



## Contexto das estruturas e dos materiais sujeitos a reacções expansivas internas

**António SANTOS SILVA**  
Departamento de Materiais

**As reacções expansivas internas no betão.**  
Prevenção dos riscos e gestão das estruturas afectadas LNEC, 24 de Junho de 2010

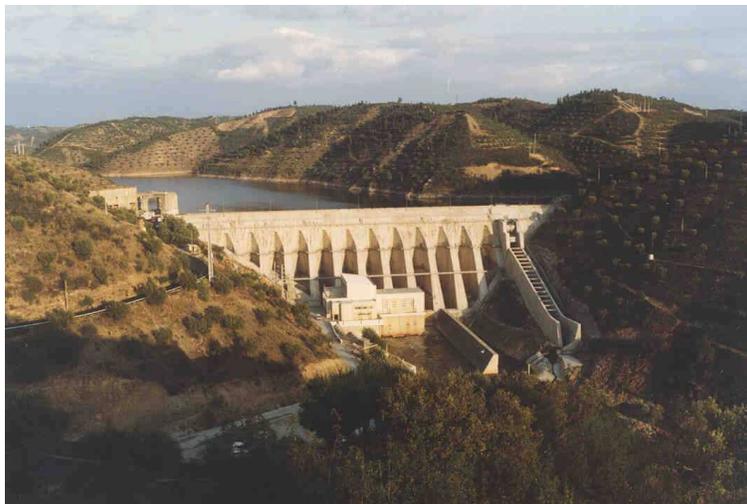
© LNEC 2006

### Causas químicas de degradação do betão



- **Ataque pela água doce e meios ácidos**
- **Ataque pela água do mar**
- **Ataque pelos sulfatos**
- **Ataque bioquímico**
- **Corrosão das armaduras**
- **Reacções expansivas internas**
  - **reacção álcalis-sílica**
  - **reacção sulfática interna**

Primeira descoberta em Portugal



**Barragem de Pracana**

Reparações em obras afectadas por RAS



Ocorrência em obras de arte



**Viaduto Duarte Pacheco (1993)**



Reparações em obras afectadas por RAS



Ocorrência em obras de arte



**Ponte da Figueira (1997)**

Ocorrência em obras de arte



**Viadutos do Mondego (2002)**

Ocorrência em obras de arte



**Ponte sobre o Guadiana (2004)**

Ocorrência em obras de arte



**Barragem de Fratel (2005)**

Ocorrência em obras de arte



Ponte da Barra (2006)

Ocorrência em obras de arte



Ponte Régua (2006)

## Manifestações da ocorrência em obras



## Manifestações da ocorrência em obras



- Fissuração em rede (*craquelé*)



Manifestações da ocorrência em obras



- Fissuração orientada



Manifestações da ocorrência em obras



- Movimentos, deformações



## Manifestações da ocorrência em obras



### • Coloração das fissuras



## Consequências mecânicas das reacções



- ❑ Consequências mecânicas para o material
  - pressão de expansão
  - rede de fissuras intergranulares
  - descoesão na interface pasta de cimento/agregado
  - alteração das características mecânicas
- ❑ Consequências mecânicas para a estrutura
  - tensões internas no corpo da estrutura
  - sobretensões nas armaduras
  - expansão da estrutura
  - expansão diferencial entre diferentes partes

## Reacção álcalis-silica no betão



### ❑ A origem

Reactividade entre o cimento e os agregados com formas de sílica mal cristalizadas ou deformadas

	Rochas	Minerais reactivos aos álcalis
Ígneas	Granitos Granodioritos	Quartzo com rede deformada e apresentando uma extinção ondulante. Minerais feldspáticos alterados com juntas entre grãos abertas.
	Riolitos Dacitos Andesitos Basaltos	Presença de vidros siliciosos ou basálticos, tridimite, cristobalite, opala.
	Obsidianas Tufo vulcânicos	Vidros ricos em sílica mais ou menos desvitrificados, por vezes microfissurados.
Metamórficas	Gnaisses Mica-xistos	Quartzo com extinção ondulante. Quartzo microcristalino de alteração, minerais feldspáticos e micáceos alterados.
	Quartzitos Corneanas	Quartzos associados a um cimento quartzoso e opalino. Presença de quartzo microcristalino, de extinção ondulante ou microfissurado. Presença de filosilicatos.
Sedimentares	Grauvaques Siltitos	Opala, quartzo microcristalino
	Folhetos (shales)	Calcedónia, opala.
	Calcários Calcários dolomíticos Dolomitos	Presença de sílica do tipo opala em micronódulos ou difusa.

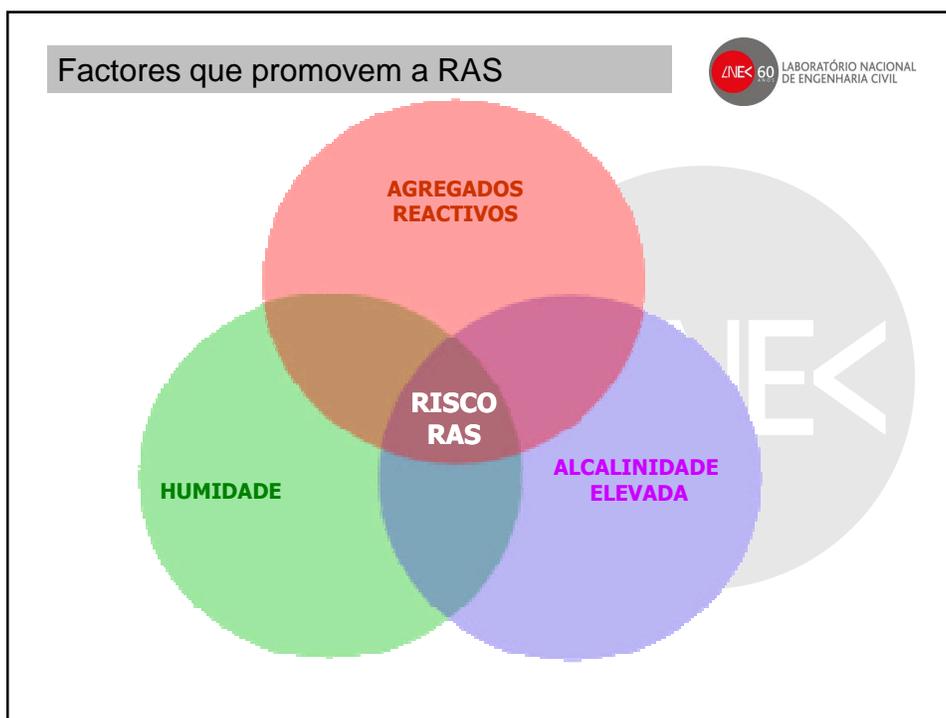
## Reacção álcalis-silica no betão



### ❑ As "principais" causas

A sílica dos agregados e a humidade; as zonas mais sensíveis das estruturas são as zonas em contacto com água, expostas às intempéries ou com deficiente drenagem ou não estanques





Reacção Sulfática Interna (RSI)

Os sulfatos

- ⇒ risco elevado de agressão química para o betão
- ⇒ fenómeno de expansão relacionado com a formação de etringite ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ )

Actualmente, as fontes de sulfatos são múltiplas

- ⇒ externas (degradação progressiva da superfície para o interior da peça de betão)
- ⇒ internas (degradação generalizada da peça de betão)

INEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

## Reacção Sulfática Interna (RSI)



### ❑ A origem

Uma remobilização dos sulfatos inicialmente contidos na matriz cimentícia

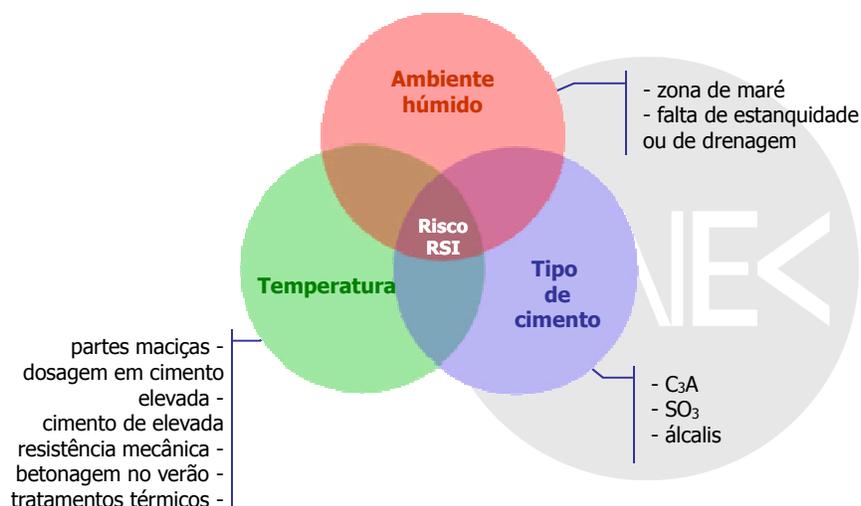
### ❑ A principal causa

Um aumento da temperatura ( $> 65^{\circ}\text{C}$ ) durante o endurecimento do betão

### ❑ Os tipos de betão afectados

- betões sujeitos a tratamentos térmicos
- partes da estrutura de betão em massa (pilares, maciços, ...)
- Não existe ainda um método eficaz de tratamento das obras afectadas

## Factores que promovem a RSI



## Reacções Expansivas Internas



### Reacção álcalis-sílica:

- ❑ Um fenómeno onde não existe ainda solução duradoura de reparação
- ❑ Actualmente, para assegurar-se a durabilidade das estruturas quanto à RAS:
  - **necessidade de medidas preventivas**
  - **recomendações na escolha dos materiais**

### Reacção sulfática interna:

- ❑ Com a evolução dos materiais e das técnicas de construção, as temperaturas aumentam nos elementos das estruturas, e esta patologia irá aumentar se nada for feito ...
- ❑ Tal como para a RAS, não existe um tratamento eficaz e fiável para as estruturas afectadas pela RSI

