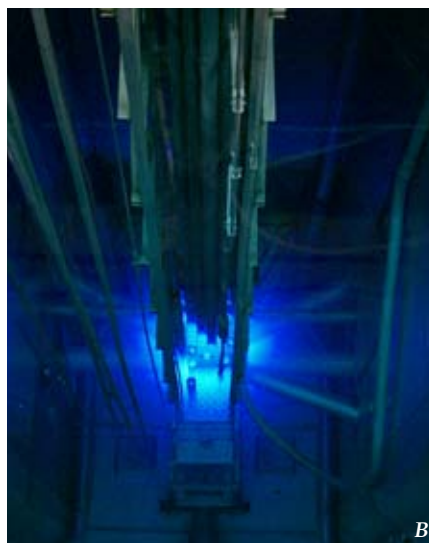


# Técnicas nucleares e de luminescência na reconstituição da história da edificação de monumentos

## As épocas de construção de um monumento gravadas na memória dos minerais e da pedra

A aplicação de técnicas nucleares e de luminescência a materiais de construção permite a caracterização composicional detalhada e a datação de fases de construção, restauros e eventos como incêndios e cheias. Contribui-se, assim, para uma reconstituição precisa da história da edificação do património histórico e arquitectónico.

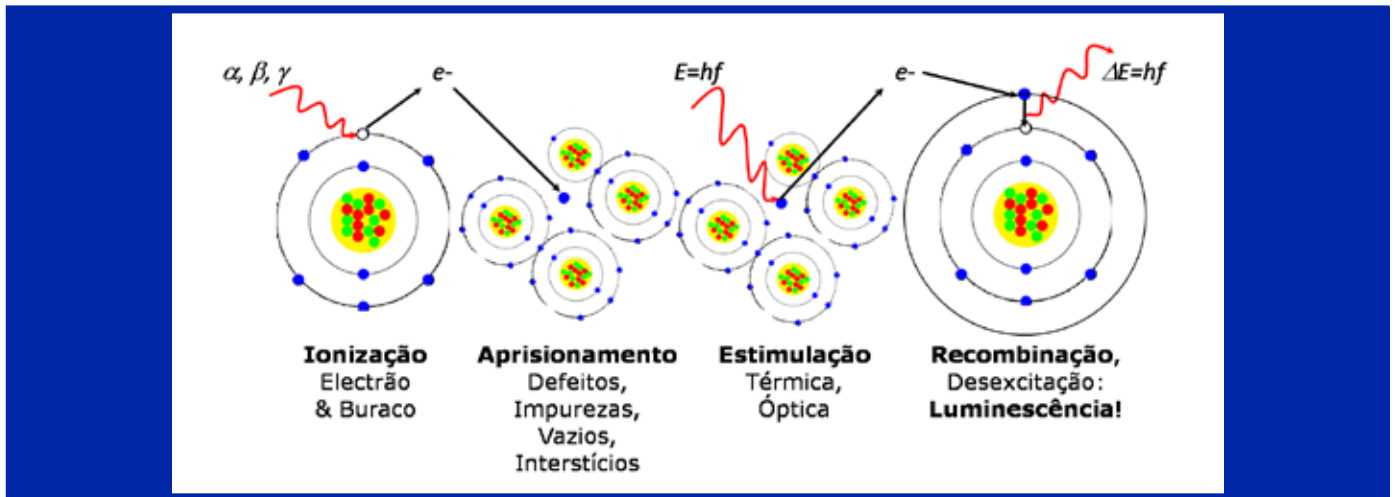


1 - Reactor Português de Investigação (A, B) e Laboratório de Espectrometria Gama (C) do ITN.

Métodos nucleares de análise e de técnicas de luminescência estimulada têm vindo a ser aplicadas ao património cultural português pelo Grupo “Geoquímica Aplicada & Luminescência no Património Cultural” (GeoLuC), do Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN)<sup>1, 2</sup>. No que se refere ao património histórico e arquitectónico nacional, têm sido realizados estudos de caracterização química da pedra e de outros materiais de construção, com o objectivo de identificar a proveniência da

pedra, bem como os mecanismos da sua degradação em monumentos<sup>3-5</sup>. Para além disso, realizam-se datações absolutas por luminescência de contextos e materiais de monumentos pré-históricos e históricos<sup>6-9</sup>. O método nuclear de análise por activação neutrónica (AAN) é de grande sensibilidade, permitindo a determinação simultânea dos teores de numerosos elementos químicos constituintes dos materiais de construção. Além disso, apresenta grandes vantagens relativamente a

outros métodos, sobretudo no que respeita à determinação dos teores de elementos traço com elevada precisão e exactidão, e à quantidade reduzida de amostra necessária para análise, o que é particularmente importante quando se estuda o património. O método baseia-se na produção e medição da radioactividade induzida em amostras mediante o seu bombardeamento com neutrões térmicos. As amostras são irradiadas no reactor português de investigação (RPI), e

