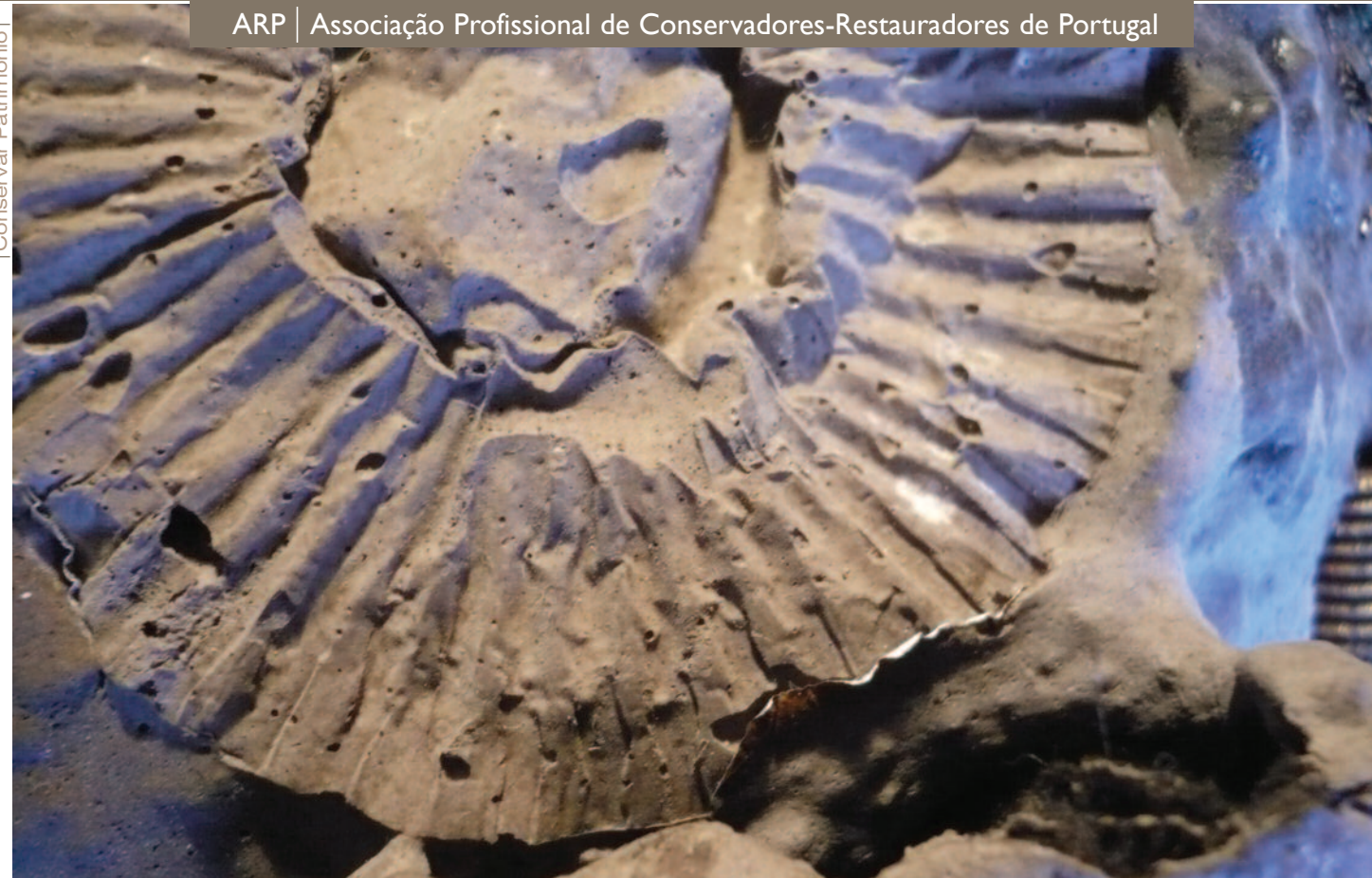


Semestral *Biannual* | 8€

Número *Issue* 10 | Dezembro *December* | 2009

# | Conservar Património |

ARP | Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal





## Ficha Técnica \_ Journal Information

Edição, propriedade e redacção / *Publisher and editorial office*  
Associação Profissional de Conservadores-  
-Restauradores de Portugal (ARP)  
Praça das Amoreiras, nº8, R/C, 1250-020 Lisboa

<http://revista.arp.org.pt>  
[mail@arp.org.pt](mailto:mail@arp.org.pt)

Periodicidade / *Published*  
Semestral\_Biannual

Contribuinte / *Tax identification number*  
503 602 981

Registo no ICS / *ICS register number*  
124638

Depósito Legal / *Legal deposit*  
219614/04

ISSN / *ISSN*  
1646-043X

Director / *Editor*  
António João Cruz

Sub-Directoras / *Associate Editors*  
Francisca Figueira  
Mária João Revez

Marketing e Circulação / *Marketing*  
Rita Horta e Costa, Andreia Ribeiro

Design Gráfico / *Graphic design*  
Mária da Graça Campelo

Impressão / *Print*  
ImpreJornal Sociedade de Impressão, S.A.  
EN115 ao km80, Quinta Velha, St. Antão do Tojal

Tiragem / *Circulation*  
500 exemplares

Preço geral / *Public* : 8 €  
Preço para instituições / *Institutional* : 40 €  
Preço para sócios da ARP / *Associate Members* : 5 €

As opiniões manifestadas na revista são da exclusiva  
responsabilidade dos seus autores e não traduzem necessariamente  
a opinião da ARP ou da Comissão Editorial.

*The opinions published in this journal are those of the authors  
alone and do not necessarily translate the views or opinions of ARP  
or of its Editorial Board.*

Contactos para o envio de colaborações  
*Addresses for sending collaborations*  
António João Cruz  
[ajcruz@ipt.pt](mailto:ajcruz@ipt.pt)

Francisca Figueira  
Instituto dos Museus e da Conservação  
Rua das Janelas Verdes, 37  
1249-018 Lisboa

Apoio / *Support*

**FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DO ENSINO SUPERIOR

3

Editorial

## Colour 2008, Bridging Science with Art

9

Chafarizes do Largo de São Mamede e de Alconchel,  
em Évora: anotações metodológicas à sua recuperação e  
a descoberta, conservação e restauro de pintura mural  
*"Largo de São Mamede" and "Rua de Alconchel"*  
*Fountains, in Évora: methodological notes on their  
recovery and the unveiling, conservation and restoration  
of mural painting*

Inês Cardoso, Eduardo Miranda, Milene Gil, Isabel  
Ribeiro, Nuno Proença

19

Caições a cores no Alentejo (parte 1): Identificação  
dos pigmentos e análise estratigráfica (em 2004-2006)  
*Colored limewash paintings in Alentejo (part 1):  
Pigments' identification and stratigraphic analysis  
(in 2004-2006)*

M. Gil, A. I. Seruya, J. Aguiar, A. Candeias,  
J. C. Frade, S. Valadas, P. Alves, I. Ribeiro

## Artigos e Intervenções I

*Articles and Interventions*

41

Interpreting chemistry and technology of lime binders  
and implementing it in the conservation field  
*Interpretação da química e da tecnologia de ligantes à base  
de cal e sua implementação no campo da conservação*

Georgia Zacharopoulou

55

Capas pictóricas en el arte contemporáneo:  
estabilización de una obra de chocolate y metal  
*Pictorial layers in contemporary art: stabilization of an  
artwork made of chocolate and metal*

Rosario Llamas, Ainara Zornoza, Carmen López

## Notas I Notes

69

A conservação do patrimônio natural e cultural diante  
das mudanças climáticas

*The conservation of the natural and cultural heritage  
ahead the climatic changes*

Silvia Helena Zanirato

## Conselho Editorial / *Editorial Board*

### **Ana CALVO**

Professora Associada Convidada, Escola das Artes, Universidade Católica Portuguesa, Porto, Portugal

### **António CANDEIAS**

Professor Auxiliar, Departamento de Química, Universidade de Évora, Portugal

### **Mark CLARKE**

Academic Researcher, Universiteit van Amsterdam, Nederland

### **João COROADO**

Professor Coordenador, Departamento de Arte, Conservação e Restauro, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal

### **Christian DEGRIGNY**

Conservation Scientist, Haute Ecole de Conservation-Restauration Arc, La Chaux-de-Fonds, Suisse

### **Ester FERREIRA**

Head of the Analytical Research Laboratory of the Art Technology, Schweizerisches Institut für Kunstwissenschaft, Zürich, Schweiz

### **M.<sup>a</sup> José GONZÁLEZ LÓPEZ**

Profesora Titular, Departamento de Pintura, Facultad de Bellas Artes, Universidad de Sevilla, España

### **René LARSEN**

Rector of School of Conservation, The Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhagen; Chairman of ENCoRE, European Network for Conservation-Restoration Education, Denmark

### **Ana MARTINS**

Associate Research Scientist, Conservation Department, Museum of Modern Art, New York, USA

### **Edson MOTTA**

Professor, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

### **Salvador MUÑOZ VIÑAS**

Professor, Universidad Politécnica de Valencia, España

### **Mário Mendonça de OLIVEIRA**

Professor, Universidade Federal da Bahia, Brasil

### **Vítor SERRÃO**

Professor Catedrático, Instituto de História da Arte, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Portugal

### **Rosário VEIGA**

Investigadora Principal com Habilitação para Coordenação Científica, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

Material adicional dos artigos está livremente disponível no site da revista

*Additional material is freely available at the journal website*

---

<http://revista.arp.org.pt/>

Normas de colaboração e instruções para os autores

---

<http://revista.arp.org.pt/normas.html>

*Author guidelines*

---

<http://revista.arp.org.pt/en/normas.html>

Fotografia da capa

*Cover photography*

---

Rosario Llamas, Ainara Zornoza, Carmen López

## **A revista está indexada em**

*The journal is indexed in*

---

>AATA - Art and Archaeology Technical Abstracts, Getty Conservation Institute

>Chemical Abstracts, American Chemical Society

>BCIN - The Bibliographic Database of the Conservation Information Network

## **A revista está referenciada em**

*The journal is referenced in*

---

>Latindex - Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

## Editorial

O anterior número da revista *Conservar Património* foi integralmente dedicado à publicação de artigos que resultaram de comunicações apresentadas no encontro científico *Colour 2008 – Bridging Science with Art*, que se realizou na Universidade de Évora entre 10 e 12 de Julho de 2008. Os artigos aceites não couberam todos nas 80 páginas desse número e, por isso, são agora publicados mais dois artigos submetidos nesse contexto. Completa-se assim a proveitosa colaboração que se desenvolveu com a organização do encontro, não obstante a eventualidade de outros artigos relacionados com o mesmo evento poderem ainda vir a surgir isoladamente em futuros números da revista.

Um outro assunto que deve ser mencionado nesta nota de abertura é o facto de se completarem cinco anos de publicação da *Conservar Património*. Considerando a vida de outras revistas da área da conservação e restauro, a efemeridade é insignificante. Porém, no contexto em que a revista surgiu e se mantém, isto é, como publicação de uma associação profissional com relativamente escasso número de sócios e reduzidíssimo orçamento, como publicação sem qualquer estrutura dedicada que a suporte, mantida apenas através do trabalho desinteressado, quase de tempos-livres, de um pequeno conjunto de pessoas, os cinco anos de publicação semestral (exceptuando o número duplo do 2.º ano) é um marco para além dos horizontes que se observavam em 2005, quando a *Conservar Património* foi lançada.

Esta continuidade, em primeiro lugar, só é possível graças ao interesse de todos aqueles que submeteram textos para publicação – o que na área da conservação e restauro não é acto comum em Portugal, não obstante as mudanças que lentamente parecem estar a ocorrer. A este respeito, é muito grato verificar que ultimamente essas colaborações têm chegado, em número crescente, de diversos países.

Em segundo lugar, deve dizer-se que para a publicação da *Conservar Património* contribuiu significativamente o interesse das comissões organizadoras dos encontros internacionais *HMC08 – Historical Mortars Conference* e *Colour 2008 – Bridging Science with Art*, já citado, em usar a revista para a publicação dos artigos correspondentes a algumas das comunicações apresentadas nos mesmos. Dessas parcerias resultaram três números temáticos (números 7 a 9), além de dois artigos no presente número da revista.

Em terceiro lugar, numa lista não ordenada pela importância mas apenas pelo momento em que cada uma das intervenções surge no processo de publicação, os dez números da revista não teriam sido possíveis sem a participação desinteressada

## Editorial

The last issue of *Conservar Património* was fully dedicated to publishing papers resulting from communications presented at the scientific conference *Colour 2008 – Bridging Science with Art*, which took place in July 2008 at Universidade de Évora (University of Évora). The accepted papers did not all fit the journals' 80 page format and, hence, two more are published in the present issue. Thus, the proficuous collaboration with the conference organization comes to an end here, although other papers related to this event may still be published in future issues of the journal.

We would also like to mention in this Editorial that *Conservar Património* is celebrating its fifth year of publication. When compared with the history of other conservation journals this event may be deemed insignificant. However, if we consider the context in which this journal emerged and remains, that is, as a publication of a professional organization with relatively few members and a minute budget, without a dedicated structure to support it, and solely maintained thanks to the voluntary work of a reduced number of persons in their spare time, the five years of this bi-annual publication (with the exception of the 2nd year double issue) is a benchmark beyond the imaginable horizons predicted in 2005, when *Conservar Património* was launched.

This continuity has been possible, first and foremost, due to the interest of all those who have submitted papers for publishing – something which, in the field of conservation and restoration, is not too common in Portugal, albeit gradual changes seem to be occurring. Still in this regard, it is also gratifying to observe that an increasing number of collaborations from different countries have been reaching us lately.

Secondly, it should be said that *Conservar Património* has significantly profited from the collaboration with the organizing committees of the international conferences *HMC08 – Historical Mortars Conference* and the already mentioned *Colour 2008 – Bridging Science with Art*. As a consequence of these collaborations, three issues (issues 7 to 9) have been dedicated to the publication of the papers corresponding to some communications presented at both meetings, besides the two papers included in the current issue.

Thirdly – in a list not ordered by importance but only by the sequence dictated by the publishing process –, the ten issues of this journal would not have been possible without the disinterested participation of a group of people, from various institutions and countries, which, as is usual in scientific publications, have anonymously collaborated with the Editors in the evaluation of

de um conjunto de pessoas, igualmente de várias instituições e países, que, anonimamente como é norma nas publicações científicas, tem colaborado com a Direcção da revista na avaliação de cada um dos artigos submetidos, contribuindo através dos seus comentários e sugestões para a valorização dos mesmos. A estes *referees*, que necessariamente sem mais detalhes são mencionados na lista que se segue a esta nota editorial, a ARP e a Direcção da *Conservar Património*, aproveitando esta oportunidade, publicamente agradecem de forma reconhecida.

Finalmente, a publicação da revista só tem sido possível graças ao apoio financeiro da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), através do seu Fundo de Apoio à Comunidade Científica, bem como dos anunciantes que têm apostado nesta iniciativa.

Cinco anos decorridos desde o primeiro número, a ARP, designadamente a sua actual direcção, e o conjunto de pessoas mais directamente envolvidas no processo de publicação consideram que continuam a ser válidas as razões que estiveram na origem da revista e entendem que a *Conservar Património* é um projecto que interessa manter, não obstante as dificuldades que têm surgido ao longo do seu percurso.

Idêntica opinião sobre o interesse da revista foi manifestada por um conjunto de docentes e investigadores, de várias instituições e países, que aceitaram o convite para integrar o Conselho Editorial da *Conservar Património*. Este órgão foi agora criado e colaborará com a Direcção da revista na selecção e apreciação dos artigos submetidos e, quando for necessário, na indicação de *referees* que possam também participar nesse processo. Espera-se desta forma melhorar a qualidade da revista, reforçar a sua divulgação e atrair maior número de colaborações, designadamente de outros países. A partir deste número, a composição deste Conselho Editorial passará a constar das páginas iniciais da revista. A todos os que a integram, muitos dos quais já tendo no passado colaborado de diversas formas com a revista, a ARP e a Direcção da revista reconhecidamente agradecem este muito significativo apoio.

António João Cruz  
Francisca Figueira  
Maria João Revez

the submitted papers, thus contributing through their comments and suggestions to the improvement of such papers. ARP and the Editors of *Conservar Património* would like to take this opportunity to publicly express their deepest thanks to the referees listed, inevitably without further details, at the end of this editorial note.

Finally, the publishing of this journal has only been made possible due to the financial support of the Portuguese Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), through its Scientific Community Support Fund, as well as from the publicizing firms who have believed in this initiative.

Five years after the emergence of the first issue of the journal, ARP, and namely its present board and the group of people more directly involved in the editorial processes, continue to consider as valid the reasons that led to the launch of *Conservar Património* and believe that the journal is a project that deserves to be maintained and developed, despite the difficulties that have arisen along the way.

This is also the view of the group of professors and researchers, from various institutions and countries, who have accepted the invitation to integrate the Editorial Board of *Conservar Património*. The Editorial Board that has recently been created will collaborate with the Editors in the selection and evaluation of the submitted papers and, when necessary, suggesting referees to participate in the evaluation process. It is thus hoped that the journal standards will be raised, its dissemination increased further and that a larger number of collaborations will be received from other countries besides Portugal. From the current issue onwards, the list of members of the Editorial Board will appear in the first pages of the journal. To them, many of whom have, in the past, collaborated with the journal in more ways than one, ARP and the Editors would like to warmly thank this very significant support.

António João Cruz  
Francisca Figueira  
Maria João Revez

Pessoas que têm colaborado na avaliação dos artigos submetidos (do início da revista até ao presente)  
*Referees who have collaborated in the evaluation of submitted papers (from the beginning of the journal until now)*

---

Pedro Cancela de Abreu, Instituto Português de Conservação e Restauro

José Aguiar, Universidade Técnica de Lisboa

Teresa Alarcão, Museu Nacional de Arte Antiga

Geoffrey Allen, University of Bristol, United Kingdom

Maria João Basto, Universidade Técnica de Lisboa

Teresa Beirão

Foekje Boersma, Getty Conservation Institute, USA

Margarida Botto, Direcção Regional de Cultura do Alentejo

Joaquim Inácio Caetano, Universidade de Lisboa

Joaquim Oliveira Caetano, Museu de Évora

Joana Campelo, Instituto Português de Conservação e Restauro

Arnaldo Carneiro, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

António Candeias, Universidade de Évora

José Alberto Seabra Carvalho, Museu Nacional de Arte Antiga

Fernando Catalina, Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, España

Soraya Coppola, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

João Coroado, Instituto Politécnico de Tomar

Andreia Correia, Universidade de Lisboa

António João Cruz, Instituto Politécnico de Tomar

Paula Cruz, Instituto Português de Conservação e Restauro

Maria Leonor Duarte, Universidade de Lisboa

Lília Esteves, Instituto dos Museus e da Conservação

Maria Fernandes, Universidade de Coimbra

Ester Ferreira, Schweizerisches Institut für Kunstwissenschaft, Schweiz

Francisca Figueira, Instituto dos Museus e da Conservação

Luís Figueira

Irene Frazão, IGESPAR

Gil Gonçalves, Universidade de Coimbra

Caspar Groot, Delft University of Technology, Denmark

Paula Menino Homem, Universidade do Porto

Said Jalali, Universidade do Minho

Virgolino Jorge, Universidade de Évora

Filomena Macedo, Universidade Nova de Lisboa

Rita Macedo, Universidade Nova de Lisboa

Ana Cristian Magalhães, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Luís Mateus, Universidade Técnica de Lisboa

José Mirão, Universidade de Évora

Paula Monteiro, Instituto Português de Conservação e Restauro

Paulo Morais, Instituto de Soldadura e Qualidade

Rui Morais, Universidade do Minho

Edson Motta, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Elsa Murta, Instituto Português de Conservação e Restauro

José Manuel Nogueira, Universidade de Lisboa

Mário Mendonça de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil

Luiz Oosterbeek, Instituto Politécnico de Tomar

Alexandre Pais, Instituto Português de Conservação e Restauro

Teresa Pacheco Pereira, Museu Nacional de Arte Antiga

Maria João Revez, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Delgado Rodrigues, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Paulina Rodrigues, Instituto Politécnico de Setúbal

Manuela Santana, IGESPAR

João Pires da Silva, Universidade de Lisboa

Raimundo Mendes da Silva, Universidade de Coimbra

Martha Tavares, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Jan Válek, Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Czech Republic

Rosário Veiga, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Gonçalo Leite Velho, Instituto Politécnico de Tomar





# Chafarizes do Largo de São Mamede e de Alconchel, em Évora: anotações metodológicas à sua recuperação e a descoberta, conservação e restauro de pintura mural

## *“Largo de São Mamede” and “Rua de Alconchel” Fountains, in Évora: methodological notes on their recovery and the unveiling, conservation and restoration of mural painting*

Inês Cardoso

Nova Conservação, Calçada do Marquês de Abrantes, 111, 1.º, 1200-718 Lisboa, Portugal,  
nc@ncrestauro.pt

Eduardo Miranda

Câmara Municipal de Évora, Praça de Sertório, 7004-506 Évora Codex, Portugal,  
cmevora@mail.evora.net

Milene Gil

Instituto dos Museus e da Conservação, Laboratório José de Figueiredo, R. das Janelas Verdes, 37, 1249-018 Lisboa, Portugal,  
milenegil@gmail.com

Isabel Ribeiro

Instituto dos Museus e da Conservação, Laboratório José de Figueiredo, R. das Janelas Verdes, 37, 1249-018 Lisboa, Portugal

Nuno Proença

Nova Conservação, Calçada do Marquês de Abrantes, 111, 1.º, 1200-718 Lisboa, Portugal,  
nc@ncrestauro.pt

### Resumo

Com vista à protecção do património hidráulico de Évora, foi desenvolvido um projecto de restauro de dezoito estruturas, de diferentes tipologias (fontes, bicas e chafarizes), que se caracterizam pela sua diversidade em valor histórico e estado de conservação. O principal objectivo deste trabalho promovido pela Câmara Municipal de Évora e desenvolvido pela Nova Conservação, Lda. foi a conservação, o restauro e a reactivação das referidas estruturas, de modo a devolvê-las ao público.

Nesta exposição, apresentam-se a metodologia e procedimentos efectuados para a sua recuperação, com destaque para os Chafarizes do Largo de São Mamede e, em particular, de Alconchel, devido à descoberta de pintura mural decorativa a fresco (“marmoreados”) subjacente às camadas de tinta de cal.

### Palavras-chave

Évora; Património hidráulico; Pintura Mural; Argamassa de cal; Pigmento.

### Abstract

In order to protect the hydraulic heritage of Évora, a restoration project was carried on eighteen structures with different typologies (wall fountains, free standing fountains, drinking fountains) characterized by their diversity in historical value and state of conservation. The main objectives of this work promoted by the Municipality of Évora and developed by the company Nova Conservação, Lda. were the conservation, restoration and reactivation of these structures in order to give them back to the public. This paper presents the methodologies for their recovering. A particular emphasis was given to the fountains of “Largo de São Mamede” and, specially, of “Rua de Alconchel” due to the discovery of decorative mural paintings made using fresco techniques (feigned marbles) underneath layers of lime wash.

### Keywords

Évora; Hydraulic heritage; Mural painting; Lime mortar; Pigment.

## ■ Introdução

No concelho de Évora, como em todo o Sul do país, a gestão e o acesso à água sempre tiveram uma importância fulcral para as comunidades, pelo que existe um conjunto de estruturas e elementos que constituem um património hidráulico significativo, designadamente vestígios arqueológicos romanos (termas no edifício dos Paços do Concelho, Espelhos de água que circundavam o principal templo no antigo fórum), o aqueduto quinhentista e um conjunto de infra-estruturas modernas (a central elevatória da água), entre outras estruturas patrimoniais que assumiram sempre um certo protagonismo nos espaços urbanos.

Paralelamente, no Centro Histórico de Évora (classificado como Património Cultural da Humanidade pela UNESCO em 1986) e na sua envolvente persiste um conjunto de 21 estruturas, tais como fontes, chafarizes e bicas, que apresentam grande diversidade de tipologias, épocas de construção (desde a Idade Média até ao início do século XX), materiais e técnicas construtivas, valores patrimoniais e graus de protecção (cinco destas estruturas estão em vias de classificação).

Relativamente à tipologia salientam-se os chafarizes tardo-medievais (localizados junto aos antigos caminhos de acesso às portas da muralha e caracterizados pela sua

estrutura de espaldar isolado e tanque), a fonte monumental quinhentista do Largo de Avis (estrutura monumental isolada), o chafariz barroco da Fonte Nova (espaldar e tanque com área de permanência adjacente) e um conjunto de estruturas oitocentistas – chafarizes (tanque e espaldar embutido ou adjacente às fachadas ou paramentos vertical), fontes de ferro e pequenas bicas (pequenos elementos, isolados ou embutidos nas fachadas).

Os materiais e soluções construtivas dominantes são as alvenarias rebocadas, as alvenarias diversas, o ferro, o mármore (como revestimento e material portante) e, pontualmente, o azulejo.

A existência de estruturas desactivadas ou degradadas, resultantes da introdução das modernas infra-estruturas de abastecimento público, originou a desvalorização de muitos destes elementos (excluindo os que possuem alguma monumentalidade), o que constitui, naturalmente, um factor de desqualificação do próprio conjunto edificado do Centro Histórico de Évora.

Em 2005/2006, no âmbito de um programa integrado de reabilitação e valorização turística do Centro Histórico de Évora, foi celebrado um acordo de colaboração entre a Câmara Municipal de Évora (CME), a Região de Turismo de Évora e o Instituto de Financiamento e Apoio ao Turismo para a execução do Projecto de Interpretação do Património Hidráulico de Évora,



Fig. 1 Localização das diferentes estruturas hidráulicas pela malha urbana de Évora. Destacam-se os chafarizes de São Mamede e de Alconchel.

que abrangeu a musealização da antiga central elevatória da água. A partir daquele Projecto, teve início a recuperação das fontes, chafarizes e bicas em Évora, tendo sido intervencionadas dezoito estruturas patrimoniais, organizadas em três conjuntos/empreitadas (Fig. 1).

Na sequência do programa posto a concurso pela Câmara Municipal de Évora, a Nova Conservação, Lda. elaborou uma proposta no sentido de promover a reactivação, restauro e conservação de treze estruturas hidráulicas, para as quais se procurou restabelecer condições de fruição pública, através da restituição da integridade material e estética das estruturas, da recuperação da funcionalidade operativa do sistema hidráulico e, nalguns casos, da instalação de iluminação decorativa/cénica, bem como da criação das condições favoráveis à sua futura manutenção.

Do conjunto das referidas estruturas, na presente exposição salientam-se os chafarizes do Largo de São Mamede e de Alconchel devido à descoberta de pintura mural, subjacente às camadas de tinta de cal.

## ■ Metodologia

Os trabalhos de conservação e restauro decorreram entre Junho de 2005 e Março de 2006, tendo sido desenvolvidos por equipas constituídas por técnicos de conservação e restauro; do ponto de vista técnico, contaram com o apoio da Mural da História, Lda – conservadores-restauradores Joaquim Caetano e José Artur Pestana. Colaboraram igualmente na equipa de tratamento da pintura mural o conservador-restaurador Udaya Hewawasan, colega com vasta experiência profissional, formado pelo ICCROM, em Roma e a técnica de conservação e restauro Elvira Barbosa, para além da equipa da Nova Conservação, Lda.

Em estreita colaboração com a CME, recorreu-se a uma metodologia de acção coerente e homogénea comum ao conjunto por meio da elaboração de um programa de trabalhos, em que se planeou a intervenção simultânea nas diferentes estruturas hidráulicas, exigindo assim a implementação de pequenos estaleiros, assegurando a melhor convivência entre o desenvolvimento dos trabalhos e os transeuntes e população em geral.

Os trabalhos contemplaram a limpeza de elementos, o tratamento curativo e preventivo de elementos metálicos,

o manter ou refazer de acabamentos, a iluminação cénica ou decorativa, a preparação ou reparação de tubagem para ligação à rede pública de água e a viabilização, sempre que possível, da existência de espelhos de água.

Além disso, não só no momento inicial da intervenção, mas também no decorrer dos trabalhos e na sua conclusão, procurou-se documentar e memorizar os aspectos mais salientes, sob a forma gráfica, fotográfica e escrita. Para facilitar a sistematização destas informações, produziram-se fichas nas quais se incluiu a designação e localização da estrutura no mapa do Centro Histórico de Évora, uma breve descrição arquitectónica do elemento e do seu estado de conservação inicial, bem como a descrição dos trabalhos efectuados em cada uma das estruturas hidráulicas.

## ■ Estado de conservação

No conjunto patrimonial em estudo, é possível identificar diferentes tipologias formais, tais como fontes de estrutura isolada, chafarizes embutidos em paramento vertical e chafarizes com espaldar e tanque. Além disso, também prevalece a heterogeneidade de materiais e técnicas construtivas.

Os chafarizes de São Mamede e de Alconchel são constituídos por espaldar e tanque para armazenamento de água. Os espaldares são estruturas de alvenaria revestidas a argamassas à base de cal e mostravam vestígios de cimento *Portland* (introduzidos em recentes intervenções e pintados a tinta branca, com remates a amarelo no caso do chafariz do largo de São Mamede). Ambos os tanques apresentam bordos em mármore e fundos constituídos por argamassa (chafariz do largo de São Mamede) e tijoleira com várias reintegrações a argamassa (chafariz de Alconchel).

No que diz respeito ao estado de conservação dos materiais pétreos presentes nos bordos dos chafarizes verificou-se que se encontravam com sujidades várias, resultantes da combinação de colonização biológica, entre outros depósitos. Na generalidade das superfícies existiam inúmeras lacunas de material pétreo, fracturas/microfissuras e alguns blocos instáveis. A maioria das juntas tinha perdido a sua capacidade vedante e encontrava-se em mau estado de conservação, tanto pela inexistência de argamassa de preenchimento como pela presença de

preenchimentos com argamassa à base de cimento *Portland*, em geral fissurada ou em destacamento; estas argamassas também foram utilizadas em inúmeras reintegrações e reconstituições inestéticas e não funcionais.

Em relação às alvenarias e revestimentos dos espaldares observaram-se manchas de humidade, que motivaram a perda de coesão das argamassas à base de cimento *Portland*, e perda de adesão entre suporte/reboco/tinta.

Os fundos dos tanques encontravam-se bastante degradados e sujos, com presença de colonização biológica, destacamento das camadas de impermeabilização, reintegrações desadequadas.

Os diversos elementos metálicos e os grampos em ferro de fixação dos blocos pétreos ainda existentes encontravam-se oxidados (e esteticamente desenquadrados do conjunto). Os sistemas hidráulicos de adução (canalização e drenagem) encontravam-se desactivados.

## ■ Programa de conservação e restauro

### ■ ■ Materiais pétreos

Após a verificação e documentação do estado de conservação inicial dos materiais, desenvolveram-se os trabalhos de conservação:

a) Numa primeira fase, procedeu-se à limpeza dos materiais pétreos, por combinação dos métodos a seco, húmido e químico: aplicação de biocida, à base de amónio quaternário (*Preventol R80*, “Bayer”, em solução aquosa a 2%), para tratamento da colonização biológica, e de um herbicida sistémico para a erradicação das plantas. Posteriormente, procedeu-se à limpeza por via húmida, com recurso a água corrente e escovagem com escovas de cerdas macias;

b) Seguiu-se o tratamento de juntas, que consistiu na abertura (com a remoção de argamassas degradadas), limpeza (realizada por meio de aplicação de ar comprimido e água corrente), enchimento e refecimento com argamassas de restauro, de base hidráulica (C30, da “Tecno Edile Toscana”), compatíveis com o material pétreo; aplicou-se igualmente o sistema com mástique *Sikaflex 11FC+*, da “Sika”, para reforçar a capacidade vedante, criando sistemas mistos multicamada; ainda para minimizar as possíveis entradas de água, procedeu-se

ao preenchimento de lacunas e discontinuidades por microestucagem;

c) Efectuou-se também a reconstituição de volumes nos blocos fragilizados, com recurso a argamassas à base de C30, da “Tecno Edile Toscana”, modo a garantir a melhor leitura/interpretação dos elementos e do conjunto arquitectónico;

d) Procedeu-se à consolidação dos blocos que apresentavam perda de coesão bem como à fixação e colagem de fragmentos instáveis.

### ■ ■ Revestimentos

Igualmente para as alvenarias e revestimentos dos espaldares e fundos dos tanques se procedeu à:

a) Limpeza prévia das superfícies, por processos mistos (seco, húmido e químicos).

b) Remoção dos rebocos degradados e sem coesão, por picagem com ferramentas manuais, até se detectar suporte compatível, e eliminação das poeiras soltas (como preparação do suporte para receber as argamassas de restauro);

c) Preparação das argamassas de restauro, à base de cal em pasta (“União de Gessos”) e areias lavadas, de granulometria e cor cuidadosamente seleccionadas, aplicadas de acordo com as regras da *boa arte*; seguidas de pintura a tinta de cal (*Velafix* e fixador *Fixalit*, ambos da “Viero”).

### ■ ■ Outras actividades

Além das actividades anteriormente descritas, também foi dada especial atenção aos fundos dos tanques dos chafarizes, cuja constituição à base de argamassas permitiu que se procedesse à remoção dos fundos degradados por picagem, e subsequente preenchimento e recolocação de cota com recurso a argamassa à base de cal hidráulica *Lafarge*. Seguiu-se a impermeabilização, por meio de argamassas à base de ligante hidráulico e resinas sintéticas (com propriedades elastoméricas) (*SikaTop 209* “Reservoir” – chafariz do Largo de São Mamede, e *Masterseal*, da “Degusa” – chafariz de Alconchel).

Nas áreas dos espaldares em contacto com a água procedeu-se à pintura a tinta composta por silicatos de potássio (*Sílica Paint*, da “Viero”).

Do ponto de vista estrutural, os fragmentos foram, previamente ao início dos trabalhos, recolhidos, numerados

e referenciados em base fotográfica, tendo posteriormente sido colados com resina epoxídica (*Sikadur 52 Injection*, da “Sika”).

Os grampos em ferro fortemente oxidados foram substituídos por novos; os elementos metálicos não funcionais foram removidos e replicados na sua forma e dimensão, em liga de cobre e estanho, com posterior aplicação nos locais originais.

Em relação aos elementos instáveis, procedeu-se à sua desmontagem, realinhamento e remontagem sobre argamassas de assentamento *MTX* da “Tecno Edile Toscana”.

A nível da componente hidráulica, as estruturas foram revistas e reactivadas através da substituição e reposição das antigas tubagens, torneiras e contadores de água e verificação dos sistemas de drenagem dos tanques.

Ainda como contributo para a requalificação dos espaços públicos, foi considerada também a valorização nocturna de algumas estruturas hidráulicas. Assim, dos dois chafarizes em análise, apenas no de Alconchel se procedeu à instalação de um sistema de iluminação decorativa/cénica, que se quis confortável e plasticamente interessante (o projecto de iluminação foi desenvolvido pelo Arq. Samuel Roda Fernandes, tendo sido implementado pela empresa Eduardo Espada, Lda.).

### ■ Intervenção nos chafarizes de S. Mamede e Alconchel: a descoberta de pintura mural decorativa

Durante os trabalhos de remoção das sucessivas camadas de revestimentos em mau estado de conservação foram detectados vestígios de pintura mural decorativa nos espaldares dos chafarizes do Largo de São Mamede e de Alconchel (Figs 2 e 3).

Para averiguar a sua qualidade artística, extensão e técnica pictórica foram realizadas, numa primeira fase, sondagens sistemáticas através da abertura de janelas. Estas permitiram apurar a presença de painéis monocromáticos a emoldurar o espaldar de São Mamede e de *marmoreados* em toda a superfície do de Alconchel. Neste, foram removidas seis amostras para a identificação de pigmentos e de ligantes por microquímica e microscopia óptica (Fig.4).

Os resultados revelaram uma paleta composta maioritariamente por pigmentos vermelhos e amarelos à base



Fig. 2 Resultado da abertura de janelas de sondagem realizada no revestimento do espaldar do Chafariz do Largo de São Mamede, e respectiva estratigrafia observada.

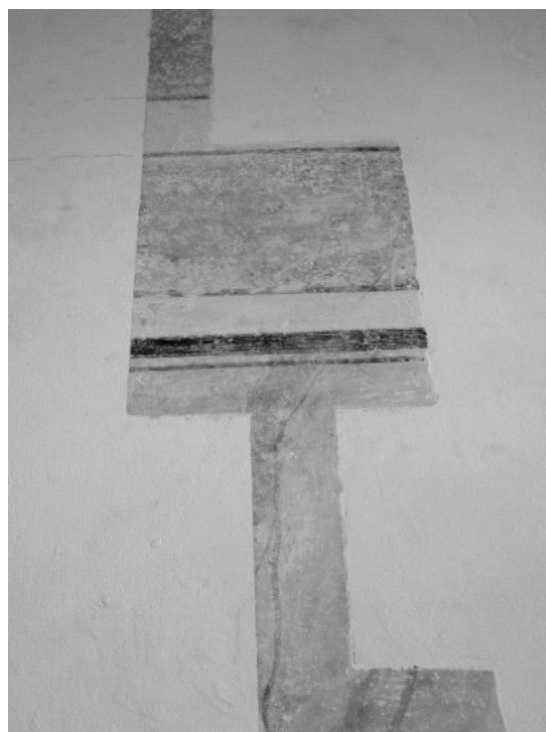


Fig. 3 Resultado da abertura de janelas de sondagem realizada no revestimento do espaldar do Chafariz de Alconchel, em que se identificam *marmoreados*.

de Fe(III) (de origem natural ou sintética), negros de osso e terras verdes (Fig. 4).

A gama de cores foi alargada através da mistura de vermelho à base de Fe(III) e negro de osso (tonalidades vermelho escuras arroxeadas) e pela sobreposição - intencional ou inadvertida - de pigmentos vermelhos e amarelos.

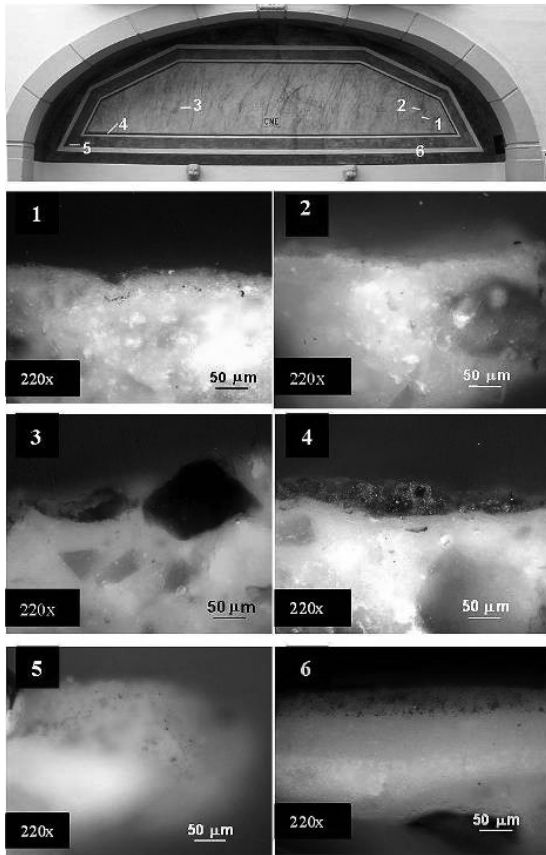


Fig. 4 Chafariz de Alconchel: Pontos de amostragem e secções transversais.

A presença de carbonato de cálcio em todas as amostras analisadas, aliada à própria transparência das camadas cromáticas, confirma a técnica da execução a fresco.

A execução dos *marmoreados* aparenta ter sido muito simples e rápida (não foram detectados vestígios de *giornate/pontate* numa superfície aproximadamente com 3 m × 2 m). Da observação *in loco* das lacunas existentes e da análise visual das secções transversais foi possível apurar a ordem de execução da pintura: em primeiro lugar foram estendidas as áreas de fundo a verde e amarelo e posteriormente os veios a vermelho. O guarnecimento à base de cal e areia serviu igualmente de fundo branco à decoração. Os frisos, que emolduram os fingidos, foram concluídos por último.

Com vista à recuperação da mais-valia histórica e decorativa das pinturas de ambos os chafarizes, definiu-se



Fig. 5 Chafariz do Largo de São Mamede: levantamento manual e remoção mecânica (por bisturi) das múltiplas camadas de pintura a cal.

um plano de trabalhos que contemplou as seguintes fases:

- a) Levantamento manual e remoção mecânica (por bisturi) das múltiplas camadas de pintura a cal (Fig. 5);
- b) Limpeza das superfícies originais e remoção de antigas reintegrações argamassadas;
- c) Consolidação de áreas instáveis das argamassas e pinturas;
- d) Preenchimento das lacunas com argamassa de cal em pasta (“União de Gessos”) e areia branca fina (Fig. 6);
- e) Reintegração cromática das lacunas, a aguarela (Figs. 7 e 8);
- f) Estabilização e protecção final das superfícies.



Fig. 6 Chafariz do Largo de São Mamede: preenchimento das lacunas com argamassas.



Fig. 7 Chafariz do Largo de São Mamede: após preenchimento das lacunas com argamassa, procedeu-se à sua reintegração cromática a aguarela.



Fig. 8 Chafariz do Largo de São Mamede: aspecto final da mesma superfície apresentada na figura 6 após reintegração cromática das lacunas.



Fig. 9 Chafariz de Alconchel: preenchimento do vão de acesso à galeria com alvenaria de tijolo.

No caso específico do chafariz de Alconchel, após a remoção das argamassas degradadas e do levantamento de cal detectou-se a presença de uma fractura que se desenvolvia desde o intradorso do arco até ao paramento vertical. Além disso, também se revelou a existência de um vão que dava acesso a uma galeria, com provável ligação à nascente; este foi devidamente analisado e documentado, tendo sido preenchido com uma alvenaria de tijolo e argamassas à base de cal e areias lavadas e seleccionadas (Figs. 9 e 10).

## ■ Conclusão

Como principal balanço das intervenções podemos referir que as fontes, bicas e chafarizes foram devolvidas à cidade e recuperaram a sua dignidade (se nem sempre a sua utilização). Estas estruturas são hoje muito mais respeitadas e valorizadas e a sua presença nos espaços urbanos foi acentuada.



Fig. 10 Chafariz de Alconchel: após preenchimento, procedeu-se à reintegração cromática da área correspondente ao vão de acesso à galeria.



Fig. 12 Chafariz do Largo de São Mamede: vista geral depois da intervenção.

Do conjunto das intervenções efectuadas assumem particular importância a recuperação e restauro dos chafarizes de Alconchel e de S. Mamede. Com efeito, foram detectadas durante os trabalhos superfícies cromáticas nos espaldares, até então desconhecidas, tendo o seu restauro constituído uma mais valia patrimonial (Figs. 11 a 14).



Fig. 13 Chafariz de Alconchel: vista geral antes da intervenção.



Fig. 11 Chafariz do Largo de São Mamede: vista geral antes da intervenção.



Fig. 14 Chafariz de Alconchel: vista geral depois da intervenção.



O restauro de ambos os chafarizes acentuou a sua importância e o seu protagonismo nos espaços urbanos e contribuiu para reforçar a nossa sensibilidade relativamente à problemática e importância da protecção das superfícies arquitectónicas e dos revestimentos antigos, da cor na cidade antiga, e da diversidade de linguagens e técnicas decorativas presentes em Évora.

As intervenções realizadas não foram um fim em si mesmas. Foram um momento num percurso que se pretende que conduza a novos programas de restauro urbano. Na sua continuidade desenham-se actualmente novas estratégias de intervenção (cuja implementação depende dos condicionalismos financeiros existentes), quer ao nível do património hidráulico (o restauro das duas fontes henriquinas), quer ao nível da recuperação dos revestimentos antigos em Évora.

As superfícies arquitectónicas decoradas e as técnicas e linguagens decorativas dos revestimentos antigos têm uma presença particularmente importante no Centro Histórico de Évora, com um significativo valor de conjunto, estando representadas várias características particulares de técnicas de utilização de argamassas de cal nos revestimentos exteriores. Destes, salientam-se os esgrafitos, pela sua importância no contexto nacional.

As superfícies arquitectónicas são a expressão mais visível dos edifícios antigos e são muito importantes para a definição da imagem urbana, e importante para a manutenção da autenticidade material dos imóveis e, assim sendo, dos conjuntos urbanos.

Na sequência das intervenções descritas e de outras desenvolvidas anteriormente pela Câmara pretende-se desenvolver uma estratégia e um programa de salvaguarda e recuperação das superfícies arquitectónicas e dos revestimentos antigos em Évora, centrado na valorização de elementos decorativos como esgrafitos, fingidos, trabalhos em massa e em estuque, cuja implementação dependerá dos condicionalismos financeiros existentes.

O principal objectivo deste programa será evitar a substituição ou renovação dos revestimentos, privilegiando-se a sua conservação e restauro. Os programas de restauro urbano deverão contribuir para a valorização dos espaços urbanos do Centro Histórico de Évora, a salvaguarda e recuperação dos valores e elementos patrimoniais, a criação de efeitos indutores na recuperação de imóveis e a divulgação de boas práticas, entre outros vectores.

Recebido: 21 de Outubro de 2008

Versão revista: 29 de Outubro de 2009

Aceite: 29 de Outubro de 2009



# Caições a cores no Alentejo (parte 1): Identificação dos pigmentos e análise estratigráfica (em 2004-2006)

## *Colored limewash paintings in Alentejo (part 1): Pigments' identification and stratigraphic analysis (in 2004-2006)*

M. Gil, A. I. Seruya

Departamento de Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, 2829-516 Caparica

J. Aguiar

Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Rua Sá Nogueira, Pólo Universitário do Alto da Ajuda, 1349-055 Lisboa

A. Candeias

Departamento de Química, Centro de Química de Évora, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, Évora

J. C. Frade, S. Valadas, P. Alves, I. Ribeiro

Laboratório de Conservação e Restauro, Instituto dos Museus e da Conservação, (IMC-LCR), R. das Janelas Verdes, 37,1249-018 Lisboa

### Resumo

Entre 2004 e 2006 foi efectuada uma campanha experimental no Alentejo para identificar os pigmentos empregues nas caições tradicionais e apurar dados sobre as técnicas empregues na preparação das tintas de cal e sua aplicação na parede. As amostras foram recolhidas nos alçados exteriores de edifícios localizados nos centros históricos de 47 concelhos (distribuídos pelos distritos de Évora, Beja, Portalegre e Setúbal), tendo a sua análise sido feita através de testes microquímicos, complementados com microscopia óptica, espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier e difractometria de raios X.

Os resultados mostraram que, ao contrário do que sucede actualmente, os pigmentos vermelhos à base de Fe (III) são os pigmentos predominantes da paleta a cal alentejana e revelaram vários detalhes de ordem técnica, tais como misturas de vários pigmentos e aplicação de tintas com traços enriquecidos em cal que se afastam, no geral, do sistema de *velaturas* transparentes.

### Palavras-chave

Caições; Pigmentos inorgânicos; Técnicas pictóricas; Conservação.

### Abstract

An experimental campaign took place between 2004 and 2006 in Alentejo in order to identify the pigments used in the traditional limewash and analyze pictorial techniques. The samples were collected in the exterior finishes of buildings localized in the historical centers of 47 municipalities (distributed among the districts of Évora, Beja, Portalegre and Setúbal). Its analysis was based on microchemical tests, supplemented with optical microscopic observations, Fourier transformed infrared spectroscopy and X-ray diffractometry. Results show that, contrary to the present, red pigments based on Fe (III) compounds were predominant in the lime palette of Alentejo and reveal several technical details such as the mixes between several pigments and the use of chromatic layers of variable thickness, that, in many cases, are very different from the system of transparent glazes.

### Keywords

Limewash paintings; Inorganic pigment; Pictorial techniques; Conservation.

## ■ Introdução

A cor das edificações é um dos parâmetros que contribui para a definição da identidade de um lugar pois reflecte os valores culturais específicos do território em que se inserem as habitações e da sociedade que o habitou ao longo dos tempos [1]. Neste âmbito, os centros históricos, por estarem sujeitos, no geral, a regras mais rigorosas de construção e de manutenção, constituem importantes fontes de informação sobre os materiais e as técnicas pictóricas tradicionalmente empregues. No Alentejo, a preferência desde cedo demonstrada pela legislação Municipal pelo emprego da cal – na pintura de alçados exteriores e na sua manutenção – permite agora analisar os pigmentos que constituíram a paleta cromática dos aglomerados urbanos.

Nos núcleos históricos das 47 sedes de concelho do Alentejo, distribuídas pelos distritos de Beja, Évora, Portalegre e Setúbal, são ainda muitos os vestígios de caiações a cores e barramentos pigmentados, sobretudo em edifícios que se encontram desabitados ou que foram mantidos com poucos meios. Da observação desses edifícios, depreende-se a importância que a cor alcançou nos acabamentos tradicionais e conclui-se que, ao contrário do que é sugerido pela actual imagem urbana estereotipada do Alentejo, a cor não se limitou às famosas barras ocre e azuis. Em muitos dos casos, os vestígios materiais estão presentes em edifícios em avançado estado de degradação, necessitando de registo e estudo urgente. Estes edifícios, de épocas e tipologias variadas (desde a mais erudita à mais popular), foram o alvo preferencial de uma investigação experimental desenvolvida entre 2004 e 2006. Esta teve como objectivos obter uma visão global do tipo de pigmentos que formaram a paleta das caiações a cores até ao seu abandono e substituição, a partir da segunda metade do século XX, por tintas poliméricas de fabrico industrial [1] e apurar dados sobre as técnicas utilizadas para a preparação das tintas de cal e sua aplicação.

## ■ Parte experimental

### ■ ■ Organização do trabalho de campo e amostragem

Para este estudo foram recolhidas 326 amostras de acabamentos exteriores de edifícios localizados nos núcleos históricos de 44 sedes de concelho do Alentejo. 305 amostras são de pinturas e 21 são de barramentos corados. Nas vilas de Borba, Barrancos e Portel não foi possível recolher amostras devido a renovações dos paramentos exteriores com cimentos e ao bom estado de conservação dos revestimentos actuais.



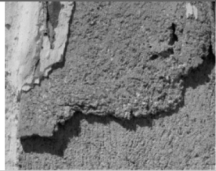



Os Quadros 1 e 2 indicam, de forma resumida, a localização geográfica dos edifícios amostrados e o local de recolha das amostras. 57 % das amostras provêm de elementos decorativos (barras, molduras de portas e janelas e cunhais) e 31 % de panos de fachada totalmente revestidos com pintura ou barramentos pigmentados. Em 10 % dos casos há dúvidas sobre se a pintura era total ou parcial e 2 % das amostras foram retiradas de muros pintados.

A recolha das amostras foi feita tentando abranger as várias tonalidades visíveis em cada centro histórico e edifícios afastados entre si de modo a evitar conclusões tendenciosas e garantir a representatividade dos resultados. Tanto quanto possível, essa selecção foi feita de forma aleatória. O número de amostras ficou condicionado aos testemunhos ainda presentes nos alçados, não tendo sido possível obter um número semelhante de amostras em cada localidade.

### ■ ■ Metodologia de análise

A identificação dos pigmentos e a confirmação da presença de carbonato de cálcio com função de ligante foram obtidas por testes microquímicos [2]. Estas análises foram complementadas pela observação microscópica da morfologia, tamanho e propriedades ópticas das partículas de pigmentos e agregados (OM). A análise visual foi feita com luz reflectida e luz transmitida (com nicóis paralelos e nicóis cruzados) no microscópio óptico *Leitz Dialux 20* (Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha) com as ampliações de 65, 100 e 220 ×. A análise estratigráfica das secções transversais (número, espessura e sucessão das camadas) foi também realizada com o mesmo equipamento, tendo sido a respectiva

Quadro 1 Número de amostras segundo os locais de amostragem e o tipo de acabamento.

		Caiação monocromática	Decoração pintada	Barramentos corados
<b>Local de amostragem</b>				
Elementos decorativos (rodapés, molduras de portas e janelas e cunhais)		175	11	1
Pano de fachada (totalidade)		73	8	20
Áreas de dúvida*		24	7	
Muros		7		

\* Não se consegue ter a percepção se cobria a totalidade da fachada ou se era parcial

documentação fotográfica efectuada com a câmara digital *Leica DC500-2002*.

Para a preparação das secções transversais, as amostras foram englobadas numa resina epóxida de marca *Epofix Fix* e, posteriormente, polidas no disco rotativo de marca *Drehzal Regler* (Jean Wirtz Dusseldorf, Alemanha) com auxílio das lixas *SIC-Paper grif 1200* e *4000*.

Algumas amostras foram caracterizadas com recurso à espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), difractometria de raios X (XRD) e microscopia electrónica de varrimento (SEM-EDS).

Seis amostras de camadas cromáticas (cinco caiações e um barramento) foram analisadas por FTIR para detectar a presença eventual de aditivos orgânicos e para confirmar a natureza dos pigmentos.

Quatro amostras, de tonalidade vermelha, foram analisadas com o espectrómetro *Perkin Elmer Paragon 1000PC* (PerkinElmer Inc., USA) na região dos  $4000-400\text{ cm}^{-1}$ , de modo a identificar as bandas características da goetite

e da hematite. Em duas amostras azuis, a análise foi feita na região de  $4000-650\text{ cm}^{-1}$  com o  $\mu$ -espectrómetro *Nexus 670 FTIR* (Thermo Nicolet, USA) acoplado a um microscópio *Continuum* da mesma marca. Todos os espectros foram obtidos por acumulação de 25 varrimentos com uma resolução de  $4\text{ cm}^{-1}$ .

Para comparação, foram igualmente realizadas análises de seis pigmentos actualmente disponíveis no comércio local.

No caso das amostras de camadas cromáticas vermelhas e dos pigmentos de origem industrial foram preparadas pastilhas de brometo de potássio anidro (IR grade, Merck, Alemanha) usando 1-2 mg de amostra. No caso das duas amostras azuis (uma caiação e um barramento pigmentado), foram removidos micro-fragmentos das camadas cromáticas que foram colocados numa célula de compressão de diamante (*Spectra-Tech  $\mu$ Sample Plan*), tendo esta sido posicionada na platina do microscópio *Continuum*.

Para a interpretação dos espectros de transmitância foram usados espectros publicados na literatura [3-6],

Quadro 2 Descrição e localização geográfica das amostras com indicação do número recolhido por tonalidade (Az: azuis; Am: amarelos; Ve: vermelhos /rosas; P/C: pretos e cinzentos) e por tipo (P: pintura ou B:barramento). A indicação da cor refere-se somente à tonalidade superficial.

Sede de Concelho	Distrito	N°	Cores amostradas					Sede de Concelho	Distrito	N°	Cores amostradas				
			Az	Am	Ve	P/C	Outros				Az	Am	Ve	P/C	Outros
Arraiolos	Évora	14	7P	4P	3P		vermelho arroxado/roxo 1P	Almodôvar	Beja	4	1P		2P	1P	
Montemor o Novo	Évora	24	2P	8P	11P1B	8P	vermelho arroxado/roxo 2P	Alvito	Beja	6	2P	1B	3P	2P	
Mora	Évora	3		1P	1P	2P		Aljustrel	Beja	4	2P	1P	3P		
Redondo	Évora	4	2P			2P		Sines	Setúbal	7	1P	2P	5P		
Mourão	Évora	3	1P	1P	1P			Grandola	Setúbal	8	2P	2P	P5		
Vendas Novas	Évora	5	1P	3P	3P			Santiago do Cacém	Setúbal	12	2B1P	3P	6P		
Viana do Alentejo	Évora	4		2P	1P	1P		Alcácer do sal	Setúbal	3	1P	1P	1P		
Reguengos de Monsaraz	Évora	5	1P	1P	1P	4P		Elvas	Portalegre	11		4P	5P	1P	vermelho arroxado/roxo 4P
Estremoz	Évora	5		1P	1P	2P	castanho 1P	Aviz	Portalegre	10	5P	1P	2P	2P	vermelho arroxado/roxo 1B
Évora	Évora	17		10P	5P	4P1B		Campo Maior	Portalegre	4		3P	1P		
Cuba	Évora	19	5P	5P	9P1B	3P	castanho 1P	Fronteira	Portalegre	1			1P	castanho 1P	
Vila Viçosa	Évora	9	2P	3P	5P	1P		Monforte	Portalegre	2		1P	1P		
Alandroal	Évora	4	1P	1P	2P			Ponte de Sôr	Portalegre	6		4P1B	1B		
Vidigueira	Beja	7	2P	1P	2P	3P	verde 1P	Sousel	Portalegre	2		2P	1P		
Odemira	Beja	10	4P	2P	3P	1P	verde 1P	Marvão	Portalegre	5		3P	2P		
Ourique	Beja	5	2P	2P	1P	1P	vermelho arroxado/roxo 1P	Nisa	Portalegre	11	1P1B	5P	3P1B		verde 1P castanho 1P
Mértola	Beja	2		1P	1P	1P		Castelo de vide	Portalegre	7		5P	2P1B		
Moura	Beja	7		2	2P1B	2P1B		Crato	Portalegre	12	2P	8P	8P	3P	
Serpa	Beja	5	1P	1P	1P	2P		Alter do chão	Portalegre	16	2P	8P	3P1B	3P	verde 1P vermelho arroxado/roxo 1P
Castro Verde	Beja	5	1P	1P	3P			Gavião	Portalegre	11	1P	4P2B	3P1B	2P	
Ferreira do Alentejo	Beja	9	2P	2P2B	2P	1P		Portalegre	Portalegre	4		2P	1P	1P	
Beja	Beja	4			2P	2P		Arronches	Portalegre	10	1P	6P	5P1B	2P	

espectros das bibliotecas Sigma Dyes, Stains, Coatings Technology and Natural Pigments e U.S. Geological Survey Mineral e, por último, os espectros obtidos para os seis pigmentos comerciais (Quadro 3).

Os pigmentos EVDA1, FA7 e Arc3 também foram caracterizados por difracção de raios X juntamente com uma amostra de pó de sapato e uma de um óxido de ferro preto (preto metálico n.º 318 da marca BayerFerrox). Para o efeito, foi utilizado um difractor Brucker AXS, modelo D8 Discover (Brucker AXS Inc., Madison, USA), com varrimento entre 2-70 ° (2θ), à velocidade de 0,02 ° (2θ)/s, utilizando a radiação Cu Kα, produzida numa ampola de raios X com tensão de 30 kV e intensidade de corrente de 40 mA. O software EVA foi usado para a identificação dos picos e análise das fases cristalinas.

A composição mineralógica de uma amostra de barramento preto (Mou5) foi analisada por SEM-EDX com um microscópio electrónico Hitachi S-2400 (Hitachi Ltd., Tóquio, Japão) com um analisador de raios X da marca Rontec (Rontec Ltd., Berlim, Alemanha). A tensão aplicada foi de 25 kV, tendo a amostra sido previamente revestida com ouro.

Por último, a ferramenta *Replace color* do programa de tratamento de imagem *Adobe Photoshop 5.0* foi empregue para aumentar, em três amostras, a luminosidade da argamassa na zona de contacto com a camada cromática. O objectivo foi averiguar possíveis diferenças existentes entre a técnica da pintura a cal e a técnica do (*buon*) fresco.

Quadro 3 Identificação dos pigmentos comerciais adquiridos no comércio local para comparação.

Ref.	Identificação	Marca comercial
EVAG2	Azul ultramarino artificial	Sodacasa
VV3	Azul ultramarino artificial	D. Sorraia (actual <i>Sergipal</i> );
E8	Almagre inglês	SDS (Sociedade de Drogas de Santarém)
EVDA1	Óxido de ferro vermelho	BayerFerrox
FA7	Roxo-rei	Desconhecida (pigmento adquirido há mais de 15 anos pela Toscano & Filhos, Materiais para construção e decoração, Lda., em Ferreira do Alentejo)
ARC3	Terra roxa	Amostra fornecida pelo fabricante Augusto Gomes, Lda. (Arcozelo, Vila Nova de Gaia). Cessou actividade em 2005.

### Resultados e discussão

A análise microquímica das 950 camadas, detectadas nas secções transversais das amostras, revelou que as cores mais utilizadas foram os vermelhos (21 %) e os amarelos (18 %) à base de óxidos e hidróxidos de Fe (III) (Quadro 4 e Fig. 1). Os pretos e os cinzentos de natureza variável e os azuis à base de lazurite foram identificados, respecti-

vamente, em 10 % e 7 % das amostras. Em menor número, foram detectadas caições vermelhas arroxeadas ou roxas (2 %) ou com tonalidades nitidamente alaranjadas ou acastanhadas (menos de 1 %), também à base de Fe (III). Como previsto, o branco é carbonato de cálcio, utilizado simultaneamente como pigmento e ligante em 40 % dos casos.

Quadro 4 Pigmentos identificados e a sua frequência nas caições a cores e nos barramentos coloridos.

Caições a cores			Barramentos corados		
Cor	Composição	Total	Cor	Composição	Total
Vermelhos		195	Vermelhos	Pigmentos à base de	9
Vermelhos arroxeados a roxos	Pigmentos à base de óxidos e hidróxidos de Fe (III).	14	Vermelhos arroxeados a roxos	óxidos e hidróxidos de	1
Amarelos e ocre		162	Ocres	Fe (III).	6
Laranja		11	Pretos	Negros (com $PO_4^{3-}$ )	1
Castanho		6		Negros (sem $PO_4^{3-}$ )	1
	Negros (com $PO_4^{3-}$ )	87	Azul	Azul ultramarino	1
Pretos e cinzentos	Negros (sem $PO_4^{3-}$ )	1			
	Alcatrão	1			
Azuis	Azul ultramarino	68	Azul acinzentado	Azul ultramarino + Negro (com $PO_4^{3-}$ )	2
Branco	Carbonato de cálcio	384			

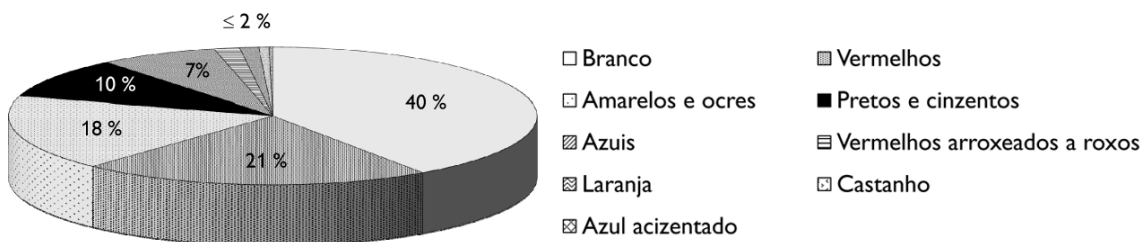


Fig. 1 Pigmentos identificados e a sua frequência nas caições a cores e nos barramentos coloridos.

## ■ ■ Identificação dos pigmentos

### ■ ■ ■ Pigmentos azuis

O azul ultramarino, um sulfossilicato de sódio e alumínio de fórmula geral  $\text{Na}_7\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_3$  [7], foi o único pigmento azul identificado nas 71 camadas cromáticas com esta tonalidade. Na Fig. 2 estão presentes oito exemplos da variedade de situações encontradas.

A observação ao microscópio das características físicas e propriedades ópticas das partículas cromóforas nas camadas cromáticas e a sua semelhança com as dos dois pigmentos azuis ultramarinos artificiais utilizados como referência (EVAG2 e VV3), corroboraram os resultados da análise microquímica e confirmaram a natureza artificial dos pigmentos utilizados.

Nas camadas cromáticas e nos pigmentos de referência, as partículas possuem, no geral, tamanhos inferiores a 2  $\mu\text{m}$ . Os tamanhos superiores parecem denunciar aglomerados que atingem 22 a 30  $\mu\text{m}$  de comprimento em algumas amostras. Com a ampliação de 220  $\times$ , os grãos mais finos apresentam formas quase esféricas enquanto os maiores são mais irregulares, ainda que com contornos arredondados (Fig. 3). Com nicóis paralelos, os cromóforos possuem uma coloração azul intensa. As partículas do azul ultramarino são isotrópicas ao contrário das de calcite e quartzo [7], intencionalmente adicionados como cargas nos dois pigmentos de referência (Fig. 3).

A utilização de azul ultramarino natural, em acabamentos exteriores de edificações, era pouco provável dada sua raridade e, em particular, o seu preço elevado [8-9]. Mesmo na amostra do barramento azul acinzentado

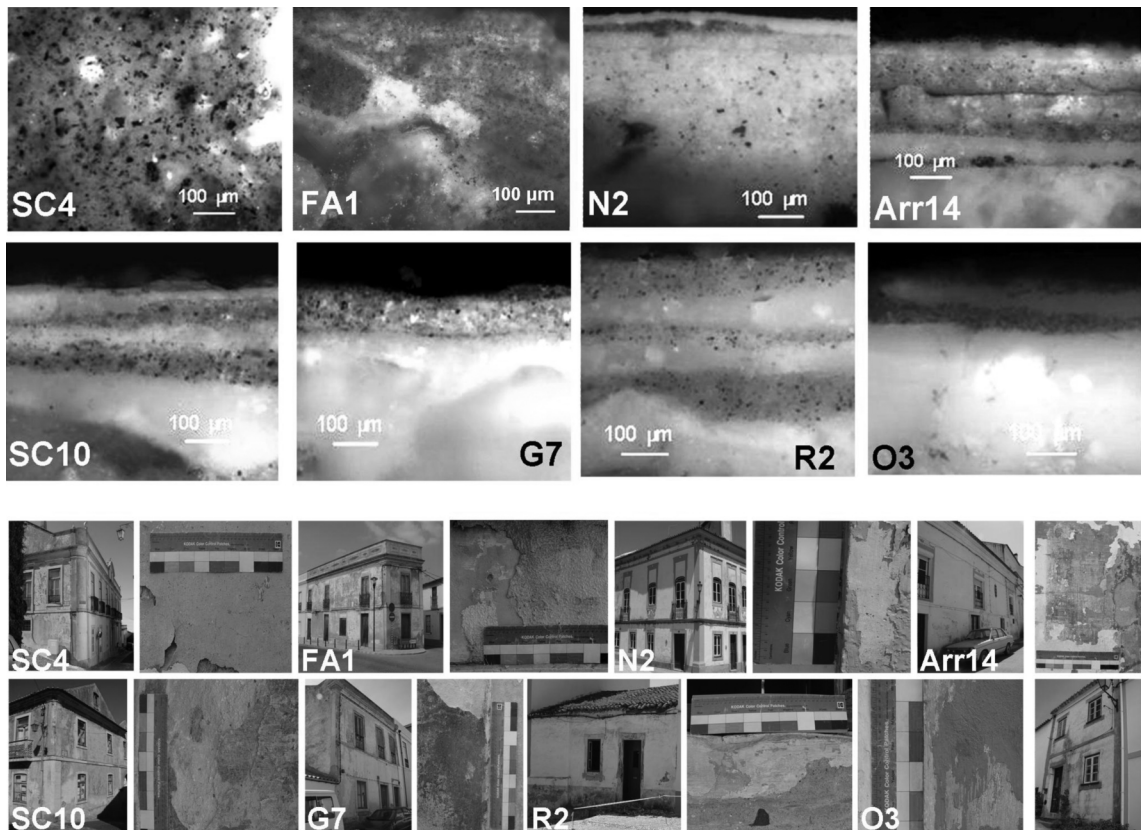


Fig. 2 Observação em luz reflectida de caixões e de barramentos localizados em Santiago do Cacém (SC4 e SC10), Grândola (G7), Ferreira do Alentejo (FA1), Odemira (O3), Redondo (R2), Arraiolos (Arr14) e Nisa (N2).



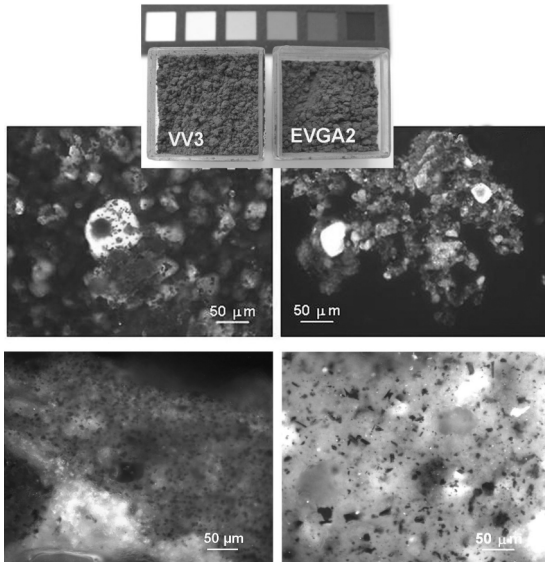


Fig. 3 Comparação entre as partículas dos azuis ultramarinos artificiais de referência (VV3 e EVAG2) e os existentes nas camadas cromáticas FA1 e SC4.

SC4, retirada do Palácio dos Condes de Avillez – construído, na segunda metade do século XIX, na cidade de Santiago do Cacém – os resultados obtidos por  $\mu\text{-FTIR}$  parecem apontar para a utilização de azul ultramarino artificial (Fig. 4).

A amostra do barramento SC4 foi comparada por FTIR com a caição FA1 e com os dois pigmentos azuis ultramarinos artificiais, adquiridos no comércio local (Figs.3 e 4). Como as amostras de camadas cromáticas são misturas complexas de vários materiais (em particular o barramento), os espectros apresentam várias distorções que, em parte, mascararam as bandas características do azul ultramarino entre  $1150$  e  $950\text{ cm}^{-1}$ , correspondentes a elongações Si-O-Si e Si-O-Al [10]. Em nenhuma das amostras foi detectada a banda a  $2340\text{ cm}^{-1}$  de elongação do ião sulfureto atribuída na literatura a alguns azuis ultramarinos naturais [3, 10].

As bandas associadas ao carbonato de cálcio estão patentes em FA1, aproximadamente a  $2512$ ,  $1795$ ,  $1506$ ,  $1313$ ,  $874$  e  $713\text{ cm}^{-1}$  e em SC4 a  $2513$ ,  $1796$ ,  $1425$ ,  $873$  e  $713\text{ cm}^{-1}$ .

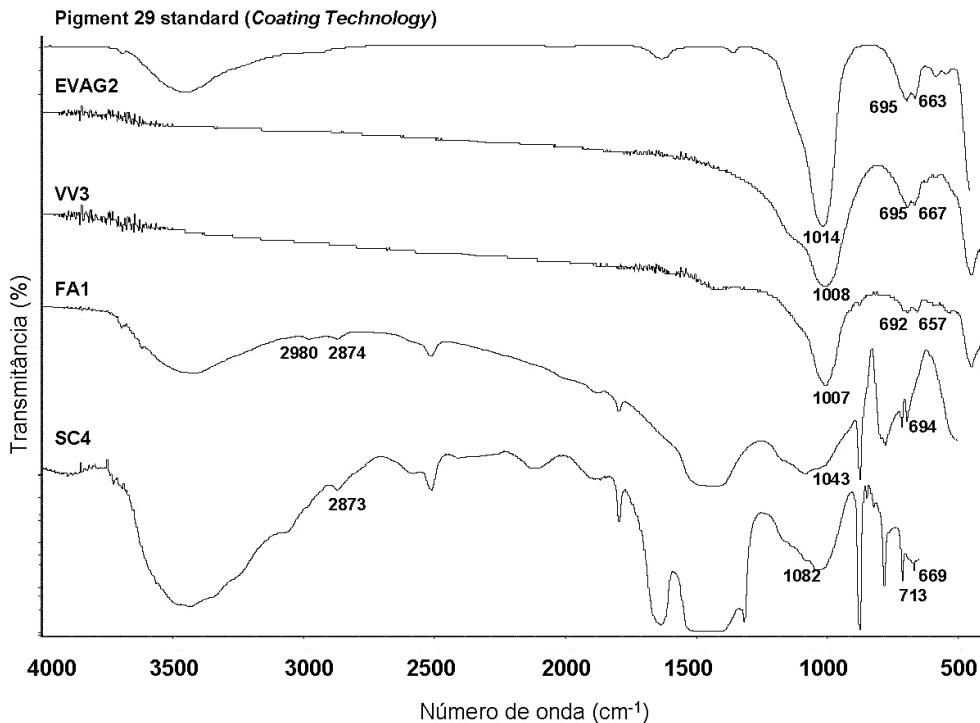


Fig. 4 Espectros de FTIR da amostra FA1 (caição) e SC4 (barramento corado). Comparação com os três azuis ultramarinos artificiais: VV3 e EVAG2 adquiridos no comércio local e o pigment blue 29 padrão da base Coatings Technology.

A caulinite e o quartzo provenientes muito possivelmente das areias utilizadas no barramento são identificados, respectivamente, pelas bandas de elongação O-H de fraca intensidade a  $\sim 3696$  e  $3618\text{ cm}^{-1}$  e pelas bandas de elongação Si-O-Si a  $\sim 1082\text{ cm}^{-1}$  (caulinite),  $778$  e  $694\text{ cm}^{-1}$  (quartzo). Por último, as bandas de vibração C-H a  $\sim 2873$ ,  $2874$  e  $2980\text{ cm}^{-1}$  parecem indicar a presença de matéria orgânica, em particular na caiação FA1. A adição de aditivos orgânicos nas caiações era uma prática recorrente, sobretudo nas que eram estendidas em todo o pano da fachada. No entanto, a fraca intensidade das bandas não permite chegar a conclusões acerca da sua natureza e, devido à localização deste revestimento no exterior, não se pode excluir a possibilidade de contaminações do meio envolvente.

Como referido atrás, das 950 camadas analisadas só 7 % são azuis e em todas foi identificado o azul ultramarino artificial. Estes resultados levantam várias questões em relação à popularidade da cor azul nesta região e à convicção popular do seu emprego ancestral e sua origem mediterrânica.

A síntese do azul ultramarino data de 1828, tendo começado a ser comercializado dois anos depois em França e pouco depois noutros países europeus (e.g. Alemanha, Inglaterra, Bélgica) e Estados Unidos [11]. Em Portugal, o pigmento azul ultramar consta da nova pauta alfandegária, promulgada por decreto em 1853 [12] e das listas de pigmentos importados entre 1879 e 1886 [13-21]. Este pigmento encontra-se também entre os artigos de drogaria publicados nas *Bases para Orçamento* de 1880 e 1896 [22, 23]. Se partirmos do princípio de que o azul ultramarino foi empregue desde então nos revestimentos de cal no Alentejo, a sua utilização pouco mais terá do que 100 anos. Mesmo o azul de cobalto, que não foi identificado nas amostras mas que é citado pela população e surge numa referência bibliográfica sobre as edificações em Serpa [24], é um pigmento recente cuja síntese data de 1802 [25].

Para tempos mais recuados, as únicas referências encontradas a matérias colorantes azuis nesta região respeitam ao “azul de Aljostrel” (1521) [26, 27], cuja composição ainda suscita muitas dúvidas, à azurite e ao esmalte (vidro de cobalto), identificados em pinturas murais artísticas [28, 29] e ao anil, um corante natural comercializado, pelo menos, desde 1285 na vila de Almodôvar [30]. A “laca azul”, mencionada nos manuais práticos de acabamentos e pinturas do final do século XIX

e início do século XX, era uma mistura de anil e cal empregue em têmperas e em pinturas a óleo [8, 31]. É possível que, ao longo dos séculos, o anil e outros corantes azuis (e.g. tornesol ou *lacca azul*, uma cor derivada de anilina) tenham também sido experimentados em caiações. No entanto deveriam constituir revestimentos de curta duração, visto serem materiais que se degradam facilmente quando expostos a condições atmosféricas adversas e à radiação ultravioleta [8, 9, 31].

## ■ ■ ■ Pigmentos pretos

Das 91 camadas pretas e cinzentas analisadas por microquímica, 88 revelaram possuir fosfatos na sua composição (Quadro 3). A sua presença é, normalmente, atribuível a negros de origem animal ( $\text{C} + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaCO}_3$ ) [32], mas os fosfatos, por serem um dos macronutrientes das plantas, também podem ocorrer em quantidades não vestigiais em cinzas de matéria vegetal.

No Alentejo, a utilização das cinzas das lareiras como pigmento foi uma prática corrente pela população de baixos recursos económicos [33-36]. Por isso, em amostras provenientes de habitações mais modestas, esta poderá constituir uma eventual fonte de fosfatos.

Por OM, para além de negros animais, foram detectados outros pigmentos pretos em várias amostras, devido à morfologia e ao tamanho diferenciados das suas partículas. Nas secções transversais da Fig. 5 encontram-se alguns exemplos, que indiciam a presença de negros de fumo (MoN1, Arro1 e A11), negros de fumo + negros de origem animal ou vegetal (AldC10 e G3) e, possivelmente, misturas de negros de origem vegetal e animal (Se3 e VdA4).

## ■ ■ ■ Negros de fumo

Os pigmentos negros de fumo são constituídos por partículas muito finas que se encontram normalmente abaixo dos limites de resolução dos microscópios ópticos [37]. Este parece ser o caso das amostras MoN1, Arro1 e A11 que apresentam uma camada uniforme acinzentada na qual os grãos de pigmento são praticamente imperceptíveis.

Os negros de fumo são pigmentos utilizados desde a Antiguidade, sobretudo, com técnicas a óleo. Menos comum, parece ter sido a sua utilização a têmpera e a

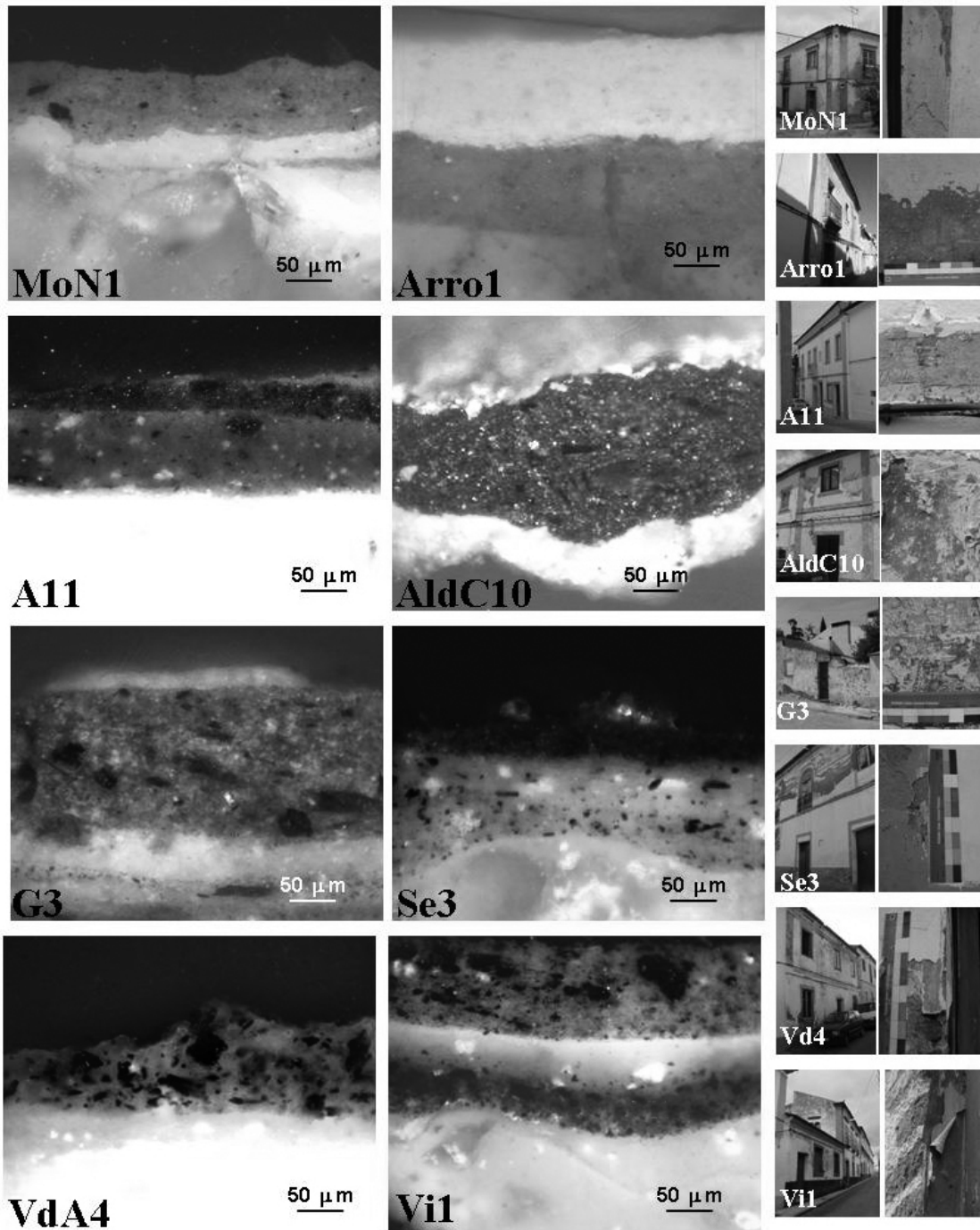


Fig. 5 Cortes estratigráficos de camadas pretas provenientes de Montemor-o-novo (MoN1, Arronches (Arro1), Aviz (A11), Alter do Chão (AdC10), Gavião (G3), Serpa (Se3), Viana do Alentejo (VdA4) e Vidigueira (Vi1).

fresco, talvez por dificilmente se dispersarem em água [37]. Em Portugal, são um dos pigmentos que entram em várias formulações de tintas a óleo, para a pintura de edificações, publicadas no final do século XIX e início do século XX [22, 23]. Apenas uma única referência foi encontrada relativamente ao seu emprego com cal, datada de 1896 [38].

No final do século XIX e até ao início do século XX, os negros de fumo eram vulgarmente apelidados na literatura técnica de “pós de sapatos” [8, 31, 38]. Pela tradição oral, sabe-se também que estes foram utilizados ao longo do século XX [39-42] nas caiações tradicionais na região do Alentejo, sendo apreciados pela sua cor ligeiramente acinzentada.

O pigmento pó de sapato é, hoje em dia, praticamente inexistente no mercado nacional, sucedendo que os óxidos de ferro sintéticos, desenvolvidos em meados do século XIX [43], quase exclusivamente constituídos por magnetite (exemplo do óxido de ferro da Fig. 6), dominam o comércio alentejano.

Segundo Luís Augusto Leitão (1896) [38, p.131], os negros de fumo eram obtidos por calcinação de substâncias resinosas e eram de “cor preta um pouco russa” quando de qualidade inferior. De acordo com Emílio dos Santos Segurado (1923) [8] e Carlos Alberto Correia (1931) [31], outros dois autores de manuais técnicos de acabamentos e pinturas das edificações do final do século XIX e início do XX, o pigmento era proveniente

do fumo de matérias (não especificadas) em ignição. Já recentemente, um dos droguistas da região em estudo identificou os ainda existentes “pós de sapato” como sendo óxidos de ferro preto sintéticos misturados com cargas (e.g. areias finas siliciosas, sulfato de bário ou carbonato de cálcio, caulino, etc.) – o que parece ser corroborado na amostra de referência simultaneamente pelo teor elevado em magnetite e pela granulometria inferior a 1µm das partículas pretas (Fig. 6).

■ ■ ■ ■ *Negros de origem animal e negros de origem vegetal*

Misturas entre negros de origem animal e negros de origem vegetal é a hipótese avançada para as camadas Se3 e Vd4 (Fig. 5). Estas amostras (tal como a quase totalidade das restantes) possuem fosfatos na sua composição, o que pode indicar a utilização conjunta destes dois tipos de pigmentos.

As partículas dos negros de origem animal ou vegetal distinguem-se facilmente das dos negros de fumo pela sua maior dimensão granulométrica (entre 5 a 40 µm) e pelas suas formas heterogéneas, como se pode observar nas camadas AldC10 e G3 (Figs. 5 e 7)

Derivados da carbonização de precursores sólidos, estes pigmentos mantêm muita da morfologia do material inicial [7]. Isto é particularmente visível nos negros vegetais (obtidos, por exemplo, por queima de madeiras,

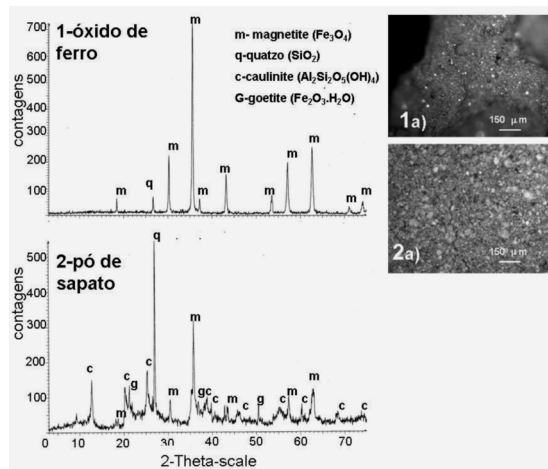


Fig. 6 Difractogramas de raios X das amostras de referência de óxido de ferro sintético (1) e de pó de sapato (2).

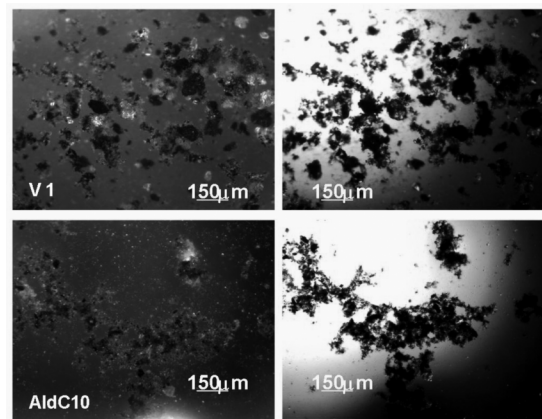


Fig. 7 Observação com luz reflectida (esquerda) e com luz transmitida (direita) das partículas dos pigmentos negros das camadas V1 e AldC4 após a extracção do ligante com uma solução de ácido acético a 10 %.

ramos de vinha e cascas de frutos), que apresentam partículas opacas de forma alongada e bordos angulosos semelhantes às presentes nas caliações Se3 e VdA4 e AldC10.

Os negros de origem animal são constituídos também por partículas opacas, mas de formato sobretudo globular, que se encontram misturadas com pequenas massas translúcidas de fraca birrefringência, cujas tonalidades variam entre o bege e o vermelho acastanhado (minerais de apatite) [37]. Algumas dessas estruturas são visíveis nas partículas da amostra Vi1, após a extracção do ligante (Fig. 7).

Misturas intencionais de vários pigmentos pretos eram praticadas pelos próprios fabricantes, frequentemente por razões económicas. Cite-se o caso de um certo *preto carvão, d'Anvers ou d'Alemanha* que, disponível no mercado internacional no final do século XIX e início do século XX, era produzido pela calcinação conjunta de diferentes pedaços de madeiras, ossos, marfins e carochos, sendo considerado um preto “pesado, granuloso, vulgar e barato” [8, p.44] mas com um poder de coloração superior aos negros de fumo.

Adultrações também eram correntes. Os negros de marfim, que pelo seu alto custo e raridade destinavam-se a “trabalhos de primeira ordem”, eram por vezes falsificados com negros animais mais baratos dando “em resultado um negro russo, de mau aspecto” [8, p.210].

As misturas deveriam também obviar algumas dificuldades técnicas e reacções adversas verificadas por alguns



Fig. 9 Utilização de alcatrão nos rodapés em Ferreira do Alentejo.

autores, ao longo dos séculos, entre os pigmentos negros de origem animal e a água ou o hidróxido de cálcio (dado o pigmento ser pouco miscível em água e ter tendência a amarelecer) [37]. É possível que muitos pintores e caiadores cientes deste facto fizessem igualmente estas combinações.

Ainda em termos de técnica, segundo os manuais técnicos de João Emílio dos Santos Segurado (1923) e Carlos Alberto Correia (1931), a “obtenção de tons cinzentos mais harmónicos” era alcançada pela adição de pigmentos vermelhos, amarelos e azuis. Esta poderá ser a razão pela qual várias amostras possuem também na

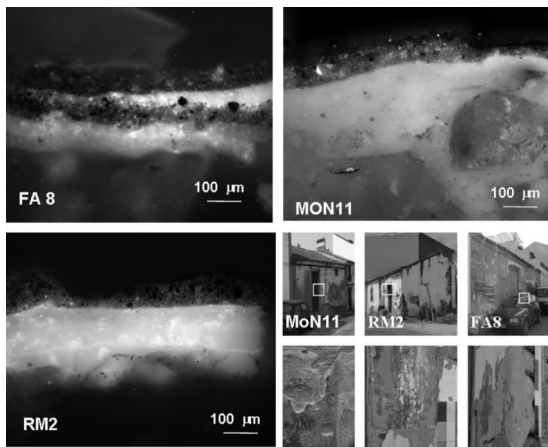


Fig. 8 Fig. 8: Três exemplos de caliações acinzentadas obtidas com misturas de pigmentos (vermelhos e amarelos à base de Fe (III) e azul ultramarino).

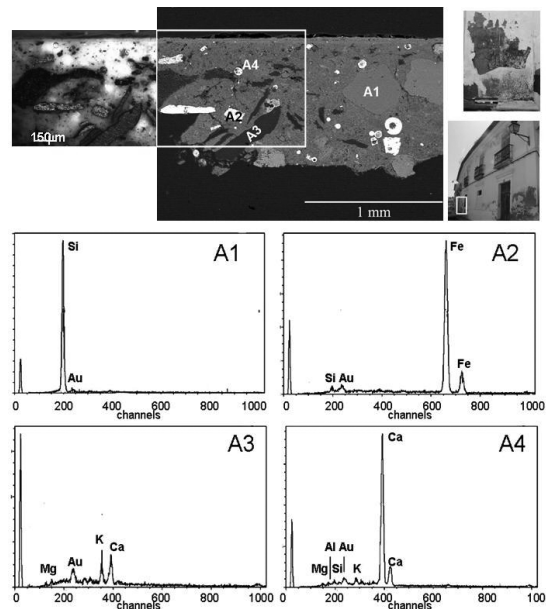


Fig. 10 Corte estratigráfico e análise por SEM-EDS do barramento cinzento.

sua composição óxidos e hidróxidos de ferro e partículas de azul ultramarino (Fig. 8).

■ ■ ■ ■ **Outros pigmentos pretos**

Na Vila da Vidigueira foi identificado alcatrão nos rodapés de um palacete, tendo sido localmente esclarecido ser este o material utilizado, particularmente, por uma

família abastada da região desde há cerca de 35 anos [44]. A razão da preferência é desconhecida, mas, tratando-se de uma substância betuminosa [45], é possível que tenha sido escolhida devido às suas propriedades hidrofugantes (Fig. 9).

Na cidade de Moura, a utilização de terras pretas foi confirmada pela análise, por SEM-EDS, de um barramento acinzentado a imitar pedra de cantaria (Mou5) (Fig. 10).

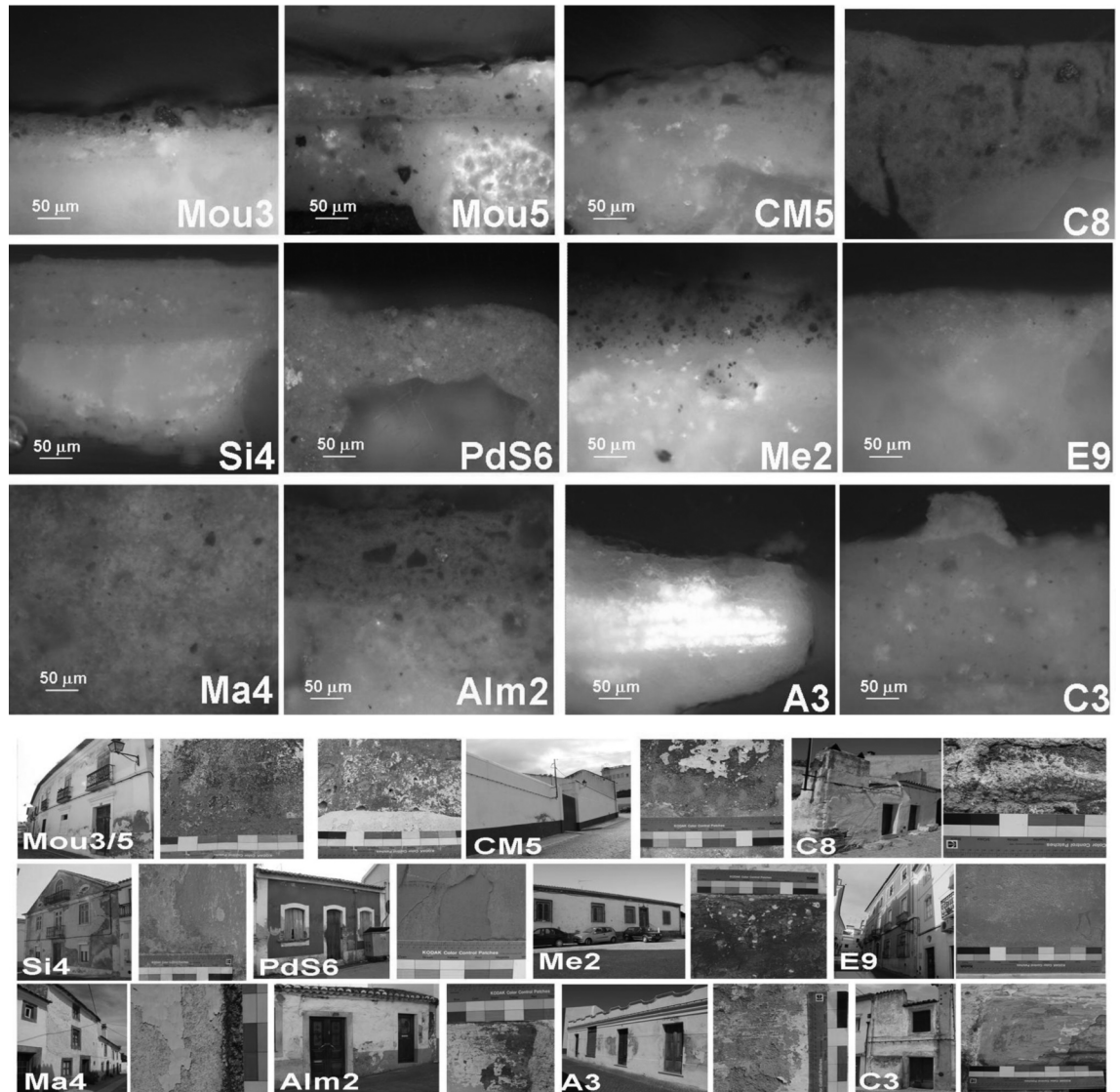


Fig. 11 Cortes estratigráficos de camadas vermelhas e amarelas. As amostras são provenientes de Mou3 (Moura), Me2 (Mértola), Alm2 (Almodôvar), A3 (Aljustrel), CM5 (Campo Maior); C3/C8 (Crato); PdS6 (Ponte de Sôr); E9 (Elvas), Ma4 (Marvão), Es4 (Estremoz) e Si4 (Sines). PdS6 é de um barramento.

As partículas de grandes dimensões (entre 40 e 439  $\mu\text{m}$ ) visíveis na secção transversal possuem reflexo metálico e acentuada birrefringência, sendo constituídas por ferro e magnésio (magnetite), potássio e alumínio (presentes em minerais de argila) e silício (quartzo) (Fig. 10). A presença destes elementos parece apontar para a utilização de xistos negros, que geologicamente estão presentes na região [46, 47].

Por último, é de mencionar a utilização das “cinzas” de carvão de pedra, libertada pelos foles de ferreiros, como pigmentos nas calações tradicionais desta região [48].

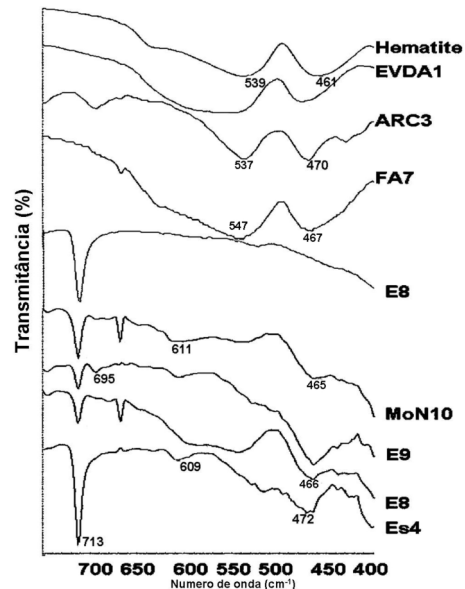
### ■ ■ ■ Pigmentos vermelhos e amarelos

As cores vermelhas e amarelas predominam na amostragem, tendo sido detectadas, respectivamente, em 195 e 162 das 950 camadas cromáticas analisadas. Em todas, os testes microquímicos revelaram a presença constante de ferro, o que indica que os pigmentos empregues foram terras coradas ou óxidos e hidróxidos de ferro que têm como principais cromóforos a hematite e a goetite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{FeO}(\text{OH})$ ) (Fig. 11). Também com base nestes minerais foram obtidas as tonalidades vermelhas arroxeadas, laranjas e castanhos detectadas em 41 amostras.

A identificação química foi corroborada por FTIR e por OM, embora só com estas técnicas de análise não tenha sido possível colocar hipóteses sobre a origem natural ou sintética dos pigmentos utilizados (Figs. 11 a 13). Pela importância que assumiram como materiais pictóricos nesta região durante o século XX, os pigmentos das camadas cromáticas vermelhas e amarelas são alvo de um estudo mais pormenorizado a desenvolver noutro artigo. De seguida, são apresentados os resultados relacionados com as tonalidades vermelhas arroxeadas e vermelhas acastanhadas. Detectadas em apenas 14 camadas, a sua análise é relevante pelas questões que levanta em termos de técnica e da sua possível relação com dois pigmentos arroxeados outrora disponíveis no mercado nacional – o roxo-rei e a terra roxa (ou roxo terra).

Ao contrário dos pigmentos amarelos, os vermelhos de uma forma geral não fazem parte da actual paleta de cores e frequentemente a utilização dos mesmos, nos alçados exteriores das edificações, está esquecida da própria lembrança das populações.

Os pigmentos – conhecidos na gíria popular por almárges, vermelhos metálicos ou óxidos vermelhos e as tona-



#### Bandas ( $\text{cm}^{-1}$ ) Atribuição

~713	Bandas de deformação C-O em carbonatos
~695, ~798	Banda de deformação (Si-O) (quartzo)
~539, ~461	Bandas de vibração hematite
~470	
~609 - 611	Bandas de vibração goetite

Fig. 12 Espectros de FTIR na região abaixo dos 700  $\text{cm}^{-1}$  das camadas cromáticas MoN10 (roxa), E9 (rosa), E8 (vermelho arroxeadado) e Es4 (vermelho alaranjado) e dos pigmentos de referência EVDA1 (óxido de ferro sintético), terra roxa (ARC3), roxo-rei (FA7) e almárga (E8).

lidades assim obtidas por vermelho sangue ou olho-de-boi – foram empregues em diferentes concentrações, puros ou combinados com azuis ultramarinos, amarelos à base de Fe (III) e negros de carbono (Figs. 11 e 13).

Algumas das camadas cromáticas vermelhas acastanhadas e vermelhas arroxeadas resultaram dessas combinações (AldC3 e Arr8, Fig. 13) feitas pelos pintores talvez com o intuito de imitar as cores obtidas com os pigmentos terra roxa ou, sobretudo, com as dos roxo-rei e terra de siena queimada que, no final do século XIX, custavam cerca do dobro dos outros pigmentos terra [22, 23]. Por droguistas locais, sabe-se que, todos estes pigmentos eram vendidos no Alentejo, tendo sido muito possivelmente utilizados nas calações MoN10 e E10 e no barramento A8 (Fig. 13).

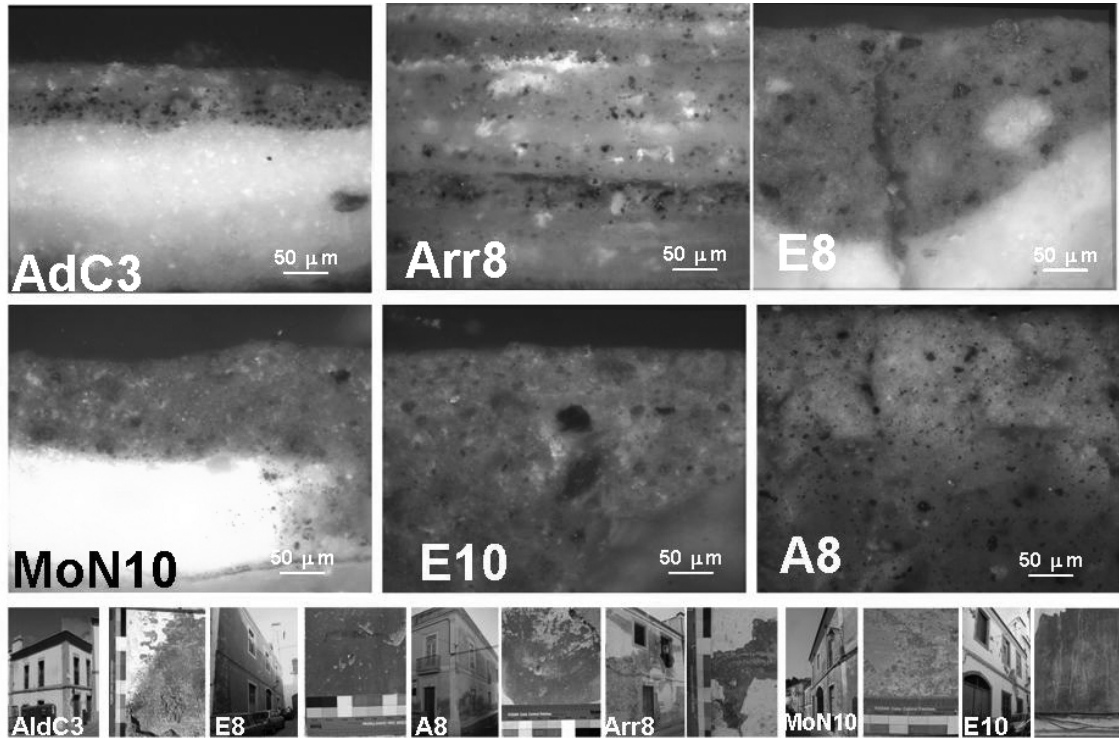


Fig. 13 Caições vermelhas arroxeadas e roxas. As amostras foram recolhidas em Alter do Chão (AdC3), Montemor-o-Novo (MoN10), Elvas (E8 e E10), Arraiolos (Arr8) e Aviz (A8). A última amostra é de um barramento corado.

A calcinação de ocres amarelos, de forma mais ou menos prolongada, era a origem apontada para os pigmentos terra roxa e roxo-rei nos manuais de acabamentos do final do século XIX e início do século XX [8, 9, 38]. Em 1896, segundo Luís Augusto Leitão (1896), o roxo-terra (ou terra roxa) “muito usado na pintura a fresco” [38, p.134] era considerado um almagre escuro de pior qualidade, facto que justificava o seu menor custo. Em relação ao roxo-rei, este autor não elucida acerca sua composição, dizendo simplesmente que era muito aplicado na pintura de aros, portas exteriores, rodapés e fingidos.

Qual seria então a diferença entre estes dois pigmentos? Os resultados da análise por XRD de duas amostras de referência permitem colocar a hipótese de que seria o teor mais elevado em hematite no roxo-rei, derivado de terras mais ricas neste mineral (depósitos ferríferos) ou por adição de óxidos de ferro sintéticos. (Fig. 14).

A utilização de terra roxa em pintura mural artística é já atestada em 1615 no tratado de pintura de Filipe

Nunes para a fabricação dos encarnados na pintura a fresco: “os encarnados fazem-se da mesma cal e almagra ou terra roxa” [49, p.47]. Em 1756, este pigmento também fez parte do rol de materiais adquiridos pelo mestre Pintor José Nunes para o “restauro” da pintura do retábulo da Igreja da Misericórdia em Almada [50]. A sua presença nas edificações alentejanas remonta, pelo menos, à primeira metade do século XIX para a pintura de portas, janelas e rótulas na Vila de Arraiolos [51].

A presença pontual de tonalidades vermelhas arroxeadas e, em particular, roxas nas amostras poderá estar relacionada com os preços dos pigmentos, o que justificaria a sua presença em edifícios apalaçados pertencentes a famílias mais abastadas. Também é possível que fosse simplesmente por uma questão de gosto, visto no ramo da construção civil as cores roxas nem sempre terem sido apreciadas para as pinturas monocromáticas das habitações. Neste contexto e embora a fonte não seja portuguesa vale a pena citar a opinião do pintor Paul Fleury (1903) [9, p. 48]:



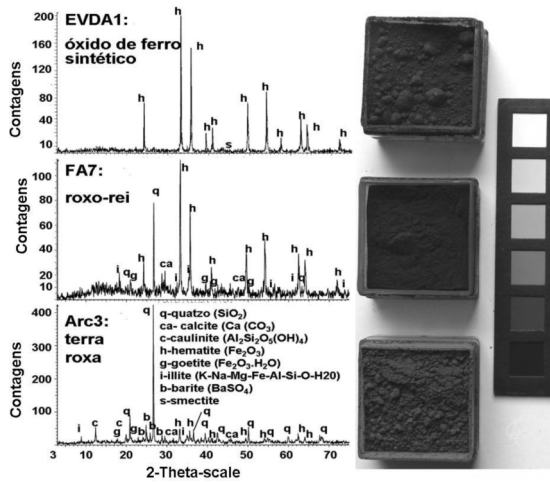


Fig. 14 Difractogramas de raios X dos pigmentos roxo-rei e terra roxa e sua comparação com o do óxido de ferro sintético.

(...) Isto explica-se pelo facto de não se executarem nunca tons, realmente roxos nos trabalhos de casas, porque dão uma nuance falsa a olho nú e d'aspecto frio. Admittem-se ainda assim alguns tons arrochados, mas nunca se leva longe a intensidade do tom. Na decoração, é diferente, e os roxos ainda que pouco usados, desempenham contudo um papel mais activo.

### ■ ■ ■ Pigmentos brancos

O carbonato de cálcio (ou crê) foi identificado em 384 das 950 camadas analisadas. Em 206 casos, as camadas onde surge constituem o estrato mais interno. Nestas camadas, quando os grãos de areia ou de outro tipo de agregado não são perceptíveis, é difícil perceber se se trata de um estrato de barramento ou de uma caição simples, com um traço enriquecido em cal.

### ■ ■ ■ Análise estratigráfica

As camadas de barramentos feitas só com pasta de cal ou com recurso a cargas finas (areias, pós de mármore, etc.) foram os suportes pictóricos mais comuns dos exteriores das edificações em Portugal [1]. Estas camadas regularizavam a superfície, tornando-a lisa, compacta e com uma coloração que, simultaneamente, eliminava

ou atenuava as eventuais tonalidades do reboco subjacente e servia de fundo para as cores a aplicar a seco ou a fresco. Nas amostras estudadas, esta foi a situação mais corrente, tendo a caição a cores sido aplicada sobre um estrato mais grosseiro de reboco em apenas 59 camadas (Fig. 15).

Camadas brancas também se encontram a separar caições a cores, de tonalidade igual ou diferente. Em várias amostras, contudo, as caições a cores vão-se sucedendo (Fig. 16). Nestes casos, nem sempre houve preocupação de aplicar um tom ligeiramente mais escuro para encobrir a cor da camada anterior (Arro1, Arro 9 e Od6, Fig. 16). Este detalhe técnico é particularmente importante em caições muito diluídas que deixam assim transparecer a tonalidade subjacente. Traços mais ricos em cal ou concentrações de pigmento mais elevadas aumentam o grau de cobertura de uma tinta, atenuando ou eliminando essa necessidade. Segundo as amostras, as duas últimas soluções parecem ter sido as mais praticadas.

A espessura das várias camadas varia, no geral, entre 40 e 100  $\mu\text{m}$ . Na mesma amostra verificam-se também variações, por vezes significativas (E8 e E10, Fig. 13). São menos frequentes as camadas com espessura acima dos 200  $\mu\text{m}$  (excepto nos barramentos) bem como as de espessura abaixo dos 20  $\mu\text{m}$ . Enquanto as maiores espessuras pressupõem a utilização de leites enriquecidos em cal ou, eventualmente, só pigmentos e pasta de cal (E10 e E8, Fig. 13; E5, Fig. 16), as mais finas parecem resultar da dispersão de pigmento em água de cal ou num leite de cal muito diluído (A1 e Arr11, Fig. 15). A esta categoria pertencem a maioria das pinturas decorativas analisadas, tendo sido algumas aplicadas a fresco (E6, Fig. 17). Também com as argamassas de suporte húmidas, ou num estado mais avançado de carbonatação (a *mezzo-fresco*), parecem ter sido efectuadas as pinturas em alguns edifícios (E9, Fig. 12; Arr3, Fig. 16; E7, Fig. 17). A contaminação, em menor ou maior extensão, da argamassa subjacente por partículas de pigmento assim o sugere (Fig. 17).

Como era esperado, a existência de várias camadas sobrepostas ocorre sobretudo nas amostras recolhidas em rodapés, cunhais e molduras de portas e janelas que, por serem áreas de cor menos extensas, podem mais facilmente ser renovadas. O contrário verifica-se nos edifícios com alçados totalmente revestidos por pintura ou com barramentos pigmentados. Nestes, as sobreposições existentes limitam-se a duas ou três camadas,

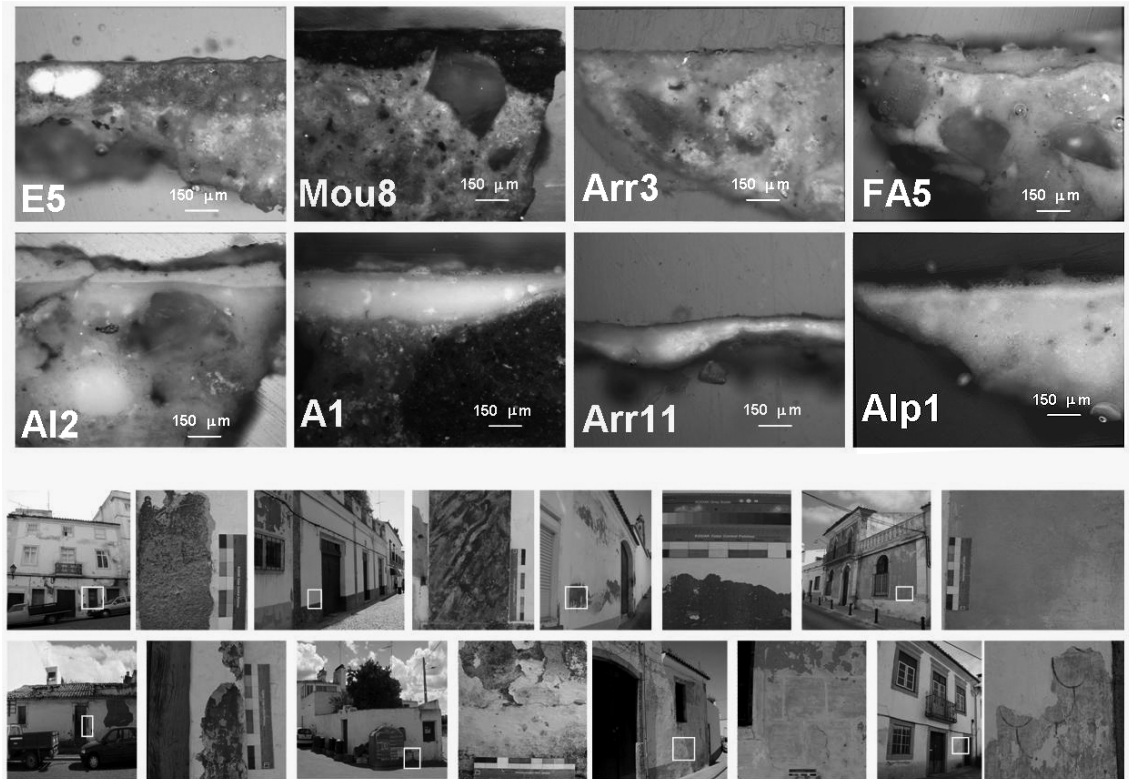


Fig. 15 Difractogramas de raios X dos pigmentos roxo-rei e terra roxa e sua comparação com o do óxido de ferro sintético.

sendo a última frequentemente já feita com uma tinta moderna. A maior parte das pinturas totais estudadas pertencem a edifícios apalaçados que se encontram desabitados, alguns há mais de 20 anos, tendo a camada mais antiga, segundo a vizinhança, entre 30 a 70 anos (SC10 e FA1, Fig. 2). No entanto, é possível que nalguns barramentos corados e pinturas que tenham sido realizadas a fresco ou a *mezzo-fresco*, a sua aplicação seja ainda anterior.

## Conclusão

O estudo químico dos pigmentos recolhidos nas fachadas de edifícios históricos permitiu apurar que a gama de tonalidades e suas nuances foram obtidas com um número restrito de pigmentos, com predomínio dos pigmentos vermelhos e amarelos à base de óxidos e hidróxidos de ferro. No caso dos amarelos, esta situação já

era esperada tendo em conta que o amarelo continua a ser uma das cores mais utilizadas na região do Alentejo. A actual popularidade do azul não se reflecte nas amostras, tendo o pigmento sido detectado somente em 7 % das camadas analisadas. O azul ultramarino artificial, um pigmento descoberto em 1828, foi o único pigmento identificado. Ao contrário dos azuis, o uso extensivo dos vermelhos é comprovado pelos vestígios encontrados em 43 dos 47 centros históricos visitados. Os pretos foram obtidos com negros de origem animal empregues isoladamente ou combinados com negros de fumo e negros de origem vegetal. Alguns cinzentos também parecem ter sido obtidos só com negro de fumo. Os pigmentos terra roxa e roxo-rei, também à base de óxidos e hidróxidos de ferro, podem estar na base das tonalidades vermelhos arroxeadas e roxos, pontualmente presentes em edifícios de grande porte.

Os pigmentos foram utilizados isoladamente ou em misturas. A utilização de traços de leite de cal mais ricos

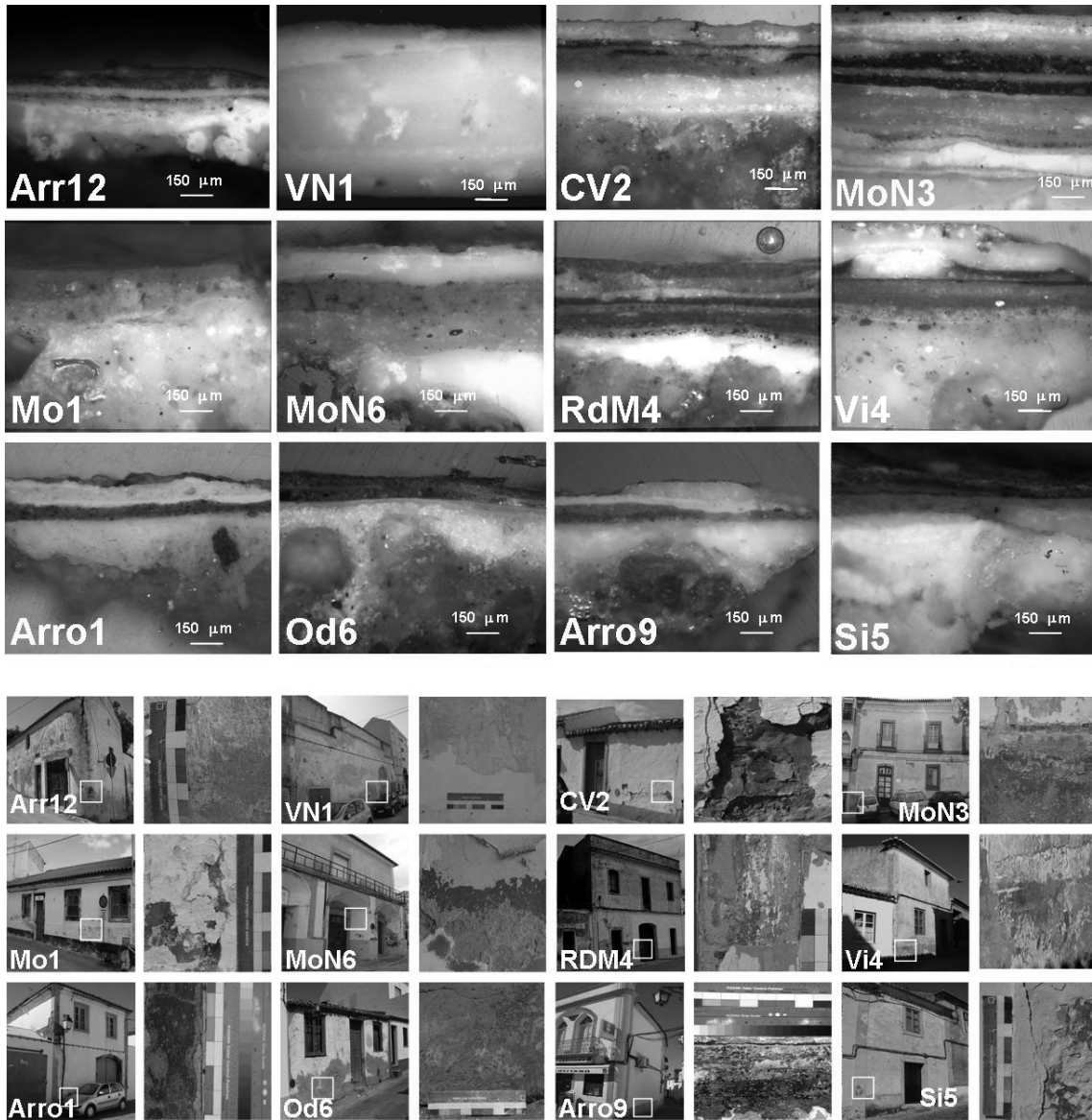


Fig. 16 Exemplos de camadas com diferentes tipos de sobreposições.

em cal e o recurso a concentrações mais elevadas de pigmentos parecem ter sido as soluções mais praticadas. Não parece ter sido comum o sistema de *velaturas*, ou seja, de sobreposições de camadas transparentes aplicadas com técnicas análogas às das aguarelas, como era tradicionalmente praticado em Itália [52].

No geral, as espessuras das camadas cromáticas variam entre os 40 a 100 µm.

A técnica do fresco ou do *mezzo-fresco* parece ter sido utilizada em algumas das decorações pintadas (por exemplo nos marmoreados) e pontualmente em revestimentos monocromáticos aplicados em todo o pano da fachada.

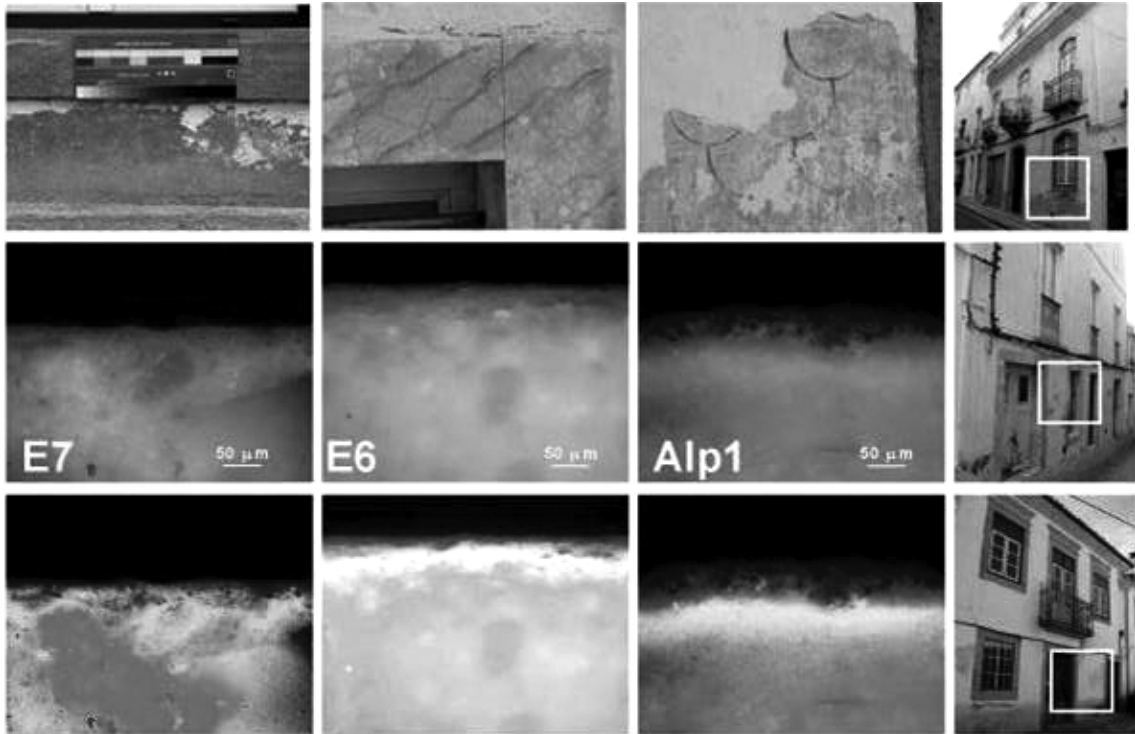


Fig. 17 Exemplos de aplicações sobre um suporte fresco ou mezzo-fresco (A6, E7) e já seco (Alp1). O aumento da luminosidade da cor da argamassa na zona de contacto com a camada cromática permite evidenciar a contaminação no barramento por partículas de pigmento em E6 e E7, que é inexistente em Alp1.

A análise estratigráfica revelou outros detalhes técnicos, tais como a presença maioritária no estrato mais interno de um barramento ou de uma caiação simples. Caciações simples também se encontram a separar camadas de tonalidade diferente ou igual. Em várias amostras, contudo, as caciações a cores sucedem-se com ou sem a preocupação de aplicar um tom, ligeiramente, mais escuro para encobrir a tonalidade da camada inferior.

### ■ Agradecimentos

Fundação para a Ciência e Tecnologia, pelo apoio financeiro prestado através de uma bolsa de Doutoramento (SFRH/BD/12632003), e Projecto POCI/HEC/59555/2004 integrado no Programa Ciência e Inovação 2010 (POCI2010) co-financiado pelo fundo comunitário FEDER.

### ■ Referências

- 1 Aguiar, J., *Cor e Cidade Histórica: Estudos cromáticos e conservação do património*, 2.ª impressão, FAUP publicações, Porto (2005).
- 2 Plasters, Joyce, 'Cross-sections and chemical analysis of paint samples', *Studies in Conservation* **2**(3) (1956) 134-155.
- 3 Ajò, D.; Casellato, U.; Fiorin, E.; Vigato, P.A., 'Ciro Ferri's frescoes: a study of painting materials and technique by SEM-EDS microscopy, X-ray diffraction, micro FTIR and photoluminescence spectroscopy', *Journal of Cultural Heritage* **5** (2004) 333-348.
- 4 Motimore, J. L.; Marshall, L. J.; Marshall, R.; Almond, M. J.; Hollins, Peter; Matthews, Wendy, 'Analysis of Red and Yellow ochre samples from Clearwell Caves and Çatahoyuk by vibrational spectroscopy and other techniques', *Spectrochimica Acta, Part A* **60** (2004) 1179-1188.
- 5 Genestar, C.; Pons, C., 'Earth pigments in paintings: characterisation and differentiation by means of FTI spectroscopy and SEM-EDS microanalysis', *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (2005) 382:269-274.
- 6 Bikiaris, D.; Danilia, S.; Sotiropoulou S.; Katsimbiri, O.; Pavlidou, E.; Moutsatsou, A. P.; Chryssoulakis, Y., 'Ochre-differentiation through micro-Raman and micro-FTIR spectrscopies: application on wall

- paintings at Meteora and Mount Athos, Greece', *Spectrochimica Acta, Part A* **56** (1999) 3-18.
- 7 Eastaugh, N.; Walsh, V.; Chaplin, T.; Siddal, R. L., *Pigment Compendium: Optical Microscopy of Historical Pigments*, Elsevier Butterworth-Heinemann, London (2004).
  - 8 Segurado, J. E. S., *Acabamentos das Construções, Estuques, Pinturas, etc.*, 2.ª edição, Bertrand, Lisboa (1923).
  - 9 Fleury, P., *Novo Tratado Usual da Pintura de Edifícios e Decoração*, H. Garnier, Livreiro editor, Rio de Janeiro (1903).
  - 10 Derrick, M. R.; Stulik, D.; Landry, J. M., *Infrared Spectroscopy in Conservation Science*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (1999).
  - 11 *Artist's pigments, A Handbook of Their History and Characteristics. Volume 2*, ed. Roy Ashok, Oxford University Press, Oxford (1993).
  - 12 *Collecção Oficial da legislação Portuguesa, Anno de 1852*, Imprensa Nacional, Lisboa (1853).
  - 13 *Estatística Geral do Commercio de Portugal com as suas Possessões Ultramarinas e as Nações Estrangeiras Durante o Ano Civil de 1879*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1881).
  - 14 *Estatística Geral do Commercio de Portugal com as suas Possessões Ultramarinas e as Nações Estrangeiras Durante o Ano Civil de 1880*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1881).
  - 15 *Estatística Geral do Commercio de Portugal com as Possessões Ultramarinas e as Nações Estrangeiras Durante o Ano Civil de 1881*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1884).
  - 16 *Estatística Geral do Commercio de Portugal com as suas Possessões Ultramarinas e as Nações Estrangeiras Durante o Ano Civil de 1882*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1885).
  - 17 *Estatística de Portugal Commercio do Continente do Reino e Ilhas Adjacentes com Países Estrangeiros e com as Provinzas Portuguesas do Ultramar. Anno de 1883 a 1885*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1887).
  - 18 *Estatística de Portugal Commercio do Continente do Reino e Ilhas Adjacentes com Países Estrangeiros e com as Provinzas Portuguesas do Ultramar. Anno de 1886*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1887).
  - 19 *Estatística de Portugal Commercio do Continente do Reino e Ilhas Adjacentes com Países Estrangeiros e com as Provinzas Portuguesas do Ultramar. Anno de 1887*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1888).
  - 20 *Estatística de Portugal Commercio do Continente do Reino e Ilhas Adjacentes com Países Estrangeiros e com as Provinzas Portuguesas do Ultramar. Anno de 1888*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1889).
  - 21 *Estatística de Portugal Commercio do Continente do Reino e Ilhas Adjacentes com Países Estrangeiros e com as Provinzas Portuguesas do Ultramar. Anno de 1888*, Ministério da Fazenda, Imprensa Nacional, Lisboa (1891).
  - 22 Cohen, D. X., *Bases Para Orçamentos, Seguidas d' uma Serie de Preços, Muito Completa, dos Jornaes e Materiaes em Lisboa, de um Caderno Geral de Encargos, e de Differentes Posturas Municipas, Decretos e Portarias Sobre Construções e Empreitadas*, Typographia de Gutierrez, Lisboa (1880).
  - 23 Cohen, D. X. *Bases para Orçamentos Seguidas d' uma Serie de Preços, Muito Completa, dos Jornaes e Materiaes em Lisboa, de um Caderno Geral de Encargos, e de Differentes Posturas Municipais, Decretos e Portarias Sobre Construções e Empreitadas*, José António Rodrigues Editor, Lisboa (1896).
  - 24 *Casa Tradicional Portuguesa*, Cadernos EPDRS, Serpa (2000).
  - 25 Cruz, A. J., 'Os pigmentos naturais utilizados em pintura', in *Pigmentos & Corantes*, ed. A. S. Dias, A. E. Candeias, Edições Molina, Évora (2007) 5-23.
  - 26 Martins, A.; Alves, H.; Costa, T., *2000 Anos de Mineração em Aljustrel. Exposição do Museu Municipal de Arqueologia de Aljustrel, Aljustrel Maio de 2002. Julho 2003*. Câmara Municipal de Aljustrel, Aljustrel (2003).
  - 27 Monteiro, P.; Afonso, L. U., 'Fontes para o Estudo dos pigmentos na tratadística portuguesa: da Idade Média a 1885', *Artis*, **6** (2007) 161-186.
  - 28 Gil, M.; Carvalho, M. L.; Seruya, A.; Ribeiro, I.; Alves, P.; Guilherme, A.; Cavaco, A.; Mirão, J.; Candeias, A., 'Pigment characterization and state of conservation of an 18th century fresco in the Convento of S. António dos Capuchos (Estremoz)', *X-Ray Spectrometry* **37** (2008) 328-337.
  - 29 Valadas, S., 'Estudo material dos frescos da Igreja da Misericórdia de Odemira', dissertação de Mestrado, Universidade de Évora (2007).
  - 30 Coelho, J. M. A., *Foral de Almodôvar*, Câmara Municipal de Almodôvar, Almodôvar (2004).
  - 31 Correia, C. A., *Pinturas e Fingidos*, Livraria Editora, Lisboa (1931).
  - 32 Rutherford, J. G.; Stout, G. L., *Paintings Materials: A Short Encyclopaedia*, New York, Dover (1966).
  - 33 Antónia Prol, habitante da aldeia de Mina do Bugalho, Alandroal, informação pessoal (12-08-2004).
  - 34 Maria Valeiro, habitante da aldeia de Mina do Bugalho, Alandroal, informação pessoal (12-08-2004).
  - 35 Augusta Cuco, habitante da aldeia de Mina do Bugalho, Alandroal, informação pessoal (12-08-2004).
  - 36 Cacilda Cuco Cardoso, habitante da aldeia de Mina do Bugalho, Alandroal, informação pessoal (12-08-2004).
  - 37 Marinelly, A. M.; Provenciali, B.; Poggi, D.; Santameria, U., 'Historie de la fabrication et l'emploi des pigments noirs à base de carbone produits artificiellement', in *Couleur & Temps*, Editions SFIC, Paris (2006) 104-106.
  - 38 Leitão, L. A., *Curso Elementar de Construções*, Imprensa Nacional, Lisboa (1896).
  - 39 Virgolino Bandeira Prol, antigo pintor da construção civil, Estremoz, informação pessoal (23-08-2004).
  - 40 José Serra, antigo caiador, Sousel, informação pessoal (18-01-2005).
  - 41 "Malé", antigo pintor da construção civil, Évora, informação pessoal (23-07-2007).
  - 42 Rui, droguista de Aviz, informação pessoal (25-01-2005).

- 43 Cornell, R. M.; Schwertmann, U., *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses*, 2<sup>nd</sup> edition, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co, Weinheim (2003).
- 44 Rosa Prol, Arquivo e Divisão de Obras da Câmara Municipal da Vidigueira, informação pessoal (19-10-2004).
- 45 Harley, R. D., *Artists' Pigments. c. 1600-1835*, Butterworth, London (1970).
- 46 Mira, P., 'Contributo para a conservação do Património urbano de Moura: Análise morfo-tipológica e da imagem urbana no espaço intramuros do Castelo e no bairro da Mouraria', dissertação de mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico, Universidade de Évora (1999).
- 47 Costa, A. T. M., 'Modelação matemática dos recurso hídricos e subterrâneos da região de Moura', tese de doutoramento, Instituto Superior Técnico (2008). Disponível em [http://e-geo.ineti.pt/edicoes\\_online/teses/augusto\\_costa/default.htm](http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/teses/augusto_costa/default.htm).
- 48 Maria Manuela Prol, habitante da vila de Gavião, informação pessoal (10-05-2006).
- 49 Cruz, A. J., 'Pigmentos e corantes das obras de arte em Portugal, no início do séc. XVII, segundo o tratado de Pintura de Filipe Nunes', *Conservar Património* 6 (2007) 39-49.
- 50 Serrão, V., 'Renovar, repintar e retocar: estratégias do pintor-restaurador em Portugal desde o século XVI', *Conservar Património* 3-4 (2006) 53-71.
- 51 Rivara, J. H. C., *Memórias da Villa de Arraiolos, Parte II*, 2.<sup>a</sup> edição, Câmara Municipal de Arraiolos, Arraiolos (1999).
- 52 Scarzella, P.; Natale, P., *Terre Coloranti Naturali e Tinte Murali a Base di Terre*, Stamperia Artistica Nazionale, Torino (1989).

Recebido: 13 de Novembro de 2008

Versão revista: 6 de Janeiro de 2010

Aceite: 7 de Janeiro de 2010

# Interpreting chemistry and technology of lime binders and implementing it in the conservation field

## *Interpretação da química e da tecnologia de ligantes à base de cal e sua implementação no campo da conservação*

Georgia Zacharopoulou  
Civil & Structural Engineer, M.A., PhD  
Ephorate of Modern Monuments of Central Macedonia, Greek Ministry of Culture  
Mouson 89, 54634 Thessaloniki, Greece  
Tel. & fax: 0030 2310 215680  
E-mail: gzachar.heritage@gmail.com

### **Abstract**

The objective of the paper is the compilation, review and dissemination of updated scientific knowledge on lime theory and technology in the field of heritage conservation. The strong evidence of the last decade's research on the positive effect of the - not demonstrable by a chemical equation - 'key' missing link of the maturation process is highlighted. It is demonstrated that the exceptional performance characteristics of durable lime based mortars predominately rely on the capacity for rapid, efficient and extensive carbonation of the air-hardening phase of limes, in particular when matured (nanoparticle wet slaked) lime putties are used; and on the chemical and mechanical stability of the strength components (principally CSHs) of the hydraulic phase of limes, which is higher in their more crystalline forms of historical lime-pozzolan mixtures than in their amorphous forms of modern cements. Hence, physicochemical adhesion and cohesion bonds both at the lime matrix and at the binder/aggregate interfaces are ensured imparting minimization of cracks and durability to lime based mortars and historic masonries. The comprehensive documentation of the former leads to optimal materials and procedures to preserve our cultural heritage.

### **Keywords**

Maturation; Lime putty; Lime mortar; Strength components; Structural stability.

### **Resumo**

O objectivo do presente artigo é a compilação, revisão e disseminação do actual conhecimento científico sobre teoria e tecnologia da cal no campo da conservação do património. Com base na investigação da última década, são destacados os fortes indícios do efeito positivo - não demonstrável por equação química - do elo perdido 'chave', o processo de maturação. É demonstrado que as excepcionais características de desempenho das argamassas à base de cal mais duráveis dependem predominantemente das suas capacidades para uma rápida, eficiente e extensa carbonatação da fase de presa aérea da cal, em particular quando é usada cal em pasta com maior tempo de maturação (extinção húmida ao nível das nanopartículas); e da estabilidade química e mecânica dos componentes de resistência (principalmente silicatos de cálcio hidratados (CSHs)) da fase hidráulica da cal, que é mais elevada nas formas mais cristalinas das misturas históricas de cal e pozolana do que nas formas amorfas dos cimentos modernos. Deste modo são asseguradas as ligações físico-químicas por adesão e por coesão, quer na matriz de cal, quer nas interfaces ligante/agregado, conferindo minimização de fissuras e durabilidade a argamassas à base de cal e alvenarias históricas. Uma abrangente documentação destes processos permitirá a obtenção de materiais e procedimentos progressivamente mais adequados à preservação do nosso património cultural.

### **Palavras-chave**

Maturação; Cal em pasta; Argamassa de cal; Componentes de resistência; Estabilidade estrutural.

## Abbreviations of cement chemistry

Silica/SiO<sub>2</sub>/S

Alumina/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/A

Di-calcium silicate/2CaO·SiO<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>S

Tri-calcium silicate/3CaO·SiO<sub>2</sub>/C<sub>3</sub>S

Tri-calcium aluminate/3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/C<sub>3</sub>A

Calcium silicate hydrate/CaO·SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O/CSH

Calcium aluminate hydrate/CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O/CAH

## ■ Introduction

Lime has indisputably been documented as the diachronic building binder [1-14]. Knowledge on building limes and lime based mortars evolved gradually over many centuries. The process of development was mostly experienced empirically and was incorporated in representative texts before [15-18], during [19-22] or after the development of hydraulic binders [23-34].

It is assumed that the meticulous study of these papers could provide supportive information on traditional raw materials, productive processes, selection criteria, recipes and working techniques and would contribute positively to the success of current conservation practices. However, information derived from the past literature presents implications arising either from the incomplete descriptions of old mortar mixtures and application techniques or from misleading instructions (apparently because early practitioners were not aware of the significance of a certain ingredient or technique in the performance of a mortar) or even from the more or less intuitive desire to preserve the secrets of their workmanship [35, 36]. Similarly, the unravelling of the history of lime through countless laboratory analysis of the surviving lime based mortars is very complicated [37], since all the applied techniques present some inherent inadequacies and limitations [38]. Detailed information, specifically on the methodologies used for mortar characterisation, can be found in published reviews [35-36, 39-42]. While acknowledging the value of both documentary [15-34] and analytical investigations into the question of the lime manufacture and performance, certain complications, though, have been multi-underlined [43-45].

It is imperative, thus, that building limes' processes understanding [10, 46] is regularly reviewed, reevaluated

and disseminated in current conservation practice, in a simplified as possible a way. In this frame, the present paper focuses on the effect of the lime binders' performance characteristics, since there is a general consensus on the influence of crucial parameters, such as the aggregate selection, their gradation, the binder/aggregate (B/A) and the water/binder (w/b) ratios.

## ■ Chemistry and technology of building limes processes

### ■ ■ Raw materials

Limestones (natural, plentiful, renewable local resources) can be classified into various groups; the updated classification of Table 1 both satisfies the conservation requirements and corresponds to European standard EN 459 'Building lime' by correlating the main types of limestones, which have been historically used for the production of building limes, with the chemical and mechanical characteristics of the produced quicklimes and hydrated limes [46-48].

### ■ ■ Calcination

The maximum dissociation temperature of CaCO<sub>3</sub> (898 °C) stated by Johnston (1910) and Mitchell (1923), and of MgCO<sub>3</sub> (725 °C) concluded by Linzell (1926) are still generally accepted [34, p.160]. Depending on the characteristics of the original limestones and on kiln type, key calcination factors – such as maximum temperature, rate of heating and retention time of calcination – present a certain degree of flexibility and only through experimentation can be optimized in order to produce highly reactive quicklimes [34, 49]. It is empirically and scientifically proved that the best, most reactive quicklimes are formed at *mild* production conditions approved historically by wood firing [49, p.43], i.e. if lime is *softly* burnt at low temperatures (900-1000 °C) [49, p.122; 50, p.205; 51] giving special attention to slow preheating rates [49, p.122; 52].

Table 2 demonstrates the chemical reactions during the calcination of pure and high calcium limestones (case A: 1), and of magnesian (dolomitic) limestones (case B: 1) that produce CaO (or CaO·MgO) after the



Table 1 Classification of limestones and relevant types of building limes.

RAW MATERIAL		Chemical Characteristics	QUICKLIME	Mechanical Characteristics (historic mortars)	Current classification according to EN 459:2001 [47] rev. 2010	
PURE LIMESTONES	pure calcium limestones	content 98-99% CaCO <sub>3</sub>	Calcium quicklime	fat lime hydrate (content MgO < 5%)	<b>air-hardening calcium type CL90</b> in the forms of putty/dry	
	EN459 classification of air-hardening building limes according to their CaO+MgO content	high calcium limestones	(very reactive if produced under mild conditions)	$f_c^1 = 0.3-0.7 \text{ N/mm}^2$ (B/A: 1/3, 28 d.)	<b>air-hardening calcium types CL80, CL70</b> in the forms of putty/dry	
	magnesian/dolomitic limestones	content >54% CaCO <sub>3</sub> and 5-35 %MgCO <sub>3</sub> / 35-46 %MgCO <sub>3</sub> <sup>2</sup>	magnesian/dolomitic quicklime	lean lime hydrate (content MgO > 5%) $f_c = 0.3-1.3 \text{ N/mm}^2$ (B/A: 1/3, 28 d.)	<b>air-hardening dolomitic types DL90, DL85, DL80</b> in the forms of putty/dry	
LIMESTONES WITH IMPURITIES <sup>3</sup>	high calcium limestones or magnesian/dolomitic limestones	content 5-12% active aluminosilicate impurities	Slightly (feebly) hydraulic 0.1 < I < 0.16 0.30 < C.I. < 0.50	hardening time 15-20 days $f_c = 0.7-2.0 \text{ N/mm}^2$ (B/A: 1/3, 28 d.)	<b>natural hydraulic type NHL2</b> , 2-7 N/mm <sup>2</sup> in dry form	
		content 12-18% active aluminosilicate impurities	moderately hydraulic 0.16 < I < 0.31 0.50 < C.I. < 0.70	hardening time 5-15 days $f_c = 2.0-5.0 \text{ N/mm}^2$ (B/A: 1/3, 28 d.)	<b>natural hydraulic types with no additives NHL3.5</b> , 3.5-10 N/mm <sup>2</sup> <b>NHL5</b> , 5-15 N/mm <sup>2</sup> only in dry form	
	EN459 classification of hydraulic building limes according to 28 days compressive strength (f <sub>c</sub> )	with	content 18-25% active aluminosilicate impurities	eminently hydraulic 0.42 < I < 0.50 0.70 < C.I. < 1.10	hardening time $\sigma_c$ : 1-4 days $f_c = 5-10 \text{ N/mm}^2$ (B/A: 1/3, 28 d.)	<b>modern natural hydraulic types with additives</b> (hydraulic and/or pozzolanic) (compulsory declaration of contents) <b>NHL-Z2, NHL-Z3.5, NHL-Z5</b> (currently under revision as <b>FL</b> -formulated limes)
		aluminosilicate impurities				<b>or artificial hydraulic HL2, HL3.5, HL5 with additives</b> (not compulsory declaration of contents)  <b>or furthermore types of cements</b> only in dry form

<sup>1</sup> According to EN 459-1: 2001 'Building lime',  $f_c$  = mean values of the 28 day compressive strength in N/mm<sup>2</sup>, for binder/aggregate ratio (B/A): (1/3).

<sup>2</sup> Classification according to ANSI/ASTM C51-71:1976. The higher percentage of MgCO<sub>3</sub> (35,46% MgCO<sub>3</sub>) states that the raw material is not suitable for lime production, except for special purposes.

<sup>3</sup> L.J. Vicat was the first who classified the limestones with impurities based on their active silicates and aluminates content; Hydraulic Index,  $I = [\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + (\%Fe_2O_3)] / [\%CaO + \%MgO]$ . He also proposed simple methods of testing their hydraulicity and recommended the correct use of each type [20]. In 1920's, a modified but more accurate classification of hydraulic lime types was developed by inserting suitable gravitation coefficients for each component [20, 24, 28, 33] – the Cementation Index, C.I. =  $[(2.8) \times \%SiO_2 + (1.1) \times \%Al_2O_3 + (0.7) \times \%Fe_2O_3] / [\%CaO + (1.4) \times \%MgO]$  [29, 33]. Natural cements have  $1.1 < C.I. < 1.7$ , hardening time 15min, 2h and compressive strength  $f_c > 10 \text{ N/mm}^2$  (for B/A: 1/3, 28d.). The above indexes incorrectly suggest that the oxides are all active, for this reason more accurate calculations of C.I. are currently proposed. The new EN 459-1: 2001 'Building lime' adopts the classification according to 28 days compressive strength, e.g. for NHL 2, NHL 3.5, NHL 5 ( $f_c$ ): 2,7, 3,5, 10 and 5,15 N/mm<sup>2</sup> respectively [46, p. 7] and according to their CaO+MgO content for the air-hardening types.

decomposition of the carbonates i.e. air-hardening quick-limes (CL - calcium or DL - dolomitic types).

The calcination of limestones with impurities (natural or artificially introduced, case D: 1) produces hydraulic binders with varying degrees of reactivity (Table 1: slightly, moderately or eminently hydraulic) related to the amount of silica and alumina included in the original impure limestone (NHL types) or added (HL types) [47]. During the burning process an amount of lime reacts with the silica and the alumina and anhydrous calcium silicates and aluminates are formed (mineral hydraulic phases). NHL types of limes do not contain any other additives, while NHL-Z – *currently under revision as FL-formulated lime* – and HL types may include further hydraulic and/or pozzolanic material (Table 1) [47, 48].

The reactive phases of hydraulic limes and early portland cements – where maximum temperature was kept below 1250 °C and thus clinker by sintering could not be produced – were principally unbound CaO (air-hardening phase) and silicates and aluminates (hydraulic phase). It is argued [34, 53-56] that the hydraulic properties of hydraulic limes can be mostly attributed to the di-calcium silicate (belite  $C_2S$ ) and in some degree to the tri-calcium aluminate ( $C_3A$ ).

In comparison, the predominant reactive component of modern cements (case E: 1) is the tri-calcium silicate (alite  $C_3S$ ), which is responsible for their more rapid hardening and higher ultimate strengths.

## ■ ■ Hydration

The term hydration is a chemical term which, in the current context, generally expresses the chemical reaction with water of both the air-hardening and the potential hydraulic phases of a binder. For limes with hydraulic components, the second phase of this reaction is directly connected to the strength development process.

The term slaking (wet or dry) is a technological term that describes the process (by hand or mechanical means) of hydration of both the air-hardening and hydraulic limes with no connection to the strength development mechanism. It mainly matches to wet slaking process of air-hardening limes. Historically, natural and artificial hydraulic limes are mainly produced with reduction to powder by dry slaking - aiming to hydrate only their unbound phases ( $CaO$  or  $CaO \cdot MgO$ ) - with or

without grinding [47; 49, p.22]. Cements, apparently, cannot be slaked and they are available in the market after grinding.

The hydration of pure quicklimes that produce (by wet or dry slaking) air hardening hydrated limes is demonstrated in Table 2. In case A: 2.1, high calcium quicklime, which is very reactive (if evenly burnt at low temperature, as previously analyzed), reacts violently with water to form calcium hydroxide  $Ca(OH)_2$ .

In case B: 2.1, dolomitic quicklimes slake very slowly and they can fully hydrate only under pressure (sub case (a), where  $MgO$  is often hard burned) or the component of magnesium oxide may not slake at all (sub case (b), where  $MgO$  is almost dead burned) [49, p.122]. A probable late slaking of the  $MgO$ , however, may develop detrimental expansion and loss of bond in mortars [34, 50].

The hydration of natural or artificial hydraulic quicklimes that produce (by dry slaking process) hydraulic hydrated limes occurs more slowly and less vigorously. The hydration of their two different phases (air-hardening and hydraulic) does not occur simultaneously; firstly, during the dry slaking, only the  $CaO$  (or  $CaO \cdot MgO$ ) slakes/hydrates (case D: 2.1), while during the second step, the aluminosilicates (the hydraulic phases) react with water, and hydrated calcium silicates and aluminates (CSH & CAH) are produced (and also an amount of portlandite  $Ca(OH)_2$  as a soluble by-product of the hydration process), through a complicated chemical mechanism (case D: 2.2) similar to the hardening of portland cement (case E: 2.2) [34, 37, 54-56].

In-between, case C (Table 2) describes a major technological achievement, where traditional local pozzolans (natural or artificial sources of amorphous silica and alumina) are simply added to air-hardening local limes (together with aggregates, water or admixtures) to manufacture the first type of hydraulic mortar in human history *at room temperature*.

It is well-known that wet slaking favours the colloidal rather than the crystallised character of the produced hydrated limes by altering their particle size distribution [37, 49, 56-59]. The implication of such a difference (colloidal versus crystallised) is related to the irreplaceable properties of the wet slaked limes such as plasticity, workability, high water retentiveness, high sand carrying capacity and high reactivity [34, 56]. Despite the guidance of old texts and centuries of experience, in current

Table 2 Chemistry and technology of building limes and lime based mortars. Maturation of the A, B, C; 2.1 phases is the technological "key" missing link in lime based mortars manufacture and performance.

TYPE OF MORTAR	TYPE OF BINDER	Hydration			Carbonation
		1 <sup>st</sup> phase=slaking (air hardening sub-phases)	2 <sup>nd</sup> phase=strength development (hydraulic sub-phases)	imparts strength development to the 1 <sup>st</sup> phase & it is a potential degradation mechanism of the 2 <sup>nd</sup> phase	
AIR HARDENING THE LIME CYCLE (lime recycling)	<b>A</b> pure & high calcium limes	1 900 °C < θ < 1000 °C CaCO <sub>3</sub> + θ ↔ CaO + CO <sub>2</sub>	2.1 CaO + H <sub>2</sub> O ↔ Ca(OH) <sub>2</sub> + θ	3.1 Ca(OH) <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> → CaCO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O + 74kJ	
	<b>B</b> magnesium/dolomitic limes	1 (700 ± 900) °C CaCO <sub>3</sub> ,MgCO <sub>3</sub> ↔ CaO,MgO+2CO <sub>2</sub>	2.1 under pressure CaO,MgO+2H <sub>2</sub> O ↔ Ca(OH) <sub>2</sub> ,Mg(OH) <sub>2</sub> +θ <b>(a)</b> or at natural pressure CaO,MgO+ H <sub>2</sub> O ↔ Ca(OH) <sub>2</sub> ,MgO+θ <b>(b)</b>	3.1 Ca(OH) <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> → CaCO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <b>(a)</b> Carbonation of Mg(OH) <sub>2</sub> is less probable because of its lower reactivity than Ca(OH) <sub>2</sub> which forms a carbonate shell preventing the diffusion of CO <sub>2</sub> . <b>(b)</b> Potential late slaking of MgO develops expansion and loss of bond.	
	<b>C</b> air hardening limes (A or B) & pozzolan at environmental temperature	1 900 °C < θ < 1000 °C CaCO <sub>3</sub> ↔ CaO + CO <sub>2</sub> or CaCO <sub>3</sub> ,MgCO <sub>3</sub> ...	2.1 CaO + H <sub>2</sub> O → Ca(OH) <sub>2</sub> + θ	3.1 Ca(OH) <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> → CaCO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <b>2.2</b> portlandite & [CAH] Ca(OH) <sub>2</sub> +A.S+H <sub>2</sub> O → Ca(OH) <sub>2</sub> [CSH] various intermediate products <b>3.2</b> various intermediate products CaCO <sub>3</sub> +SiO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O → silica gel	
HYDRAULIC	<b>D</b> natural & artificial hydraulic limes	1 1000 oC < θ < 1250 °C CaCO <sub>3</sub> + A.S → CaO & C <sub>2</sub> S or CaCO <sub>3</sub> ,MgCO <sub>3</sub> ...	2.1 CaO + H <sub>2</sub> O → Ca(OH) <sub>2</sub> + [θ]	3.1 Ca(OH) <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> → CaCO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <b>3.2</b> CSH+CO <sub>2</sub> → various intermediate products → CaCO <sub>3</sub> +SiO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O silica gel	
	<b>E</b> cement (comparatively) at higher temperature	1 (1400 ± 1500) °C CaCO <sub>3</sub> + A.S → [CaO] & [C <sub>2</sub> S],MgCO <sub>3</sub> ... C <sub>2</sub> S C <sub>3</sub> S C <sub>4</sub> A	2.2 portlandite + H <sub>2</sub> O → [Ca(OH) <sub>2</sub> ] & CSH & [CAH] C <sub>2</sub> S [C <sub>3</sub> S] [C <sub>4</sub> A]	3.2 CSH+CO <sub>2</sub> → various intermediate products → CaCO <sub>3</sub> +SiO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O hydraulic silica gel	

NOTES: [ ] appears in smaller quantities  the rapid, efficient and extensive carbonation of the air-hardening (nanoparticle) phases of limes (3.1) together with the structural stability (chemical & mechanical) of the hydraulic phases (2.2), ensures minimization of micro cracks and enhance mortars durability and service life

conservation practice the use of wet slaked lime putty is actually favoured only by skilled practitioners [50]. Instead, the use of dry hydrated limes is increasingly recommended [60], as they basically respond better to the conventional construction market demands [48, 61] i.e. they may be available in the market just after their production, have less mass volume, facilitate packaging, storage and transport, a range of mix proportions in mortars are easily prescribed, standardised and classified [47, 48], their economical viability shows potential, etc. Although it is known by experience that the conversion of dry slaked air-hardening limes into putties also improves their physical characteristics, little scientific information could be drawn from the literature about the differences between wet slaked lime putty and the putty made from dry hydrate [62, 63]; and no comparative evaluation could be found about their specific effect on mechanical characteristics of lime based mortars. Recent research has argued that putty deriving from a dry hydrate will never achieve the excellent qualities of wet slaked lime putty [64] reinforcing, thus, the empirical wisdom and technology. There is a marked indication that putty deriving from a dry hydrate originates an aggregation of particles oriented in a particular direction, while wet slaked lime putty favours random oriented particles producing, thus, better plasticity and workability [64].

As a conclusion, hydration chemistry describes both the slaking process of the air-hardening phases of limes and the main strength development mechanism of the hydraulic phases of limes. The use of wet slaked (hydrated) lime putty in conservation practice is recommended, as it possesses better rheological properties e.g. increased viscosity and yield stress in the fresh state [63] due to the plethora of colloidal (sub micrometer to nanometer) tabular-shaped  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  particles [56-59].

### ■ ■ Maturation: the “key” missing link

It is apparent that the aging process of the wet slaked air-hardening lime putties provides a wide range of opportunities for the optimization of their physical characteristics. Hydraulic limes, on the contrary, cannot be improved by maturation, rendering the previous production processes more crucial for their quality.

The contradictory recommendations regarding the optimum period of aging – varying from 24 hours to

decades [15, 16, 34, 49] - is somehow ascribed to an imprecise interpretation of the terms aging and maturing. Aging should relate to a broad technological term meaning the storage of wet slaked lime under excess water not necessarily connected to positive or negative effects on the lime’s quality. The maturation mechanism comprises only the positive effects, corresponding thus to the aging period in which the quality of lime – e.g. in terms of the easily measured available lime ( $K_a$ ), free water ( $w_f$ ) [46, 47, 61] and consistency – gradually improves. For this reason, the term matured lime putty is recommended for use in conservation literature and practice instead of the term aged lime putty.

It was reported that the ability of lime’s upgrading appears to be limited (where a shelf-drying mechanism is the primary limiting factor) and may vary on a scale ranging from unacceptable through acceptable (CL70/CL80) to optimal (CL90) and vice versa [52, 65]. The optimum maturation period for each case is technically predictable, though variable, and is clearly predisposed by the crucial technological factors applied in the previous production steps which, in turn, must be optimized according to the kind of limestone; the traditional *mild* processes finally being more suitable [52].

According to most up-to-date knowledge, the maturing process generates changes in the morphological and physical properties of lime and triggers better rheological properties – e.g. increased viscosity and yield stress in the fresh state [63] – identifying, thus, the first innovative nanotechnology widely used in human history [57]. In parallel, there is considerable development in the field of nanoparticle colloidal dispersions research; bearing in mind that particle size and nanoscale morphology can be manipulated to produce enhanced rheological properties, lime’s maturation process becomes the ‘key’ missing link. It seems that the maturation process lasts as long as the stability (i.e. the balance of the repulsive and attractive forces) of lime’s nanoparticle dispersion is assured. If the particles have little or no repulsive force then some instability mechanism will eventually take place e.g. flocculation, aggregation, etc.

The availability and the stability of the moisture (e.g. as optimal free water  $w_f$  [47]) necessary for the dissolution of both carbon dioxide and calcium hydrate in water accelerate the carbonation and strength development rate. That, in turn, minimizes the crucial required time for a mortar to obtain its chemical and mechanical stability

[52, 65]. Hence, it would be intriguing to investigate if the traditional *mild* calcination and slaking procedures provide the *only* way to control the balance of the repulsive and attractive forces between the particles throughout decades and, consequently, if they are critical in optimizing the performance of a lime putty for as long as possible. Thus, contradiction about the optimum maturation period becomes understandable.

Concluding, the maturation of lime putty after wet slaking (Table 2, A, B, C: 2.1) ensured by the stability of lime's nanoparticle dispersion and the availability and the stability of an optimal amount of physically bound water [65] entail a surprisingly positive effect on the carbonation and strength development rate of the air-hardening lime mortars (and of the air-hardening parts of hydraulic mortars, as well) (Table 2, A, B, C: 3.1). Additionally, the expected range of improvement of the dry slaked air-hardening limes (Table 2, A, B, C: 2.1) from converting them in putties (and then by maturation) before use should be more investigated. It is implicit that any lime binder with hydraulic components (Table 2, D: 2.1) cannot be stored under excess water because of CSH formation and the consequent decrease in plasticity. Comparatively, in cement chemistry the term "maturation" expresses the decisive stage of the early strength development of cement mortars.

## ■ ■ Carbonation

The early strength development of air-hardening limes is due to drying, while their actual consolidating properties are attributed to the reaction of carbonation. A labyrinth of controversies and debatable issues on the carbonation mechanism misleads conservation practice, especially given that the lime's affinity for carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) is, beside to its rheological properties, the basis for its historical use in construction [34]. The general exothermic reaction of Table 2, case A: 3.1 is, in fact, a multi-stage process in which several physicochemical parameters, involving solution phase reactions, affects the rate of the process; the sequence involves a  $\text{CO}_2$  diffusion progressing from the mortar surface to the core (drying), a dissolution of both  $\text{CO}_2$  and  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  on water (acting as a catalyst and being readily available as optimal  $w_f$ ) followed by their reaction, finally resulting in the formation of calcium carbonate crystals  $\text{CaCO}_3$  (carbonation) and

water, which tends to evaporate as the reaction is exothermic [57, 66-70]. In case B: 3.1, carbonation of  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  is not probable as it possesses lower reactivity than  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (according to the Lyotropic series of chemical reactivity) and, thus, the shell of calcium carbonate crystals that is readily formed prevents the diffusion of  $\text{CO}_2$ . Therefore, it is suggested that the reasons of the high mechanical strength of magnesium (dolomitic) mortars should be more investigated and documented microstructurally e.g. as owing to the grain morphology of the carbonate (pseudo-gel or dense/fine interconnected crystallites) [70]; and/or to 'the presence of foliated crystals rich in magnesium, probably hydromagnesite, which were located in porous and superficial areas' [71] developing an even more compact microstructure.

Conservation research has not been focussed on the rate and extent of carbonation of the air-hardening limes until the last decade. However, there was a consensus on the fact that the high surface/volume ratio of the minute plate like crystals of portlandite (formed either during slaking or at a greater extent during the maturation process) is responsible for the irreplaceable properties of lime such as plasticity, water retentiveness, high sand carrying capacity and high reactivity [34, 56, 65]. Latest studies clearly document that matured lime putty grains had gradually undergone changes both in their crystal shape – from prisms to plate like – and in major crystal size reduction – from sub micrometer to nanometre – that greatly improve carbonation rate [57, 70, 72]. In the case of fresh putty mortars, carbonation follows a normal diffusion-limited continuous path succeeding from the mortar surface towards the core [66]. However, the carbonation of matured putty mortars differs considerably, following a quicker nonlinear reaction-diffusion process which results in periodic calcite precipitation organized as well-developed Liesegang patterns (concentric ellipsoids) [67-70, 73]. As expected, appropriate curing conditions such as water presence (<80%), water vapour pressure, pH, temperature,  $\text{CO}_2$  concentration or lime impurities also influence the carbonation mechanism [69].

As already mentioned, hydrated hydraulic limes consist of two parts – mainly  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (air-hardening) and CSH (hydraulic) – which are both carbonated according to the reactions of Table 2, D:3.1 and 3.2 [54-56], finally

generating  $\text{CaCO}_3$  crystals and poorly crystalline or amorphous hydrous silica gel ( $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ), through countless intermediate products. The partially carbonated portlandite  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  detected in ancient mortars is more likely originated by the soluble by-product of the hydration process (cases 2.2) [74]. The chemical and mechanical stability of the CSH formation seems to depend on its type (crystalline, semi-crystalline, amorphous) and on the environmental conditions that it is subjected to [12, 74-75]. It is claimed that the stability of the CSH formation in a mortar greatly influences its strength and durability [53], as opposed to its carbonation. This is the reason why ancient mortars that have been subjected even to an aggressive environment are still in a very good state of conservation [9, 12, 76].

In conclusion, carbonation is the predominant, though not unique, strength development mechanism of the air-hardening parts of limes. On the contrary, the carbonation of the hydraulic parts of limes (e.g. CSHs) should be considered as a potential mechanism of degradation (limited by CSH's stability).

### ■ Conservation research and its efficiency on interventions

After the '80s, an explosion of scientific research has been seen stimulating academic interest mainly in the characterisation and/or identification of historic mortars. Some fundamental material research studies exploit several advanced analytical techniques with the aim of enhancing our knowledge of the building limes' processes [39]; particularly, investigation is focussed on the mineralogical composition and the micro-morphological structure of the resulting hydraulic compounds of the reactions [39, 41], as demonstrated in Table 2 cases 2.2 and 3.3. Although the general reactions are the same, the determination of the chemical evolution of the resulting intermediate compounds, the rate of their strength development and, furthermore, the required period in order to obtain their chemical and mechanical stability, are difficult to define, especially on the mineral phases. Basic knowledge, which was developed by cement chemistry in relation to the study of the hydration products of portland cement (Table 2, case E), has already assisted the better understanding of the similar reactions occur-

ring during the hydration process of natural and artificial hydraulic limes (case D) [54-55], since in all cases the hydraulic components are already formed during the burning process at high temperatures.

However, conservation research has faced great complications, regarding the study of the hydration products of the countless historic local lime-pozzolan mixtures (Table 2: case C) produced at natural environmental conditions, since the formation of the hydraulic compounds and the carbonation of the air-hardening parts occur simultaneously. It has been reported that 'physico-chemical adhesion and cohesion bonds developed at the matrix and at the binder/aggregate interface, respectively, become the key factor in interpreting the considerable durability that the historic mortars confer to the structures as bearing elements' [77]. In the latter case, the best documented reaction is that which occurs at the brick-lime interface, where 'on the lime side an enrichment by calcium silicates can be observed while on the brick side calcite deposition occurs' [41], obviously referring to the specific situation of (low fired) brick showing a pozzolanic reaction. At this point, the effect the (wet slaked) nanoparticle lime has on accelerating strength development rate and on enhancing structural stability must be pointed out, rendering maturation the 'key' missing link between the wisdom of empiricism technology and the conceit of modern chemistry.

The problem becomes much more complicated when bearing in mind that, after application and hardening, mortars will continuously interact with their environment producing transitional (new formation and/or alteration) compounds. All the potential combinations of causes, origins and degradation products in historic structures have been meticulously presented by Collepardi [78]. 'The presence of both lime inclusions and dissolution re-precipitation textures within a mortar present implications for any mortar analysis method which relates the quantity of calcium carbonate to the original binder content' [43]. Special thought must be given, thus, to the multi reported high binder/aggregate (B/A) ratio and the documentation of their interpretation. Apparently, it is often impossible to determine from what (historical) time the chemical compounds originate [44].

The more recently developed mortar characterisation and/or identification proposals - as a first step in the qualitative identification of the different components of

the mortar - comprise optical microscopy for a first assessment of morphology and XRD techniques suitable to detect major crystalline phases [45, 79-80]. Several chemical and other analytical techniques are currently available for further qualitative and quantitative analyses like: a) scanning electron microscopy - energy dispersive X-ray spectrometry (SEM-EDX), b) microprobe spectrometry, c) thermal analysis for a quantitative determination of volatile phases and in particular differential scanning calorimetry (DSC) and/or differential thermal analysis (DTA) and/or thermogravimetric analysis (TGA) and d) Fourier transformed infrared spectroscopy (FT-IR) for the detection of minor or poorly crystalline phases or amorphous phases. The choice of the appropriate laboratory tests methodology and the interpretation of the results depend principally on the requested answers and on the proper sampling and field description, finally seeking out the optimal objectiveness of the whole process [81]. Acknowledging 'that the identification of the actual hydraulic components may not be necessary for either the characterisation of the mortar or the development of a successful formulation for its replacement' [41], the minimum number of key laboratory tests adequate to characterise a mortar, field observation and deep experience are equally required to enhance interventions' quality [82].

Hierarchically, the objective of the building heritage conservation field is the documentation of the different historical phases in a structure and that includes the assessment of the possible causes of degradation of old mortars, with the aim to support the designing of compatible repair mortars in terms of colour, texture, composition and physicochemical characteristics. Specific selection criteria according to each function of a mortar (structural, protective or decorative) may adjust priorities according to each unique case. Whereas some dichotomies related to binders have gradually found commonly accepted answers (e.g. cement vs. lime), some others still persist (e.g. dry hydrate vs. lime putty, strength vs. durability). It must be emphasised, though, that a number of criteria directly related to ancient and modern durability principles, such as the proper aggregates selection, their even gradation and the low water/binder ( $w/b$ ) ratio (high  $w/b$  generally causes a decrease of the mortar quality with respect to mechanical and durability properties) are always valid.

However, recent research revealed that the higher water content of the air-hardening lime mortars increases porosity without necessarily resulting in strength reductions [52, 83]. Also, it was demonstrated that higher binder/aggregate ( $B/A$ ) content increases both total porosity and strength, though 'within a limit' [84]. Relevant research in lime pastes concluded that the high  $w/b$  increases porosity by simply enlarging the distance between solid particles of calcite crystals with no effect to binder's pore surface [85]. Other studies documented that the degree of conversion of calcium hydroxide into carbonate is not the main factor controlling the strength of the binder [52], but also the morphology of the carbonate; well-developed crystalline structures and crystal habits of carbonate (favoured by  $\text{CO}_2$  gas pressure, exposure time and degree of compaction) give superior binder performances [86]. Since the binder matrix is the main factor of porosity in a lime mortar and the  $w/b$  ratio regulates porosity, strength development rate and ultimate strengths, more research is needed to investigate methodically the manufacture parameters – focussing on lime binders' water retentiveness capability – which may control and optimize binders' strength and durability.

Today, the commonly accepted fundamental selection criteria for designing appropriate intervention mortars focus on: a) the hydraulicity of the binder, b) the (inert or active) aggregate nature (origin) and grading (sieving curve), c) the mixture proportions i.e. the binder/aggregate ratio ( $B/A$ ) and d) the water/binder ratio ( $w/b$ ). At any case, the use of matured (nanoparticles wet slaked) lime putty is definitely positive.

In a masonry scale, it is well recognized that the correlation between the strength of masonry with lime mortar joints and the strength of the lime mortar itself is not linear; relatively weak lime mortar may produce high strength masonry [87]. In the particular case of masonry structures subjected to seismic loads, it is still suggested that 'the deformability characteristics of masonry at shear should be determined on the basis of experiments' [88].

Besides, grouting was verified as an efficient technique of enhancing the mechanical properties (compressive and shear) of typical historic vulnerable three-leaf stone masonry. Recent experimental investigations on alternative grouting mixtures (with better injectability and compatibility than pure cement grouts) have shown

that samples with reduced cement content (ternary mixes) and hydraulic lime-based also upgrade the mechanical properties of masonry, even though the grouts' mechanical properties are lower [89]. It is believed that the contribution of the (nanoparticle wet slaked) lime putty in compatible injectable grouting should be more documented and pointed out.

Other structural studies concluded that the non-linear behaviour of masonry that 'allows the structure to absorb energy without affecting irreversibly its material properties' is due to the presence of stable CSH [12]. 'That CSH can be stable in geologic time is known, as it occurs naturally in a semi crystalline form (plombierite) or as tobermorite, gyrolite and xonotlite. The question whether or not man-made CSH in the form of concrete will be equally durable is more debatable, as the structure of CSH in normal concrete is amorphous, to some extent porous and laced with the soluble by-product of the hydration process, namely portlandite' [74] (Table 2). In historic mortars, the co-existence of crystalline and amorphous CSH has increasingly been reported, exhibiting higher crystallinity in lime-pozzolan mortars, where more free lime is available for reaction [90].

## ■ Conclusions

Concluding, the optimal structural behaviour of lime based mortars in historical masonries seems to rely on: a) the ability for rapid, efficient and extensive carbonation of the air-hardening phases of limes when matured (nanoparticle wet slaked) long-term stable lime putties are used, b) the chemical and mechanical stability of the strength components of the hydraulic phases of limes, originated from pozzolanic reactions (being higher in their more crystalline forms of historical lime-pozzolan mixtures than in their amorphous forms of modern cements), and c) the resulting excellent physicochemical adhesion and cohesion bonds at the matrix and at the binder/aggregate interface that ensures minimization of micro cracks and contributes to lime based mortars' durability and enhanced mechanical properties.

It is anticipated that the deep understanding of the favourable structural behaviour of traditional masonry construction with soft lime based mortars – compared to modern masonry with stiff and brittle mortars - in

terms of tensile strength, fracture energy and ductility, will minimize intervention in monuments.

## ■ References

- 1 Von Landsberg, D., 'The history of lime production and use from early times to the industrial revolution', *Zement-Kalk-Gips* **6** (1992) 269-273 [in German], **8** 199-203 [in English].
- 2 Malinowski, R.; Garfinkel, Y.; 'Prehistory of concrete', *Concrete International* (1991) **13**(3) 62-68.
- 3 Stanley, C. C., *Highlights in the History of Concrete*, Cement and Concrete Association (1979) 43.
- 4 Davey, N., *A History of Building Materials*, Phoenix House, London (1961) 121-127.
- 5 Malinowski, R., 'Ancient mortars and concretes; durability aspects', in *Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings, Proceedings of the ICCROM Symposium, Rome, 3-6.11.1981*, ICCROM, Rome (1982) 341-350.
- 6 Gorla, C., 'Evoluzione storica dei leganti e dei conglomerati: dall' empirismo alla loro conoscenza razionale', in *Cemento: Storia, Tecnologia, Applicazioni*, Fratelli Fabbri Editori, Milan (1976) 45-80.
- 7 Malinowski, R., 'Concretes and mortars in ancient aqueducts', *Concrete International* **1** (1979) 66-76.
- 8 Efstathiadis, E., 'Greek concrete of three millenniums', *Journal of Research Centre* **17**(1) (1978) [in Greek].
- 9 Papayianni, I., 'The longevity of old mortars', *Applied Physics A: Material Science and Processing* **83**(4) (2006) 685-688.
- 10 Van Balen, K., 'Understanding the lime cycle and its influence on historical construction practice', in *First International Congress on Construction History, Proceedings III, Madrid, 20<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> January 2003* (2003) 2035-2039.
- 11 Tourptsoglou-Stefanidou, B., *Byzantine Building Restrictions*, Society of Macedonian Studies, Scientific Treatises, Law and Economic Series **6**, Thessaloniki (1998) [in Greek].
- 12 Moropoulou, A.; Cakmak, A.S.; Biscontin, G.; Bakolas, A.; Zendri, E., 'Advanced Byzantine cement based composites resisting earthquake stresses: the crushed brick/liime mortars of Justinian's Hagia Sophia', *Construction and Building Materials* **16**(8) (2002) 543-552.
- 13 Karaveziroglou, M.; Papayianni, J.; Penelis G., 'Mortars and grouts in restoration of Roman and Byzantine monuments', *Compatible Materials for the Protection of European Cultural Heritage, the PACT Journal of the European Study Group on Physical, Chemical, Mathematical and Biological Techniques Applied to Archaeology*, *PACT* **55**, ed. G. Biscontin, A. Moropoulou, M. Erdik and J. Delgado Rodrigues, Technical Chamber of Greece, Athens (1998) 219-245.
- 14 Speweik, J. P., 'The history of masonry mortar in America 1720-1995', *Lime News (Journal of the Building Limes Forum)* **4**(2) (1996) 5-19.
- 15 Vitruvius, M., *The Ten Books on Architecture*, translated by M. H. Morgan, Dover Publications, New York (1960), Book II, 35-64, Book VII, 195-220.



- 16 Gaio Plinio Secondo, *Naturalis Historia*, G. Einaudi, Torino (1988), libro quinto, 709-711.
- 17 Palladio, A., *The Four Books on Architecture*, translated by R. Tavernor and R. Schofield, MIT Press, Cambridge (1997), Libri 4.
- 18 Alberti, L. B., *Ten Books on Architecture*, translated by J. Rykert, A. Tiranti, London (1955).
- 19 Higgins, B., *Experiments and Observations*, T. Cadell, London (1780) 35-38.
- 20 Smeaton, J., *A Narrative of Building and a Description of the Construction of the Edystone Lighthouse with Stone*, 2nd ed., G. Nicol, London (1793).
- 21 Vicat, L. J., *A Practical and Scientific Treatise on Calcareous Mortars and Cements; Artificial and Natural*, translated by Captain J. T. Smith, J. Weale, London (1837).
- 22 Burnell, G., *Rudimentary Treatise on Limes, Cements, Mortars: Concretes, Mastics, Plastering etc.*, 14th ed., Crosby Lockwood and Son, London (1892).
- 23 Dibdin, W. J., *Tests of Limes and Sands. Report to the Royal Institute of British Architects* (1911).
- 24 Leduc, E.; Chenu, G., *Chaux, Ciments et Plâtres*, Paris (1912).
- 25 Eckels, E. C., *Cements, Lime and Plasters*, John Wiley, New York (1922).
- 26 Knibbs, N. V. S., *Lime and Magnesia*, Ernest Benn, London (1924).
- 27 Hasak, M., 'Mörteltechnik-Einiges über den Loriotschen Mörtel und über den mittelalterlichen Mörtel', *Tonindustrie-Zeitung* **49(77)** (1925) 1080-1081.
- 28 Anstett, F., *Essai et Analyse des Matériaux de Construction et de Travaux Publics*, Paris (1927).
- 29 Cover, A. D., 'Lime and lime mortars', in *Building Research Special Report 9, HMSO* (1927) 74-76.
- 30 Kuhl, H., *Zement* **18**, 833 (1929).
- 31 Grun, R., 'Zusammensetzung und Beständigkeit von 1850 Jahre altem Beton', *Angewandte Chemie* **7** (1935) 124-127.
- 32 Knight, B., *Builders' Materials*, Edward Arnold & Co., London (1939).
- 33 Mitchell, G., *Mitchell's Building Construction - Elementary Course*, B. T. Batsford Ltd, London (1943), reprinted in *Lime News (Journal of the Building Limes Forum)* **3(1)** (1994) 63.
- 34 Boynton, R. S., *The Chemistry and Technology of Lime and Limestone*, 2nd ed., J. Wiley & Sons, New York (1980).
- 35 Phillips, M. W., 'Conference Summary', *APT Bulletin* **6(1)** (1974) 9-39.
- 36 Alessandrini, G., 'L' Intonaco: Storia, Cultura e Tecnologia', in *Atti del convegno di Studi, Bressanone 24-27 Giugno 1985*, Libreria Progetto Editore, Padova (1985) 9-39.
- 37 Torraca, G., 'Lime technology in architectural conservation', *Lime News (Journal of the Building Limes Forum)* **4(1)** (1995) 34-41.
- 38 Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings. Symposium, Rome, 3-6 November 1981, ICCROM, Rome (1982).
- 39 Elsen, J., 'Microscopy of historic mortars - a review', *Cement and Concrete Research* **36** (2006) 1416-1424.
- 40 Stewart, J.; Moore, J., 'Chemical techniques of historic mortar analysis', *APT Bulletin* **14(1)** (1982) 11-16.
- 41 Charola, A. E.; Henriques, F., 'Hydraulicity in lime mortars revisited', *RILEM TC-167COM International Workshop on Historic Mortars: Characteristics and Tests, University of Paisley, Scotland* (1999).
- 42 Lindqvist, J. E.; Nijland, T.; Von Konow, T.; Wester, Plesser T.; Nyman, P.; Larbi, J.; Van Hees, R., 'Analysis of mortars with additives', <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/rep594.pdf> (accessed 2 February 2010).
- 43 Leslie, A. B.; Hughes, J. J., 'Binder microstructure in lime mortars: implications for the interpretation of analysis results', *Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology* **35(3)** (2002) 257-263.
- 44 Callebaut, K., 'State of the art of research/diagnostics of historical building materials in Belgium', [http://www.arcchip.cz/w09/w09\\_callebaut.pdf](http://www.arcchip.cz/w09/w09_callebaut.pdf) (accessed 2 November 2005).
- 45 RILEM TC 167-COM, 'Characterisation of Old Mortars with Respect to their Repair', *Final Report rep028*, ed. C. Groot, G. Ashall and J. Hughes (2004).
- 46 Zacharopoulou G., 'The Renaissance of Lime Based Mortar Technology. An appraisal of a bibliographic study', *Compatible Materials for the Protection of European Cultural Heritage, the PACT Journal of the European Study Group on Physical, Chemical, Mathematical and Biological Techniques Applied to Archaeology, PACT* **55**, ed. G. Biscontin, A. Moropoulou, M. Erdik and J. Delgado Rodrigues, Technical Chamber of Greece, Athens (1998) 89-114.
- 47 EN 459, Building Lime-Part 1: Definitions, Specifications and Conformity Criteria 459.02: Building Lime-Part 2: Test Methods, 459.03: Building Lime-Part 3: Conformity Evaluation, CEN (2000) (revision towards approval by CEN in 2010).
- 48 EN 998, Specification for Mortar for Masonry-Part 1: Rendering/Plastering, Specification for Mortar for Masonry-Part 2: Masonry Mortar, CEN (2000).
- 49 Wingate, M., *Small-Scale Lime-Burning. A Practical Introduction*, Intermediate Technology Publications, London (1985).
- 50 Holmes, S.; Wingate, M., *Building with Lime. A Practical Introduction*, Intermediate Technology Publications, London (1997).
- 51 Moropoulou, A.; Bakolas, A.; Aggelakopoulou, E., 'The effects of limestone characteristics and calcination temperature to the reactivity of the quicklime', *Cement and Concrete Research* **31** (2001) 633-639.
- 52 Zacharopoulou, G., 'Building Lime of High Reactivity Suitable for the Conservation of Monuments and Historical Buildings', PhD thesis, Aristotle University of Thessaloniki, Greece (2004), 408 pp. [in Greek], available online by the National Documentation Centre (NDC) - Hellenic PhD Dissertations Thesis, <http://thesis.ekt.gr/14566>.
- 53 Brown, P. W.; Clifton, J. R., 'Mechanisms of deterioration in cement-based materials and lime mortar', *Durability of Building Materials* **15(5)** (1988) 409-420.
- 54 Czernin, W., *Cement Chemistry and Physics for Civil Engineers*, 2nd ed., Georg Godwin, London (1980).
- 55 Lea, F. M., *The Chemistry of Cement and Concrete*, 3rd ed., Arnold Ltd, London (1988) 415-453.

- 56 Torraca, G., *Porous Building Materials – Materials Science for Architectural Conservation*, 3rd ed., ICCROM, Rome (1988).
- 57 Elert, K.; Rodriguez-Navarro, C.; Pardo, E.S.; Hansen, E.; Cazalla, O., 'Lime mortars for the conservation of historic buildings', *Studies in Conservation* **47** (2002) 62-75.
- 58 Wisser, S.; Kraus, K.; Knöfel, D., 'Composition and properties of historical lime mortars', in *Vth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Torun, 12-14 September 1988*, ed. by J. Ciabach, Nicolaus Copernicus University Press Dept., Torun (1988) 484-491.
- 59 Knöfel, D., 'Old and new mortars. Material analyses and recommendations concerning historical masonry', in *Conservation of Historic Brick Structures, Proceedings of the 3rd Expert Meeting, NATO-CCMS Pilot Study Hamburg, 2-4 November 1989*, Umweltbundesamt, Berlin (1990) 64-86.
- 60 Callebaut, K.; Van Balen, K., 'Dry-slaked lime: an alternative binder for restoration mortars', in *1st International Workshop on Urban Heritage and Building Maintenance VII 'Maintenance and strengthening of materials and structures: Plaster'*, Zurich (2000) 65-72.
- 61 Zacharopoulou, G., 'Lime outdoors, lime indoors: the virtue of water retentiveness', *EUROCARE Newsletter* **4** (2005) 8.
- 62 Faria, P.; Henriques, F.; Rato, V., 'Comparative evaluation of lime mortars for architectural conservation', *Journal of Cultural Heritage* **9** (2008) 338-346.
- 63 Atzeni, C.; Farci, A.; Floris, D.; Meloni, P., 'Effect of aging on rheological properties of lime putty', *Journal of American Ceramic Society* **87**(9) (2004) 1764-1766.
- 64 Rodriguez-Navarro, C.; Ruiz-Agudo, E.; Ortega-Huertas, M.; Hansen, E., 'Nanostructure and irreversible colloidal behaviour of Ca(OH)<sub>2</sub>: Implications in cultural heritage conservation', *Langmuir* **21** (2005) 10948-10957.
- 65 Zacharopoulou, G., 'Greek air-hardening building lime putties', *Lime News (Journal of the Building Limes Forum)* **13** (2006) 88-93.
- 66 Van Balen, K., 'The Influence of Carbonation of Lime Mortars on the Properties of Historic Masonry Structures', PhD thesis, University of Louvain, Belgium (1991) [in Dutch].
- 67 Cazalla, O.; Rodriguez-Navarro, C.; Sebastian, E.; Cultrone, G., 'Aging of lime putty: Effects on traditional lime mortar carbonation', *Journal of the American Ceramic Society* **83**(5) (2000) 1070-1076.
- 68 Radonjic, M.; Hallam, K. R.; Allen, G. C.; Hayward, R. J., 'The mechanism of carbonation in lime-based materials', *Lime News (Journal of the Building Limes Forum)* **8** (2001) 50-64.
- 69 Hansen, E.; Van Balen, K.; Rodriguez-Navarro, C., 'Variations in lime mortar properties resulting from the use of freshly slaked quick-lime, aged slaked lime, and commercial dry hydrated lime', <http://www.lime.org/BLG> (accessed 2 March 2005).
- 70 Beruto, D. T.; Barberis, F.; Botter, R., 'Calcium carbonate binding mechanisms in the setting of calcium and calcium-magnesium putty-limes', *Journal of Cultural Heritage* **6** (2005) 253-260.
- 71 Adriano, P.; Silva, A. S.; Veiga, R.; Mirão, J.; Candeias, A. E., 'Microscopic characterisation of old mortars from the Santa Maria church in Évora', in *11th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, 5-9 June 2007, Porto, Portugal*, <http://cathedral.lnec.pt/publicacoes/c9.pdf> (accessed 23 January 2010).
- 72 Lawrence, R. M. H., 'A critical review of techniques used to assessment of carbonation in lime mortars', in *International Building Lime Symposium 2005, Orlando, Florida, March 9 -11, 2005*, <http://www.nationallime.org/IBLS05Papers/Lawrence.pdf> (accessed 2 February 2010).
- 73 Rodriguez-Navarro, C.; Cazalla, O.; Elert, K.; Sebastian, E., 'Liesegang pattern development in carbonating traditional lime mortars', *The Royal Society Proceedings Series A* **458**(2025) (2002) 2261-2273.
- 74 Pettifer, K., 'A Petrographic Investigation of Ancient Mortars', personal discussion at BRE on March 1993 on his *Special Report* **44/86**, ed. BRE, Garston, Watford (1986).
- 75 Rayment, D. L.; Pettifer, K., 'Examination of durable mortar from Hadrian's Wall', *Materials Science and Technology* **3** (1987) 997-1004.
- 76 Jordan, J. W.; Brookes, C. L., 'The Conservation and Strengthening of Masonry Structures', <http://www.gifford.uk.com/publications/7AMC-Newcastle-2004.pdf> (accessed 2 March 2005).
- 77 Moropoulou, A.; Bakolas, A.; Bisbikou, K., 'Physico-chemical adhesion and adhesion bonds in joint mortars imparting durability to the historic structures', *Construction and Building Materials* **14**(1) (2000) 35-46.
- 78 Collepardi, M., 'Degradation and restoration of masonry walls of historical buildings', *Materials and Structures* **23** (1990), 81-102.
- 79 Bartos, P.; Groot, C.; Hughes, J. (ed.), *Historic Mortars: Characteristics and Tests*, University of Paisley, Scotland (2000).
- 80 Charola, A. E.; Henriques, F., 'Lime mortars: some consideration on testing standardization', in *Use of and need for preservation standards in architectural conservation, ASTM STP 1355, R.C. McClug*, American Society of Testing Materials, <http://www.dec.fct.unl.pt/seccoes/smtc/pub16.pdf> (accessed 31 January 2007).
- 81 RILEM TC 203-RHM, Repair mortars for historic masonry. Testing of hardened mortars, a process of questioning and interpreting', *Materials and Structures*, **42**(7) (2009) 853-865.
- 82 Teutonico, J. M.; Fiddler, J., 'Time for change: An overview of building-materials research for conservation of historic structures', *APT Bulletin*, **29**(3-4) (1998) 45-49.
- 83 Lawrence, R. M. H.; Walker, P., 'The impact of the water/lime ratio on the structural characteristics of air lime mortars', in *Structural Analysis of Historic Construction: Preserving Safety and Significance. Proceedings of the VI International Conference on Structural Analysis of Historic Construction, SAHC08, 2-4 July 2008, Bath*, ed. D. F. D' Ayala and E. Fodde, Taylor & Francis Group, London (2008) 885-889.
- 84 Lanás, J.; Alvarez-Galindo, J., 'Masonry repair lime-based mortars: factors affecting the mechanical behaviour', *Cement and Concrete Research* **33**(11) (2003) 1867-1876.
- 85 Arandigoyen, M.; Bernal, J. L. Pérez; López, M. A. Bello; Alvarez, J. I., 'Lime-pastes with different kneading water: Pore structure and capillary porosity', *Applied Surface Science* **252**(5) (2005) 1449-1459.

- 86 Silva, P.; Bucea, L.; Moorehead, D. R.; Sirivivatnanon, V., 'Carbonate binders: Reaction kinetics, strength and microstructure', *Cement & Concrete Composites* **28** (2006) 613–620.
- 87 Karaveziroglou, M.; Papayianni, J., 'Compressive Strength of Masonry with Thick Mortar Joints', in *RILEM Congress on the Conservation of Stone and other Materials, 29th of June 1993, Paris (1993)* 1-8.
- 88 Tomažević, M., 'Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6: shear versus tensile strength of masonry', *Materials and Structures* **42 (7)** (2009) 889-907.
- 89 Vintzileou, E.; Miltiadou-Fezans, A., 'Mechanical properties of three-leaf stone masonry grouted with ternary or hydraulic lime-based grouts', *Engineering Structures* **30** (2008) 2265-2276.
- 90 Pavía, S., 'A petrographic study of mortar hydraulicity', in *HMC08, Historical Mortars Conference: Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility*, Lisbon, 24-26 September 2008, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon (2008).

Received: 30 October 2009

Revised version: 29 January 2010

Accepted: 4 February 2010



# Capas pictóricas en el arte contemporáneo: estabilización de una obra de chocolate y metal

*Pictorial layers in contemporary art: stabilization of an artwork made of chocolate and metal*

*Camadas pictóricas na arte contemporânea: estabilização de uma obra de chocolate e metal*

Rosario Llamas, Ainara Zornoza, Carmen López  
Instituto de Restauración del Patrimonio. Universidad Politécnica de Valencia  
Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales  
Camino de Vera s/n, 46022, València, España  
E-mail: rllamas@crbc.upv.es

## Resumen

Presentamos en este artículo los estudios previos y la intervención llevada a cabo en una interesante obra contemporánea de la artista Enriqueta Hueso. La obra, realizada con materiales contemporáneos y poco convencionales como chocolate, hierro o bronce, presentaba problemas de conservación que han requerido de un pormenorizado estudio de los factores discrepantes que envolvían el acto de la intervención. Ha sido objetivo de la intervención respetar, en relación a estos factores discrepantes, el referente a la intención artística, idea o concepto de la obra. Por ello, los tratamientos realizados han estado limitados por la exigencia del mantenimiento de la apariencia y la naturaleza de los materiales empleados. Se trata de una obra pensada para ser tocada, que exigió tratamientos de consolidación y protección ante el biodeterioro, además de un buen estudio de conservación preventiva.

## Palabras Clave

Arte contemporáneo; Estabilización; Factores discrepantes; Idea/materia; Chocolate.

## Abstract

We show in this article all the previous studies and the treatments performed over an interesting contemporary work by the artist Enriqueta Hueso. The artwork, made with contemporary and unconventional materials such as chocolate, iron and bronze, showed poor conservation conditions and needed a detailed analysis of all the differing factors which involved the act of intervention. In order to intervene according to the differing factors, the artistic intention, the idea and the concept of the work were to be respected. Thus, all the performed treatments were limited by the need for keeping both the original appearance and the original materials' nature. This artwork was made to be touched and it demanded a consolidation treatment and protection against biological deterioration, as well as a good study on preventive conservation.

## Keywords

Contemporary art; Stabilization; Differing factors; Idea/matter; Chocolate.

## Resumo

Com o presente artigo apresentamos os estudos prévios e a intervenção desenvolvidos numa interessante obra contemporânea da artista Enriqueta Hueso. A obra, realizada com materiais contemporâneos e pouco convencionais, como chocolate, ferro e bronze, apresentava problemas de conservação e necessitou de um pormenorizado estudo dos factores discrepantes que envolveram o acto de intervenção. Em relação a tais factores discrepantes, a intervenção pretendeu respeitar a intenção artística, a ideia e o conceito da obra. Por isso, os tratamentos realizados foram limitados pela exigência de manter a aparência e a natureza dos materiais utilizados. Tratando-se de uma obra para ser manipulada, exigiu tratamentos de consolidação e protecção relativamente destinados a evitar a biodeterioração, além de um bom estudo de conservação preventiva.

## Palavras-chave

Arte contemporânea; Estabilização; Factores discrepantes; Ideia/matéria; Chocolate.

## ■ La obra "Chocolate"

### ■ ■ La autora

Enriqueta Hueso (Valencia, 1948) es pintora, diseñadora, cartelista, grabadora y realizadora de cine. Cursó estudios en las escuelas de Bellas Artes de San Carlos de Valencia y en la de San Fernando de Madrid, especializándose en Grabado. Hoy en día compagina su actividad de pintora con la realización de carteles, diseños y portadas de revistas (Fig.1). Creadora multidisciplinar que rechaza todo intento de clasificación para la que todo está interrelacionado, por lo que no puede clasificarse en un género o en una técnica concreta. Para estudiar la obra desde el punto de vista de la idea y la materia, establecer su estado de conservación y determinar la necesidad de intervenir en ella, se realizó una entrevista a la autora en su taller el día 4 de Noviembre del 2007 registrándose la información de dicha entrevista en audio, notas y vídeo [1].

### ■ ■ Estudio de la idea y la materia: Descripción de la obra

La obra "Chocolate" fue realizada en los años 80 (la propia autora no es capaz de precisar el año de ejecución) y está firmada por el reverso (Fig. 2 y 3). La artista no realizó dibujos ni bocetos previos ni tampoco pruebas de compatibilidad y comportamiento de los materiales usados como ella misma comentó en la entrevista realizada: *"en mi opinión estudiar antes de hacer algo creativo ya no es*

*creativo, siempre he hecho lo que me ha apetecido, y he fallado en cosas, lógicamente. Nunca pienso lo que voy a hacer, ejecuto y luego reflexiono y lo analizo"*. Realizó la obra sin asistentes.

El material base empleado [2] para esta obra fue una plancha de contrachapado de 2 mm adherida a un bastidor de madera mediante cola blanca (para dar un mayor volumen y facilitar así el enmarcado de la obra). Sobre el contrachapado había adheridas también, mediante cola blanca, pequeñas virutas de bronce (aleación de cobre y



Fig. 1 La artista, Enriqueta Hueso, nos muestra algunas de sus obras en su taller.



Fig. 2 Fotografía general del anverso con luz visible, estado inicial de la obra.

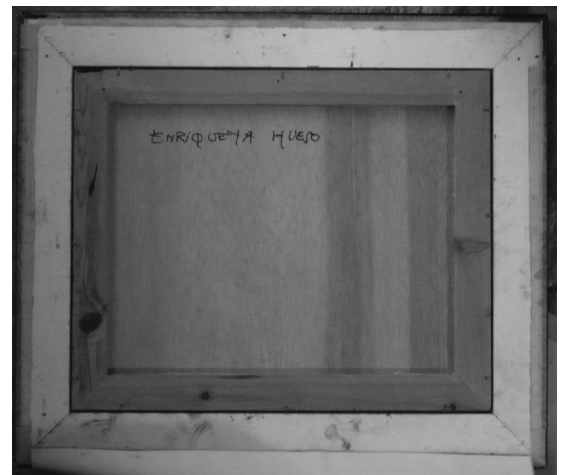


Fig. 3 Fotografía general del reverso con luz visible, estado inicial de la obra.

estaño) de diferentes formas y tamaños (la autora no recuerda la procedencia de las virutas), de un color verdoso (Fig. 4 y 5).

La obra se elaboró en su mayoría con chocolate con leche aplicado sobre el contrachapado en gruesos empastes. Ya que la artista no recordaba la marca del chocolate se realizó un estudio comparativo de las distintas marcas de chocolates a la taza del mercado para determinar su posible composición. Para ello se obtuvo la información de la composición de los chocolates a la taza de las marcas Chocolates Valor S. A., Chocolates Hosta Dulcinea S. A., Meivel S. A., y Paladín de las etiquetas de los diferentes productos de cada marca concluyendo que los chocolates a la taza de todas las marcas estaban compuestos de azúcar, cacao desgrasado en polvo, aromas de vainilla y canela, espesantes y emulgentes (Fig. 6).

Los empastes de chocolate presentaban zonas mates y zonas brillantes, debido a que la artista aplicó en determinados puntos una capa de tapa poros para lograr un aspecto brillante en el chocolate. La finalidad de esta última capa es estética y no la de dar una capa de protección al chocolate (Fig. 7 y 8).

Por otra parte, adheridos al chocolate se encontraban unos pequeños tubos circulares de hierro en cuyos extremos se aplicó pintura acrílica dorada. También cubierto por chocolate se encuentra un envoltorio de magdalena y sobre el tubo de hierro central un envoltorio de botella también pintado con pintura acrílica dorada (Fig. 9,10 y 11). Por último, la obra se encontraba enmarcada, sujeta al marco mediante 12 clavos y el reverso estaba cubierto por una cartulina blanca adherida mediante cinta de carroceros (Fig. 12).



Fig. 4 Fotografía de detalle con luz visible, donde se observa la superficie de la obra, realizada con chocolate, virutas y tubos de metal.

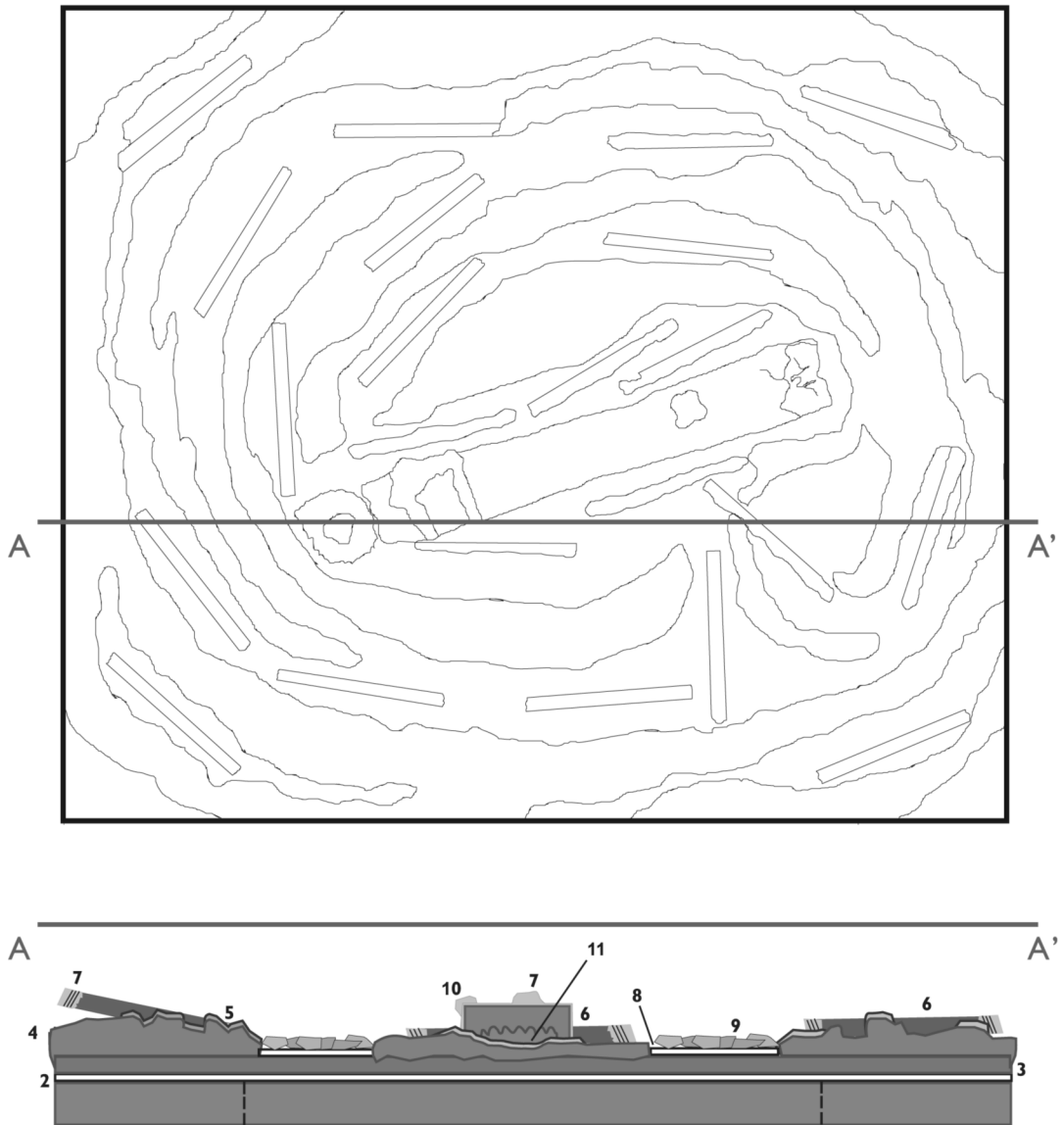
La elaboración de la obra según comentó la propia artista, es fruto de la espontaneidad y la mezcla de materiales, pero con un claro propósito (intención artística): “*provocar reacciones contradictorias mediante los materiales escogidos (por ejemplo, la sensación de calidez del chocolate frente a la sensación de frío del hierro) ya sea por medio de la percepción visual como a través del tacto (el espectador ha de interactuar con la obra y la ha de tocar)*”. La elección del chocolate no presentaba una finalidad olfativa.

La postura de la artista ante el envejecimiento de la obra era la intención de conservación. La obra se había de conservar sin variar estéticamente su estado original ya que si los materiales variaban estéticamente (variaba su color, textura, forma...) el sentido de la obra quedaría alterado considerándose la misma fuertemente afectada, interrumpiendo su correcta lectura. Al estudiar la obra desde el punto de vista de los factores discrepantes [3] que determinan la intervención, se concluyó que los factores que no podían verse alterados para la correcta conservación de la obra eran la intención artística (el mensaje de la obra), la funcionalidad (cada material está escogido con una determinada función en este caso, crear al espectador una determinada sensación) y los factores estéticos (los materiales no pueden cambiar estéticamente ya que se vería alterado el sentido de la obra) pues como comentó la propia artista “*el significado de la obra va por encima del material, lo más importante es el objetivo que tenga el autor*”.

### ■ ■ ■ Estado de conservación

Aún siendo una obra reciente, “Chocolate” ya presentaba problemas de conservación (Fig. 13 y 14). La obra se encontraba expuesta en el taller de la artista situado en un bajo en el barrio de Benimaclet de Valencia en el que no se controlaban los parámetros ambientales.

En los tubos de hierro (aunque la oxidación, las pequeñas fisuras y deformaciones formaban parte del concepto artístico de la obra) el escaso control de las condiciones ambientales había acelerado gravemente su deterioro, agravándose las fisuras y deformaciones, preocupando a la artista que se pudiera llegar a la degradación y pérdida total de los tubos (Fig. 15 y 16). Las virutas de bronce se estaban desprendiendo debido a la falta de adhesión, inquietando a la artista que estos desprendimientos pudieran llegar a afectar a la composición general.



- |                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Bastidor de madera      | 7. Pintura acrílica dorada    |
| 2. Cola blanca             | 8. Cola blanca                |
| 3. Contrachapado (soporte) | 9. Virutas de bronce          |
| 4. Chocolate con leche     | 10. Envoltorio de botella     |
| 5. Tapa poros              | 11. Envoltorio de magdalena 1 |
| 6. Barras de hierro        |                               |

Fig. 5 Croquis de una sección de la obra, donde se aprecia la disposición de elementos que conforman la estructura.



Nombre	Marca	Composición
ValorCao	Valor	Azúcar, cacao desgrasado en polvo (19%), harina de trigo, emulgente (Lecitina) y aroma.
Instantáneo a la taza	Dulcinea	Azúcar, cacao en polvo desgrasado, espesante (E- 1420), vainilla y canela.
Desayuno choco	Dulcinea	Azúcar, cacao desgrasado en polvo, harina de trigo, aromas (vainilla y canela) y emulgente (Lecitina).
Meivel a la taza	Meivel	Azúcar, cacao desgrasado en polvo (21%), fécula de maíz y aroma.
Paladín a la taza	Paladín	Azúcar, espesante (E-1442), cacao desgrasado en polvo, aromas y harina de trigo.

Fig. 6 Tabla con las distintas marcas de chocolates en el Mercado en el momento de la creación de la obra, y de sus respectivas composiciones.

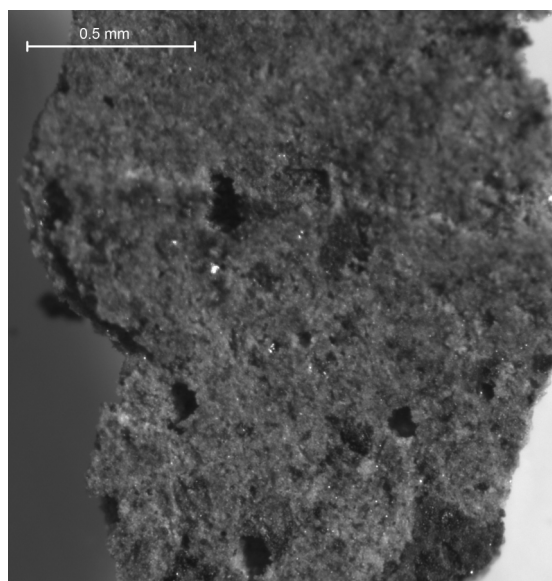


Fig. 7 Microfotografía (32x) de la superficie de la obra, en una zona en que la autora no había utilizado tapa poros.

El chocolate se encontraba oxidado, con un gran aumento de migraciones de grasas hacia el exterior provocados por la exposición del chocolate a altas temperaturas ya que estas floraciones se producen entre los 25 y 30 °C. Por encima de los 25 °C el chocolate además se deforma, y por encima de los 32 °C se funde. También presentaba floraciones de azúcar provocadas por la



Fig. 8 Fotografía de detalle de la superficie pictórica donde se había aplicado la capa de tapa poros.



Fig. 9 Detalle del tubo de hierro oxidado.

exposición del chocolate a humedades relativas superiores al 65 %. Al producirse condensaciones en la superficie del chocolate el azúcar se disuelve provocando al evaporarse el agua, una capa blanquecina correspondiente a los cristales del azúcar [4] (Fig.17, 18 y 19). Además, trozos de chocolate se estaban desprendiendo afectando estos deterioros a la idea de transmitir calidez con el que fue empleado por la artista (Fig. 20).

Por lo tanto, los materiales estaban sufriendo deterioros que suponían un cambio en la comprensión del sentido de la obra viéndose este alterado. Después de estudiar la obra, tanto desde el punto de vista de la materia como desde el punto de vista de la idea, y de hablar con la artista, se optó por intervenirla, puesto que el estado de conservación de la obra comenzaba a entrar en conflicto con el sentido de la misma [5].



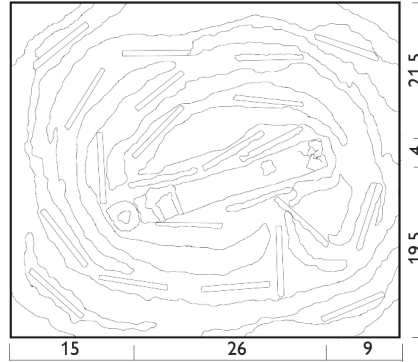
Fig. 10 Detalle del envoltorio de magdalena adherido sobre la superficie, e incrustado en el material base de chocolate.



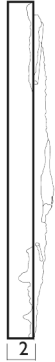
Fig. 11 Detalle del envoltorio de botella incrustado en el material base de chocolate.

**Vistas de la obra:**

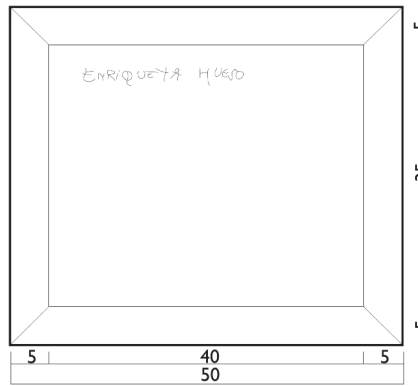
**Alzado**



**Perfil**



**Planta**



Medidas en cm

Fig. 12 Croquis de la obra con las cotas.

■ **La intervención**

■ ■ **Objetivos**

El objetivo de la intervención en el obra era devolverle la lectura, ya que debido a al estado de conservación de los materiales el sentido de la misma estaba comenzando a verse afectado, así como establecer unas condiciones correctas para su almacenaje y exposición, con la intención de transmitir la obra al futuro y ralentizar al máximo su degradación.

■ ■ **Proceso: Materiales, métodos y resultados**

En primer lugar se procedió a separar la obra del marco para que pudiese ser estudiada e intervenida además de para ser sustituido, ya que el sistema de sujeción entre el

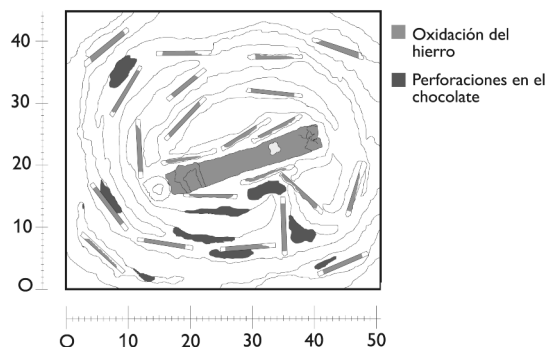
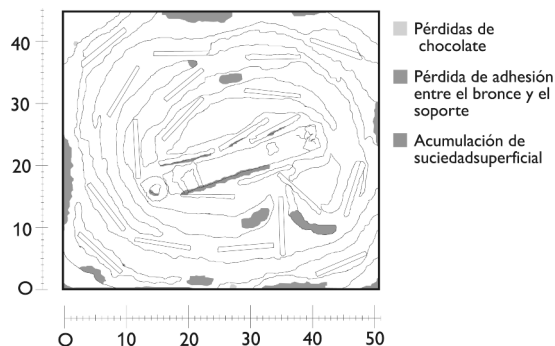


Fig. 13 Mapa de degradaciones de la obra por el anverso.

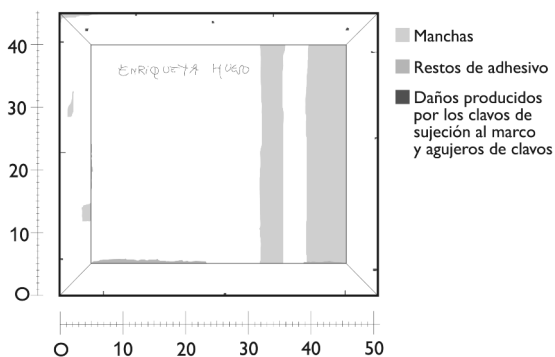


Fig. 14 Mapa de degradaciones de la obra por el reverso.

marco y la obra no era adecuado y estaba comenzando a deteriorar el bastidor de la pieza. Para ello, se desatornilló la arandela de la que se colgaba el marco y se extrajeron los clavos (12 clavos, 3 por lado) que además, se encontraban muy oxidados. También se eliminó la cartulina que cubría el reverso del marco (que presentaba



Fig. 15 Detalle con luz visible de las fisuras en el tubo de hierro central.



Fig. 16 Detalle de la corrosión en el tubo de hierro central.

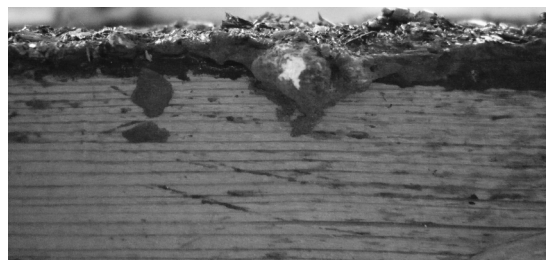


Fig. 17 Fotografía de detalle de un lateral de la obra, donde se aprecia la floración de azúcares a la superficie.

gran cambio cromático y que había perdido su resistencia mecánica).

Después se procedió a limpiar mecánicamente la obra en aquellas zonas bien adheridas ya que presentaba una



Fig. 18 Macrofotografía con luz visible de la floración de azúcar del chocolate.

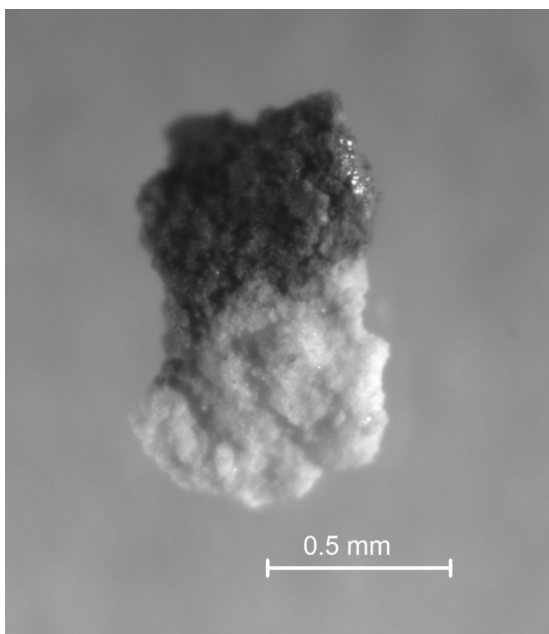


Fig. 19 Microfotografía (20x) de la floración.

gran acumulación de polvo y suciedad que alteraba el aspecto de la obra (mostrándose mate) y pudiendo llegar a ser un medio propicio para la aparición de microorganismos que causasen alteraciones graves en la pieza. La limpieza se realizó con pinceles de cerdas suaves sin levantar o desprender las virutas de bronce.



Fig. 20 Desprendimiento de un fragmento de chocolate.



Fig. 21 Detalle de las virutas de bronce.

En las virutas de bronce se requirió un proceso de fijación con dos objetivos. Por una parte, adherir las virutas de bronce que se habían desprendido y por la otra, proteger las virutas que corrían el riesgo de desprenderse en un futuro (Fig. 21). El material escogido no podía alterar

la apariencia del bronce. Es por ello que se escogió el Paraloid B-67 debido a sus óptimas características de brillo, adhesión, resistencia a la oxidación, estabilidad a la luz y al calor moderado, poco amarilleo con el tiempo y a su apariencia transparente. Al comparar el Paraloid B-67 con el B-72, en la ficha técnica de la casa CTS® se indica que el Paraloid B-67 es más fluido en las mismas condiciones de disolución, esta propiedad determinó su elección, al considerar que adhesivos más viscosos podrían dejar brillos en la superficie. También se tuvo en cuenta el disolvente necesario ya que no resultaba adecuado utilizar como disolventes agua, alcohol o incluso acetona, por la solubilidad del chocolate que rodeaba las virutas, por lo que se escogió un material disuelto en disolventes aromáticos que no pudieran afectar al chocolate. Se realizaron ensayos con concentraciones del 3 %, 10 % y 15 % en xileno aplicados con pincel en diversas zonas. La fijación de las virutas con Paraloid B-67 al 3 % y al 10 % no resultó adecuada ya que aunque no alteraban la apariencia del bronce no fijaban las virutas al soporte. Fue la concentración de Paraloid B-67 al 15 % la que presentó mejores resultados ya que no alteraba estéticamente el bronce y fijaba las virutas al soporte. Es por ello que se optó por esta concentración aplicada a pincel. El proceso de fijación dio un buen resultado tanto desde el punto de vista matérico ya que las virutas de bronce quedaron adheridas, como desde el punto de vista estético ya que la apariencia del bronce no sufrió ninguna alteración (Fig. 22 y 23).

Además, este producto se usó también para consolidar los tubos de hierro y ralentizar su proceso de degradación pues, no se pudo remover la corrosión porque ésta formaba parte de la obra y su eliminación hubiese supuesto la alteración su sentido. Para la consolidación de los tubos de hierro, se aplicó Paraloid B-67 al 4 % en xileno por la superficie de los tubos metálicos ya que el estado de conservación lo permitía, al no desprenderse las partículas oxidadas (Fig. 24 y 25).

Una vez consolidados tanto el bronce como los tubos de hierro, se pensó en la aplicación de una capa de protección (con función preventiva y aislante con respecto al medio ambiente) de cera microcristalina Cosmoloid H80. Sin embargo, una vez realizados los ensayos se observó que ésta alteraba su estética ya que les añadía brillo y cierto color blanquecino, por lo que se optó por no aplicar esta última capa de protección. En este caso la

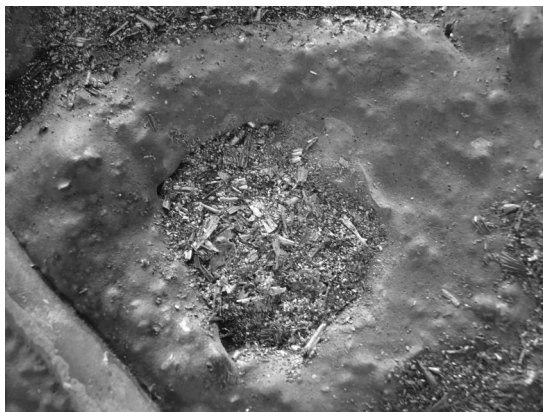


Fig. 22 Proceso de consolidación: detalle de la zona de las virutas antes de la aplicación del consolidante.



Fig. 23 Proceso de consolidación: detalle de la zona de las virutas después de la aplicación del consolidante.



Fig. 24 Tubo de hierro antes de la aplicación del consolidante.



Fig. 25 Tubo de hierro después de la aplicación del consolidante.

observación a simple vista era suficiente para apreciar la alteración de la superficie.

El chocolate fue tratado con fungicidas para eliminar los microorganismos que pudiera albergar además de para evitar su futura proliferación. La aplicación de fungicidas fue posible ya que la intención del chocolate en esta obra no era la de ser un material comestible, a diferencia por ejemplo de las obras de chocolate de Dieter Roth (Fig. 26). Al igual que en la aplicación del consolidante en las virutas de bronce, se hubo de escoger cuidadosamente el material ya que éste no podía alterar

estéticamente el acabado del chocolate (mate en las zonas sin tapa poros y brillante en las zonas con tapa poros). Para ello se realizaron pruebas con Biotin N al 1 % en agua destilada y con Preventol R80 también al 1 % en agua destilada aplicados con pincel tanto en las zonas de chocolate con tapa poros como en las zonas de chocolate sin tapa poros. Al estudiar los resultados de las pruebas se observó que el Biotin N no resultaba adecuado para las zonas de chocolate sin tapa poros ya que la aplicación resultó muy difícil de controlar y el fungicida se expandía por la superficie con gran rapidez. Tampoco resultaba adecuado para las zonas con tapa poros ya que no penetraba y dejaba un cerco oscuro muy visible en la zona donde era aplicado. Por ello, se optó por aplicar Preventol R80 que, tanto en las zonas de chocolate con tapa poros como en las zonas de chocolate sin tapa poros, resultaba muy adecuado, ya que su aplicación era fácil de controlar y no cambiaba estéticamente el acabado del chocolate, no lo oscurecía, no añadía brillo a la superficie y no dejaba ningún tipo de cerco. La comprobación del resultado final en esta zona se hizo gracias a la lupa de aumento de 5x (Fig. 27 y 28).

Por último, para evitar futuros daños en la obra, se procedió al cambio de sistema de sujeción entre la obra y el marco, empleando para ello pestañas de acero inoxidable que permitieran la sujeción de la misma al marco

Obra	Materiales constitutivos	Degradaciones que presenta	Intención artística del autor	Control que se lleva a cabo
"Mar de chocolate" de Diether Roth	Pastillas de chocolate colocadas en forma de columnas sobre una superficie de madera.	Pérdida del sabor del chocolate. Floración de manteca. Floración del azúcar. Decoloración. Biodeterioro (el chocolate ha sido atacado en toda su extensión por coleópteros).	El chocolate debe ser un material comestible. El deterioro forma parte de la obra.	Colocación de la obra en el interior de una vitrina (comparte espacio con otras obras), colocación de feromonas en el interior, control de T, Hr, iluminación, evitar acumulación de polvo.
"Chocolate" de Enriqueta Hueso	Contrachapado, chocolate y leche, bronce, hierro y pintura acrílica dorada.	Pérdida del sabor del chocolate. Migraciones. Contracción. Decoloración. Desprendimientos. Biodeterioro.	Lo importante del chocolate es su textura y percepción visual (su estética). No ha de ser comestible pero debe ser tocado por los espectadores. El deterioro no forma parte de la obra, altera su mensaje.	Ninguno

Fig. 26 Estudio de factores discrepantes en la obra Chocolate y la obra Mar de Chocolate de Dieter Roth. Comparación de la intención artística y el sentido de la creación.



Fig. 27 Aplicación del fungicida en el chocolate.



Fig. 28 Resultado de la aplicación del fungicida en las zonas mates de la superficie.

sin dañarla, además de permitir su fácil extracción. También se decidió la elaboración de una trasera de protección para preservar la obra de agentes físicos, de deterioro químico y de los riesgos de manipulación (problemas mecánicos...) además, al no ser una protección estanca ésta atenúa los cambios medioambientales favoreciendo la adaptación de la obra a esos posibles cambios. Para la realización de la trasera se optó por una plancha de metacrilato transparente de 3 mm para que la firma por el reverso de la artista fuese visible (Fig. 29 y 30).

No obstante, como la degradación no era un valor añadido a esta obra, la conservación preventiva jugaba un papel muy importante para su conservación y la transmisión del correcto sentido de la obra. Es por ello que se analizaron de manera minuciosa los factores de deterioro tanto internos como externos.

Por un lado, entre los factores internos (los relacionados con la composición, estructura y proceso de fabricación de la obra) cabe destacar que algunos de los materiales constitutivos presentan fecha de caducidad (como el



Fig. 29 Fotografía general con luz visible del anverso de la obra tras la intervención.



Fig. 30 Fotografía general con luz visible del reverso de la obra tras la intervención.

chocolate y la leche), así como la mezcla de materiales y la estrecha relación entre ellos, presentándose unos como degradantes del resto, como es el caso del chocolate, cuyo aporte de humedad ha acelerado la oxidación y degradación de los tubos de hierro (Fig. 31 y 32).

Por otro lado, entre los factores externos de la obra cabe destacar el nulo control que se lleva a cabo y lo fácil que ésta es afectada por agentes como la humedad relativa, la temperatura, la iluminación, los contaminantes atmosféricos, los agentes biológicos...

En primer lugar el taller contaba con un sistema de calefacción (que permanecía encendido en invierno) y un



Fig. 31 Aplicación de acetato de polivinilo en el fragmento de chocolate desprendido.

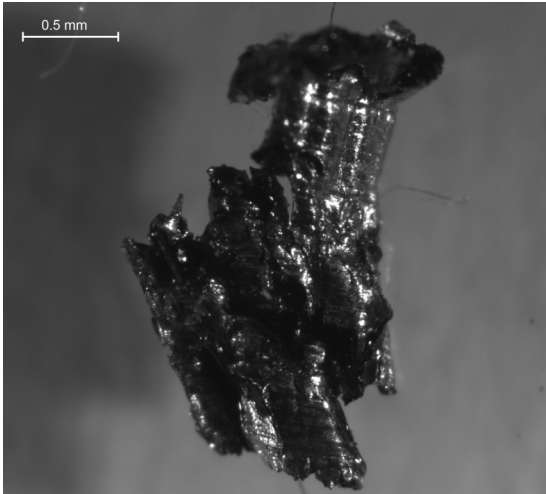


Fig. 32 Detalle de las virutas de bronce adheridas a la superficie (20x).

sistema de aire acondicionado (que permanecía encendido en verano) por lo que la humedad relativa y la temperatura sufrían grandes fluctuaciones entre estaciones y entre la noche y el día. Se encontraba iluminada con luz natural sin ningún tipo de filtro proveniente de un ventanal y fluorescentes. El taller se encuentra situado en una zona urbana (el centro de Benimacllet) donde hay diversas industrias y tráfico intenso de vehículos. Tanto al chocolate como al hierro, el bronce y la madera son afectados por el dióxido de azufre, el dióxido de carbono, el ozono y el dióxido de nitrógeno. Entre las partículas sólidas que afectan a la obra podemos destacar el hollín, el polvo y

las sales provenientes del mar [6]. Además, no se llevaban a cabo limpiezas en la obra por lo que las partículas no eran eliminadas y se iban acumulando en la superficie siendo muy nocivas sobre todo para el chocolate debido a su naturaleza orgánica.

Por todo ello se planteó un plan de actuación enfocado a la conservación preventiva teniendo como objetivo establecer las condiciones adecuadas para evitar o ralentizar lo máximo posible el deterioro de la obra evitando futuras intervenciones así como concienciar de la importancia de la conservación preventiva y de la correcta manipulación para la conservación futura de este tipo de obras. Para este plan de actuación se tuvieron en cuenta no sólo las características de la obra, su estado de conservación y los factores de deterioro sino que también, las posibilidades económicas, posibilidades de actuación, el espacio y el lugar del que se disponía.

En primer lugar se intentaron eliminar las fluctuaciones de humedad relativa y de temperatura regulando y evitando el uso excesivo de la calefacción y el aire acondicionado tratando de mantener una humedad relativa entre el 45 y el 60 % y una temperatura de 18°C [7].

Para reducir las radiaciones visibles se redujo la iluminación a lo estrictamente necesario para la contemplación de la obra y para poder seguir realizando las actividades del taller. Además, cuando no hubiese nadie el taller debía quedar a oscuras. Para eliminar las radiaciones IR se colocó un sistema de persianas en la cristallera evitando que la luz solar penetrase. Para reducir las radiaciones UV al mínimo posible se colocaron en los fluorescentes vainas de policarbonato.

En cuanto a la contaminación atmosférica dada la imposibilidad de colocar filtros se estipuló realizar limpiezas mecánicas periódicas con plumeros y aspiradores para eliminar la acumulación de suciedad, partículas de polvo... a la vez que ventilar (reduciendo el contenido de agua en los materiales decreciendo el desarrollo de hongos y microorganismo) y por último realizar revisiones periódicas en todas las obras almacenadas y colgadas en el taller.

## ■ Conclusiones

La obra “Chocolate” es un claro ejemplo de las problemáticas que presentan las obras de arte no convencional



en las que la comprensión de la dicotomía entre materia e idea resulta la base para su conservación y para determinar la necesidad de intervenir o no en las obras. En el caso de “Chocolate” el estado de conservación comenzaba a entrar en conflicto con el sentido de la obra por lo que se realizaron tanto intervenciones directas en las degradaciones que presentaba, como indirectas, diseñando un plan de actuación de conservación preventiva teniendo presente que su futura conservación dependerá de la aplicación del plan de conservación preventiva ya que debido a la mezcla de materiales y la naturaleza de los mismos su deterioro o su degradación supondrá la alteración del sentido y conllevará la pérdida/ruina de la obra.

## ■ Referencias

- 1 INCCA, *Guide to Good Practice: Artists' Interviews*, Amsterdam, Netherlands Institute for Cultural Heritage, 1999, <http://www.eai.org/resourceguide/collection/computer/pdf/incca.pdf> (fecha de consulta: 13 Diciembre 2008).
- 2 Llamas, R., *Conservar y Restaurar el Arte Contemporáneo: Un Campo Abierto a la Investigación*, Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (2009).
- 3 INCCA, *Decision Making Model*, Amsterdam, Foundation for the Conservation of Contemporary Art (SBMK) - Netherlands Institute for Cultural Heritage (ICN), 1996-97, <http://www.incca.org> (fecha de consulta: 11 Diciembre 2008).
- 4 MACBA, *Deterioración en la Obra de Arte Contemporáneo Provocada por la Luz. Exposición de Diversos Casos de Obras Pertenecientes a la Colección del MACBA*, [http://www.comune.firenze.it/servizi\\_pubblici/scuola/iti-net/artlux/](http://www.comune.firenze.it/servizi_pubblici/scuola/iti-net/artlux/) (fecha de consulta: 16 Noviembre 2007).
- 5 Altófer, H., *Restauración de Pintura Contemporánea. Tendencias, Materiales, Técnicas*, Istmo, Madrid (2003).
- 6 Cox, H., 'The deterioration and conservation of chocolate from museum collections', *Studies in Conservation* **38**(4) (1993) 217-223.
- 7 García, I., *Conservación Preventiva y la Exposición de Objetos y Obras de Arte*, KR, Murcia (1999).

Agradecemos al Ministerio de Ciencia e Innovación español, la subvención recibida para realizar esta investigación a través de la dirección general de investigación y gestión del plan Nacional de I+D+i

Recibido: 7 Julio 2009

Versión revista: 10 Noviembre 2009

Aceptado: 16 Noviembre 2009



# A conservação do patrimônio natural e cultural diante das mudanças climáticas

## *The conservation of the natural and cultural heritage ahead the climatic changes*

Silvia Helena Zanirato  
EACH – Universidade de São Paulo - Brasil  
shzanirato@usp.br

### **Resumo**

As mudanças climáticas têm sido amplamente discutidas por vários campos do conhecimento, num indicativo da importância de se encontrar respostas para o controle dos riscos que ameaçam a manutenção da vida no planeta. No artigo são analisados documentos emitidos pela UNESCO – organização responsável pela salvaguarda da herança cultural e natural do mundo – que alertam para os riscos que se colocam para a conservação do patrimônio mundial nesse cenário de aquecimento global e que trazem alguns propósitos para o enfrentamento do problema.

### **Palavras-chave**

Patrimônio natural e cultural; Mudanças climáticas; UNESCO.

### **Abstract**

The climatic changes have been widely argued for various fields of the knowledge, indicative the importance of finding answers for the control of the risks that threaten the maintenance of life in the planet. In the article are analyzed documents emitted by UNESCO – organization responsible for safeguards of the cultural and natural inheritance of the world – that alert for the existing risks for the conservation of the world heritage in this scene of global heating and that bring some questionings on how to face the problem.

### **Keywords**

Natural and cultural heritage; Climatic changes; UNESCO.

## ■ Introdução

Abordar as implicações das mudanças globais que incidem sobre o patrimônio cultural e natural da humanidade não deixa de ser um assunto relevante e urgente. A divulgação dos relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (International Panel on Climate Change, IPCC) a respeito dos eventos decorrentes do aquecimento global e os alertas da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) para a vulnerabilidade do patrimônio mundial aos fenômenos decorrentes das alterações na composição da atmosfera global instigam e fundamentam o presente texto. Assim, busco investigar os desafios que se apresentam para a conservação do patrimônio cultural e natural em face das mudanças climáticas e as respostas que a UNESCO tem apresentado para isso. Para dar conta desse assunto são avaliados documentos emitidos pela UNESCO que alertam para os riscos que se colocam para a conservação do patrimônio mundial nesse cenário.

O texto está organizado em sete partes. Na primeira, abordo o papel da UNESCO como organismo responsável pela conservação dos bens naturais e culturais considerados pertencentes à humanidade. Na segunda, remeto a discussão para a compreensão dos desafios que se colocam para a salvaguarda do patrimônio natural e cultural em face da degradação ambiental. Na parte seguinte discorro sobre o que se entende por sociedade de riscos. Nela se inclui a problemática do aquecimento global, uma ação provocada e/ou intensificada pelo homem em sua relação com o ambiente. Na quarta parte trato da posição da UNESCO quanto ao patrimônio natural e cultural diante dos perigos advindos das mudanças climáticas. A seguir exponho situações que já se apresentam para alguns lugares nos quais se encontram bens naturais e bens edificados. Nas considerações finais trago uma síntese dos desafios que se colocam para a UNESCO, na esperança de se garantir às gerações futuras, o legado recebido de nossos antepassados.

## ■ A conservação do patrimônio cultural e natural da humanidade.

A UNESCO é desde a sua criação, em novembro de 1946, a organização responsável pela proteção do patrimônio

cultural em escala mundial. A ela cabe articular e regular de forma eficaz as medidas de tutela e de ação internacional, bem como de elaborar textos jurídicos e recomendações internacionais com conteúdos, objetivos e alcances distintos. A preocupação central é a de que a conservação do patrimônio se efetive em uma dimensão internacional [1].

Quando de sua criação, além da responsabilidade de comandar as discussões no âmbito da cultura, a UNESCO também cuidava das questões ambientais no interior da ONU.

Em julho de 1972, durante a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano – primeira grande conferência convocada pela ONU para tratar de princípios básicos para a proteção ambiental – foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que passou a coordenar as ações ambientais. Enquanto o PNUMA ganhava corpo institucional, a UNESCO organizou a Convenção Relativa à Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, celebrada em Paris em 1972. Sua convocação se deu em face do reconhecimento da necessidade de proteger os elementos valorados no campo cultural e as áreas naturais [2].

Nessa ocasião foi definido que o patrimônio era um legado que a humanidade recebeu de seus antepassados e que deveria ser transmitido às gerações futuras. Tal patrimônio foi entendido como “fonte insubstituível da vida e da inspiração”, que se encontra em lugares originais e diversos como os desertos de Serengeti da África do Leste, as pirâmides de Egito, a grande barreira de recife da Austrália e as catedrais barrocas da América Latina [3, p. 2].

Ao longo do texto ficou expressa a compreensão de que a proteção de tais áreas não poderia se efetuar unicamente em escala nacional, devido à magnitude dos meios necessários para esse procedimento, que não raras vezes extrapolavam os recursos econômicos, científicos e tecnológicos de que os países que abrigavam os elementos patrimoniais eram detentores. Para tanto foi definido o que se entende por patrimônio mundial, ou seja, os elementos de interesse excepcional, por vezes testemunhos únicos, que deveriam ser considerados pertencentes não apenas aos Estados em que se encontravam, mas a toda a humanidade, que deveria se envolver em sua defesa e salvaguarda, de modo a assegurar a sua transmissão às gerações futuras [4].

Para concretizar os propósitos da proteção foram constituídos o Comitê do Patrimônio Mundial e o Fundo do Patrimônio Mundial. O primeiro, um órgão intergovernamental, constituído por representantes de 21 Estados-parte na Convenção, eleitos periodicamente. Este Comitê ficou responsável por identificar o patrimônio e inscrevê-lo na Lista Mundial; zelar pelo mesmo em conjunto com o Estado onde ele se encontrasse; decidir aqueles que estivessem em perigo e determinar as condições e os meios apropriados para que um Estado pudesse aceder ao Fundo do Patrimônio Mundial.

O Fundo foi formado com recursos oriundos de contribuições obrigatórias e voluntárias dos Estados-parte, da UNESCO, de outras agências da ONU, principalmente do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e de organismos públicos e privados, bem como de receitas de manifestações organizadas em prol do Fundo.

A missão da UNESCO, no que tange ao patrimônio cultural e natural, passou a ser a de “ajudar aos Estados-parte a salvaguardar os lugares do Patrimônio Mundial, fornecendo assistência técnica e formação profissional e assistência de emergência aos lugares em que haja um patrimônio mundial em perigo imediato” [1, p. 2].

Foi definido que cada um dos Estados-parte deveria se comprometer a não tomar deliberadamente qualquer medida suscetível de prejudicar, direta ou indiretamente, o patrimônio cultural e natural localizados nos demais Estados-parte. Também ficou estabelecido que o Comitê faria, atualizaria e divulgaria a “Lista do Patrimônio Mundial em Perigo”, na qual constariam os bens cuja salvaguarda exigiria a intervenções da UNESCO. As razões para a perda de um bem foram pensadas em decorrência de fatores como a degradação acelerada, desenvolvimento urbano e turístico acelerados, destruição em função de mudanças de uso, alterações profundas por causas desconhecidas, abandono por qualquer motivo, conflito armado já iniciado ou latente, calamidades ou cataclismas, incêndios, terremotos, deslizamentos de terra, erupções vulcânicas, modificação do nível das águas, inundações e maremotos. Finalmente, ficou aclarado que o Comitê é quem definiria os critérios para que um bem fosse inscrito ou na Lista do Patrimônio Mundial ou na Lista do Patrimônio Mundial em Perigo [4].

Em janeiro de 2006 a UNESCO divulgou a Lista atualizada do patrimônio da humanidade, que compreendia

812 locais, distribuídos nos cinco continentes. 628 destes eram elementos culturais, 160 naturais e 24 uma combinação de ambos [5].

Em março do mesmo ano, noticiou que 26 bens culturais e naturais do mundo encontravam-se em perigo de desaparecimento, em função dos impactos oriundos do aquecimento global, causados pela ação do homem sobre o ambiente em que vive.

### ■ Os desafios para a conservação do patrimônio cultural e natural da humanidade em face à degradação ambiental

As alterações no ambiente acompanham a existência do homem na Terra. Ao longo da década de 1960 ficou evidente que as ações do homem sobre a natureza haviam desencadeado uma crise ambiental que mostrava “a irracionalidade ecológica dos padrões dominantes de produção e consumo” e marcava “os limites do crescimento econômico” [6, p. 27].

A criação do PNUMA ocorreu nesse momento de reconhecimento da necessidade de ações mais eficazes para a conservação do meio ambiente e foi nesse contexto que a ONU chamou os países membros a participarem de reuniões para definição de acordos destinados a tratar da proteção ambiental. Foram aprovadas, entre outras, a Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção, 1973; a Convenção sobre Poluição Transfronteiriça de Longo Alcance, 1979; a Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, 1979; a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio, 1985 e o Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, 1987 [7, p. 608].

Na década de 1980 foi instituída pela ONU, a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento, com o intuito de aprofundar estudos que pudessem ao mesmo tempo garantir o desenvolvimento econômico e minimizar os impactos ambientais. Em 1987 essa Comissão apresentou o relatório “Nosso futuro comum”, no qual defendia a adoção do desenvolvimento sustentável, ou seja, um desenvolvimento que pudesse “atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades” [8, p. 45].

O desenvolvimento sustentável aparecia como um tipo de desenvolvimento capaz de incorporar as condições ecológicas do processo econômico e, ao mesmo tempo, garantir a perdurabilidade desse processo. Buscava-se compatibilizar crescimento econômico e proteção ambiental, e assim enfrentar a crise que se anunciava. Não obstante, as contradições de tal proposta não tardaram a se fazer presentes “tanto por falta de rigor do discurso, quanto em sua colocação em prática” [6, p. 18].

Ao final da década de 1980 o PNUMA não deixou de expressar suas preocupações com o agravamento da degradação e, objetivando ter mais dados sobre os efeitos da ação humana no ecossistema, estabeleceu em 1988, em conjunto com a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC). O IPCC foi composto por especialistas que tiveram a incumbência de subsidiar, com informações e trabalhos técnico-científicos e sócio-econômicos, as discussões relacionadas às causas da mudança do clima e seus potenciais impactos [9].

Também sob a coordenação do PNUMA foi chamada, para 1992, a Conferência das Nações Unidas para o Meio-Ambiente e Desenvolvimento, a Conferência do Rio. Esse encontro teve o objetivo de regular a ação humana em relação à emissão de gases que afetam o efeito-estufa e ao acesso à informação genética. Nela foram celebradas as Convenções sobre Mudanças Climáticas e sobre Diversidade Biológica [2].

Em 1997, em Kyoto, no Japão, foi formalizado um Protocolo entre os países para a redução das emissões combinadas de gases responsáveis pela provocação do efeito estufa. Para alcançarem a diminuição das emissões, os países deveriam implementar e/ou aprimorar tecnologias de acordo com as circunstâncias nacionais, promovendo o desenvolvimento sustentável [10].

Não obstante os esforços empreendidos desde então, os relatórios do IPCC mostraram quão preocupante é a situação da Terra. No primeiro relatório de 1990, os especialistas afirmaram que o aumento das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa desde o início da industrialização havia alterado o balanço de energia do planeta e provocado um aquecimento global. Em 1995 um novo Relatório confirmou as informações de 1990, insistiu que a mudança da temperatura média global e o aumento do nível do mar no futuro eram

resultantes de alterações provocadas pelas atividades humanas, com um alcance sem precedentes na história humana e que muitos aspectos da mudança do clima eram efetivamente irreversíveis. Em 2000 foi divulgado o terceiro Relatório no qual se reafirmou que o homem estava alterando o clima na Terra, que não se podia precisar a ordem de grandeza dessa mudança, que a incerteza não podia ser utilizada como desculpa para a falta de ação, pois os impactos poderiam ser de alto risco e os países menos desenvolvidos eram os mais vulneráveis. O quarto Relatório, divulgado em fevereiro de 2007, mostrou que “o aquecimento do sistema climático não é um equívoco, sendo agora evidente de acordo com as observações de aumento global do ar e das temperaturas dos oceanos, derretimento de gelo e neve em larga escala e aumento global do nível dos oceanos” [11].

Nesse Relatório constou que a temperatura média da atmosfera aumentou durante o século XX e que até 2100 pode aquecer até 5,8 °C em média, caso não sejam tomadas medidas para evitar que isso ocorra. O aquecimento produzirá impactos ambientais intensos como o derretimento das geleiras e calotas polares, secas, enchentes, ondas mais frequentes e intensas de calor, frio, furacões e tempestades, que acarretarão cada vez mais perdas econômicas e de vidas. Por tudo isso, concluíram os especialistas do IPCC, tornou-se urgente encontrar saídas, pois a manutenção da vida no planeta está em risco.

## ■ A sociedade de riscos

Para entender como chegamos a esse ponto, avalio importante recorrer às considerações do sociólogo alemão Ulrich Beck, segundo o qual estamos vivendo, desde o final do século XX, em uma “sociedade de riscos”. A produção social de riquezas nessa sociedade é acompanhada sistematicamente pela produção social de riscos, pois as tecnologias desenvolvidas têm acarretado o esgotamento dos recursos naturais renováveis e não renováveis e também são geradoras de substâncias nocivas e tóxicas que poluem o solo, a água, o ar, que contaminam os lençóis freáticos e põem em perigo a vida na Terra, em todas as suas de manifestação. Os riscos produzidos nessa fase da modernização, diz o sociólogo, não respeitam as fronteiras dos Estados nacionais e não são

específicos de uma classe social. Por essa razão, vivemos em uma “sociedade catastrófica” [12, p. 33].

Essa sociedade é resultante de escolhas políticas ou econômicas feitas no passado, num processo gradativo, formulado pelo homem em sua inserção com o ambiente natural [13].

O entendimento humano de adaptar a natureza às suas necessidades levou à construção e ao aprimoramento de tecnologias para melhor se situar na ambiente que escolheu para viver. A busca de tecnologias foi uma constante ao longo da existência da vida neste planeta e foi acelerada a partir da revolução industrial iniciada no século XVI, que trouxe outra compreensão sobre o homem e a natureza [14-16].

Se até então havia uma forma de pensar a natureza como criação de Deus, disposta para o usufruto dos homens, as idéias formuladas por pensadores como Galileu, Descartes e Bacon mudaram gradativamente essa compreensão. A natureza passou a ser concebida como inóspita, selvagem, um espaço a ser domado. Kant, por exemplo, chegou a afirmar que “o homem é o senhor da natureza”, pois é superior a ela [15, p. 248].

A compreensão disseminada no mundo moderno foi a de que ser civilizado era ser distante da natureza. Esta se tornou o depósito de recursos que devem ser explorados pelos homens em seu caminho para a civilização [17-19].

Tal forma de compreender a natureza levou à depredação do meio ambiente, com o objetivo de fornecer a energia de que os homens precisavam para o processo produtivo. A depredação tornou-se caótica nos séculos XIX e XX, em face do crescimento da indústria e da urbanização. O modelo de desenvolvimento defendido pelas sociedades, sobretudo as ocidentais, privilegiou o lucro, a acumulação de capitais, ainda que em detrimento da perda da qualidade de vida e da deterioração da natureza e da sociedade. Essa situação agravou-se de tal forma que analistas do meio ambiente e da sociedade não vacilam em afirmar que estamos vivendo uma “crise de civilização” [20, p. 16].

E é em meio a essa crise que os relatórios do IPCC, sobre a série de ameaças provocadas pela ação do homem ao meio ambiente, são produzidos e divulgados.

O conhecimento do conteúdo desses relatórios causou apreensão em diversos setores que se propuseram a encontrar meios de controlar os efeitos advindos do

aquecimento global, entre eles a UNESCO. Por isso mesmo, ela encarregou o Comitê do Patrimônio Mundial de analisar os potenciais impactos da mudança do clima nas propriedades do patrimônio mundial e sugerir medidas apropriadas para tratar delas.

## ■ A posição da UNESCO em face do aquecimento global

Reunidos em Vilnius, na Lituânia, em 2006, esse Comitê apresentou um relatório, fundamentado nos estudos do IPCC, onde se discutiu os potenciais impactos da mudança do clima e apresentou medidas consideradas adequadas para tratar de seus efeitos sobre o patrimônio mundial [5].

Os estudos do Comitê alertaram para os riscos do patrimônio cultural e natural ser afetado por:

- Mudança nos padrões de precipitação;
- Mudança da frequência, intensidade e periodicidade de eventos extremos tais como secas, fogos, precipitações pesadas, inundações, tempestades, ciclones tropicais;
- Elevação do nível de mar (causado pelo recuo da geleira, pelo derretimento do gelo e pela expansão térmica da água de mar em resposta às altas temperaturas) com sérias implicações para áreas litorâneas e ilhas;
- Aumento do nível de dióxido de carbono na atmosfera e a dissolução nos oceanos que causa o aumento da acidificação marinha.

Para esse grupo, lugares detentores de patrimônio cultural e natural estavam sujeitos a fenômenos, como:

- Perda do ecossistema existente nos recifes de corais diante do branqueamento;
- Modificação e extinção da comunidade biótica;
- Erosão e desaparecimento de evidências arqueológicas, preservadas porque se alcançou um equilíbrio entre os processos hidrológicos, químicos e biológicos do solo mas que alterações nos ciclos curtos podem resultar na perda de materiais mais sensíveis;
- Abalo e desaparecimento de edifícios históricos, que têm uma relação maior com a terra do que os modernos já que são mais porosos e extraem a água da terra em sua estrutura e perdem-na no ambiente pela evaporação de superfície. Suas paredes, superfícies e assoalhos são pontos de troca para estas reações. O aumento na umidade do solo pode resultar em uma mobilização maior

de sal e cristalização prejudicando, conseqüente, superfícies decoradas através da secagem;

- Infestações biológicas em madeiras e outros materiais orgânicos resultantes da migração de pestes para altitudes e latitudes até então não encontradas;

- Erosão de sítios arqueológicos e edifícios submetidos às inundações, não projetados para suportar a imersão prolongada, que podem ruir, ou serem infestados por micro-organismos prejudiciais, como o bolor;

- Perda de patrimônio móvel diante de níveis mais elevados de umidade, altas temperaturas e aumento dos níveis de ultravioleta.

Segundo o Comitê, os impactos não se restringiriam a ações físicas, mas iriam além, pois as mudanças ao patrimônio cultural causadas pelas mudanças climáticas não podem ser dissociadas das mudanças na sociedade, na demografia, no comportamento pessoal, no impacto de valores sociais.

A partir de então, a UNESCO passou a tomar algumas iniciativas para proteger o patrimônio mundial em face das mudanças climáticas. Entre elas a publicação de estudos de casos nos quais os patrimônios culturais e naturais têm sido afetados pelas referidas mudanças. Os lugares se distribuem por todo o planeta e exemplificam os impactos sofridos pelo patrimônio mundial. A seguir, algumas ocorrências apontadas no Estudo de Casos [21].

### ■ Consequências em áreas naturais

Parque Nacional de Kilimanjaro, na Tanzânia, que abriga em seu interior o monte mais alto da África, o Kilimanjaro. A cobertura de gelo do monte existe há pelo menos 10.000 anos. Numerosos mamíferos, muitos dos quais são espécies em perigo de extinção, vivem no lugar. O Parque foi inscrito na Lista do Patrimônio Mundial em 1987, devido a excepcional beleza natural. A cobertura de gelo do Kilimanjaro diminuiu cerca de 82 % no último século. A diminuição foi de 12.058 m<sup>2</sup>, para 6.675 m<sup>2</sup>, 4.171 m<sup>2</sup> e 3.305 m<sup>2</sup>, respectivamente aos anos de 1912, 1953, 1976 e 1989. Segundo o Comitê, se as tendências atuais forem mantidas a cobertura desaparecerá em menos de 15 anos.

Parque Nacional de Sagarmatha, no Nepal, situado na Cordilheira do Himalaia, inscrito na Lista em julho de 1979. As justificativas para sua inclusão na Lista foram

dadas pela geologia, biologia, estética e interação do homem com o meio ambiente. Nele se encontra o Monte Everest. Mais de 50 % do parque são constituídos por montanhas cobertas de neve e rochas. Os vales dos rios são cobertos pela vegetação subalpina. Espécies raras como o tigre das neves e o panda vermelho ali se encontram. Na área vivem os povos Sherpa. Na década passada, em torno de 67 % das geleiras retraíram em função das mudanças climáticas que provocaram alterações no vale e este está cada vez mais vulnerável. A destruição das geleiras pode acabar com o habitat natural de inúmeros animais, entre os quais o tigre das neves.

Grande Barreira de Recifes de Corais, um local marinho de excepcional beleza, o maior ecossistema de recifes de coral do mundo, situado ao nordeste da costa da Austrália, possui 2.100 quilômetros de comprimento e ocupa uma área de 344.400 km<sup>2</sup>. A lagoa formada pela barreira do recife contém 2.900 espécies de recifes individuais com 400 espécies dos corais, 1.500 espécies dos peixes e diversas espécies de milhares de moluscos. É o habitat de espécies como o dugong (boi marinho) e as tartarugas verdes, ambos ameaçados de extinção. Por essas razões foi incluída na Lista do Patrimônio Mundial, em 1981. No entanto, o local é sensível a qualquer alteração climática e o aumento de temperatura da água do mar, bem como o aumento da acidez das águas, têm causado o branqueamento do coral, ou seja, o desaparecimento de organismos que vivem em simbiose nos tecidos do coral. Cerca de 58 % dos recifes corais estão em risco tanto por eventos naturais episódicos (tempestades ou ciclones) quanto pelas atividades humanas como a poluição industrial, o turismo, a urbanização, a poluição do mar, a sedimentação, a pesca excessiva e a predação.

Área de conservação de Guanacaste, um conjunto de áreas protegidas na Costa Rica, com uma extensão de 120.000 hectares na parte terrestre e 70.000 hectares na parte marinha. O local é considerado especial pela grande diversidade de ecossistemas, que compreendem por florestas secas e úmidas, habitat natural de extrema importância para a conservação da diversidade biológica. Foi inscrito na Lista do Patrimônio Mundial em 1999. As altas temperaturas têm provocado o crescimento de fungos e espécies como as rãs já não encontram refúgios térmicos para a reprodução. Os impactos da mudança do clima na biodiversidade já são visíveis na América Central, como mais de 100 espécies de rãs em extinção.



## ■ Efeitos no patrimônio construído

O Comitê do Patrimônio Mundial enfatiza que os impactos das mudanças climáticas incidem também nos produtos da criatividade humana, mais particularmente no patrimônio construído, cujas conseqüências se manifestam de dois modos: em efeitos físicos diretos sobre as estruturas dos edifícios e em efeitos sobre a estrutura social e habitat que podem levar a migração das sociedades que vivem em tais locais.

Seguem exemplos.

Veneza, na Itália. Inscrita na Lista em 1987, uma cidade dotada de uma arquitetura magnífica, em estilos gótico, bizantino, clássico. Seus palácios contêm pinturas de Giorgione, Titian, Tintoretto, Veronese e outros artistas. O aumento do nível de mar conseqüente do derretimento das geleiras e dos icebergs e a expansão térmica das águas de mar resultam no aumento do volume médio dos oceanos. A elevação das águas em Veneza tem se tornado freqüente e as projeções indicam que a cidade pode ser inundada até o final deste século.

Centro Histórico de Praga, na República Tcheca. Inscrito na Lista do Patrimônio Mundial em 1992, possui edificações dos séculos XI a XVIII, situadas ao redor do rio Vltava. Praga é um exemplo proeminente de uma cidade medieval da Europa central, cujo patrimônio arquitetônico foi mantido ao longo dos séculos seguintes. As inundações que afetaram a Europa Oriental no verão de 2002 provocaram danos significativos a esse local. Alguns edifícios ficaram submersos em até 2 metros e outros desmoronaram. A elevação do nível das águas pode comprometer definitivamente as edificações seculares.

Timbuktu, em Mali. Capital intelectual e espiritual e um centro de propagação do islamismo na África durante os séculos XV e XVI. Suas três mesquitas, Djingareyber, Sankoré e Sidi Yahia recordam a idade dourada de Timbuktu e foram inscritas em 1988 na Lista do Patrimônio Mundial. Hoje, a desertificação ameaça este local. O avanço da areia na mesquita de Sankoré é notável e implica em alterações construtivas como a altura de suas tubulações que são invadidas pela areia.

O Comitê destacou esses casos entre outros e chamou a atenção para a necessidade urgente de mobilização pública e política para mitigar os efeitos das mudanças climáticas que incidem sobre o patrimônio mundial. Conclamou a necessidade de divulgação dessa situação

em escala local, como um meio de envolver as comunidades na defesa dos bens e de perceber que a degradação ocorre em todas as escalas, do local ao internacional, que o patrimônio mundial existe na escala local e que sua perda empobrece a humanidade como um todo. Segundo seu entendimento, ao se disseminar conhecimentos sobre as mudanças climáticas e suas conseqüências no patrimônio natural e cultural se está contribuindo para que a sociedade, os governos e empresas revejam atitudes e valores e construam alternativas e políticas públicas capazes de lidar com o aquecimento do planeta e o desafio da proteção patrimonial.

## ■ Considerações finais

As ponderações do Comitê não se restringiram a chamar a comunidade mundial para agir em defesa do patrimônio que é seu, mas foram além e resultaram em formulações que questionam a viabilidade da Organização em manter os compromissos assumidos em face da Convenção do Patrimônio Mundial de 1972. Segundo o Comitê, “a mudança do clima apresenta situações críticas para a implementação da Convenção”, posto que, de acordo com a Convenção, quando um local é ameaçado por um perigo sério e específico – perigo verificado e/ou potencial – pode ser incluído na Lista do Patrimônio Mundial em Perigo. O mesmo ocorre quando uma propriedade perde as características que autorizaram sua inscrição na Lista do Patrimônio Mundial e pode ser suprimida da referida Lista. Além disso, os Estados-parte da Convenção assumem o dever de assegurar a proteção, a conservação e a transmissão às gerações futuras das propriedades situadas em seu território. No entanto, ponderou o Comitê, as mudanças climáticas implicam em situações não previstas e que pedem respostas, entre as quais:

a) Um local deve ser inscrito na Lista do Patrimônio Mundial quando se sabe que seu valor universal pode desaparecer devido às mudanças do clima?

b) Um local deve ser inscrito na Lista de Perigos ou ser suprimido da Lista do Patrimônio Mundial devido à influência dos impactos que estão fora do controle do Estado-parte interessado?

c) Um Estado-parte em particular, empregando o artigo 6 (3) da Convenção, pode culpar um outro Estado-parte

por sua responsabilidade na mudança climática?

d) Se a Convenção – e seus procedimentos operacionais associados – consideram seriamente o fato de que, para algumas propriedades naturais, é impossível manter o valor universal “original”, razão pela qual foi inscrita originalmente na Lista do Patrimônio Mundial, mesmo com estratégias eficazes de adaptação e de mitigação aplicadas, deve haver uma nova avaliação dos valores?

e) Dado à natureza dos impactos da mudança climática, o entendimento de valores universais deve deliberadamente ser considerado em um contexto maior de tempo [5]?

Esses questionamentos podem ser compreendidos como reflexões acerca dos compromissos assumidos pela UNESCO na Convenção Mundial para a Salva-guarda do Patrimônio Natural e Cultural, diante do agravamento das alterações produzidas pelas mudanças globais.

Os especialistas do Comitê do Patrimônio Mundial entendem que é imprescindível encontrar alternativas para cada uma das situações apresentadas, mas que muitas ações se encontram fora do campo de atuação da UNESCO posto que dependem de:

- Tratados multilaterais assinados pelos países para conter a degradação ambiental;
- Políticas públicas;
- Gestão planejada em longo prazo;
- Ações técnicas voltadas para a adaptação dos lugares às ameaças que pairam sobre ele;
- Pesquisas multidisciplinares capazes de fornecer respostas;
- Envolvimento das comunidades locais em defesa do que constitui o patrimônio mundial.

As considerações do Comitê permitem cogitar de que esteja a ser pensada a possibilidade de ocorrer um redirecionamento da atuação da UNESCO no que diz respeito à responsabilidade em garantir via Fundo a conservação do patrimônio em perigo, diante da constatação do crescimento de lugares em risco. Tal redirecionamento sugere momentos de tensão com o futuro e são indicativos da percepção das dificuldades de cumprir, num futuro próximo, com a sua missão constante na Convenção do Patrimônio Natural e Cultural da Humanidade.

Não há como negar que a proteção do patrimônio cultural e natural se dá dentro de um campo de conflitos e interesses contraditórios, que contrapõe, inclusive,

organizações pertencentes às Nações Unidas. Isso porque nele se encontram os embates em torno da propriedade privada no âmbito da sociedade capitalista [22].

Muito já se falou sobre a importância de se enfrentar criticamente os interesses que se contrapõem à salvação e da necessidade de tornar a sustentabilidade, de fato, um novo paradigma de desenvolvimento. O que se precisa, agora, é de ações que garantam não só a permanência do nosso patrimônio natural e cultural, mas a possibilidade da vida na Terra. Para isso há que ser estabelecido um amplo programa de conscientização da sociedade e das instituições a respeito da importância da conservação do patrimônio natural e cultural e do respeito aos ecossistemas, sobretudo porque constituem sistemas complexos, sensíveis, vulneráveis, e compostos por recursos não renováveis.

Só assim poderemos chegar a uma sociedade que reconheça e conserve, de fato, o patrimônio natural e cultural. Pode ser também, uma oportunidade para reorganizar as relações sociais contemporâneas de modo a evitar o agravamento de tensões sociais e da sociedade no ambiente natural.

## Referências

- 1 *Carpetas de Información Sobre el Patrimonio Mundial*, UNESCO, Paris (2005).
- 2 Zanirato, S. H.; Ribeiro, W. C., 'Patrimônio cultural: a percepção da natureza como um bem não renovável', *Revista Brasileira de História*, **26** (51) (2006) 251-262.
- 3 UNESCO, World Heritage Center, *About World Heritage*, <http://whc.unesco.org/en/about/> (acesso em 8-7-2008).
- 4 UNESCO, *Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural*, <http://whc.unesco.org/?cid=175> (acesso em 8-7-2008).
- 5 *Predicting and Managing the Effects of Climate Change on World Heritage*, UNESCO, Vilnius (2006).
- 6 Leff, E., *Racionalidade Ambiental*, Civilização Brasileira, Rio de Janeiro (2006).
- 7 Ribeiro, W. C., *Patrimônio Ambiental Brasileiro*, Edusp-Imprensa Oficial do Estado, São Paulo (2003).
- 8 Brundtland, G. H., *Nosso Futuro Comum*, Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro (1988).
- 9 IPCC, *Introduction to the Intergovernmental Panel on Climate Change*, <http://www.ipcc.ch>. (acesso em 12-6-2008).
- 10 CQNUMC - *Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima – Protocolo de Kyoto à Convenção sobre Mudança do Clima*. <http://www.mct.gov.br/clima/quioto/protocolo.htm> (acesso em 10-7-2008).

- 11 IPCC, WMO-UNEP, *Intergovernmental Panel on Climate Change: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. <http://www.ipcc.ch> (acesso em 17-7-2008).
- 12 Beck, U., *La Sociedad del Riesgo*, Paidós, Barcelona (2006).
- 13 Veyret, Y. (org.), *Os Riscos. O Homem Como Agressor e Vítima do Meio Ambiente*, Contexto, São Paulo (2007).
- 14 Lenoble, R., *História da Ideia de Natureza*. Edições 70, Lisboa (1990).
- 15 Ponting, C., *Uma História Verde do Mundo*, Ed. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro (1995).
- 16 Foladori, G., *Limites do Desenvolvimento Sustentável*, Imprensa Oficial/Ed. UNICAMP, São Paulo (2001).
- 17 Thomas, K., *O Homem e o Mundo Natural*, C.ia das Letras, São Paulo (1989).
- 18 Elias, N., *O Processo Civilizador*, Zahar, Rio de Janeiro (1990).
- 19 Glacken, C., *Huellas en la Playa de Rodas: Naturaleza y Cultura en el Pensamiento Occidental Desde la Antigüedad Hasta Finales del Siglo XVIII*, Serbal, Barcelona (1996).
- 20 Leff, E., *A Complexidade Ambiental*, Cortez, São Paulo (2003).
- 21 *World Heritage Center. Cases Studies on Climate Change and World Heritage*. UNESCO, Paris (2007).
- 22 Zanirato, S. H.; Ribeiro, V. C., 'Conhecimento tradicional e propriedade intelectual nas organizações multilaterais', *Ambiente e Sociedade*, **10** (1) (2007) 39-45.

Recebido: 3 de Setembro de 2008

Versão revista: 14 de Novembro de 2008

Aceite: 19 de Dezembro de 2008