

## NANOINDENTAÇÃO EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

*Elsa V. Pereira*

*Departamento de Materiais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

*M. João Correia*

*Departamento de Materiais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

*Rita. B. Figueira*

*Departamento de Materiais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

*I. Rute Fontinha*

*Departamento de Materiais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*



### RESUMO

Nesta comunicação apresentam-se desenvolvimentos recentes na caracterização mecânica de materiais de construção por técnicas de micro e nanoindentação.

Palavras-chave: nanomateriais / durabilidade / nanoindentação / revestimentos / nanotecnologia.

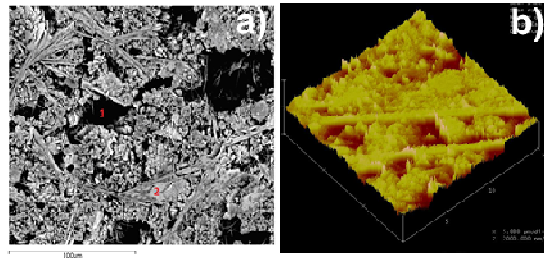
### 1. INTRODUÇÃO

Os recentes avanços na área das nanotecnologias têm sido acompanhados pelo desenvolvimento de técnicas de caracterização adequadas para análise microestrutural à nanoescala. A introdução do microscópio de efeito túnel para superfícies condutoras, em 1981, foi seguida pela invenção da microscopia de força atômica (AFM) em 1986, por Binnig, Quate e Gerben, aplicável também a superfícies não condutoras. O interesse inicial foi a resolução atômica e molecular. Na década de 90, as capacidades da microscopia de força atômica para obter informação sobre a topografia das amostras ganharam contido relevo, sendo atualmente uma técnica utilizada para efetuar nanoindentação em diferentes tipos de materiais e tecidos animais (Kaupp, 2016).

A aplicação de materiais nanoestruturados na construção tem vindo a aumentar, permitindo melhorar algumas características como a resistência mecânica e a durabilidade de materiais tradicionais e produzir materiais mais leves e flexíveis. São particularmente utilizados em revestimentos multifuncionais, com incorporação de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  ou de  $\text{SiO}_2$ , com propriedades superhidrofóbicas e com capacidade para eliminar filmes bacteriológicos das superfícies onde são aplicados, mas também incorporados em sensores utilizados no controlo da segurança de estruturas (Lee et al., 2010; Olar, 2011). Destacam-se outros exemplos como a produção de aços com melhor resistência mecânica, dureza e resistência à corrosão devido à adição de nanopartículas de cobre, ou a produção de betões com incorporação de nanopartículas de óxidos metálicos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{SiO}_2$ ) que permitem melhorar

a resistência à compressão; ou à tração e à fissuração pela integração de nanotubos de carbono.

A nanoindentação tem particular relevância na caracterização deste tipo de materiais mas pode também trazer informação relevante, por exemplo para uma melhor compreensão dos fenômenos de interface em materiais de construção tradicionais (Fig. 1). Nesta comunicação faz-se uma revisão das principais aplicações da micro e da nanoindentação efetuada por AFM na caracterização de materiais de construção.



**Fig. 1 – Pasta cimentícia modificada com adição de polímero de estireno-butadieno para mitigação da corrosão em ambientes agressivos observada por a) microscopia eletrônica de varrimento e por b) microscopia de força atômica**

## 2. REFERÊNCIAS

- Lee, J., Mahendra, S., Alvarez, P.J.J., 2010. Nanomaterials in the Construction Industry: A Review of Their Applications and Environmental Health and Safety Considerations. *ACS Nano* 4, 3580–3590.
- Olar, R., 2011. Nanomaterials and Nanotechnologies for Civil Engineering. *Bul. Institutului Politeh. din Iasi Sect. Constr. Arhit.* 57, 109.
- Kaupp, G., *Atomic Force Microscopy. Scanning Nearfield Optical Microscopy and Nanoscratching. Application to Rough and Natural Surfaces*, Springer, Berlin, 2006.