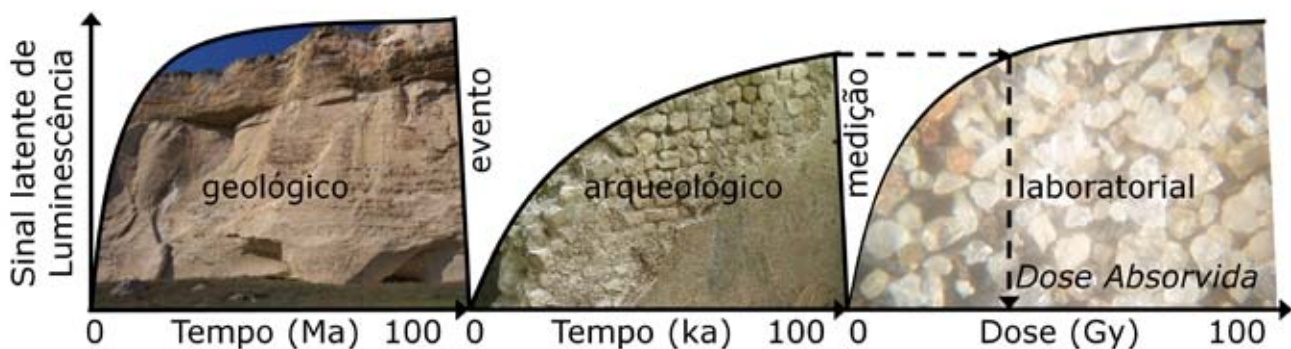


2 - Esquema dos processos que produzem os sinais de luminescência.

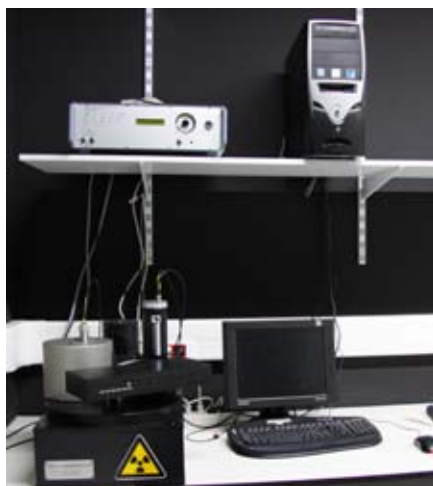
posteriormente as taxas de contagem de radionuclídeos são medidas por espectrometria gama (fig. 1). Com este método obtém-se uma caracterização química detalhada dos materiais, particularmente útil para a identificação das pedreiras exploradas, bem como para a identificação dos mecanismos de degradação, passos fundamentais para uma boa definição da estratégia de conservação do monumento. A composição mineralógica dos materiais de construção do património edificado, em particular as fases de alta temperatura que podem ser identificadas por difracção de raios X (DRX), pode indicar a ocorrência de incêndios. Para além disso, a

caracterização mineralógica juntamente com a composição química pode ajudar a identificar épocas de construção/restauro. Estas abordagens podem ser complementadas pela datação absoluta, em particular por métodos de luminescência estimulada. Os sinais de luminescência estimulada para datação são consequência da energia acumulada em cristais resultante da acção da radiação ionizante natural que ocorre no material envolvente (fig. 2). Desta forma, a dose de radiação do cristal vai acumulando com o tempo, aumentando o sinal de luminescência. Este método envolve a medição da dose absorvida no cristal, que se faz através de aquecimento ou

exposição à luz, estimulando os sinais acumulados – originando sinais de luminescência (fig. 3). A termoluminescência (TL) produz o sinal apropriado para medir o tempo desde que a amostra foi sujeita a aquecimento, ou seja, o tempo que decorreu desde que os grãos minerais estiveram sujeitos a uma temperatura elevada. É o caso do fabrico de materiais cerâmicos (azulejos, tijolos, etc.) e da ocorrência de incêndios. A luminescência estimulada opticamente (OSL) produz o sinal apropriado para medir o tempo que decorreu desde a última exposição solar dos grãos minerais. Por exemplo, pode-se datar a incorporação de areia numa argamassa, o enterramento das superfícies das



3 - História dosimétrica dum grão mineral sujeito à datação por luminescência.




4 - Equipamento do laboratório de Luminescência do ITN.



