

jornadas

LNEC

JIL – Cidades e Desenvolvimento

Lisboa, LNEC, 18 - 20 junho 2012



Restauro de Estuques Antigos  
com  
Produtos Compatíveis

T. Freire, M. R. Veiga, A. Santos Silva e J. de Brito

## **1. INTRODUÇÃO**

- **CONTEXTO**

- **Preservação do património construído**
- **Intervenções sustentáveis**
- **Uso de materiais compatíveis**

- **MOTIVAÇÃO**

- **Escassez de estudos sobre este assunto**
- **Preservação dos estuques de gesso portugueses**

## 2. METODOLOGIA

- **Caracterização mineralógica preliminar** dos revestimentos interiores antigos portugueses:
  - **Vários períodos** (Romano, Árabe, Barroco e Pós-Barroco)
  - **Várias regiões** (Norte, Centro e Sul)
- **Caracterização dos estuques de gesso séculos XVIII - XX**
- **Desenvolvimento de novos produtos**, para o restauro e/ou conservação dos existentes
- **Estudos de compatibilidade** entre os novos materiais e os antigos

## 2. METODOLOGIA

- **Materiais**

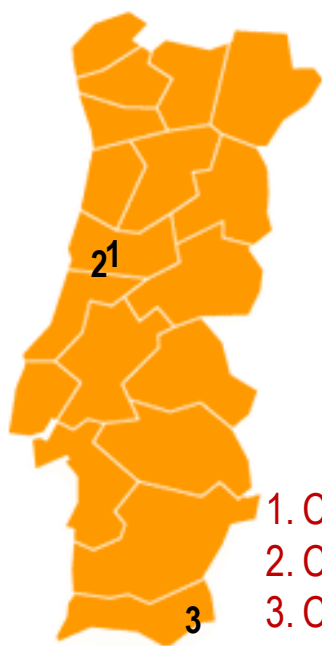
- Visitas a **centros de recolha e armazenamento de materiais arqueológicos** - **períodos romano e islâmico**;

- Visitas a **edifícios antigos estucados, a necessitar de intervenção, ou com intervenções em curso**, para recolha de materiais originais, devidamente datados e sem patologias associadas - **restantes períodos**.

## 2. METODOLOGIA

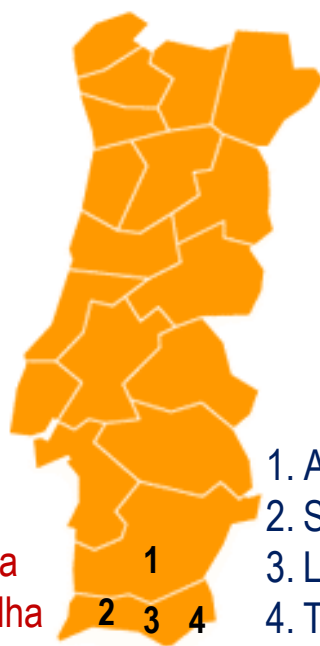
- Caracterização mineralógica preliminar (DRX)

*Romano*



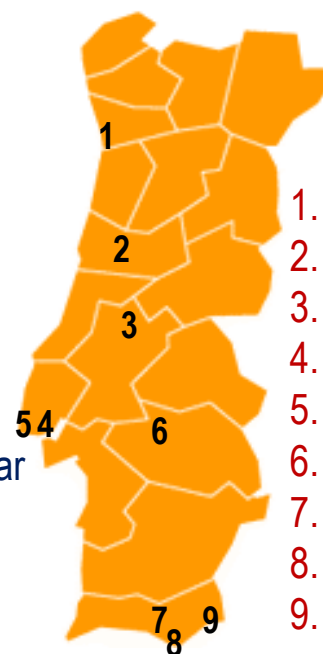
1. Coimbra
2. Conímbriga
3. Cacela Velha

*Árabe*



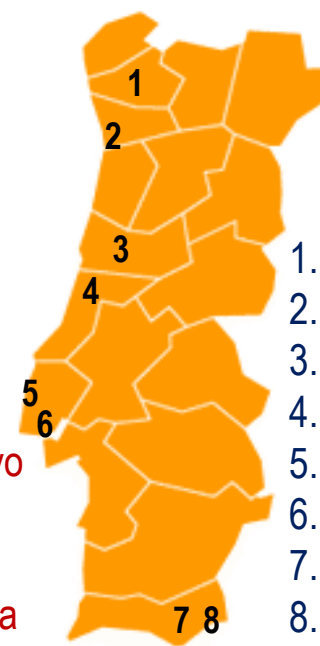
1. Almodôvar
2. Silves
3. Loulé
4. Tavira

*Barroco*



1. Porto
2. Coimbra
3. Tomar
4. Lisboa
5. Oeiras
6. Mont.-o-Novo
7. Loulé
8. Faro
9. Cacela Velha

*Pós-Barroco*



1. Fafe
2. Porto
3. Coimbra
4. Leiria
5. Sintra
6. Lisboa
7. Estoi
8. Tavira

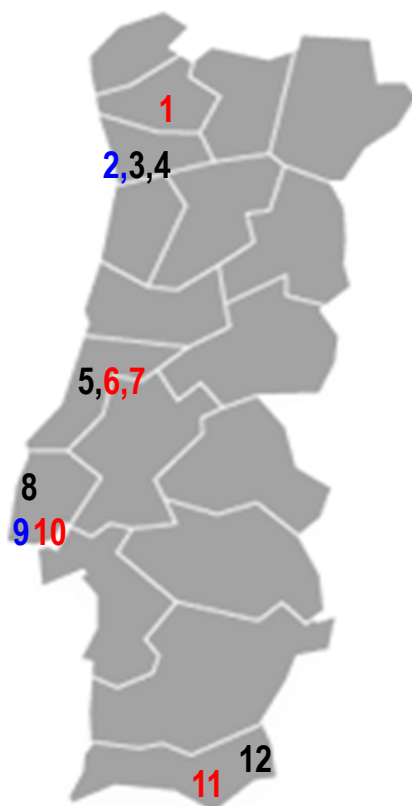
## 2. METODOLOGIA

- Caracterização de estuques de gesso: séculos XVIII-XX

CASOS DE ESTUDO: 12

Nº AMOSTRAS: 38

CAMADAS INDIVIDUAIS: 50



### Norte

1. Fafe - Cine-Teatro, século XX
2. Porto - Sé, Capela do Santíssimo, século XVIII
3. Porto - Edifício R. Restauração, século XIX
4. Porto - Palácio da Bolsa, século XIX

### Centro

5. Leiria - Palácio Barão Salgueiro, século XIX
6. Leiria - Edifício *Garage*, século XX
7. Leiria - Edifício *Beira-Rio*, século XX

### Centro-Sul (região de Lisboa)

8. Sintra - Palácio de *Monserate*, século XIX
9. Oeiras - Casa de Pesca, Marquês de Pombal, século XVIII
10. Lisboa - Av. Liberdade, século XX

### Sul

11. Estoi, Faro - Palácio de Estoi, séculos XIX-XX
12. Tavira - Igreja do antigo Convento de S. Francisco, século XIX

## 2. METODOLOGIA

- **Caracterização de estuques de gesso: séculos XVIII-XX**

**QUÍMICA E MINERALÓGICA** (metodologia *Santos Silva et al.*, DM-NMM):

**DRX**

**ATG-ATD**

**Microscopia ótica** (observação visual, estratigrafia, análise petrográfica)

**MEV-AXDE**

**FT-IR** (pesquisa de orgânicos em algumas amostras) - Univ. Évora e LCR-JF

## 2. METODOLOGIA

- **Caracterização de estuques de gesso: séculos XVIII-XX**

### **PROPRIEDADES FÍSICAS (DED-NRI):**

**Coefficiente de absorção capilar** (método adaptado a argamassas antigas, *Veiga et al.*)

**Módulo de elasticidade dinâmico (MED)**, por ultrasons

**Resistência à compressão** (método adaptado argamassas antigas, *Válek & Veiga*)

**Estrutura porosa (MIP)**

**Permeabilidade à água e ao vapor de água** (EN 1015-19, adaptada)

**Higroscopicidade** (absorção de água sob a forma de vapor)

**Coefficiente de dilatação térmica e higrométrica**



## 2. METODOLOGIA

### PROPRIEDADES FÍSICAS (DED-NRI):



Método de determinação da absorção de água por capilaridade em amostras de argamassas antigas, habitualmente friáveis e irregulares (Veiga *et al.* 2004)

## 2. METODOLOGIA

### PROPRIEDADES FÍSICAS (DED-NRI):



**Determinação da resistência à compressão em amostras antigas pelo método da argamassa de confinamento (Válek & Veiga, 2005; Magalhães & Veiga, 2009)**

## 2. METODOLOGIA

- **Desenvolvimento de produtos de restauro compatíveis**

**Definição e caracterização dos constituintes** (gessos, agregados e adjuvantes)

**Além das propriedades determinadas nos antigos:**

- durabilidade às acções decorrentes do uso
- fissuração → **retração baixa**
- aderência aos suportes antigos

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- Caracterização mineralógica preliminar (DRX) - 105 amostras

Período histórico	Casos de estudo	Amostras analisadas	Principais constituintes
Romano (séc. I a.C. - VI d.C.)	3	10	<b>Calcite, quartzo</b> e outros como vestígios (feldspato, mica, aragonite)
Islâmico (séc. X - XIII)	4	26	<b>Calcite, quartzo, gesso*</b> (2 amostras) e outros (feldspato, aragonite, goetite)
Barroco (séc. XVII** - XVIII)	11	24	<b>Calcite, gesso</b> , vestígios de quartzo
Pós-Barroco (séc. XIX – XX)	14	45	<b>Gesso, calcite</b> e outros como vestígios (quartzo, hematite, anidrite, aragonite)

\* Também detetado na Mesquita de Mértola, LNEC, 2006;

\*\* Embora não pertença ao período Barroco, incluiu-se aqui o caso da Charola do Convento de Cristo, do século XVI

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

- ATG-ATD – Amostras séculos XVIII-XX

Tipo de amostra	Nº amostras	Teor médio em gesso (%)	Teor médio em calcite (%)
Revestimentos lisos	19	38	53
Moldados <i>in situ</i>	6	56	41
Moldados em bancada	5	min. 39 - max. 94	min. 2 – max. 57
Pré-moldados	14	89	8
Camadas de regularização	3	67	28
Massas de colagem	3	48	50

## Restauro de Estuques Antigos com Produtos Compatíveis

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

#### • Propriedades físicas - Amostras séculos XVIII-XX

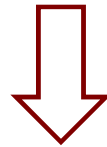
Propriedade	Revestimentos lisos	Moldados <i>in situ</i>	Moldados em bancada	Pré-moldados
MED (MPa)	1123-3908 <sup>a</sup> (8) 20031 <sup>b</sup>	1885-4378 (5)	2115-4683, 9735 <sup>d</sup> (4)	2590-4312 (9)
Rc (N/mm <sup>2</sup> )	0,8-1,4 <sup>c</sup> (4)	1,0-4,2 (4)	2,7 <sup>d</sup> (1)	1,4-5,3 (5)
Ccc - 5 min (kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> )	0,4-10,4 <sup>c</sup> (7)	16,6 (1)	1,8 <sup>d</sup> e 13,0 (2)	0,8-11,3 (3)
Higroscopicidade 90% HR (%)	0,2-0,4 (4)	0,3 e 0,6 (2)	1,0 (2)	0,2-0,7 (5)
PVA (ng/m.s.Pa)	18,4-34,7, 0,4 <sup>b</sup> (6)	-	13,6 e 51,5 (2)	-
Porosidade total (%)	42,8-52,5 (4)	53,0 e 59,7 (2)	12,3 <sup>d</sup> (1)	46,0-53,7 (3)

<sup>a</sup> Nas amostras mais finas, foi medido pelo método indireto; <sup>b</sup> Amostra PM1-1B, Palácio de Monserrate; <sup>c</sup> Medido juntamente com a argamassa subjacente; <sup>d</sup> Amostra PE4/2, Palácio de Estoi.

( ) – nº amostras analisadas

## 4. PRODUTOS DE RESTAURO

- **Compatíveis** com os materiais existentes
- **Não contribuir** para acelerar a sua degradação
- **Não interferir** na harmonia estética do edifício



**Possuir características químicas e físicas semelhantes**

## 4. PRODUTOS DE RESTAURO

- **MATERIAIS – Produtos em pó:**

- **Gesso hemihidratado**



- **Cal aérea calcítica hidratada**



- **Aditivos orgânicos**

Retardadores de presa, retentores de água...



### 4. PRODUTOS DE RESTAURO

- CRITÉRIOS DE COMPATIBILIDADE – 3 Classes de produtos, 7 formulações:

Produto de restauro	Revestimentos lisos (L1, L2)	Moldados <i>in situ</i> (M1, M2)	Pré-moldados (P1, P2, P3)
MED (MPa)	800-1500	1500-2500	2500-3500
Rc (N/mm <sup>2</sup> )	0,7-1,0	1,0-1,5	1,5-2,5
Ccc - 5 min (kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> )	5-10	10-15	5-10
PVA (ng/m.s.Pa)	> 20	> 20	> 20
Porosidade total (%)	40-55	50-60	40-55

## 4. PRODUTOS DE RESTAURO

- ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO  $\Rightarrow$  3 formulações finais



Ensaio de DURABILIDADE (T, HR)



Choque de esfera



Aderência



Dureza superficial

## 5. CONCLUSÕES

1. Ficou a saber-se a composição dos revestimentos interiores antigos portugueses desde a época romana, concluindo-se que, salvo raras exceções (todas em construções de elevado valor patrimonial), **o gesso só foi utilizado na construção a partir do século XVIII;**

## 5. CONCLUSÕES

2. **A caracterização química e mineralógica** das amostras pertencentes aos casos de estudo **do século XVIII à primeira metade do século XX** permitiu identificar a existência de **três tipos de elementos estucados**, cuja composição está diretamente relacionada com a sua **forma de aplicação em obra**, não se verificando variações relacionadas com a respetiva localização geográfica:

- **Elementos pré-moldados** (gesso é praticamente o único constituinte);
- **Elementos moldados *in situ*** (cerca de metade gesso, metade cal);
- **Revestimentos lisos** (cal e gesso, com predominância da cal);

## 5. CONCLUSÕES

3. **A determinação das propriedades físicas** das mesmas amostras permitiu concluir que:
  - **A capilaridade** é a característica mais variável, possivelmente devido ao uso de aditivos orgânicos (cuja presença foi detetada em três casos), sendo impossível estabelecer critérios de compatibilidade consistentes para os produtos de restauro;

## 5. CONCLUSÕES

3. **A determinação das propriedades físicas** das mesmas amostras permitiu concluir que:
  - **As características mecânicas** estão geralmente relacionadas com os teores de gesso e calcite, mas são também influenciadas pelo uso de aditivos orgânicos, bem como pela preparação e técnicas de aplicação dos materiais;
  - **A permeabilidade ao vapor de água** revelou-se muito semelhante à das argamassas de cal, embora a **porosidade total** seja bastante superior: 40-55%, contra 20-45% (Magalhães *et al.*, 2004);

## 5. CONCLUSÕES

3. **A determinação das propriedades físicas** das mesmas amostras permitiu concluir que:

- Existe uma **relação direta** entre **distribuição porosimétrica, higroscopicidade e microestrutura**. Este é um **resultado muito importante**, não só para o desenvolvimento dos produtos de restauro, mas também para o **conhecimento do comportamento higroscópico** destes materiais tradicionais.

## 5. CONCLUSÕES

4. **A partir da caracterização química e física** das amostras antigas (séculos XVIII-XX) foi possível definir **sete formulações** a ensaiar numa primeira fase e **estabelecer critérios de compatibilidade** para a escolha das **três** que melhor os cumpram, **uma para cada tipo de aplicação.**



## 5. CONCLUSÕES

**Os ensaios de caracterização das sete formulações iniciais estão em fase de conclusão, prevendo-se a escolha das três formulações finais para o início de Setembro. Realizar-se-ão de seguida os ensaios de durabilidade sobre aplicações destes produtos em tijolos, previamente revestidos com um argamassa tradicional de cal aérea.**

## LINHAS INVESTIGAÇÃO FUTURAS

- **Ensaio em obra dos produtos de restauro** desenvolvidos neste trabalho, de forma a complementar o estudo laboratorial de compatibilidade entre estes e os materiais antigos;
- **Aprofundamento do estudo dos estuques de cada uma das épocas** de forma a identificar os aspetos mais significativos das técnicas e dos materiais usados e a possibilitar o desenvolvimento de produtos de restauro mais adaptados a cada caso.

jornadas

LNEC

JIL – Cidades e Desenvolvimento

Lisboa, LNEC, 18 - 20 junho 2012

**MUITO OBRIGADA PELA VOSSA ATENÇÃO!**



Trabalho de investigação financiado pela bolsa de doutoramento  
SFRH/BD/40128/2007

**FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR