disso, entre os fabricantes deste tipo de materiais existem sistemas de classificação mais ou menos detalhados, com maior ou menor especificidade. Na generalidade dos fabricantes pesquisados, os revestimentos epóxicos são divididos em quatro grandes famílias, designadas como pinturas, sistemas multicamada, revestimentos ou argamassas (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação de anomalias proposta

SISTEMAS	CAMPOS DE APLICAÇÃO	VANTAGENS	LIMITAÇÕES
 <p>Pinturas Espessura: 0,2 - 1mm Textura: lisa</p>	<p>Corredores Armazéns com cargas leves Áreas de tráfego pedonal Instalações com agressividade química limitada Áreas secas</p>	<p>Superfície contínua Aglutinante de poeiras Resistência a óleos e combustíveis Aplicação rápida fácil Economicamente favorável Facilidade de manutenção</p>	<p>Impacto Cargas pesadas Químicos concentrados Áreas húmidas Choques térmico</p>
 <p>Multicamada Espessura: 2 - 4 mm Textura: antiderrapante</p>	<p>Áreas de produção e armazenamento em: - Indústria alimentar - Indústria química - Indústria automóvel - Cozinhas industriais</p>	<p>Elevada resistência mecânica e química Antiderrapante Espessuras reduzidas Aplicação rápida e fácil Resistência a choques térmicos moderados</p>	<p>Impacto Cargas médias e pesadas Limpeza condicionada pela granulometria seleccionada</p>
 <p>Revestimentos Espessura: 2 - 4 mm Textura: lisa</p>	<p>Indústrias químicas, farmacêuticas e alimentares Laboratórios Armazéns Áreas com pouca humidade</p>	<p>Superfície perfeitamente plana Elevada resistência química e biológica Boa resistência mecânica Aplicação rápida e fácil Facilidade de limpeza e manutenção</p>	<p>Impacto Cargas pesadas Áreas húmidas Choques térmicos</p>
 <p>Argamassas epóxicas Espessura: 3 - 8 mm Textura: antiderrapante</p>	<p>Áreas de fabrico e armazenamento na indústria pesada Zonas de processamento na indústria química Zonas de exposição extrema na indústria alimentar Armazéns refrigerados</p>	<p>Antiderrapante Resistência ao impacto e abrasão Resistência a ataques químicos Resistência a baixas temperaturas Resistência a limpeza com água quente Resistência a choques térmicos moderados</p>	<p>Maiores dificuldades de limpeza Derrames químicos concentrados</p>

2.4 Seleção do revestimento

Perante uma situação de seleção, é importante conhecer as características do suporte, em termos de dimensionamento e capacidade resistente e o tipo de utilização industrial previsto, sobretudo em termos de agressividade química ou mecânica. Existem segmentos industriais que requerem revestimentos com propriedades especiais como, por exemplo a indústria electrónica, centros de processamento de dados, salas de cirurgia, áreas de manuseamento de explosivos e de produtos inflamáveis, onde podem ser exigidos revestimentos anties-táticos ou condutores. A indústria alimentar, de bebidas ou o ramo hospitalar podem exigir revestimentos de textura lisa e de fácil assepsia e limpeza, impedindo a proliferação de bactérias e de fungos, além de não poderem conter solventes nem modificar o cheiro ou o sabor de alimentos ou bebidas. As áreas de grande circulação podem requerer revestimentos mais flexíveis, que garantam o conforto de pedestres e atenuem o ruído decorrente do tráfego [6].

3 Classificação de anomalias

Na classificação de anomalias em PIRE, propõe-se uma divisão em três grupos, que estão relacionados com a localização da patologia (Tabela 2). Assim, considera-se um primeiro, que abrange a superfície corrente do revestimento, onde ocorre a maior parte das anomalias e que, conseqüentemente, apresenta maior diversidade de causas associadas. Um segundo grupo representa as anomalias que ocorrem nos remates ou em zonas de ligação do revestimento a outros suportes e, num terceiro grupo, são incluídas as que ocorrem nas juntas de dilatação dos elementos construtivos. Desta forma, obtém-se uma classificação que abrange a maioria dos fenómenos anómalos característicos dos revestimentos PIRE. Nesta classificação, não são desenvolvidas anomalias relacionadas com as camadas subjacentes ao revestimento.

Tabela 2: Classificação de anomalias proposta

A-A SUPERFÍCIE CORRENTE	
A-A1 descolamento	A-A6 falta de planimetria
A-A2 empolamento	A-A7 bolhas osmóticas
A-A3 fissuração	A-A8 bolhas de difusão de ar
A-A4 manchas	A-A9 perda de tonalidade
A-A5 desgaste	
A-B REMATES	
A-B1 descolamento nos elementos de ligação	
A-C JUNTAS DE DILATAÇÃO	
A-C1 descolamento nos elementos de ligação	A-C2 fissuração

4 Técnicas de reparação

Na elaboração desta classificação, considerou-se que as técnicas de reparação têm mais a ver com as anomalias do que com as causas. Ainda que frequentemente a reparação deva ter em conta a causa da anomalia, é esta última que preocupa a entidade gestora. Desta forma, decidiu-se que deveria existir um paralelismo estreito entre a classificação das técnicas de reparação e a classificação das anomalias apresentadas anteriormente.

A classificação proposta inclui, para além das técnicas de reparação, os trabalhos de manutenção. O critério para separar os trabalhos associados à manutenção dos associados à reparação é o de considerar que os primeiros são estritamente de manutenção e limpeza e que não afectam de imediato a fiabilidade das exigências do sistema, enquanto que a reparação se aplica a todas as técnicas que são definidas como reparação / reabilitação da integridade do revestimento. Para que esta divisão se torne evidente na listagem apresentada, as técnicas de manutenção são referenciadas com um (m), enquanto que as de reparação são referenciadas com um (r). Esta classificação é apresentada na Tabela 3, sendo as técnicas divididas em três grupos, com o objectivo de que cada um corresponda às intervenções relativas em cada um dos elementos constituintes do PIRE (R-A superfície corrente, R-B remates e R-C juntas).

Tabela 3: Técnicas de reparação em PIRE.

R-A SUPERFÍCIE CORRENTE	
R-A1 aplicação de novo revestimento epóxico (r)	R-A5 aplicação de revestimento fino (r)
R-A2 aplicação de barreira pára-vapor (r)	R-A6 nivelamento do pavimento (r)
R-A3 colocação de elementos de protecção (m)	R-A7 aplicação de outro tipo de revestimento (r)
R-A4 colocação de armadura / tratamento de fissuras (r)	
R-B REMATES	
R-B1 rebaixamento da zona de remate (r) (m)	R-B2 execução de meias canas (r) (m)
R-C JUNTAS	
R-C1 reparação da junta (r) (m)	

5 Matriz de correlação

Depois de expostas as principais anomalias e técnicas de reparação associadas aos PIRE, apresenta-se em seguida uma matriz de correlação entre ambas. Esta matriz (Tabela 4) tem como objectivo relacionar as anomalias observadas *in situ* com as técnicas de reparação mais adequadas, sendo previamente necessário determinar as causas prováveis, de forma a minimizar a ocorrência de novas anomalias.

A matriz *anomalias / técnicas de reparação* foi construída com base nas

listagens apresentadas nas Tabelas 2 e 3. Nessa matriz, na intersecção de cada linha (representando uma anomalia) com cada coluna (representando uma técnica de reparação), é inscrito um número que representa o grau de correlação entre ambas, de acordo com o seguinte critério [7] [8] [9]:

0 - SEM RELAÇÃO - não existe qualquer relação entre a anomalia e a técnica de reparação;

1 - PEQUENA RELAÇÃO - técnica de reparação adequada, dentro de determinadas limitações de aplicabilidade, para reparar a anomalia ou eliminar a (s) causa (s) da sua ocorrência;

2 - GRANDE RELAÇÃO - técnica de reparação mais adequada para reparar a anomalia ou eliminar a (s) causa (s) da sua ocorrência.

Tabela 4: Matriz de correlação anomalias / técnicas de reparação

	R-A1	R-A2	R-A3	R-A4	R-A5	R-A6	R-A7	R-B1	R-B2	R-C1
A-A1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0
A-A2	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0
A-A3	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0
A-A4	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
A-A5	2	0	0	1	2	0	1	0	0	0
A-A6	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0
A-A7	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0
A-A8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
A-A9	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0
A-B1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
A-C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
A-C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Por observação da Tabela 4, é possível verificar que existem anomalias para as quais são indicadas várias técnicas de reparação. Nesses casos, a opção pela técnica a utilizar terá de ter em consideração que as técnicas de pequena relação só deverão ser utilizadas em determinadas situações particulares de manifestação da anomalia, nas quais se verifiquem as condições descritas na respectiva ficha de reparação. Nas situações em que existem duas ou mais técnicas de grande relação associadas a uma mesma anomalia, estas poderão complementar-se na reparação da anomalia e na eliminação das respectivas causas ou, caso o resultado expectável das técnicas em causa seja semelhante, a opção terá de recair naquela que se revele mais adequada em termos técnicos e económicos [9].

Neste trabalho, foram construídas fichas individuais para as intervenções de reparação de anomalias em PIRE. O formato e conteúdo destas fichas são baseados em trabalhos anteriores [7] [8] [9] e nelas constam as informações diversas como sejam o número da ficha de reparação, elemento do PIRE ao

qual se aplica a técnica, designação da técnica, características dos materiais a aplicar, descrição dos trabalhos a realizar, mão-de-obra e prazos de execução estimados, equipamento necessário para a realização dos trabalhos, custo estimado da reparação e o resultado expectável, em termos de reparação das anomalias, eliminação das causas e melhoramento do desempenho. A Tabela 5 apresenta um exemplo das técnicas de reparação que se consideram mais adequadas em intervenções onde seja observado desgaste no pavimento, sendo estas informações retiradas das fichas de reparação criadas.

Tabela 5: Ficha das intervenções de reparação relativas à anomalia A-A5 (desgaste)

FICHA DE CORRELAÇÃO ANOMALIA-TÉCNICAS DE REPARAÇÃO			ANOMALIA A-A5 desgaste
TÉCNICAS DE REPARAÇÃO	DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS	CUSTO ESTIMADO	RESULTADO EXPECTÁVEL
R-A1 aplicação de novo revestimento epóxico (r)	1. remoção do revestimento existente; 2. tratamento mecânico do suporte (dependendo das características do suporte e da tipologia do PIRE), 3. aspiração; 4. tratamento de pontos singulares (remates e juntas); 5. aplicação do primário de aderência (eventualmente suprimido nos sistemas de pintura); 6. aplicação do sistema de revestimento epóxico	5 €/m ² (remoção e preparação) + custos previsíveis do sistema de pavimentação	este método deverá apresentar resultados positivos, sobretudo se forem eliminadas as causas da anomalia e o novo revestimento for aplicado em toda a extensão do pavimento ou em áreas delimitadas, de acordo com as recomendações do fabricante
R-A4 colocação de armadura / tratamento de fissuras (r)	1. remoção do revestimento nas áreas afectadas; 2. perfuração diversificada do suporte nas áreas fissuradas; 3. injeção de resinas epóxicas ou de poliuretano; 4. tratamento mecânico do suporte (dependendo das características do suporte e da tipologia do PIRE); 5. aspiração; 6. tratamento de pontos singulares (remates e juntas); 7. aplicação do primário de aderência; 8. aplicação do sistema de revestimento epóxico	2 €/m ² (remoção) + 10 €/m (injeção de resinas) + 3 €/m ² (tratamento mecânico) + custos previsíveis do sistema de pavimentação	este método permite minimizar as tensões nas áreas fissuradas, não devendo as mesmas voltar a ser observadas no revestimento epóxico
R-A5 aplicação de revestimento fino (r)	1. aplicação de revestimento fino (impregnação, selante ou pintura de base epóxida) directamente sobre o revestimento afectado	3 €/m ²	este método é rápido e simples e geralmente apresenta resultados positivos, sobretudo se o novo revestimento for aplicado em toda a extensão do pavimento ou em áreas delimitadas, de acordo com as recomendações do fabricante
R-A7 aplicação de outro tipo de revestimento (r)	1. remoção do revestimento em toda a área do pavimento ou em áreas delimitadas; 2. tratamento mecânico do suporte (dependendo das características do suporte e da tipologia do novo revestimento); 3. aspiração; 4. aplicação do novo revestimento especificado	5 €/m ² (remoção e preparação) + custos do novo revestimento (variável consoante as especificações)	este método deverá apresentar resultados positivos, quando é possível assegurar que o novo revestimento não apresenta as limitações do existente

No que respeita à estimativa de custos e prazos de execução, convém sublinhar que estas têm apenas um carácter indicativo, dado que as intervenções de reparação têm características diferenciadas das obras de construção nova, as quais impedem que qualquer estimativa de custo de intervenção seja infalível à partida.

6 Conclusões

As principais conclusões da presente comunicação são as seguintes:

- algumas das principais anomalias em PIRE ocorrem, numa fase primária, em pontos singulares do revestimento como sejam remates com elementos descontínuos, juntas, pontos de evacuação de águas, entre outros, pelo que a especificação e execução destas áreas deve merecer atenção redobrada, de forma a minimizar a ocorrência de anomalias nestas circunstâncias e a conseqüente progressão à zona corrente do revestimento;

- a manutenção em PIRE deverá ser encarada como medida preventiva à ocorrência de anomalias e deve ainda ser suficientemente eficaz para a detecção e minimização da progressão das mesmas;

- o investimento deve igualmente ser valorizado nas fases de projecto e execução dos PIRE, tanto a nível da selecção da tipologia mais adequadas às exigências funcionais do espaço, como do controlo de qualidade dos materiais e cuidados na aplicação, sobretudo nos pontos singulares do revestimento; o custo envolvido na obtenção da melhor solução de reparação é, em geral, consideravelmente superior ao valor da economia inicial correspondente ao não cumprimento das normas, das especificações ou das boas práticas construtivas;

- as técnicas de reparação deverão ser seleccionadas em função do nível de gravidade das anomalias e poderão implicar a remoção do revestimento existente e a substituição por revestimento da mesma natureza ou alternativo, caso se conclua a sua inadequabilidade às condições de utilização; o investimento em acções de manutenção e prevenção poderá diminuir consideravelmente os custos de eventuais reparações;

7 Bibliografia

- [1] Williamson, N. *Defects in Industrial Concrete Floors - Their Causes and How to Avoid Them*, Industrial Floors 2003, 5th International Colloquium January 21-23, UK, 2003.
- [2] Garcia, J. *Revestimentos de Pisos Corrente*”, Reabilitação de Construções - Estudo de Casos, 12^o Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2003.
- [3] Nascimento, J. M. *Exigências Funcionais de Revestimentos de Piso*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1985.

- [4] Konrad, R. *Os Primórdios da Resina Epóx*", Revista PI - Pisos Industriais, Brasil, Ano 1, Nº 2, Setembro de 2003.
- [5] Rufo, M. & Matta, F. *A Evolução dos Agentes de Cura para Resinas Epóxi*, Revista PI - Pisos Industriais, Brasil, Ano 1, Nº 2, Setembro de 2003.
- [6] Oliveira, P. *Principais tipos de RAD para pisos*, Revista PI - Pisos Industriais, Brasil, Ano 1, Nº 4, Janeiro de 2004.
- [7] Brito, J. de *Desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Obras de Arte em Betão*, Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Outubro de 1992.
- [8] Walter, A. M. *Sistema de Classificação para Inspeção de Impermeabilizações de Coberturas em Terraço*, Dissertação para obtenção do grau de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Dezembro de 2002.
- [9] Silvestre, J. *Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Aderentes*, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Setembro de 2005.

SELECÇÃO DE PRODUTOS PARA REALIZAÇÃO DE BARREIRAS QUÍMICAS NO TRATAMENTO DA HUMIDADE ASCENSIONAL EM EDIFÍCIOS

Ana Sofia Guimarães*
anasofia@fe.up.pt

Vasco Peixoto de Freitas†
vpfreita@fe.up.pt

Resumo

A humidade ascensional constitui uma causa importante das patologias observadas nos edifícios, pelo que se afigura da maior relevância o desenvolvimento de estudos que visem definir regras de concepção e tratamento da envolvente dos edifícios face à humidade ascensional.

Neste trabalho apresentam-se os resultados de uma pesquisa sobre os produtos e técnicas de tratamento que o mercado dispõe, no que concerne à realização de um corte hídrico, por barreira química, procurando perceber que alternativas existem e que características apresentam os produtos disponíveis.

Palavras-chave: Patologia, Tratamento, Humidade Ascensional, Produtos.

1 Introdução

Existem diversas tecnologias de tratamento da humidade ascensional. As soluções para este tipo de patologia devem ser apoiadas num diagnóstico exaustivo, que permita determinar com precisão a proveniência da água. Na bibliografia existe uma descrição de múltiplas técnicas de tratamento: execução de corte hídrico (redução da secção absorvente, introdução de barreiras estanques, realização de barreiras químicas), electro-osmose (passiva, semi-passiva, activa, forese), introdução de tubos de arejamento, aplicação de revestimento com porosidade e porometria controladas, oclusão das anomalias e ventilação da base das paredes (objecto de investigação). Na Tabela 1 apresentamos uma análise comparativa das diferentes técnicas de tratamento.

* Assistente Estagiária, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

† Professor Catedrático, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Laboratório de Física das Construções.

De todas as técnicas seleccionamos apenas a execução de corte hídrico por introdução de uma barreira química procurando definir um critério exigencial de selecção dos produtos.

Tabela 1: Análise comparativa das diferentes técnicas de tratamento da humidade ascensional.

Solução	Método	Limitações
1. Execução de corte hídrico	Redução da secção absorvente	Estruturais e arquitectónicas
	Introdução de barreiras estanques	Vibrações. Instabilidade. Aplicável apenas em alvenarias resistentes com juntas regulares
	Introdução de produtos impermeabilizantes	Necessidade de uma barreira contínua em toda a espessura da parede
2. Electro-osmose	Passiva	Eficácia muito reduzida
	Semi-passiva	
	Activa	
	Forese	
3. Introdução de tubos de arejamento		Estéticas. Pouca eficácia.
4. Revestimentos com porosidade e porometria controladas		A médio/longo prazo implica o aparecimento de efluorescências
5. Ocultação das anomalias		Diminui as áreas úteis. Se não for possível ventilar pode não apresentar os resultados esperados
6. Ventilação da base das paredes		Em estudo

2 Corte hídrico – Barreira química

O corte hídrico não é mais do que a execução de uma barreira física ou química, na base das paredes, que impeça a ascensão de água e que estabeleça um “corte” na estrutura porosa. Limitamos a nossa análise aos produtos que permitem realizar uma barreira química.

Ao longo dos anos têm surgido múltiplos produtos para execução de “barreiras químicas”. A informação técnica disponível recomenda que os produtos sejam introduzidos na base das paredes. Para proceder à introdução dos produtos executam-se furos ao longo da parede, afastados em cerca de 10 a 20 cm e com uma profundidade de 2/3 da espessura da parede, no caso de se ter acesso apenas por um dos lados, ou 1/3 da espessura, se o acesso for pelos dois lados. Realizada a furação procede-se à introdução dos produtos através de uma das seguintes técnicas:

Difusão — Esta técnica baseia-se na acção da gravidade como forma de introdução dos produtos. Assim, os furos poderão ser executados quer na horizontal quer inclinados no sentido da base da parede (Figura 1).

Injecção — Neste caso o produto será introduzido na parede através do auxílio de um equipamento de pressão que estará directamente ligado ao conjunto de tubos introduzidos na furação efectuada na base das paredes (Figura 2) [1].

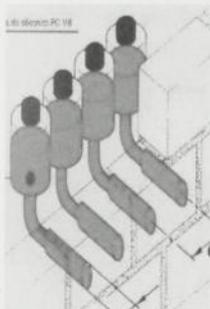


Figura 1: Introdução de produtos por difusão.

Figura 2: Introdução de produtos por injeção.

Os produtos utilizados podem ser classificados como tapa-poros (impermeabilizantes de superfície) ou hidrófugos (impermeabilizantes de massa) e podem dividir-se em seis grandes famílias:

Resinas epoxídicas — São produtos de mais difícil penetração adequados para paredes constituídas por materiais com poros de pequenas dimensões. O endurecimento é muito rápido e começa logo após o início da introdução do produto nas aberturas efectuadas podendo levar a um bloqueamento dos poros antes do término da operação.

Silicatos — Sob esta designação enquadram-se um conjunto de produtos que têm em comum a formação de um gel de sílica que irá obter os poros e os tubos capilares. Estes produtos apresentam uma baixa capacidade de penetração nas paredes. A sua introdução pode originar efluorescências e levar a uma desagregação de partes superficiais do material.

Acrilamidas — São o resultado da mistura de dois compostos orgânicos. Dão origem a um material com viscosidade semelhante à da água sendo que esta se mantém até ao momento em que se dá a gelificação desejada para obturar os poros. Dentro dos tapa-poros é considerado o mais eficaz.

Siliconatos — São compostos solúveis na água que em presença do dióxido de carbono se transformam em materiais hidrófugos. No caso específico de paredes espessas poderá haver alguma dificuldade em garantir a sua eficácia, uma vez que existe carência de dióxido de carbono.

Silicones — Sob esta designação, à semelhança do que passa com os silicatos, enquadram-se um conjunto de produtos que têm em comum duas características: tratam-se de compostos macromoleculares dissolvidos em solventes hidrófugos, o que dificulta a impregnação. O facto da sua aplicação implicar um maior número de furos pode levantar problemas estéticos.

Organo-metálicos — Produtos mais recentes constituídos por compostos orgânicos, como o próprio nome indica, de titânio e de alumínio que se polimerizam em presença da água após a evaporação dos solventes.

Apresenta-se na Tabela 2 a classificação dos vários produtos no que se refere ao tipo e forma de aplicação [2].

Tabela 2: Classificação dos produtos quanto ao tipo e forma de aplicação.

Produtos	Tipo		Forma de aplicação	
	Hidrófugo	Tapa-poros	Injecção	Difusão
Resinas epoxídicas	-	•	•	-
Silicatos alcalinos	-	•	•	•
Acrilamidas	-	•	•	-
Siliconatos	•	-	•	-
Silicones	•	-	•	-
Organo-metálicos	•	-	•	-
Siloxanes	•	-	•	-

A eficácia de um corte hídrico constituído por uma barreira química está em garantir a boa penetração dos produtos e a continuidade da barreira.

3 Caracterização de produtos disponíveis no mercado

É absolutamente necessário caracterizar e dimensionar os produtos que se pretendam aplicar. No entanto, a generalidade dos fabricantes não fornecem a informação necessária que permita a selecção exigencial dos produtos. Na Tabela 3 apresenta-se a informação disponível nos catálogos comerciais que foram consultados.

Tabela 3: Caracterização de produtos
(informação disponível nos catálogos comerciais).

Produto Marca comercial, empresa, logótipo, publicidade	Ref. CH-BQ-D CH-BQ-I
Descrição do Produto É efectuada uma descrição muito genérica onde raramente se refere o tipo de produto, embora se preconize o processo de aplicação.	
Princípios de Funcionamento / Características Principais Genericamente é efectuada uma descrição do princípio de aplicação e realçam-se as vantagens do produto de forma qualitativa.	
Campos de Aplicação Em poucos casos referem-se as estruturas porosas nas quais pode ou não ser utilizado o produto.	
Propriedades Raramente são apresentadas. As que se encontram são: Aspecto; Cor; Densidade; Tempo de presa; Massa Volúmica Aparente; Compostos Identificados; pH.	

Considera-se de primordial importância medir e caracterizar correctamente as propriedades principais dos produtos e o modo como foram obtidas (eventuais normas de ensaio, procedimentos de ensaio, etc.), nomeadamente, o coeficiente de absorção do material poroso antes e após aplicação do produto de tratamento.

Efectuamos uma pesquisa do mercado apenas dos produtos passíveis de serem enquadrados na técnica de tratamento descrita tendo sido encontrados 17 produtos que podem ser distribuídos em função da classificação química e processo de aplicação, como se apresenta na Tabela 4.

Tabela 4: Produtos existentes no mercado com base na consulta efectuada.

Produtos	Ocorrências	Propriedades*			Forma de aplicação	
		Sim	Algumas	Não	Injecção	Difusão
Resinas epoxídicas	1 [8]			1		1
Silicatos alcalinos	2 [11, 14]			2	2	
Acrilamidas	0					
Siliconatos	2 [14]			2	2	
Silicones	3 [4]			3	2	1
Organo-metálicos	0					
Siloxanes	1 [5]			1	1	
Indefinido	8 [6, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16]		2	6	6	2

* Sim – Apresenta-se suficientemente caracterizado
 Algumas – Apresenta algumas propriedades muito gerais
 Não – Não apresenta nenhuma propriedade

Da análise do quadro pode-se concluir não haver uma efectiva caracterização das propriedades dos produtos comercializados tornando impossível avaliar o seu desempenho e seleccionar a melhor solução.

Para constatar a eficácia deste tipo de tratamento (barreira química) seria de toda a conveniência realizar ensaios de absorção em provetes com e sem tratamento apresentando um índice de desempenho.

Na Figura 3 apresenta-se o valor da absorção de água de um provete de tijolo, com 11 cm de espessura por metro de desenvolvimento, com e sem tratamento ao longo do tempo, verificando-se que o provete com tratamento apresenta variações de massa muito inferiores ao provete sem tratamento [3].

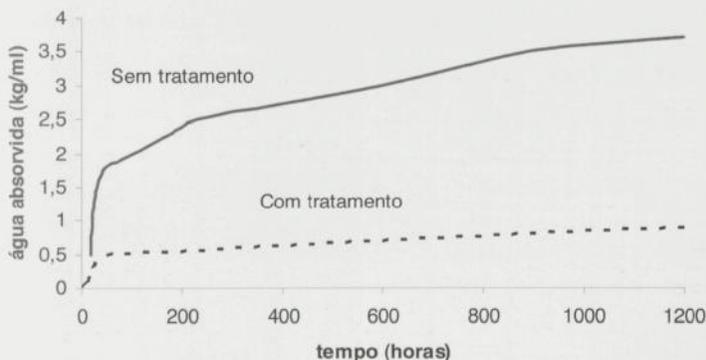


Figura 3: Introdução de produtos por injeção.

Considera-se da maior relevância uma evolução no sentido de criar no mercado a consciência da necessidade dos fabricantes procederem a estudos de caracterização experimental dos seus produtos.

Assim se tornará possível dimensionar as soluções do ponto de vista exigencial cabendo aos fabricantes oferecer as propriedades dos materiais.

4 Conclusões

O tratamento da humidade ascensional é importante, pelo que se justifica desenvolver estudos que permitam definir critérios de concepção e correcção de elementos construtivos face à humidade ascensional.

É necessário conhecer os fenómenos que estão na base dos problemas e seleccionar técnicas de tratamento mais adequadas, sendo aqui realçadas as potencialidades dos cortes hídricos materializados por barreiras químicas.

Com este estudo foi possível verificar que, na generalidade, o mercado não oferece a informação técnica necessária. E embora existam vários produtos disponíveis, a caracterização destes é insuficiente não havendo critérios objectivos de selecção. Os fabricantes têm que recorrer a ensaios de caracterização experimental de modo a viabilizar uma escolha objectiva e sustentada.

5 Referências

- [1] Building and Environment, Injection systems for damp-proofing Sharpe, R.W., Jan 1977.
- [2] Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC). L'humidité dans les bâtiments (p.17). Protection des maçonneries contre l'humidité ascensionnelle. Injection de produits hydrofuges (p.55).

- [3] Torres, M. I. M.. Humidade Ascensional em Paredes. Tese de mestrado. Coimbra, FCTUC, 1998.
- [4] Internet: www.advanced-dpc.co.uk/
- [5] Internet: www.aquafin.be/
- [6] Internet: www.ashdaleproducts.eurobell.co.uk
- [7] Internet: www.biosal.com
- [8] Internet: www.edilportale.com/edilcatalogo0/Edilcatalogo_SchedaAzienda.asp?lingua=2&IDAzienda=2294
- [9] Internet: www.fradical.pt/cal.htm
- [10] Internet: www.humicontrol.com
- [11] Internet: www.lavagensdrytech.com.br/
- [12] Internet: www.penetrone.com/
- [13] Internet: www.resilar.com.br/
- [14] Internet: www.safeguardeurope.com/
- [15] Internet: www.tecnocrete.pt
- [16] Internet: www.vandex.com/index.php?id=11&L=1

APLICAÇÕES DE FOTOGRAMETRIA EM ENGENHARIA CIVIL

Jónatas Miguel de Almeida Valença*
Correio electrónico: jonatas@dec.uc.pt

Eduardo Nuno Brito Santos Júlio†
Correio electrónico: ejulio@dec.uc.pt

Hélder de Jesus Araújo‡
Correio electrónico: helder@isr.uc.pt

Resumo

Com a divulgação da fotografia digital, a fotogrametria, método desenvolvido no início do século XIX, apresenta potencialidades extremamente interessantes no campo do levantamento geométrico de construções, assim como na área da monitorização de deformações em grandes obras. O Grupo de *Reabilitação do Espaço Construído* da Universidade de Coimbra encontra-se a realizar estudos no sentido de desenvolver uma metodologia de aplicação deste método à engenharia civil. Neste artigo, apresentam-se uma breve resenha histórica do método e alguns resultados relativos à sua aplicabilidade (a) na construção de modelos 3D de edifícios com vista ao registo de anomalias e medição/orçamentação de áreas a reparar; (b) no controle de deformações de vigas de grande porte; e (c) na geração de malhas de elementos discretos para análise estrutural de construções em alvenaria de pedra aparelhada. Apresentam-se algumas conclusões relativamente às condicionantes e às potencialidades do método, sendo de salientar o aumento de rapidez e de precisão obtidos e a diminuição de custos, face aos métodos tradicionais.

Palavras-chave: Fotogrametria, levantamento geométrico, monitorização, registo de anomalias.

1 Introdução

A intervenção numa estrutura existente deve ser sempre precedida de uma inspeção técnica da mesma. Como, regra geral, não existem peças desenhadas

* Mestrando, Universidade de Coimbra.

† Prof. Auxiliar, Universidade de Coimbra

‡ Prof. Associado com Agregação, Universidade de Coimbra

ou, quando existem, nem sempre coincidem com a realidade construída, é sempre necessário efectuar um levantamento geométrico da construção. Quando esta apresenta anomalias, torna-se igualmente necessário proceder ao seu registo, medição, diagnóstico, concepção da intervenção a efectuar e orçamentação. Estes procedimentos, quando realizados por métodos topográficos, podem tornar-se bastante morosos e/ou ser efectuados com pouco rigor.

Para estruturas de grande porte, como pontes e barragens, a monitorização do seu comportamento em serviço é essencial. Também para estas situações são habitualmente utilizados métodos topográficos para medição da evolução de deformações no tempo. Do mesmo modo, em testes laboratoriais, é de extrema importância registar deformações, seleccionando-se normalmente pontos chave nos modelos ensaiados nos quais são colocados transdutores de deslocamentos e inclinómetros, entre outros. Em ambos os casos, os resultados são escassos por terem de ser obtidos por processos morosos ou que implicam instrumentação.

No caso de se pretender efectuar a análise do comportamento estrutural das construções, o levantamento da sua geometria pode revelar-se particularmente fastidioso, sobretudo se esta for em alvenaria de pedra aparelhada e a análise for realizada utilizando o método dos elementos discretos, o que implica a determinação das coordenadas dos vértices de cada um dos blocos.

Em qualquer um dos exemplos indicados, podem ser utilizados levantamentos fotogramétricos com vantagem, quer em termos de rapidez de execução, como de precisão de resultados e com custos significativamente menores. O objectivo do estudo apresentado nesta comunicação é desenvolver uma metodologia de aplicação deste método a problemas de engenharia civil como os anteriormente referidos. Apresentam-se três casos de estudo: (1) o levantamento geométrico e *renderização* da Capela de S. Jorge de Aljubarrota; (2) a monitorização de ensaios de rotura de vigas de grande porte; e (3) o levantamento geométrico de uma ponte de pedra em Vila Fria.

2 Levantamentos fotogramétricos

A técnica consiste em obter as coordenadas espaciais de um dado ponto, calculadas a partir das coordenadas bidimensionais deste em várias fotografias obtidas de diferentes pontos de vista [1].

2.1 Sinopse histórica

A palavra “fotogrametria”, deriva de três palavras de origem grega, com o seguinte significado: luz, descrição e medidas. É uma ciência aplicada que pode ser definida como a técnica e a arte de extrair a forma, as dimensões e a posição dos objectos contidos em fotografias métricas.

Existem trabalhos publicados sobre fotogrametria desde o início do século XIX, mesmo antes da invenção da fotografia. Em 1760, Lambert estabeleceu os fundamentos teóricos para resolver o problema da reconstituição perspectiva. A sua evolução conheceu três grandes etapas [2]: (1) Em 1858, Laussedat conseguiu obter planos exactos de edifícios e de pequenas extensões de terreno, a partir de fotografias destes – *fotogrametria ordinária* – este método foi utilizado até ao século XX. O seu maior inconveniente é a identificação de um mesmo ponto em duas fotografias, tomadas de pontos de vista distintos. Este processo apresentava-se muito moroso pois a reconstituição de um ponto implicava uma grande quantidade de cálculos; (2) Em 1901, Pulfrich aplicou o princípio da visão em relevo para efectuar medidas estereoscópicas, por meio de uma invenção sua que apelidou de estereocomparador, que determina as coordenadas ponto a ponto – *estereofotogrametria*; (3) Em 1909, Von Orel construiu o estereoautografo, primeiro aparelho utilizado para construção e obtenção automática de planos, que consagrou em definitivo a fotogrametria terrestre. Com o desenvolvimento da aviação e com a necessidade das duas partes intervenientes na I Guerra Mundial em obter fotografias aéreas dos campos inimigos, tentaram otimizar-se os processos e os aparelhos – *estereofotogrametria automática*.

Com a massificação dos computadores pessoais e da fotografia digital, o estudo da fotogrametria adquire um novo interesse. De facto, os levantamentos fotográficos podem ser efectuados através da utilização de máquinas comerciais, sem qualquer especificação adicional devido ao fim a que se destinam, e todos os cálculos matemáticos podem ser resolvidos de uma forma extremamente expedita.

2.2 Material fotográfico utilizado

O material fotográfico, utilizado nos casos de estudo apresentados no ponto seguinte, foi seleccionado de um leque restrito de equipamento disponível, em função da especificidade de cada projecto.

Nos dois primeiros casos de estudo, foi utilizada uma câmara fotográfica digital *Nikon D70* com uma resolução de 3008×2000 pixels. No primeiro caso utilizou-se uma lente de 50 mm e, no segundo projecto, uma lente de 24 mm de distância focal. No terceiro caso de estudo, utilizou-se uma câmara fotográfica digital *Sony Cybershot DSC-V1*, com uma resolução de 2592×1944 pixels, com um zoom 34-135 mm.

2.3 Metodologia adoptada

A metodologia utilizada no levantamento fotogramétrico, independentemente do objectivo definido para cada caso, consistiu na aplicação sequencial dos passos a seguir enumerados:

1. Colocação de miras em pontos de controlo, dos quais existe informação obtida através de outro processo, para aferir e validar o modelo 3D gerado;
2. Colocação de miras em pontos notáveis - vértices e contornos do objecto de estudo, assim como pontos com boa visibilidade e bem demarcados da sua envolvente;
3. Colocação de miras noutros pontos da construção, de forma a facilitar a marcação e a referenciação dos mesmos, aumentando a precisão do método;
4. Tomadas fotográficas de vários pontos de vista;
5. Construção de um *projecto fotogramétrico*, com *software* específico; marcação e referenciação de pontos; processamento e verificação da informação introduzida, com vista à detecção atempada de possíveis erros. Trata-se de um processo iterativo que se vai refinando à medida que se adiciona mais informação;
6. Atribuição de um factor de escala ao modelo, que pode ser definido utilizando os pontos de controlo. Este procedimento, quando efectuado com precisão, e aliado a uma rigorosa calibração do equipamento fotográfico utilizado, resulta numa rápida convergência dos resultados para a solução correcta. Pode ser efectuado durante o ponto anterior;
7. Atribuição de restrições ao modelo, caso existam. A informação relativa aos pontos de controlo pode igualmente ser utilizada com este fim;
8. Atribuição de orientação ao modelo, através da marcação da origem dos eixos coordenados e duas das suas direcções;
9. Adição de novos pontos, após a convergência do modelo, com vista à modelação de detalhes, os quais podem ser posteriormente incluídos no processamento, caso se pretenda;
10. Exportação (DFX) e renderização (definição de layers, definição de materiais, atribuição de texturas, etc.) do modelo 3D gerado.

2.4 Parâmetros de controlo

A precisão do levantamento efectuado pode ser controlada através dos designados *parâmetros de controlo* do *projecto fotogramétrico*.

Um desses parâmetros é o ângulo máximo definido entre os raios de um dado ponto, obtidos a partir de diferentes fotografias, que não deve ser inferior a 30° nem superior a 90°, sendo o raio de um dado ponto de uma dada fotografia, o vector definido pelo próprio ponto e o centro da lente da câmara fotográfica.

Atendendo a que cada ponto é uma abstracção matemática de uma realidade física, materializada por uma mira colocada no objecto em análise, existe sempre um erro associado à sua marcação. O parâmetro que mede esse erro designa-se por *qualidade da intersecção dos raios*, sendo tanto mais baixo quanto maior for a precisão.

A *área de convergência da fotografia* contabiliza a percentagem de área da fotografia, relativamente à sua área total, em que existe informação relevante, ou seja, em que são marcados pontos. Quanto mais elevado for o valor deste parâmetro, maior a precisão.

O *resíduo* quantifica a distância entre a marcação de um dado ponto em cada uma das fotografias consideradas e o seu posicionamento final, após processamento e convergência do projecto. Quanto menor for este valor, maior será a precisão.

3 Casos de Estudo

3.1 Capela de S. Jorge de Aljubarrota

A Capela de S. Jorge de Aljubarrota, apesar de não apresentar anomalias no exterior, foi utilizada para testar o material fotográfico e a eficácia da metodologia adoptada na geração de modelos 3D, exportação em formato DXF e *renderização*. Sendo a área envolvente da capela plana, ampla e praticamente livre de obstáculos, foi possível utilizar o denominado *método do anel*, em que as estações fotográficas são colocadas em torno do objecto de estudo (Fig. 1).

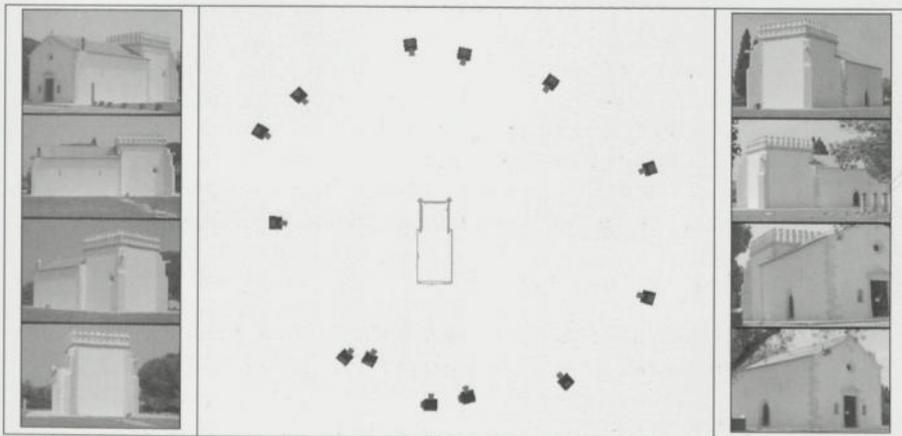


Figura 1: Levantamento fotográfico – aplicação do método do anel.

Foram construídos três projectos fotogramétricos: (1) um projecto geral, em que foi realizado o modelo tridimensional da estrutura; (2) um projecto de pormenor, em que foram modelados com maior detalhe alguns aspectos da fachada principal; e (3) um projecto obtido com a inclusão do segundo no primeiro, após a convergência de ambos. Os modelos foram construídos a partir da marcação de pontos notáveis, contornos e aberturas, assim como de miras

coladas nas fachadas. As distâncias entre estas foram medidas à fita para poderem ser utilizadas como pontos de controlo. Na Figura 2, apresentam-se os valores que os parâmetros de controlo assumem em cada um dos modelos. De referir que os valores médios do resíduo são sempre inferiores a 8 *Pixels*. Na Figura 3, apresentam-se uma perspectiva do modelo 3D gerado e exportado no formato DXF e uma perspectiva do modelo *renderizado* com atribuição de textura.

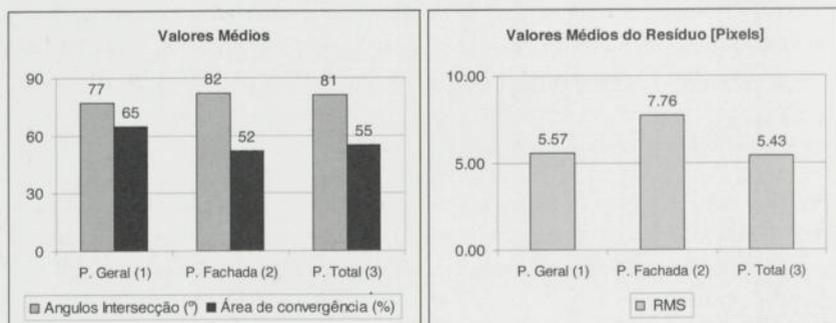


Figura 2: Parâmetros de controlo do Caso de Estudo 1.

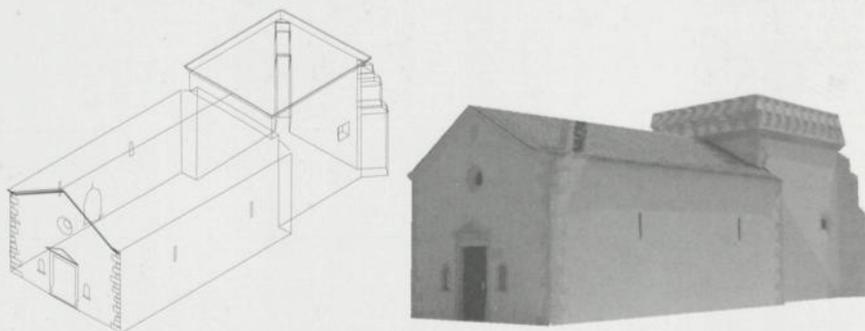


Figura 3: Modelo 3D gerado; (a) em DXF; (b) *renderizado*.

3.2 Ensaios de vigas de grande porte

Foram realizados ensaios à rotura de vigas com 20.0 m de vão, no âmbito de uma tese de doutoramento [3]. A evolução das flechas com o carregamento foi determinada em várias secções das vigas, através de transdutores de deslocamentos. A configuração deformada das vigas foi obtida com levantamentos

fotogramétricos, realizados durante várias fases dos ensaios, para testar a eficácia desta técnica e da metodologia adoptada na monitorização de deformações em estruturas. Estando as vigas colocadas junto a uma parede do laboratório, o levantamento fotográfico foi efectuado por varrimento perpendicular ao plano de interesse (Fig. 4).

Foram colocadas miras de precisão tanto nas vigas como na sua área envolvente, nomeadamente na parede do laboratório. Os vários projectos, cada um correspondendo a uma determinada fase do ensaio, têm em comum o facto de possuírem as mesmas miras fixas. Os resultados obtidos, exportados em formato DXF, foram sobrepostos tendo por base estes pontos (Fig. 5).



Figura 4: Levantamento fotográfico – varrimento perpendicular ao plano de interesse.

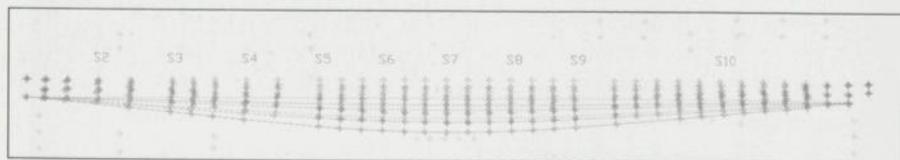


Figura 5: Deformada da estrutura em várias fases do ensaio (DXF).

Considerando como pontos de controlo algumas secções das vigas onde estão colocados transdutores de deslocamentos, é possível determinar a precisão do levantamento efectuado através dos *parâmetros de controlo*. Observa-se uma precisão muito elevada com valores médios do resíduo inferiores a 1 *Pixel*.

Na Figura 6, apresentam-se os valores medidos com os transdutores de deslocamentos, sobrepostos com os resultados obtidos através dos levantamentos fotogramétricos, para diferentes fases de carregamento, desde o início do ensaio até uma posição do actuador igual a 700 mm. Regista-se uma coincidência de valores, com uma diferença média de 1.1%.

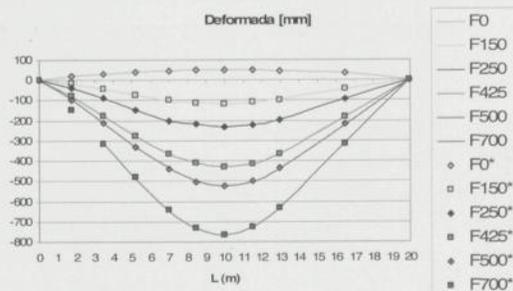


Figura 6: Resultados fotogramétricos *versus* transdutores de deslocamentos (*).

3.3 Ponte de Vila Fria

A ponte de Vila Fria é uma ponte de alvenaria de pedra aparelhada construída recentemente. Foi seleccionada para testar a eficácia da fotogrametria e da metodologia adoptada na geração de modelos de análise estrutural pelo método dos elementos discretos. O procedimento adoptado neste caso consistiu na construção de projectos individuais, para cada um dos arcos (Fig. 7), e de projectos gerais, com vistas de montante e de jusante, contendo apenas os pontos de controlo e os contornos da estrutura. Registou-se uma precisão elevada com valores médios do resíduo entre 0.76 e 3.98 *Pixels* nos arcos.

Como os modelos criados pelos projectos individuais não reproduzem o arco na sua totalidade, devido à presença dos contrafortes e quebra rios, mas como é visível a imposta do arco no seu intradorso, as aduelas não visíveis puderam ser reconstituídas em AutoCad (Fig. 8). Posteriormente, os projectos individuais foram inseridos nos dois projectos gerais, tendo-se obtido um projecto global para cada lado da ponte. Um projecto total, englobando toda a estrutura, foi construído considerando os dois projectos globais à distância da largura da via (Fig. 9). Relativamente aos vãos dos arcos, a diferença de valores entre o projecto de execução e a fotogrametria é, em média, de 1.2%.



Figura 7: Exemplo da construção de um projecto individual.

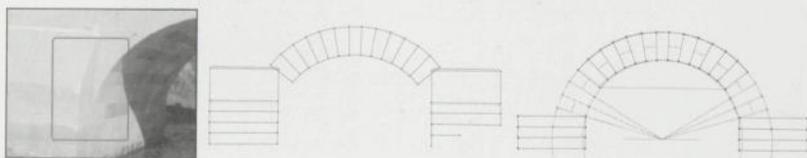


Figura 8: Construção das aduelas não visíveis.

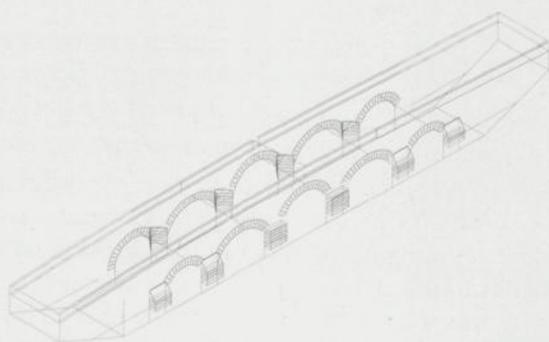


Figura 9: Modelo 3D gerado (DXF).

Na geração da malha de elementos discretos, a partir do levantamento fotogramétrico, é necessário que a exportação dos modelos em DXF tenha em consideração as entidades utilizadas pelo programa de cálculo adoptado. No que se refere às propriedades dos objectos (*material*, *grupo/layer*), estas devem ser exportadas noutro formato, uma vez que se observou que o formato DXF é adequado para armazenar informação referente à geometria do objecto em análise mas limitado na partilha de outro tipo de dados.

4 Conclusões

O levantamento fotogramétrico revelou-se bastante eficaz, relativamente aos métodos topográficos *standard*, nas três situações estudadas.

Com a metodologia adoptada consegue-se efectuar, com maior rapidez e precisão, o levantamento geométrico do exterior de construções. Adicionalmente, a geração de modelos 3D *renderizados* representa um meio de grande utilidade no registo e análise de anomalias. De salientar, contudo, a dificuldade em efectuar levantamentos no interior de espaços reduzidos.

Na monitorização do comportamento em serviço de estruturas de grande porte, assim como em ensaios laboratoriais, esta técnica apresenta como vantagens: a rapidez, a facilidade de aplicação e o baixo custo com que se obtém um número elevado de resultados com grande precisão, inigualável pelos métodos tradicionais. Concluiu-se que, para obter resíduos desprezáveis, é necessário utilizar miras de precisão e ângulos médios adequados entre fotos. Apesar de, neste caso de estudo, a área de convergência das fotografias ser apenas razoável, conseguiram-se variações médias entre os resultados obtidos por fotogrametria e os medidos com os transdutores de deslocamentos pouco superiores a 1 %.

A geração de modelos de elementos discretos de estruturas em alvenaria de pedra aparelhada pode ser realizada com a metodologia adoptada, num tempo incomparavelmente mais reduzido do que por métodos tradicionais. De referir que se encontra em desenvolvimento o *software* de interface que permitirá automatizar completamente a transferência de dados entre o projecto fotogramétrico e o programa de cálculo estrutural.

5 Agradecimentos

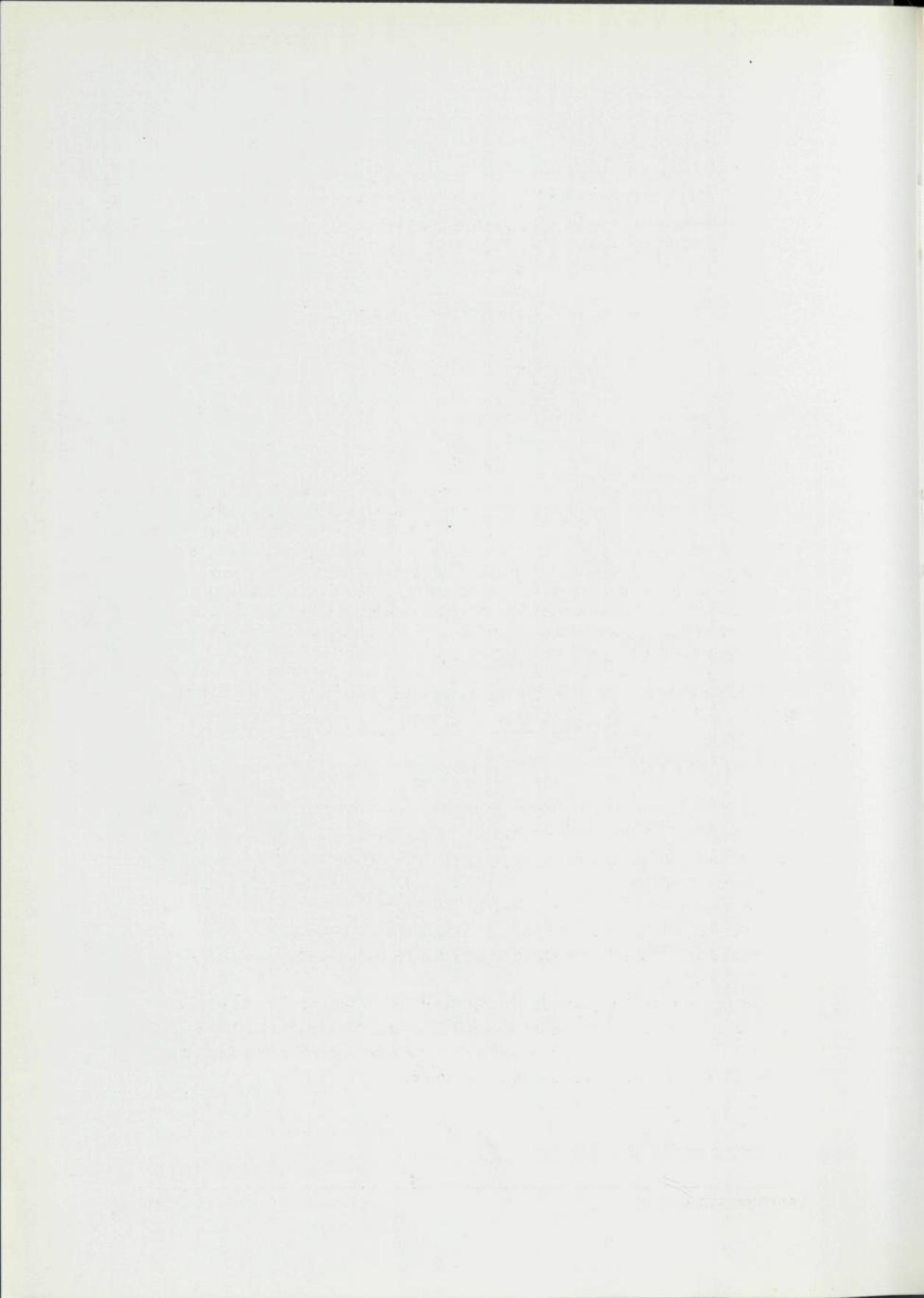
Os autores agradecem ao Professor Aníbal Costa os dados fornecidos referentes à Ponte de Vila Fria.

6 Bibliografia

- [1] FU, K.S., GONZALEZ, R.C., Lee, C.S.G. – *Robotics – Control, Sensing; Vision, and Intelligence*. McGraw-Hill International Edition, 1987.
- [2] AMERICAN SOCIETY of PHOTOGAMMETRY (ASP). *Manual of photogrammetry*. 4.ed. Falls Church, VA; Chester C., 1980.
- [3] FERNANDES, P. A. L. *Vigas de Grande Vão Pré-Fabricadas em Betão de Alta Resistência Pré-Esforçado – Viabilidade, Dimensionamento, Fabrico e Comportamento*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, especialidade de Estruturas, Universidade de Coimbra (a aguardar provas).



SESSÃO XV – ESTUDO DE CASOS



REABILITAÇÃO DA HABITAÇÃO SOCIAL. UM CASO DE ESTUDO.

Nuno Abrantes*

Correio electrónico: na2002@netcabo.pt

Fernando Brandão Alves†

Correio electrónico: alves@fe.up.pt

Resumo

O presente caso de estudo refere-se a uma das urbanizações de habitação social mais emblemáticas no grande Porto, devido à sua dimensão, visibilidade e localização junto ao IC1 numa das entradas de Vila Nova de Gaia. No presente estudo procura-se mostrar o modo como pequenas intervenções de carácter arquitectónico podem criar nos edifícios uma mais valia arquitectónica que induza nos seus habitantes uma auto-estima pelas suas habitações e pelos sítios onde se localizam, que melhorará certamente a qualidade de vida de toda a comunidade. Refira-se que Vila de Este é composta por 109 edifícios que contêm 2085 habitações e 76 comércios.

Palavras-chave: Requalificação Arquitectónica, Reabilitação, Auto-Estima.

1 Introdução

A conservação e a reabilitação de edifícios devem constituir cada vez mais em Portugal uma alternativa à construção de novos edifícios, de modo a resolver a poluição visual causada pelo património habitacional degradado existente nas grandes cidades.

Neste domínio convém sublinhar que enquanto a conservação se traduz por intervenções com o objectivo de repor a qualidade inicial, a reabilitação pretende melhorar o nível de qualidade do edifício, actualizando o seu desempenho funcional [1].

No caso em estudo (Vila de Este) pretende-se ir mais longe, ou seja, aproveitar a necessidade de reabilitar os edifícios, para os requalificar sob o ponto de vista arquitectónico, contribuindo para a sua modernização e induzindo uma maior auto-estima por parte dos seus moradores.

* Arquitecto

† Arquitecto, Professor Auxiliar da FEUP.

A metodologia para a abordagem da reabilitação destes edifícios seguiu esquemas conhecidos [2] [3], começando por um estudo de diagnóstico das anomalias, seguida de uma definição das estratégias de reabilitação. A requalificação arquitectónica parte dessa estratégia procurando acrescentar-lhe uma valorização dos edifícios.

2 Caracterização da Urbanização de Vila de Este

Vila de Este é, porventura, a porta de entrada mais visível do Grande Porto, através da A1, dando uma imagem muito negativa a essa acessibilidade. Por outro lado, a degradação evidente dos edifícios, em particular da sua envolvente criam, na opinião pública e também nos seus moradores, um sentimento de desagrado que afecta a qualidade do ambiente e de vida dessa comunidade.

Verifica-se, por outro lado, que os edifícios apresentam qualidades estruturais e construtivas apreciáveis e, como tal, susceptíveis de serem merecedoras dum programa realista de reabilitação.

Na Figura 1. apresenta-se uma planta da urbanização de Vila de Este, limitada a norte (Nordeste) pela R Conceição Fernandes, a Poente pela R. Salgueiro Maia (R. do Infantário, etc), a Sul pela A1 e a Nascente pela CM 1396.



Figura 1: implantação da urbanização de Vila de Este (Vila Nova de Gaia)

3 Caracterização dos Edifícios

A generalidade dos edifícios de Vila de Este (senão todos) tem por base o sistema construtivo designado por "Cofragem Túnel". A excepção ao sistema,

verifica-se na execução das caixas de escadas, que foi prefabricada, sendo apoiada em cantoneiras, nas paredes de betão dos “Túneis” adjacentes. Aparentemente as fachadas são constituídas por parede dupla sem isolamento, existindo algumas forras em alvenaria, quando o “Túnel” existia no limite do edifício. Por sua vez a cobertura foi revestida na sua maior área com chapas de fibrocimento, existindo pequenas áreas em terraço, provavelmente sem qualquer tipo de isolamento.

Consideram-se 3 tipologias diferentes para os edifícios:

a) Corrente (Figura 2. e 3.)

Edifício praticamente simétrico relativamente à caixa de escada, com a construção do tipo “Túnel” desenvolvendo-se paralelamente à caixa de escada.

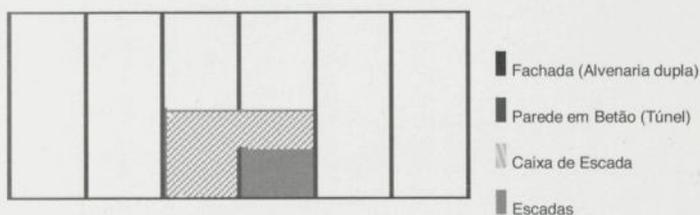


Figura 2: Esquema Estrutural dos Edifícios Tipo “Corrente”

Estes edifícios apresentam geralmente um esquema idêntico com 4 garagens, 2 de cada lado da entrada, obrigando à existência de alguns degraus para acesso ao patamar da caixa de elevadores e o mesmo número de degraus para acesso ao nível dos arrumos (o mesmo nível das garagens).



Figura 3: fotografias de edifícios de tipologia corrente

b) Ângulo (Figura 4 e 5)

Edifício em que o ângulo das fachadas se resolve na caixa de escadas. Relativamente ao edifício corrente apresenta mais um módulo do “Túnel” de cada lado da caixa de escadas.

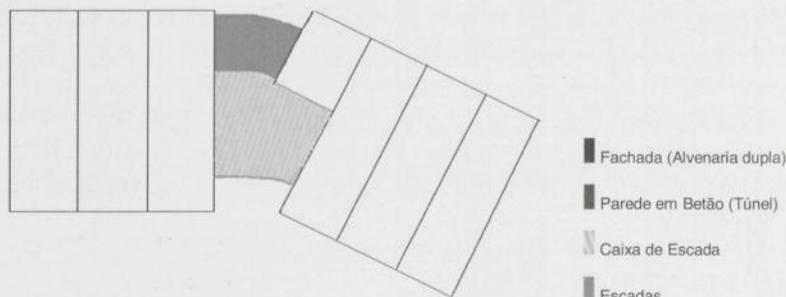


Figura 4: Esquema Estrutural dos Edifícios Tipo “Ângulo”

A resolução da mudança de alinhamento das fachadas através da caixa de escadas revela-se uma tarefa de alguma dificuldade. Em 1º lugar pelo sistema adoptado para a caixa de escada. Tratam-se de elementos pré-fabricados que apoiam nas paredes laterais (Túnel) através de cantoneiras metálicas. Ora a configuração da caixa de escada obrigou a que o patamar intermédio tenha um vão muito maior (quase duplo) e apoios não paralelos. A este condicionamento juntaram-se os seguintes:

- Aproveitamento da mudança de direcção da fachada para resolver a mudança da cota.
- Localização das juntas de dilatação em vários edificios nas situações anteriores.

Estas situações, originaram anomalias significativas na caixa de escada.



Figura 5: Fotografias de edificios de tipologia de ângulo

c) Topo (Figura 6 e 7)

- Edifício em que o topo do conjunto de edificios é resolvido por rotação do “Túnel”, mantendo-se o lado direito do Edifício, relativamente à caixa de escada semelhante ao edifício “Corrente”.

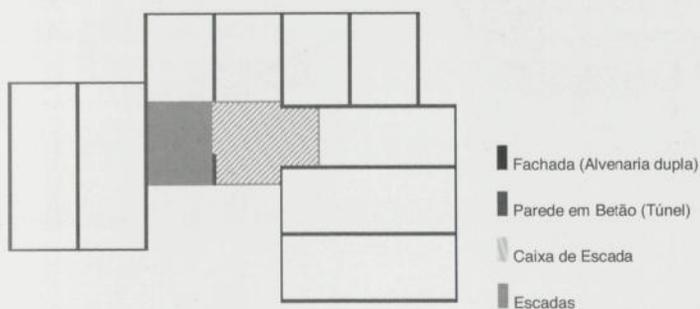


Figura 6: Esquema Estrutural dos Edifícios Tipo "Topo"



Figura 7: Fotografias de Edifícios de Tipologia de Topo

4 Caracterização das Anomalias

4.1 Inquéritos

Através da Associação dos Proprietários da Urbanização de Vila de Este, foi lançado um Inquérito relativo as anomalias, em particular as humidades e as fissuras.

Relativamente aos inquéritos recebidos e analisados apresenta-se nos gráficos 1. e 2. a distribuição das anomalias, quer por elementos de construção, quer por áreas de habitação.

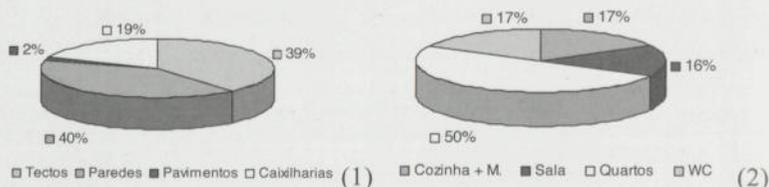


Gráfico 1: Humidade por Elementos de Construção (1) e por Áreas de Habitação (2)

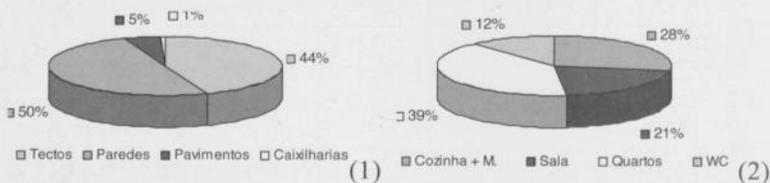


Gráfico 2: Fissuras por Elementos de Construção (1) e por Áreas de Habitação (2)

Da leitura dos gráficos podem-se tirar as seguintes conclusões:

- Humidades dominantes em paredes/caixilharias;
- Humidades dominantes em quartos (maiores áreas de paredes/caixilharia exterior);
- As fissuras repartem-se entre paredes e tectos.

4.2 Lista das anomalias observadas

As principais anomalias observadas são apresentadas na Tabela 1., com uma descrição sucinta.

Tabela 1: Principais Anomalias Observadas

Localização da Anomalia	Descrição da Anomalia
Cobertura inclinada - revestimento	Deterioração do fibrocimento
Cobertura inclinada - caleiras	Insuficiência das caleiras
Terraços - impermeabilizações	Deficiências das impermeabilizações
Platibandas	Ausência de rufos
Tubos de queda de águas pluviais	Deficiências das ligações
Paredes exteriores - revestimentos	Degradação do revestimento e pintura

Tabela 1: Principais Anomalias Observadas (Cont.)

Paredes - revestimentos	Fissuração do reboco
Paredes - forras exteriores	Degradação das forras exteriores
Janelas - padieiras	Deterioração das padieiras
Janelas - peitoris	Deterioração dos peitoris
Caixa de escadas - juntas de dilatação	Deterioração da junta de dilatação
Tectos / paredes	Infiltrações e condensações
Instalações sanitárias	Roturas das canalizações
Paredes - azulejos	Descolamentos
Pavimentos - mosaicos	Descolamentos
Caves - arrumos	Deficiências de Ventilação
Redes inferiores de esgotos	Deficiência de estanquidade
Incêndio	Inexistência de Coluna Seca

5 Propostas de Reabilitação

A reabilitação das anomalias descritas apresenta algumas situações genéricas e que se consideram prioritárias:

- 1) Revisão das coberturas
- 2) Reabilitação das paredes
- 3) Requalificação das zonas de entradas e caixas de escadas
- 4) Demolição das forras
- 5) Substituição das caixilharias (janelas e portas)
- 6) Instalações de águas, esgotos e incêndio
- 7) Requalificação de zonas anexas com carácter provisório existentes nas coberturas
- 8) Requalificação das áreas de arrumos
- 9) Outras intervenções

6 Requalificação das Entradas, Caixas de Escadas e Fachadas

A zona de entrada dos edifícios é, sem dúvida uma das mais degradantes, sob o ponto de vista arquitectónico dos edifícios. Considera-se necessário dar outra dignidade a esse elemento.

A sua requalificação passa pela construção de um volume (caixa de vidro) saliente ao edifício, que dessa maneira faz a marcação das entradas, introdu-

zindo uma “dupla escala” nos edifícios.

Esses novos volumes integram as novas caixas de correio, que deixam assim de estar centralizadas e longe das diferentes entradas. Igualmente, resolvem (dentro das possibilidades) questões relacionadas com a acessibilidade.

Fazem ainda parte das principais ideias de requalificação das fachadas:

1) construção de um embasamento em azulejo, ao longo de todos o edifícios, pela altura das padieiras das garagens.

2) colocação de uma forra de chapa ondulada translúcida nas caixas de escadas, que desse modo fragmentam os enormes blocos de habitação.

3) construção de varandas que se “adoçam” aos vãos verticais, que introduzem uma “textura” inexistente na monotonia geral das fachadas dos edifícios.

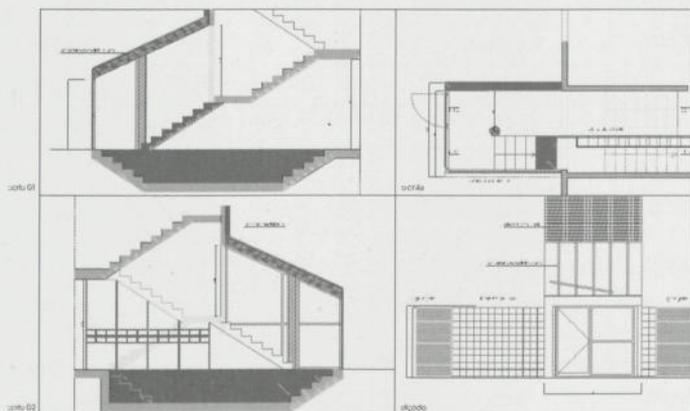


Figura 8: Projecto de requalificação duma entrada - cortes, plantas e alçado (demolição e proposta).

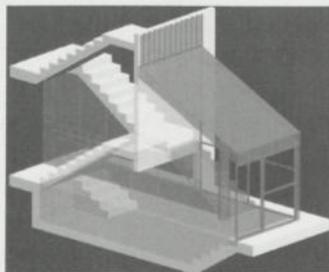


Figura 9: Projecto de requalificação duma entrada. Imagem tridimensional (demolição e proposta).

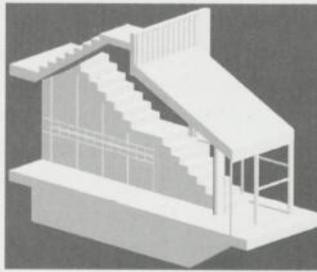


Figura 10: Projecto de requalificação duma entrada. Imagem tridimensional (proposta).



Figura 11: Projecto de requalificação das fachadas. Fotomontagem.



Figura 12: Projecto de requalificação das fachadas. Pormenor duma entrada. Fotomontagem.

7 Conclusões

A reabilitação de edifícios que, sob o ponto de vista arquitectónico, não são classificados, nem se encontram referenciados, deve ser considerada uma oportunidade a não desperdiçar para introduzir a sua requalificação arquitectónica. Esta operação executada sempre com recursos limitados, deve assim não só resolver as anomalias existentes, como adequar o edifício aos novos requisitos - térmicos, acústicos, segurança contra incêndios, acessibilidades e introduzir uma factor de melhoria de qualidade arquitectónica que se reflecta no espaço público e contribua para uma maior auto-estima da sua população.

8 Bibliografia

- [1] Bastardo, J. M. L. *A Reabilitação como Estratégia de Renovação do Parque Habitacional do Porto*, Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 1997.
- [2] Abrantes, V., Freitas, V. & Sousa, M. *Reabilitação de Edifícios*, Lisboa, Igaphe, 1999.
- [3] Appleton, J. *Estudos de Diagnóstico em Edifícios. Da Experiência à Prática*, Porto, Seminário - A intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação, FEUP/DGEMN, 2002.

REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO DA PORTA DA BARBACÃ (ARCO DE ALMEDINA), EM COIMBRA.

Aplicação de Soluções Não Convencionais para a Drenagem Predial

Armando Silva-Afonso*

Correio electrónico: silva.afonso@civil.ua.pt

Resumo

O povoado romano de *Aeminium* constitui a referência original da história de Coimbra. Como muitos dos povoados lusitanos, Coimbra foi sujeita a invasões germânicas e, muçulmanas, tendo o seu perímetro sido definido por muralhas na Idade Média. Após a reconquista de 1064, foram rasgadas nessas muralhas três portas, uma das quais conhecida por Arco de Almedina. No século XV (ou XVI), antecedendo o Arco de Almedina, foi construída uma outra porta, a Porta da Barbacã.

No séc. XVI, com a localização definitiva dos Estudos Gerais, a população de Coimbra duplicou rapidamente. Este aumento populacional conduziu a um surto de novas construções no casco urbano, muitas delas destruindo ou adulterando irremediavelmente o património construído.

Esta Coimbra quinhentista manteve-se, sem grandes alterações, até finais do séc. XIX ou mesmo até aos nossos dias. Nos casos da Porta da Barbacã e da Porta de Almedina, ficaram parcialmente integradas ou confinadas por construções então realizadas no casco urbano. Um desses edifícios, que actualmente serve de sede a uma livraria histórica da cidade, está a ser objecto de uma intervenção, visando a sua reabilitação. Contudo, o património arqueológico encontrado nas demolições efectuadas, cobrindo um largo espectro de civilizações, criou significativas condicionantes à solução arquitectónica.

No caso particular das redes de águas residuais, a aplicação do Regulamento Geral português e das soluções de drenagem tradicionais revelou-se também de difícil implementação neste contexto, tendo-se optado por soluções não convencionais, descritas na presente comunicação, quer ao nível da concepção e dimensionamento da rede quer ao nível dos materiais e acessórios utilizados.

Palavras-chave: Reabilitação, Tecnologias de Reabilitação, Drenagem Predial.

* Professor Catedrático de Hidráulica, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

1 Introdução

Na falta de vestígios pré-históricos legítimos, o povoado romano de *Aeminium* constitui a referência original da história de Coimbra. O seu nome actual foi usurpado da cidade vizinha e rival, Conímbriga, cujo prestígio apagou ao tornar-se capital regional e sede do Bispado no período de ocupação visigótica.

Como muitos dos povoados lusitanos, Coimbra foi sujeita, no séc. VI, a invasões bárbaras (Alanos, suevos e visigodos) e, posteriormente (711), muçulmanas, tendo sido reconquistada pelos cristãos em 878. Contudo, voltou a ser duramente penalizada pelo chefe mouro Almançor, que, em 987, arrasou Coimbra na sua investida até á Galiza.

Por razões defensivas, o seu perímetro foi definido na Idade Média por fortes muralhas. Após a reconquista cristã definitiva, que teve lugar em 1064, no governo de D. Sesnando, foram rasgadas nessas muralhas três portas, uma das quais, conhecida por Arco de Almedina (Figura 1), estabelecia uma ligação entre a Alta e a grande via norte-sul de época (actualmente rua Ferreira Borges). Este Arco teve um acrescento superior, em 1541, para servir de Casa da Câmara. Até 1836 manteve umas fortíssimas portas medievais, chapeadas e cravadas de ferro [1].



Figura 1: Arco de Almedina. Pormenor.

Nos séculos XV/XVI, antecedendo o Arco de Almedina, foi construída uma outra porta, a Porta da Barbacã (Figuras 2 e 3), com traça renascentista, onde se destaca a imagem da Virgem com o Menino, do escultor João de Ruão [1].



Figura 2: Ligação da Alta à rua Ferreira Borges (Baixa). À esquerda o Arco de Almedina e, à direita, a Porta da Barbacã.



Figura 3: Porta da Barbacã. Vista da rua Ferreira Borges. À direita o edifício da Coimbra Editora.

No séc. XVI, com a localização definitiva dos Estudos Gerais, a população de Coimbra duplicou rapidamente, passando de 5200 habitantes em 1527 para mais de 10000 em 1570 [1]. Este aumento populacional conduziu a um surto de novas construções no casco urbano, muitas delas destruindo ou adulterando irremediavelmente o património construído por civilizações anteriores.

Esta Coimbra quinhentista manteve-se, sem grandes alterações, até finais do séc. XIX ou mesmo até aos nossos dias. Nos casos da Porta da Barbacã e da Porta de Almedina, ficaram parcialmente integradas ou confinadas por construções então realizadas no casco urbano. Um desses edifícios antigos, onde está instalada a sede de uma livraria histórica da cidade - a Coimbra Editora - aparentava recentemente um elevado estado de degradação, estando actualmente a ser objecto de uma intervenção, visando a sua reabilitação.

Contudo, o património arqueológico encontrado nas demolições efectuadas - pequenos silos, partes da antiga muralha, valas defensivas, esqueletos, etc. (Figuras 4 e 5) -, cobrindo um largo espectro de civilizações, criou significativas condicionantes à solução arquitectónica.

No caso particular das redes de águas residuais, a aplicação do Regulamento Geral português e das soluções de drenagem correntes revelou-se também de difícil implementação neste contexto, face aos condicionalismos de espaço e de traçados, tendo-se optado por soluções não convencionais, descritas na presente comunicação, quer ao nível da concepção e dimensionamento da rede quer ao nível dos materiais e acessórios utilizados.



Figura 4: Trecho da antiga muralha à vista na nova cave do edifício.

Antes da reabilitação, o edifício possuía 5 pisos “habitáveis”, sendo os inferiores destinados à livraria e os superiores ocupados por serviços anexos de uma instituição bancária.

A reabilitação prevê o aproveitamento do sótão e da cave, passando o edifício a dispor de um total de 7 pisos, destinando-se os 3 pisos inferiores à livraria e a espaços de leitura e os 4 pisos superiores a escritórios, dois dos quais em “duplex”, com possibilidade de serem utilizados para sessões de apresentação de livros, etc. No conjunto, o edifício passará a dispor de um total de 4 instalações sanitárias e de uma copa (pré-instalação).



Figura 5: Vala defensiva na cave do edifício.

2 Soluções Não Convencionais na Concepção e Dimensionamento da Rede Predial de Águas Residuais

As condicionantes colocadas pelos vestígios arqueológicos encontrados e a manter, dificultaram a concepção e o dimensionamento de rede seguindo as soluções tradicionais preconizadas pelo Regulamento Geral português.

Neste âmbito, optou-se por aplicar a Norma Europeia EN 12056-2:2000, relativa à drenagem predial gravítica de águas residuais domésticas, que apresenta algumas diferenças significativas em relação ao Regulamento Geral português.

Na verdade, no que se refere à concepção dos sistemas, a EN 12056-2 admite quatro sistemas essenciais, podendo qualquer destes sistemas assumir diversas configurações no que se refere à ventilação dos tubos de queda e dos ramais. Combinando estes diferentes sistemas e configurações podem obter-se teoricamente 24 soluções básicas para as redes de drenagem predial (oito apenas com o Regulamento Geral português), o que permite dispor, na concepção do sistema, de um maior número de soluções alternativas[†].

Também em relação à ventilação do sistema, que se tornou particularmente exigente face às diversas translações que se tornou necessário introduzir nos tubos de queda, se optou por soluções pouco convencionais em Portugal, como, por exemplo, as circunventilações. Esta solução, que visa garantir o necessário equilíbrio de pressões na parte inferior do tubo de queda, permite dispensar a coluna de ventilação, reduzindo o espaço ocupado pelas tubagens.

Na Figura 6 apresenta-se uma circunventilação completa (instalada na torre hidráulica experimental da Universidade de Aveiro) e, na Figura 7, uma fotografia da sua realização em obra.

Também em relação à abertura dos tubos de queda na atmosfera se constatarem algumas condicionantes (proximidade de edifícios, solução arquitectónica adoptada para a cobertura, etc.) tendo-se optado pela colocação de algumas válvulas de admissão de ar. Estas válvulas permitem a admissão de ar necessária para evitar as depressões provocadas pelo escoamento nos tubos de queda, não possibilitando, contudo, a saída de odores para o exterior, pelo que podem ser instaladas no interior do edifício, no topo dos tubos de queda, dispensando assim o seu prolongamento até à cobertura. Na Figura 8 apresenta-se uma válvula do tipo utilizado, que se encontra instalada na torre hidráulica experimental da Universidade de Aveiro.

Do mesmo modo, o traçado de alguns ramais de aparelhos sanitários, que apresentava significativa complexidade por força das condicionantes existentes, exigia, de acordo com o Regulamento Geral português, a colocação de ramais (e colunas) de ventilação no sistema, situação que também foi ultrapassada com o recurso a sifões especiais (com válvula de admissão de ar incorporada) em alguns aparelhos sanitários,

[†] A Norma Europeia EN 12056:2000 é, na prática, ignorada ainda em Portugal, conhecendo-se poucas situações em que tenha sido aplicada. Contudo, sendo Portugal membro do *Comité Européen de Normalisation* (CEN), deveria ter adoptado formalmente esta Norma até Dezembro de 2000 e eventuais conflitos entre a Norma e o Regulamento Geral deveriam ter sido eliminados até Junho de 2001.

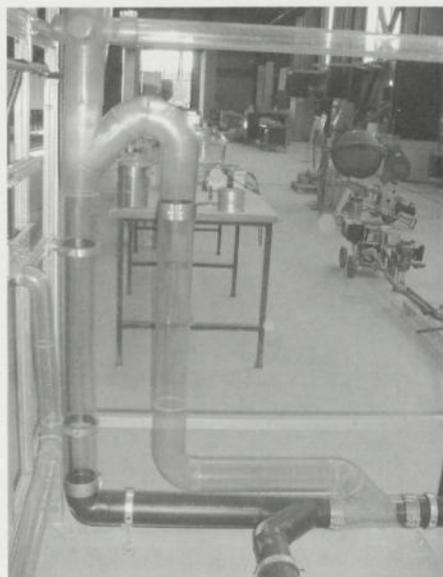


Figura 6: Circunvenção (torre hidráulica experimental da Universidade de Aveiro).



Figura 7: Circunvenção. Pormenor da execução em obra.



Figura 8: Válvula de admissão de ar (torre hidráulica experimental de Universidade de Aveiro).

3 Materiais Utilizados

Ao nível dos materiais utilizados, teve-se em atenção o facto de a nova livraria prever espaços para leitura nos pisos inferiores, tendo-se prestado particulares cuidados ao nível do isolamento acústico da rede predial, cujos níveis de ruído podem ser potencialmente agravados pelas diversas translações impostas ao traçado.

Por razões económicas, optou-se por uma solução mista de ferro fundido (*Métallit*) e polipropileno isolado acusticamente (*Silere*), salientando-se que se tratou da primeira aplicação deste material em Portugal.

O polipropileno isolado acusticamente foi utilizado em ramais de descarga e em tubos de queda embutidos, enquanto que o ferro fundido foi utilizado para tubos de queda “à vista” e colectores prediais. Deve notar-se que, em termos de isolamento acústico, a diferença entre o *Silere* e o *Métallit* não é muito significativa, apresentando, qualquer dos dois materiais, um bom comportamento neste domínio.

Nas Figuras 9 e 10 apresentam-se pormenores da execução da rede, podendo-se observar a aplicação dos dois materiais.

Face às características deste polipropileno e à finalidade do edifício, foram previstas, nas passagens entre os diversos pisos dos tubos de queda, juntas especiais corta-fogo.



Figura 9: Pormenor da execução da rede de drenagem com recurso a polipropileno isolado acusticamente (*Silere*) e a ferro fundido (*Métallit*)



Figura 10: Pormenor das ligações entre o polipropileno isolado acusticamente (*Silere*) e o ferro fundido (*Métallit*) com colares de aço inox.

4 Conclusões

A reabilitação de edifícios antigos, com valor patrimonial ou incorporando vestígios arqueológicos relevantes, pode criar condicionalismos significativos à realização das redes prediais [2], em particular no que se refere às redes de drenagem de águas residuais.

Contudo, a utilização de soluções não convencionais, ao nível da concepção do sistema, do seu dimensionamento ou dos materiais e acessórios utilizados, pode contribuir para superar, com facilidade, as limitações colocadas por esses condicionalismos.

Mas deve notar-se que essas soluções não são, muitas vezes, do conhecimento de projectistas e/ou instaladores, sendo importante, por isso, a sua divulgação e exigência de um adequado conhecimento, por parte dos técnicos intervenientes neste tipo de intervenções, da sua disponibilidade, potencialidades, condições de aplicação e métodos de dimensionamento [3].

5 Bibliografia

- [1] Correia, N. *Coimbra e Região*. Lisboa: Editorial Presença, 1987.
- [2] Silva-Afonso, A. *Contributos para o Dimensionamento de Redes de Águas em Edifícios Especiais. Aplicação de Modelos Matemáticos*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2001.
- [3] Silva-Afonso, A. *Water Supply and Drainage Systems in Buildings. Recurrent Errors and Defects in Design and Construction*. 2.º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação dos Edifícios CIB/W068, Lisboa, Novembro 2003.

ESTUDO DE UM EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR COM ANOMALIAS NÃO ESTRUTURAIS

Daniel Silva Pinheiro*

Correio electrónico: dsp@civil.uminho.pt

Luís Bragança†

Correio electrónico: braganca@civil.uminho.pt

José L. Barroso Aguiar‡

Correio electrónico: aguiar@civil.uminho.pt

Resumo

Os erros de construção grosseiros, a reduzida qualidade de execução, o deficiente acompanhamento/fiscalização dos trabalhos em obra, o completo desrespeito da legislação em vigor desde a fase de projecto não são involuntários. Estas situações provocam elevados prejuízos materiais, reduzem a qualidade de vida das populações e chegam por vezes a constituir risco para a vida.

Nesta comunicação, apresenta-se um trabalho onde se procedeu ao levantamento das patologias de um edifício de habitação com alguns dos vícios anteriormente referidos. Realizaram-se várias visitas ao local, procedeu-se ao registo das anomalias, analisou-se o projecto de licenciamento e recolheu-se o testemunho de moradores. Fez-se uma análise das causas das patologias encontradas e propõem-se medidas correctivas.

Palavras-chave: Diagnóstico, Anomalias não estruturais, Humidade em edifícios.

1 Introdução

O edifício em estudo foi concluído em meados de 2001 sendo constituído por cave, rés de chão e dois andares. A realização deste trabalho apoiou-se nas várias visitas efectuadas ao edifício, na recolha dos testemunhos dos moradores e na consulta do processo de licenciamento composto pelos projectos de

* Técnico Superior, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

† Prof. Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

‡ Prof. Associado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

arquitectura, de estabilidade, de distribuição de água, de drenagem de águas residuais e de comportamento térmico.

Apresentam-se nesta comunicação as principais anomalias não estruturais detectadas, as suas causas e possíveis soluções de reparação.

2 Principais anomalias não estruturais observadas

2.1 Anomalias observadas no interior das fracções

As principais anomalias observadas no interior das fracções correspondem a infiltrações de água, maus cheiros provenientes da rede de esgotos, cheiro a gás e mau funcionamento de alguns esquentadores. Os moradores do último piso queixam-se da existência de cheiros provenientes das cozinhas de outras fracções.

Foram detectados vestígios de infiltrações de água em pavimentos, na parte superior e inferior das paredes e nos tectos em todas as fracções (figuras 1 a 3). Os danos provocados pelas infiltrações são mais graves nos andares superiores na proximidade das juntas de dilatação e nas fracções por baixo dos terraços. Detectaram-se ainda vestígios de humidade nas paredes adjacentes aos vãos envidraçados (figura 4).



Figura 1: Mancha de humidade em tecto.



Figura 2: Mancha de humidade na parte superior de parede.

Durante as visitas verificou-se que algumas fracções apresentavam cheiro a gás e que o traçado da conduta de exaustão dos gases de combustão do esquentador nem sempre respeitava as disposições da NP 1037-1 [1] (figura 5).

Verificou-se ainda que algumas tampas das caixas de reunião da rede de saneamento se encontram por baixo de mobiliário ou louças sanitárias dificultando assim eventuais operações de limpeza ou manutenção (figuras 6 e 7).



Figura 3: Mancha de humidade em pavimento.



Figura 4: Mancha de humidade em parede junto ao vão exterior.



Figura 5: Redução de diâmetro na conduta de exaustão do esquentador.



Figura 6: Caixa de reunião por baixo do murete da banheira.



Figura 7: Caixa de reunião por baixo de móvel.

2.2 Anomalias observadas no exterior das fracções

As anomalias observadas no exterior das fracções correspondem à deficiente execução das redes de drenagem de águas pluviais, dos terraços e à defi-

ciente execução de remates nas caixilharias. Os tubos de queda das redes de drenagem de águas pluviais descarregam nos terraços (figura 8) ou nos logradouros das fracções (figura 9) em vez de o fazerem no colectador predial ou valeta conforme disposto no regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais [2].



Figura 8: Tubo de queda com descarga em terraço.



Figura 9: Tubo de queda com descarga em logradouro.

Verificou-se a acumulação de água nos terraços (figura 10) e que as juntas entre o pavimento e os muretes estavam abertas. Algumas varandas não dispõem de um sistema de evacuação de águas pluviais e de lavagem de pavimentos (figura 11).



Figura 10: Acumulação de água em terraço



Figura 11: Varanda sem dispositivos de evacuação de água.

2.3 Anomalias detectadas nas partes comuns

A pala exterior apresenta manchas de humidade, tinta a destacar-se e uma fissura longitudinal (figura 12). Os muros de caves não foram impermeabilizados ou a impermeabilização foi executada deficientemente (figura 13).

O material de preenchimento das juntas de dilatação está a destacar-se em alguns locais (figura 14). As escadas não dão acesso directo à cobertura do edifício, não têm ventilação no topo superior (figura 15) e não possuem aberturas para entrada de ar conforme disposto na legislação de segurança contra incêndios. O projecto de licenciamento apenas prevê entradas de ar e ventilação superior das caixas de escadas.

Os tubos de queda da rede de drenagem de águas residuais não são ligados aos colectores prediais por caixas de visita (figura 16) e não são prolongados até à atmosfera conforme disposto em [2]. As caixas de visita apresentam-se parcialmente cheias de efluente (figura 17) indiciando mau funcionamento da rede de esgotos. A fossa séptica encontrava-se a transbordar indiciando o seu mau funcionamento ou o dos órgãos de tratamento.

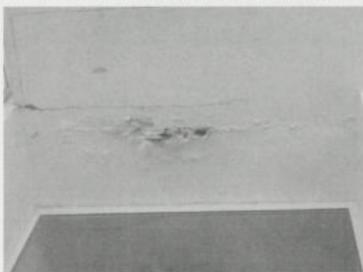


Figura 12: Anomalias na pala exterior.



Figura 13: Deficiente impermeabilização de muro de cave.



Figura 14: Destaque de material de uma junta de dilatação.

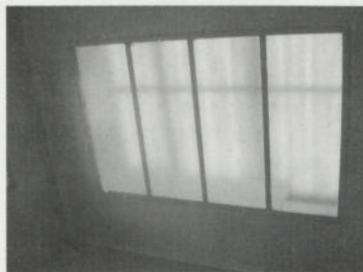


Figura 15: Topo superior da caixa de escadas.

O depósito e a casa das máquinas da rede de abastecimento não estão a ser utilizados dado permitirem a entrada de água do nível freático (figura 18).

As suas tampas não são estanques e seladas conforme seria desejável e conforme o previsto no projecto.

Dada a inexistência de rede pública de distribuição de água os moradores instalaram um depósito, um grupo electrobomba e um sistema de pressurização (figura 19). Esse sistema funciona com deficiências atendendo ao reduzido volume do depósito de pressurização.

As fachadas apresentam mau aspecto exterior devido à inexistência de pingadeiras nos peitoris, nas pedras que reveste o bordo das varandas e nos muretes da cobertura (figuras 20 e 21).



Figura 16: Inexistência de caixa de visita na inserção com o colectador predial.

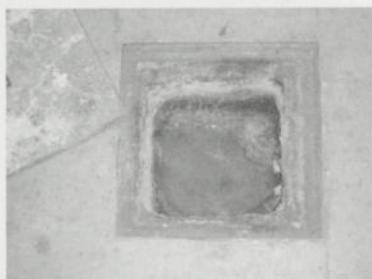


Figura 17: Caixas de visita parcialmente cheias.



Figura 18: Depósito com águas freáticas

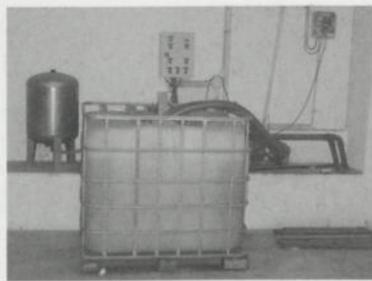


Figura 19: Sistema provisório de abastecimento.

3 Causas das anomalias e propostas de reabilitação

O edifício apresenta problemas de infiltração devido à deficiente impermeabilização das juntas de dilatação, à deficiente execução dos terraços e dos

remates da cumeeira, dos rufos e das caleiras. Algumas juntas de dilatação não possuem rufos (figura 22) e outras possuem rufos colocados topo a topo com juntas preenchidas com silicone ou material betuminoso (figura 23).

Os remates da cumeeira (figuras 24 e 25) e as caleiras foram instaladas topo a topo com juntas preenchidas com silicone. As caleiras têm inclinações reduzidas ou mesmo nulas e não existe um dispositivo de descarga do tipo “trop plein”.

As infiltrações de água pelas caixilharias devem-se a deficiente execução das suas ligações com as fachadas.



Figura 20: Mau aspecto de fachada.



Figura 21: Inexistência de pingadeira em bordo de varanda.

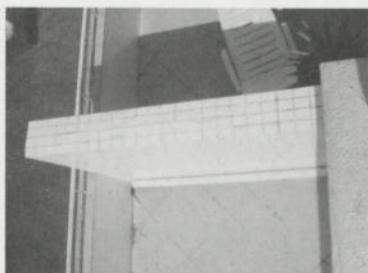


Figura 22: Junta de dilatação sem rufo.

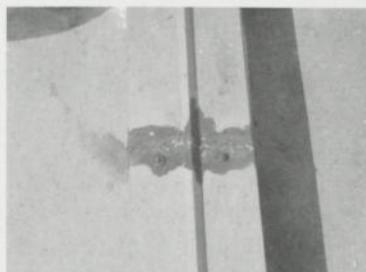


Figura 23: Ligação topo a topo de rufo em junta de dilatação.

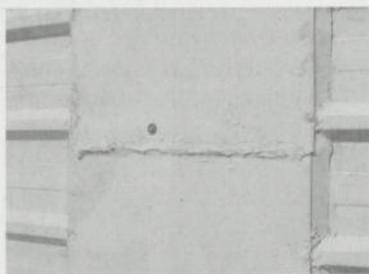


Figura 24: Remate da cumeeira com ligação topo a topo e silicone na junta.

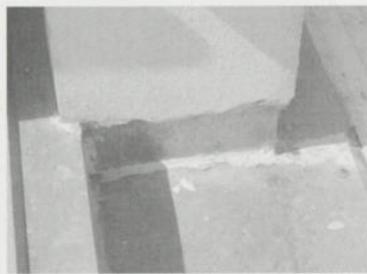


Figura 25: Rufo da chaminé com ligação topo a topo e silicone nas juntas.

A intervenção proposta para a resolução dos problemas de infiltração consiste:

- No levantamento dos remates da cumeeira, impermeabilização com uma tela e recolocação dos remates com sobreposição de pelo menos 10 cm na zona das juntas;
- No refechamento e impermeabilização das juntas de dilatação das fachadas com mastique de poliuretano ou juntas de fole metálicos;
- Na reconstrução dos pavimentos dos terraços de forma a dotá-los de inclinações adequadas e verificar a correcta aplicação das impermeabilizações;
- Na impermeabilização do muros de cave;
- Na colocação de um fecho hídrico contínuo na ligação das caixilharias à fachada.

O mau funcionamento dos esquentadores deve-se a deficiente evacuação dos produtos de combustão. As ligações dos esquentadores deverão ser revistas e efectuadas segundo as disposições da NP 1037 [1]. As porções da rede de gás com fugas deverão ser imediatamente postas fora de serviço. A rede de gás deverá ser inspeccionada por uma entidade acreditada.

Os maus cheiros provenientes da rede de esgotos devem-se à inexistência de sifões contrariando dessa forma o disposto em [2] (figuras 26 e 27).

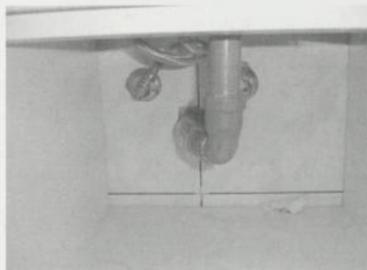


Figura 26: Inexistência de sifão em ramal de descarga de lavatório.



Figura 27: Caixa de reunião não sifonada.

Para eliminação dessas anomalias dever-se-á proceder a sifonagem de todos os aparelhos das instalações sanitárias e das cozinhas. Os tubos de queda deverão ser prolongados até à cobertura de acordo com [2] e a sua inserção nos colectores prediais deverá ser efectuada por meio de caixas de visita. Os pressupostos de cálculo dos colectores prediais, da fossa séptica e dos poços sumidouros deverão ser revistos e verificados “in situ”. A execução dos órgãos de tratamento deverá ser confirmada e eventualmente corrigida.

Os cheiros provenientes de outras fracções nos apartamentos do último andar devem-se à pouca altura das chaminés (figuras 28 e 29). O projecto de arquitectura não as prevê e a sua execução não está de acordo com o disposto no artigo 113 do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) [3] que estabelece que “... as condutas de fumo elevar-se-ão, em regra, pelos menos, 0.50 m acima da parte mais elevada das coberturas do prédio...”. A resolução desta anomalia passa pela demolição das chaminés e a sua reconstrução de acordo com o requisito legal.



Figura 28: Prolongamento de conduta de fumos até a cobertura.



Figura 29: Altura não regulamentar das chaminés

O depósito da rede de abastecimento não está de acordo com o projecto aprovado e as disposições do RGEU [3] dado não dispor de “...disposições

que facilitem o seu esvaziamento total e limpeza frequentes...” e não “... ficar afastados de origens de possíveis conspurações da água. Tomar-se-ão, além disso, as precauções necessárias para impedir a infiltração de águas superficiais, assegurar conveniente ventilação e opor-se à entrada de mosquitos, poeiras ou de quaisquer outras matérias nocivas....”. O depósito deverá ser reconstruído e a casa das máquinas deverá ser estanque.

As varandas deverão permitir a evacuação das águas pluviais e das águas de lavagem. Os tubos de queda das redes de águas pluviais deverão descarregar nos colectores prediais ou nas valetas do arruamento conforme disposto em [2].

As caixas de escadas deverão ser ventiladas conforme previsto no projecto e a legislação de segurança contra incêndio em vigor. As caixas de escada deverão dar acesso directo à cobertura, quer pelo seu prolongamento até esse nível, quer por meio de escada auxiliar conforme disposto no artigo 32º do Decreto-Lei 64/90. O projecto não cumpre essa disposição regulamentar.

Os peitoris, as pedras que revestem os muretes dos terraços e o bordo das varandas deverão possuir pingadeiras. Estas alterações vão permitir manter o bom aspecto da edificação ao longo do tempo conforme preconizado pelo artigo 30º do RGEU [3].

4 Conclusões

O edifício apresenta problemas de infiltração de água e deficiências no funcionamento das redes de distribuição de água, de drenagem de águas residuais e pluviais devido a erros grosseiros e ao incumprimento das disposições do projecto por parte da entidade executante.

A rede de gás não foi projectada nem tal foi exigido no licenciamento. Este procedimento era comum nos locais onde não se previa a existência de rede de gás natural. Para além do exposto não se conhece muitas vezes a entidade executante nem se estava devidamente habilitada para o fazer. Estes procedimentos resultaram certamente na inadequada execução de um número elevado de instalações de gás ainda em funcionamento potencialmente perigosas.

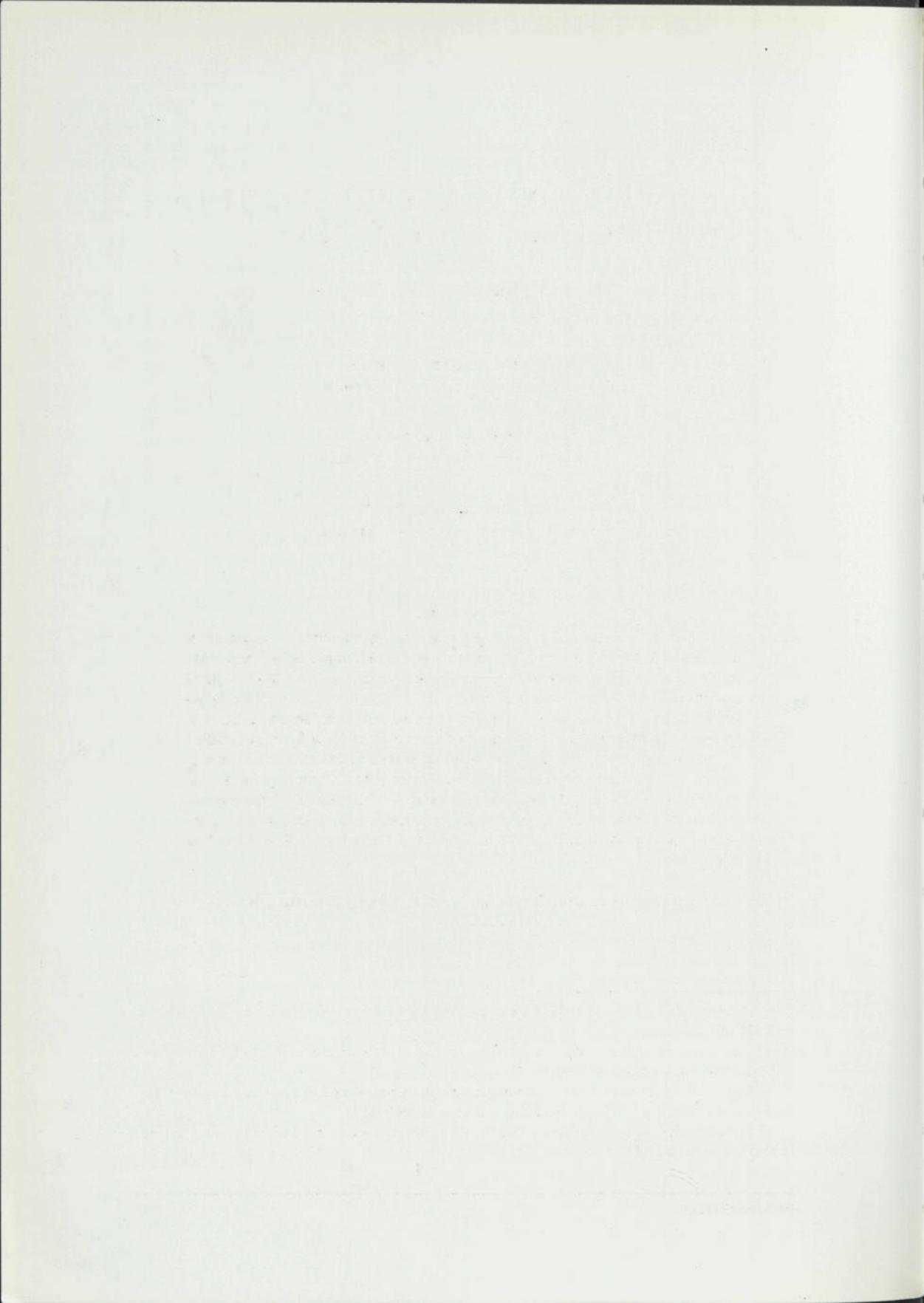
O projecto licenciado não cumpre parte da legislação de segurança contra incêndios em edifícios de habitação. O edifício apresenta ainda deficiências no comportamento térmico e no isolamento a sons aéreos e de percussão que serão objecto de avaliações.

Apesar deste flagrante incumprimento das disposições regulamentares todas as fracções possuem licenças de habitabilidade, o que levanta algumas questões relativamente ao processo de licenciamento. As entidades reguladoras do sector da construção civil e as ordens profissionais devem prosseguir os seus esforços de qualificação e de responsabilização dos intervenientes no sec-

tor. A forma de atribuição das licenças de habitabilidade deve ser revista devendo as câmaras municipais proceder a vistorias sistemáticas do edificado.

5 Bibliografia

- [1] NP 1037-1: *Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Edifícios de habitação. Ventilação natural.*
- [2] Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, rectificado pela Declaração n.º 153/95, de 30 de Novembro. *Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais.*
- [3] Decreto-Lei n.º 38382 de 07-08-1951. *Regulamento Geral das Edificações Urbanas.*



HUNDIMIENTO DE UNA NAVE DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

D. Justo Díaz Lozano*

Correo electrónico: jdiaz@intemac.es

D. Raúl Rodríguez Escribano†

Correo electrónico: rrodriguez@intemac.es

D. Ismael Carpintero García‡

Correo electrónico: icarpintero@intemac.es

D. Enrique Calderón Bello§

Correo electrónico: ecalderon@intemac.es

Resumen

El diseño de la estructura debe garantizar las condiciones de seguridad y funcionalidad tanto con el edificio terminado, como durante las diferentes fases de ejecución. Durante la construcción debe garantizarse no sólo la seguridad de cada una de las piezas que componen la estructura, sino también la estabilidad del conjunto. En este trabajo se expone un caso de una estructura prefabricada en la que las condiciones de seguridad de los diferentes elementos que la componen eran correctas tanto en la fase de proyecto como con el edificio ya terminado, pero en la que en algunas fases del montaje no se garantizaba la estabilidad de conjunto. En estas condiciones, un defecto constructivo menor en un tipo de piezas, que en otras circunstancias no habría tenido trascendencia significativa, desencadenó el hundimiento de la estructura de cubierta.

Palabras clave: Prefabricación, inestabilidad y arriostamiento.

* Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, Director de la División de Control de Proyectos de INTEMAC.

† Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, Jefe del Departamento de Rehabilitación y Patología de la Construcción de INTEMAC.

‡ Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, Jefe de la Sección de Estudios del Departamento de Rehabilitación y Patología de la Construcción de INTEMAC.

§ Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, Departamento de Rehabilitación y Patología de la Construcción de INTEMAC.

1 Introducción

En el presente documento exponemos el caso de una estructura prefabricada correctamente dimensionada en su situación final pero en la que, durante el montaje, no se tuvieron en cuenta las necesarias medidas de arriostramiento provisionales.

Como se apuntará en el apartado de conclusiones, esta situación es frecuente si no existe una completa coordinación entre el equipo redactor del Proyecto, la fabricación y los equipos de puesta en obra.

Por último, se ha elegido este caso entre otros muchos análogos para destacar la extrema gravedad de los fallos que pueden ocurrir en estas situaciones, como puede observarse en las figuras n^{os} 1 y 2.



Figura 1: Vista del estado de la estructura tras el hundimiento de la cubierta.



Figura 2: Vista del estado de la estructura tras el hundimiento de la cubierta.

2 Descripción general de la estructura

La estructura de las naves está formada por pórticos de una luz superior a 25 m, compuestos por piezas prefabricadas (vigas *delta* pretensadas y pilares de hormigón armado), sobre los que apoyan correas pretensadas de entre 10 y 12 m de luz.

En la figura 3 mostramos una vista de las naves.



Figura 3: Vista de la estructura de cubierta de las naves.

3 Análisis de la situación de estabilidad del conjunto

Según se dedujo del análisis de la configuración de la estructura de cubierta de las naves, no existía recurso eficaz alguno para garantizar la estabilidad de la misma con el proceso de montaje realizado. A continuación exponemos los aspectos que comprometían la estabilidad global de la estructura:

- En primer lugar debemos señalar que la viga tiene una relación ancho/luz que rebasa ligeramente las relaciones habitualmente empleadas para vigas de este tipo.
- El sistema de apoyo existente en las vigas en cabeza de los pilares no impide el vuelco de las mismas. Los extremos de las vigas son colocados entre las orejetas de los pilares, si bien la holgura entre la viga y las orejetas hace que éstas resulten ineficaces a tal efecto.

El apoyo se materializa sobre una plancha de neopreno de 200 x 200 mm, sin conexión alguna de la viga al soporte.

- El tipo de unión existente en el apoyo de las correas sobre las vigas (apoyo simple sobre la viga, con unas fijaciones laterales, como se

muestra en la figura nº 4) no es capaz de transmitir momentos estabilizadores eficaces en cabeza de las vigas que se opongan al vuelco de éstas. Sin embargo, esta unión sí es capaz de, ante el giro de una viga, transmitir a través de las propias correas los desplazamientos en cabeza de la pieza al resto de vigas de la nave, lo que justificaría el hecho de que en cada nave el hundimiento se haya producido de manera progresiva.



Figura 4: Vista de la unión correa-viga.

- De acuerdo con la información facilitada y los resultados de los trabajos de inspección en obra, la estructura de cubierta carecía de elementos de arriostamiento provisionales en el momento del hundimiento, ni estaban previstos en su situación final.

4 Defectos constructivos desencadenantes de la inestabilidad

Por los motivos expuestos en el apartado anterior, el diseño de la estructura de cubierta era tal que las condiciones de equilibrio de sus elementos resulta-

ban inestables, lo que justificaría que ante cualquier acción o situación perturbadora del equilibrio de alguna o algunas vigas se produjese el hundimiento del conjunto de la cubierta de la nave como ocurrió en este caso. Además, el diseño de las *vigas delta* que conformaban la cubierta y sus vinculaciones en apoyos hacía que éstas resultasen muy sensibles a que pequeñas desviaciones de ejecución o montaje produjesen su desequilibrio. Estas desviaciones vinieron motivadas por alguno de los siguientes aspectos o su combinación:

- La excentricidad en la posición de los tendones de pretensado, según se detectó en las inspecciones realizadas durante las tareas de desescombro. En efecto, de acuerdo con las comprobaciones realizadas, pequeñas excentricidades de la resultante del pretensado en la sección transversal de la pieza provocaron flechas laterales apreciables en las vigas, desplazando la posición en planta de su centro de gravedad. El desplazamiento que por esta causa experimentó el centro de gravedad de la pieza hizo que quedase fuera de la franja situada entre los neoprenos de apoyo, la pieza por sí sola resulta estáticamente inestable y tiende a volcar (véase la figura 5).

Cabe señalar que esta flecha se verá incrementada por el efecto de la inestabilidad lateral de la viga, puesto que por efecto de la curvatura de la viga en planta, aparecen esfuerzos torsores que provocan el giro de las secciones, y a su vez éstos provocan la proyección de los momentos flectores debidos a las cargas actuantes sobre el eje débil de la pieza (véase la figura nº 6). Este fenómeno se produce de manera iterativa hasta encontrar el equilibrio de la pieza o hasta provocar el fallo de la misma, bien por acabar en una situación inestable, bien porque la capacidad de la viga sea insuficiente para soportar los esfuerzos que se originan.

En nuestro caso la situación fue de intentar volcar, arrastrando al vuelco, a través de las correas, al resto de las vigas.

- Hacemos notar que en estos casos de inestabilidad potencial tan acusados las desviaciones necesarias para que las condiciones de equilibrio de las vigas se vean comprometidas son en muchos casos del orden de magnitud de las tolerancias admisibles para este tipo de elementos.

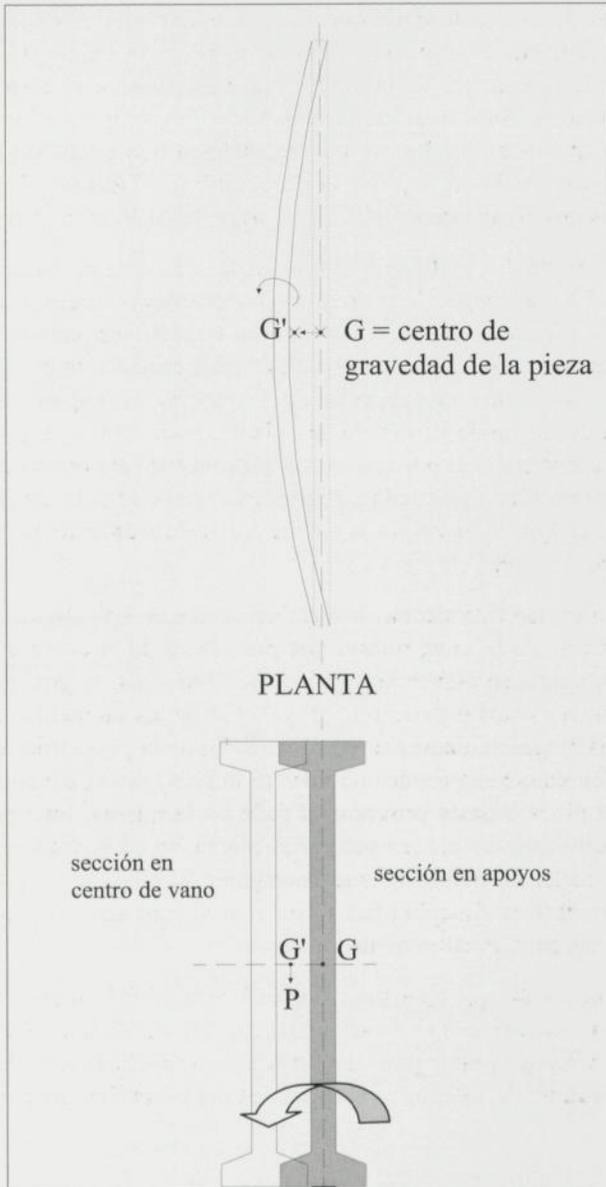


Figura 5: Esquema flecha lateral viga

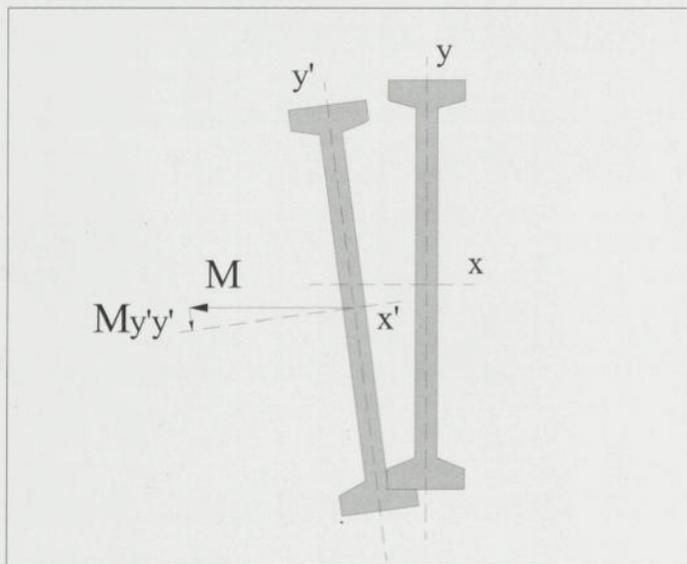


Figura 6: Esquema inestabilidad lateral de la viga

5 Conclusiones

A modo de resumen, podemos concluir con que en las estructuras prefabricadas el diseño debe tener en cuenta no sólo la situación final de la estructura, sino las diferentes fases por las que ésta pasa durante el montaje. Debe tenerse en cuenta que se trata de piezas que pertenecen a un conjunto cuyo comportamiento global debe ser analizado, no bastando a tal efecto el análisis del comportamiento individual de cada pieza.

Los aspectos expuestos ponen de manifiesto que resulta indispensable una adecuada coordinación entre el equipo redactor del proyecto, la planta de fabricación y los equipos de puesta en obra.

6 Bibliografía

- [1] CALAVERA, J. Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado. 2ª Edición. Madrid. Ed. INTEMAC, 2005.
- [2] CALAVERA, J. Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón. Madrid. Ed. INTEMAC, 1999.
- [3] EUROCÓDIGO EC-2 Proyecto de Estructuras de Hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.

PATROCÍNIOS:



APOIOS:



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000081811

PATORREB 2006

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Departamento de Engenharia Civil
Rua Dr. Roberto Frias - 4200-465 PORTO

Tel.: +351 225 081 478 Fax: +351 225 081 940 E-mail: patorreb2006@fe.up.pt