5 - Porta-amostras do leitor de luminescência (A); Disco para grãos individuais (B); Pormenor do disco com grãos de quartzo (C).

pedras e a acumulação sucessiva de sedimentos e paleosolos. Desta forma, datam-se fases de ocupação e fases de construção.

A idade é calculada através da fórmula: Idade (ano) = Dose equivalente (Gy) / Taxa de Dose (Gy/ano) onde a dose equivalente é a dose de radiação ionizante necessária para reproduzir o sinal de luminescência “natural” da amostra em laboratório (figs. 4 e 5); e a taxa de dose é a dose absorvida por ano pela amostra desde o último aquecimento ou a última exposição à luz. A taxa de dose média recebida pela amostra mede-se por espectrometria gama e pelos teores de radionuclídeos naturais (potássio, tório e urânio) obtidos por AAN. Neste cálculo, devem ser tidos em conta factores como o teor em água da amostra e a existência ou não de desequilíbrios radioativos.

Informações retiradas dos grãos minerais constituintes dos materiais de construção através de técnicas de luminescência e nucleares podem, assim, contribuir para a reconstituição de intervenções no monumento ao longo do tempo. 

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>1</sup> Dias, M. I., Prudêncio, M. I. (2007). Neutron activation analysis of archaeological materials: an overview of the ITN NAA Laboratory, Portugal. *Archaeometry*, 49, 381-391.
- <sup>2</sup> Prudêncio, M. I., Marques, R., Rebelo, L., Cook, G. T., Cardoso, G. O., Naysmith, P., Freman S. P. H. T., Franco, D., Brito, P., Dias, M. I. (2007). Radiocarbon and blue optically stimulated luminescence chronologies of the Oitavos consolidated dune (Western Portugal). *Radiocarbon*, 49, 1145-1151.
- <sup>3</sup> Prudêncio, M. I., Waerenborgh, J. C., Gouveia, M. A., Trindade, M. J., Alves, E., Sequeira Braga, M. A. (1998). Degradation processes of trachytes in monument façades (Azores, Portugal), in *Water-rock interaction* (eds. G. Arehart and J. Hulston), 391-4, A. A. Balkema, Rotterdam.
- <sup>4</sup> Prudêncio, M. I., Nasraoui, M., Trindade, M. J., Sequeira Braga, M. A., Figueiredo, M. O. (2000). Secondary phosphate phases in altered trachyte from S. Miguel Island (Azores, Portugal) – a possible contribution to the stone degradation, in *Proc. 9th Int. Cong. Deterioration and Conservation of Stone* (ed. V. Fassina), vol. 1, 165-70, Elsevier, Amsterdam.
- <sup>5</sup> Nasraoui, M., Waerenborgh, J. C., Prudêncio, M. I., Bilal, E. (2002). Typology of the granitic stones of the cathedral of Évora (Portugal): a combined contribution of geochemistry and <sup>57</sup>Fe Mössbauer spectroscopy. *J. Cultural Heritage*, 3, 127-32.
- <sup>6</sup> Dias, M. I., Prudêncio, M. I., Sanjurjo Sánchez, J., Cardoso, G. O., Franco, D. (2008). Datação por luminescência de sepulcros artificiais da necrópole pré-histórica da Sobreira da Cima (Vidigueira). Resultados prelimina-

res. *Apontamentos de Arqueologia e Património*, 2, 31-40.

<sup>7</sup> Dias, M. I., Valera, A. C., Marques, R., Cardoso, G., Prudêncio, M. I. (2009). Luminescence dating applied to stratigraphic definition of pre-historic occupations in urban contexts (Lisbon, Portugal). *Proc. XV World Congress (Lisbon'06) UISPP, Session 69. BAR - International Series*.

<sup>8</sup> Sanjurjo Sánchez, J., Fernández Mosquera, D., Trindade, M. J., Dias, M. I. (2008). Luminescence dating of lime mortars and bricks from a heritage building, *Luminescence. J. Biological and Chemical Luminescence*, 23, 265-266.

<sup>9</sup> Burbidge, C. I., Dias, M. I., Prudêncio, M. I., Rebêlo, L. P., Cardoso, G. O., Brito, P. (2009). Internal  $\alpha$  activity: localisation, compositional associations and effects on OSL signals in quartz approaching  $\beta$  saturation, *Radiation Measurements* (in press).

MARIA ISABEL PRUDÊNCIO,  
 MARIA ISABEL DIAS,  
 CHRISTOPHER BURBIDGE,  
 Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN),  
 Grupo de Geoquímica Aplicada &  
 Luminescência no Património Cultural  
 (GeoLuC)  
 iprudenc@itn.pt  
 MARIA JOSÉ TRINDADE,  
 Bolseira de pós-doutoramento da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT),  
 a realizar no Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN)