

# O papel dos agregados naturais na durabilidade das argamassas de cal

Ana Rita Santos | LNEC, Portugal | [arsantos@lnec.pt](mailto:arsantos@lnec.pt)

Maria do Rosário Veiga | LNEC, Portugal | [rveiga@lnec.pt](mailto:rveiga@lnec.pt)

António Santos Silva | LNEC, Portugal | [ssilva@lnec.pt](mailto:ssilva@lnec.pt)

Jorge de Brito | IST, Portugal | [jb@civil.ist.utl.pt](mailto:jb@civil.ist.utl.pt)

*Os principais factores para a durabilidade e bom desempenho das argamassas de cal estão relacionados com a qualidade da cal e dos agregados usados, a proporção adequada da mistura, a granulometria dos agregados e o cuidado posto na preparação da argamassa.*

*A fim de avaliar o desempenho e viabilidade de utilização de diferentes tipos de agregados naturais em trabalhos de reabilitação, é analisada a influência da natureza mineralógica de diferentes agregados na estrutura e no comportamento físico-mecânico a longo prazo de argamassas de cal para revestimentos de paredes.*

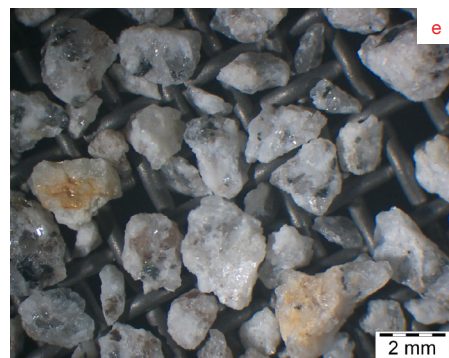
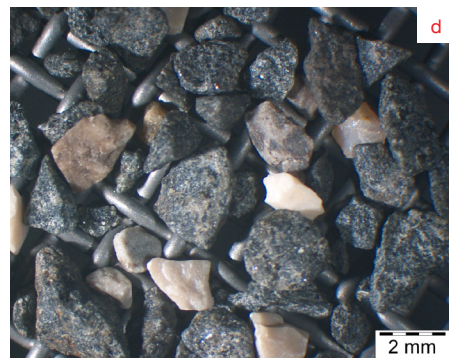
## Trabalho experimental

Foram preparadas diversas formulações com base em cal aérea hidratada em pó CL90-S (NP EN 459-1:2015) e usadas cinco areias de naturezas mineralógicas distintas: duas areias siliciosas, sendo uma rolada (AL) e outra britada (Sb); uma areia calcária (C); uma areia basáltica (B); e uma areia granítica (G) (fig. 1). De modo a minimizar a variável da distribuição granulométrica, as areias foram calibradas conforme a distribuição granulométrica da areia de referência CEN, definida na NP EN 196-1:2006 (Santos *et al.*, 2016).

As argamassas foram preparadas com uma relação volumétrica ligante: agregado de 1:3 e a quantidade de água utilizada foi a necessária para garantir uma trabalhabilidade adequada, tendo-se fixado o espalhamento em  $150 \pm 5$  mm (quadro 1).

Foram realizados ensaios sobre as argamassas no estado fresco e no estado endurecido às idades de 28, 90 e 360 dias, e tiveram como base as normas europeias em vigor: EN 1015-11 para os ensaios de resistência mecânica (Rt e Rc); NP EN 14146 para o ensaio de módulo de elasticidade dinâmico (E); EN 1015-18 para o ensaio de absorção de água por capilaridade (CC), tendo-se optado, neste caso, por ensaiar os provetes prismáticos na sua dimensão original e NP EN 1936:2008 para o ensaio de avaliação da porosidade aberta (PA) (fig. 2).

1 | Aspecto geral das areias em estudo:  
a) areia lavada (AL);  
b) areia de seixo britado (Sb);  
c) areia calcária (C);  
d) areia basáltica (B);  
e) areia granítica (G).



**Quadro 1** | Composição das argamassas e resultado médio do ensaio de determinação da massa volúmica (MV) aparente no estado fresco

| Notação  | Composição                                       | Razão água/ligante | MV aparente (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------|--|--------------------|----------------------------------|
| Ca Al CP | Cal aérea / areia siliciosa <sup>‡</sup>         | 2,4                | 1955                             |
| Ca Sb CP | Cal aérea / areia siliciosa britada <sup>‡</sup> | 2,3                | 1980                             |
| Ca C CP  | Cal aérea / areia calcária <sup>‡</sup>          | 2,2                | 2020                             |
| Ca B CP  | Cal aérea / areia basáltica <sup>‡</sup>         | 2,3                | 2115                             |
| Ca G CP  | Cal aérea / areia granítica <sup>‡</sup>         | 2,4                | 1945                             |

<sup>‡</sup> Granulometria da areia de referência CEN.



2a



2b

**2** | Ensaio realizado no estado endurecido:  
a) resistência à tracção por flexão;  
b) absorção capilar.

## Resultados e discussão

### Argamassas no estado fresco

Com a trabalhabilidade fixa, as argamassas com areia calcária foram as que apresentam uma menor razão água/ligante. Ao contrário do que seria de esperar, a maior superfície específica do grão calcário não obrigou à adição de maior quantidade de água de amassadura para obter a mesma trabalhabilidade. Estes resultados estão em geral de acordo com os de Quiroga e Fowler (2004), que concluíram que quando são empregues finos de natureza calcária a quantidade de água de amassadura é menor do que quando são usados finos de natureza basáltica ou granítica. A argamassa com areia basáltica foi a que apresentou maior valor de massa volúmica aparente no estado fresco (quadro 1), indiciando uma menor porosidade e também, possivelmente, devido ao maior teor de ferro que estas areias têm na sua composição.

### Argamassas no estado endurecido

Em termos gerais, verifica-se um aumento da massa volúmica aparente dos 28 para os 90 dias e uma diminuição dos 90 dias para os

360 dias, à excepção da composição com areia basáltica que inverte esta tendência dos 28 para os 90 dias, e a composição com areia siliciosa britada (Ca SB CP) que aumenta este valor dos 90 para os 360 dias. Verifica-se ainda que as argamassas com areia basáltica são as que têm maiores valores de massa volúmica aparente (fig. 3).

No que se refere às resistências mecânicas, os valores de Rc e Rt evidenciam um aumento dos 28 para os 90 dias; dos 90 para os 360 dias a Rc (fig. 4a) também aumenta, com excepção das composições com areia calcária e granítica, e a Rt (fig. 4b) diminui em todas as composições. Verifica-se que a composição com areia basáltica (Ca B CP) é a mais deformável (menor módulo de elasticidade), enquanto a argamassa com areia calcária é a mais rígida (fig. 5).

Em termos do comportamento à água (coeficiente de capilaridade e valores máximos de absorção de água) (fig. 6) verifica-se que a composição com areia basáltica (Ca B CP) é a que apresenta, em termos médios, a maior velocidade de absorção e que a argamassa com areia siliciosa britada (Ca Sb CP) a que apresenta a menor velocidade. Esta tendên-

cia é também verificada no ensaio de porosidade aberta, que mostra que a argamassa com areia basáltica é a que apresenta maior percentagem de volume de vazios. Os valores de coeficiente de capilaridade aumentam, em geral, dos 28 para os 90 dias, e diminuem dos 90 para os 360 dias, à excepção das composições com areia calcária e areia granítica. Este facto pode estar associado a alterações da estrutura porosa e da microestrutura das argamassas que ocorrem durante o processo de carbonatação.

## Conclusões

Em termos dos diferentes tipos de areias, verificou-se que as argamassas de cal aérea com areia calcária, seguidas das de areia siliciosa britada, foram as que apresentaram os valores mais elevados de resistência mecânica. Relativamente ao comportamento à água não se verificaram grandes diferenças entre os vários tipos de areias ensaiadas.

As composições com areia basáltica também apresentam resultados globais equilibrados ao longo do tempo da cura. O facto de terem na sua composição minerais de argila expansivos

3 | Evolução ao longo do tempo da massa volúmica aparente e de porosidade aberta de argamassas de cal aérea com agregados de diferente natureza mineralógica.

4 | Evolução ao longo do tempo da resistência à compressão (a) e da resistência à tracção por flexão (b) de argamassas de cal aérea com agregados de diferente natureza mineralógica.

5 | Evolução ao longo do tempo do módulo de elasticidade dinâmico por frequência de ressonância de argamassas de cal aérea com agregados de diferente natureza mineralógica.

6 | Evolução ao longo do tempo dos valores do coeficiente de absorção capilar e de absorção máxima de argamassas de cal aérea com agregados de diferente natureza mineralógica.

(vermiculite e montmorilonite) conferiu-lhes um elevado poder de retenção de água, facto que pode ter facilitado o processo de carbonatação ao longo do tempo; por outro lado, a forma e a superfície do agregado basáltico também promovem a ligação entre a pasta e o agregado, aumentando as suas resistências, nomeadamente a resistência à flexão (Tasong *et al.*, 1998).

### Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração das empresas Lena Agregados, S.A. e Lusical, S.A., e do LNEC através do Projeto de Investigação e Inovação “PRESERVE – Preservação de revestimentos do património construído com valor cultural”. ■

\* Artigo redigido ao abrigo do antigo acordo ortográfico.

#### BIBLIOGRAFIA

Arizzi, A.; Cultrone, G. (2012). *The difference in behaviour between calcitic and dolomitic lime mortars set under dry conditions: The relationship between textural and physical-mechanical properties*. Cement and Concrete Research, vol. 42 (6), 818-826.

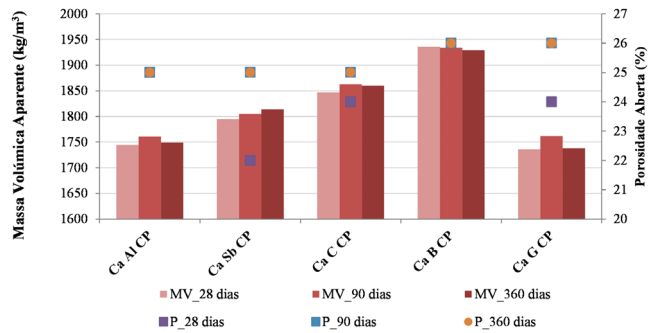
Catinaud, S.; Beaudoin, J. J.; Marc Hand, J. (2000). *Influence of limestone addition on calcium leaching mechanisms in cement-based materials*. Cement and Concrete Research, vol. 30 (12), 1961-1968.

Pavia S.; Toomey B. (2008). *Influence of the aggregate quality on the physical properties of natural feebly-hydraulic lime mortars*. Materials and Structures, vol. 41, 559-569.

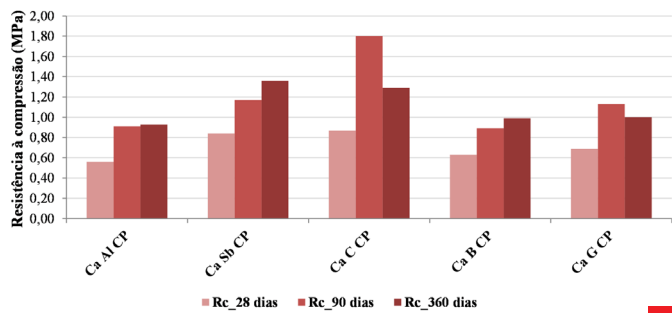
Quiroga, P. N.; Fowler, D. W. (2004). *The effects of aggregates characteristics on the performance of Portland cement concrete*. Austin: University of Texas.

Santos, A. R.; Veiga, M. R.; Santos Silva, A.; Brito, J. (2016). *O papel dos agregados naturais na durabilidade das argamassas de cal*. In V Jornadas FICAL. Lisboa: LNEC. 407-417.

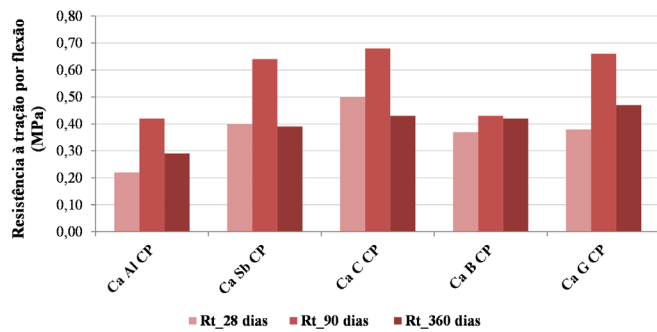
Tasong, W. A.; Lynsdale, C. J.; Cripps, J. C. (1998). *Aggregate-cement paste interface. II: Influence of aggregate physical properties*. Cement and Concrete Research, vol. 28 (10), 1453-1465.



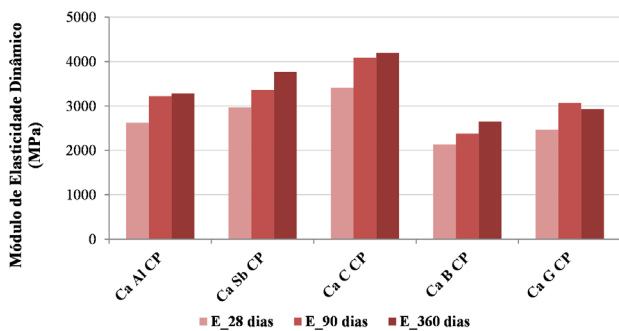
3



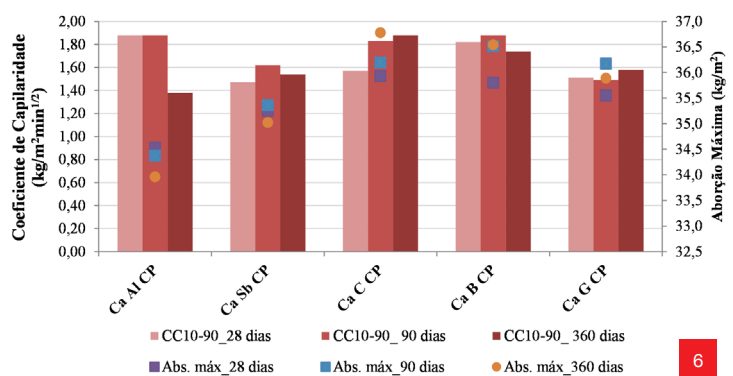
4a



4b



5



6