



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

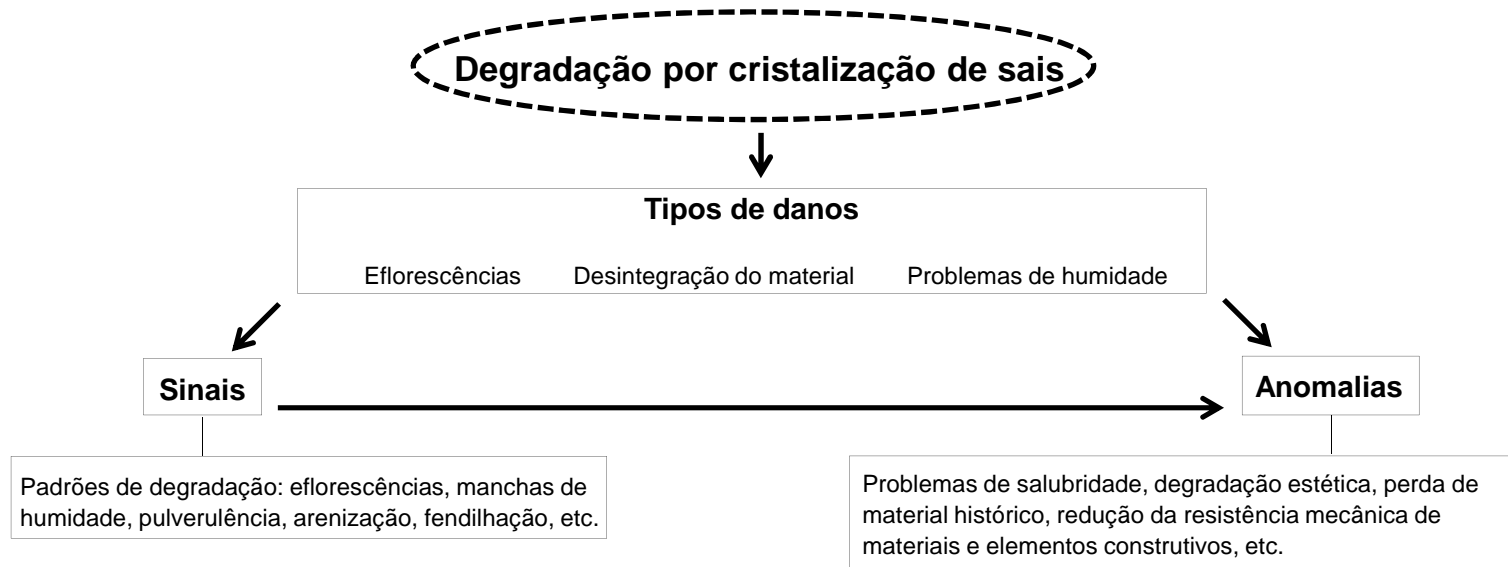
Controlo e prevenção de anomalias devidas à cristalização de sais solúveis em edifícios antigos

Pedro Puim

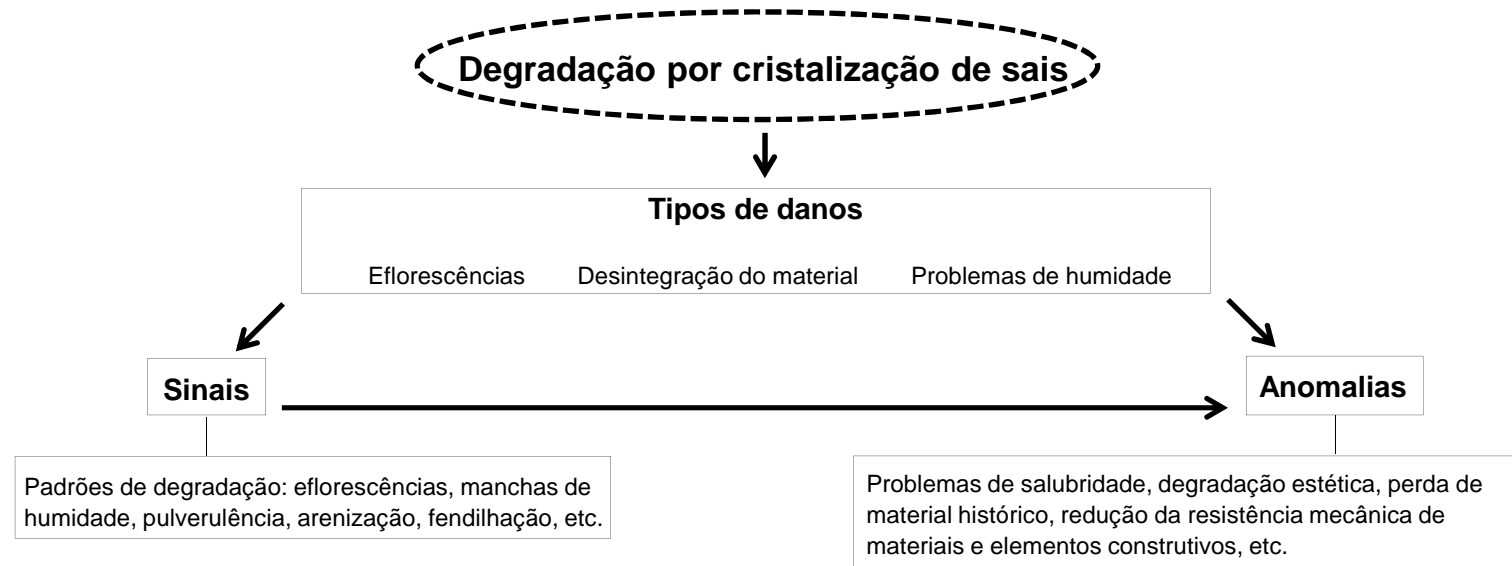
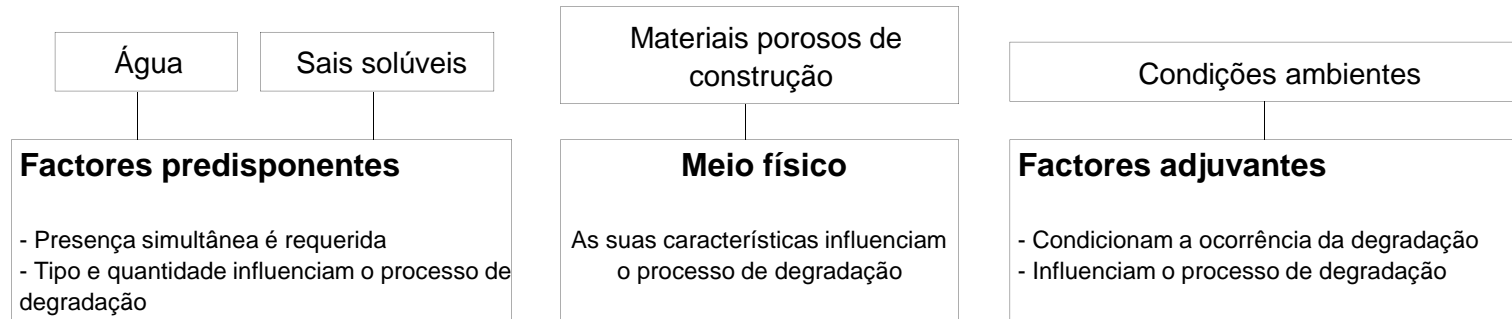
Teresa Diaz Gonçalves

Vânia Brito

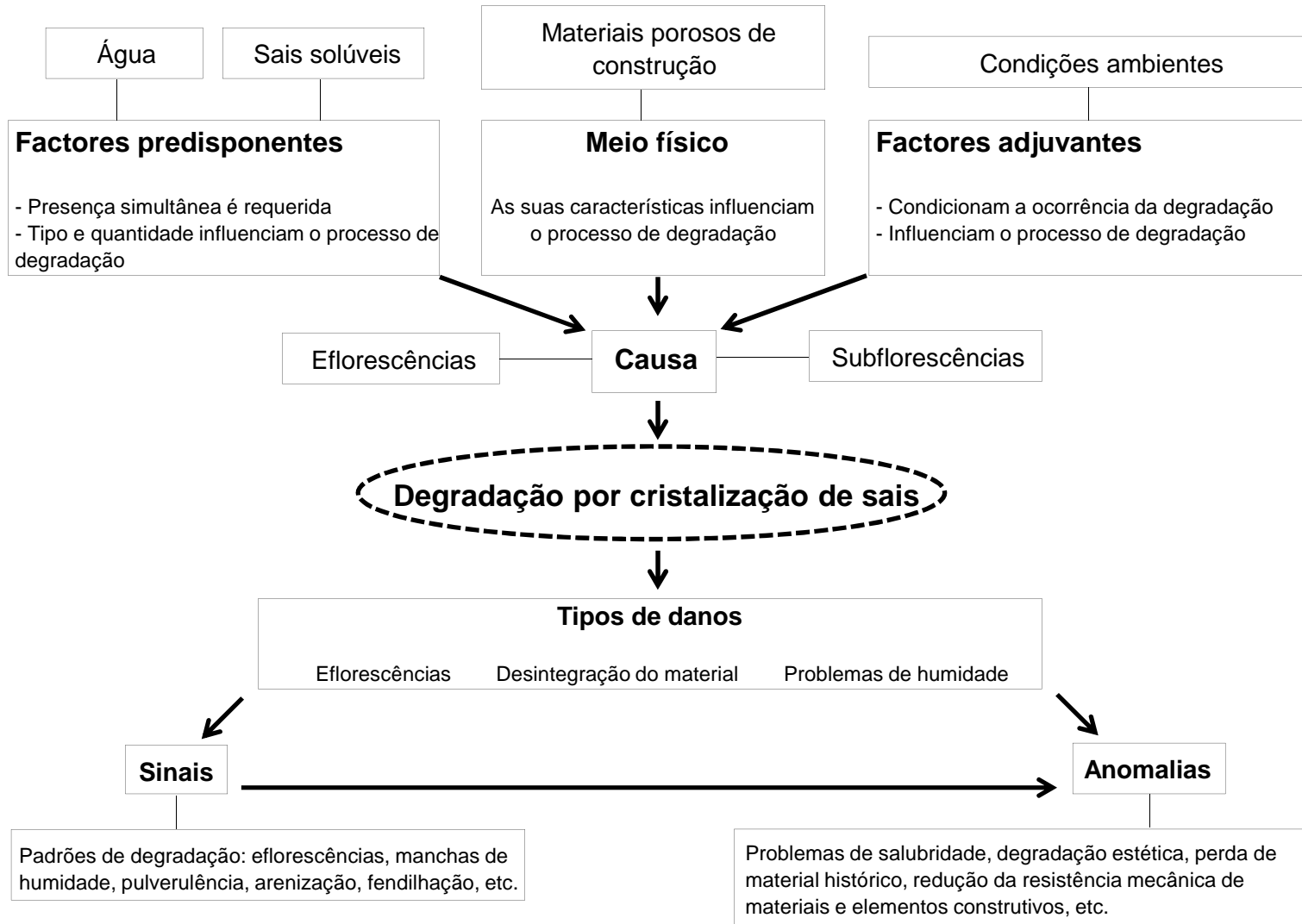
Introdução



Introdução



Introdução



Introdução

- Objectivo: discutir diferentes métodos para lidar com a degradação por sais.



Revisão de literatura recente [Puim 2010] que focou principalmente documentos publicados após o ano 2000.

- Organização da apresentação

- Identificação de métodos de controlo (vantagens, limitações e benefícios de utilização conjunta).
- Medidas de prevenção.
- Sistematização das práticas identificadas de acordo com três abordagens possíveis: prevenção, mitigação e correcção.



Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Foram identificados dez métodos principais.

Método	Princípio de funcionamento
Remoção mecânica de eflorescências	A
Remoção de materiais contaminantes	A
Aplicação de compressas	A
Remoção electroquímica de sais	A
Uso de microrganismos	A
Modificadores de cristalização	C
Rebocos	A, E
Controlo ambiental	D
Controlo da humidade ascensional	B
Método do hidróxido de bário	C

Princípios de funcionamento:

A) *Eliminação de sais*

B) *Eliminação da humidade*

C) *Alteração do comportamento dos sais*

D) *Controlo das condições ambientes*

E) *Alteração das características do meio físico*

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Remoção mecânica de eflorescências

Princípio de funcionamento: A – Eliminação de sais solúveis

Descrição: Escovagem das superfícies dos materiais que apresentem eflorescências

Vantagens:

- Possibilidade de melhoria das condições estéticas e de salubridade
- Facilidade de execução
- Evita reabsorção pelo material de eflorescências dissolvidas

Limitações:

- Risco de danos em materiais frágeis ou de alto valor arquitectónico
- Solução temporária, se o fornecimento de sal não for eliminado

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Remoção de materiais contaminantes

Princípio de funcionamento: A – Eliminação de sais solúveis

Descrição: Remoção de materiais de construção identificados como causadores da contaminação pelos sais solúveis. Ex: argamassas realizadas com areias mal lavadas

Vantagens:

- Pode eliminar definitivamente a origem dos sais

Limitações:

- Risco de persistirem sais que tenham sido transportados, introduzindo-se em materiais porosos adjacentes
- Facilidade de execução dependente do tipo e localização dos materiais contaminantes na construção
- Remoção de certos materiais pode não ser viável

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Aplicação de compressas

Princípio de funcionamento: A – Eliminação de sais solúveis

Descrição: Compressas com base em argila ou compostos de celulose são aplicadas na superfície do material → remoção dos sais do substrato e sua acumulação na compressa

Vantagens:

- Método não intrusivo
- Bons resultados em vários casos de preservação de pintura mural

Limitações:

- Remoção de sais em profundidade é limitada
- Difícil remoção de sais pouco solúveis
- Pode ter reduzida eficácia em superfícies pouco absorventes
- Solução temporária, se o fornecimento de sal não for eliminado

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Remoção electroquímica de sais

Princípio de funcionamento: A – Eliminação de sais solúveis

Descrição: Aplicação de eléctrodos em número par (pólo positivo e negativo), gerando um campo eléctrico no material que induz a migração dos sais dissolvidos para os eléctrodos, onde são retidos e acumulados

Vantagens:

- Permite redução da quantidade de sal em elementos construtivos

Limitações:

- Possível necessidade de molhagem das alvenarias, para dissolução dos sais contaminantes
- Difícil remoção de sais pouco solúveis
- Risco de alteração do pH na zona dos eléctrodos
- Necessidade de repetições periódicas se as fontes de sal ou humidade não forem desactivadas

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Microrganismos

Princípio de funcionamento: A – Eliminação de sais solúveis

Descrição: Aplicação, na superfície, de microrganismos capazes de na sua actividade metabólica consumirem os sais contaminantes

Vantagens:

- Método biológico compatível com o meio ambiente
- Método que não provoca desgaste na superfície do material
- Método não intrusivo

Limitações:

- Tratamento superficial
- Funciona apenas com alguns tipos de sais (nitratos e sulfatos, principalmente)
- Necessidade de repetições periódicas se as fontes de sal ou humidade não forem eliminadas

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Modificadores de cristalização

Princípio de funcionamento: C – Alteração do comportamento dos sais solúveis

Descrição: Interagem com as soluções salinas, impedindo que a cristalização se dê, ou fazendo com que aconteça de forma menos nefasta para o material

Inibidores de cristalização

Previnem ou atrasam o crescimento dos cristais

Promotores de nucleação

Aumentam o número de cristais mas diminuem o seu tamanho, gerando menores tensões internas no material

Modificadores de hábito

São adsorvidos em determinadas faces do cristal, dando origem a formas cristalinas diferentes e potencialmente menos nefastas

Os que promovem o transporte salino até à superfície exposta do material

Formação de eflorescências, que não causam danos e podem ser removidas, em vez de subflorescências

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Modificadores de cristalização

Princípio de funcionamento: C – Alteração do comportamento dos sais solúveis

Descrição: Interagem com as soluções salinas, impedindo que a cristalização se dê, ou fazendo com que aconteça de forma menos nefasta para o material

Vantagens:

- Método não intrusivo

Limitações:

- Necessidade de repetições periódicas se as fontes de sal ou humidade não forem eliminadas
- Reduzido número de estudos realizados (quer em relação aos tipos de sais, quer em relação ao número de casos de estudo)

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Rebocos

Princípio de funcionamento: E – Alteração das características do meio físico

A – Eliminação de sais solúveis

Descrição: Em geral, são utilizados como modo de conviver com o problema da degradação (princípio E) ou como método de dessalinização (princípio A).

A sua utilização pode seguir diferentes princípios específicos de funcionamento, que se adequam a diferentes tipos de exigências funcionais

Rebocos selantes

Não permitem a migração de vapor nem de líquido

Rebocos de bloqueio de sal

Permitem o transporte de vapor mas não de líquido

Rebocos de transporte de sal

Favorecem a migração das soluções salinas e, logo, a formação de eflorescências

Rebocos de acumulação de sal

Permitem o transporte líquido mas impedem que as soluções atinjam a superfície

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Rebocos

Princípio de funcionamento: E – Alteração das características do meio físico

A – Eliminação de sais solúveis

Vantagens e Limitações: dependem do princípio específico de funcionamento do reboco

Princípio específico de funcionamento do revestimento:	Selante	Bloqueio de sal	Transporte de sal	Acumulação de sal
Possibilidades → Vantagens				
Protecção do suporte			x	x
Obtenção de superfícies secas e isentas de sais	x	x		x
Protecção de elementos adjacentes			x	
Riscos → Limitações				
Degradação superficial (sais e humidade)			x	
Degradação do suporte	x	x		
Destacamento do revestimento	x	x		x*
Degradação de elementos adjacentes ou aumento do nível da humidade ascensional	x	x		x

* O revestimento pode atingir o limite de acumulação e subsequentemente fracturar na zona de deposição de sal

Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Controlo ambiental

Princípio de funcionamento: D – Controlo das condições ambientes

Descrição: Implementação de condições de temperatura ou HR que impeçam a ocorrência ou minimizem a frequência dos ciclos de cristalização/dissolução dos sais

Vantagens:

- Não implica intervenção directa sobre os elementos, tornando-se adequado na preservação de elementos com valor histórico e artístico

Limitações:

- A previsão das condições ambientes óptimas pode ser complexa
- Risco de desenvolvimento de fungos, para HR elevadas
- Método apenas viável no interior de edifícios
- Custo elevado

Métodos para controlo da degradação

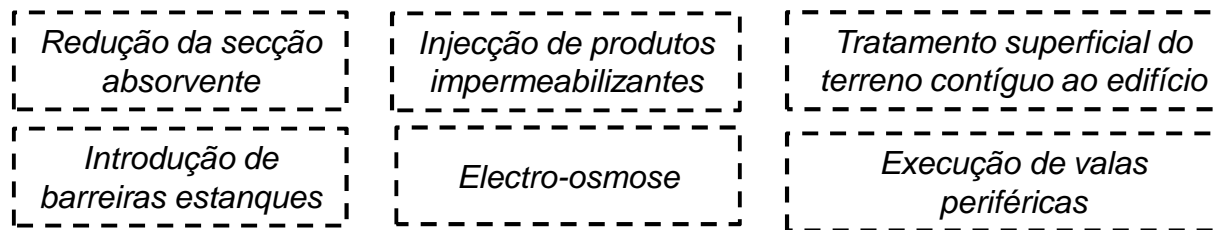


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Controlo da humidade ascensional

Princípio de funcionamento: B – Eliminação da humidade

Descrição: Eliminação ou redução do acesso de humidade a partir da base das paredes



Vantagens:

- Permite reduzir ou anular o acesso da humidade (um dos factores predisponentes...)
- Pode ainda eliminar a fonte de sal, caso esta seja o terreno

Limitações:

- Possível dificuldade de implementação de algumas técnicas face a características próprias do edifício ou da sua envolvente
- Custo elevado de algumas técnicas

Métodos para controlo da degradação



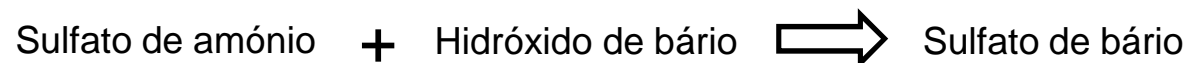
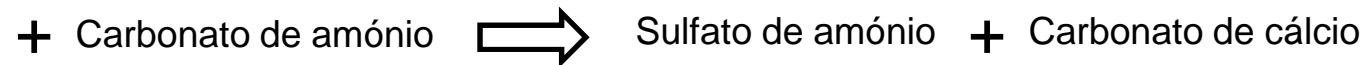
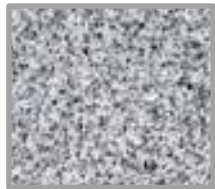
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Método do hidróxido de bário

Princípio de funcionamento: C – Alteração do comportamento dos sais solúveis

Descrição: Impossibilita a ocorrência de ciclos de cristalização/dissolução do gesso (sulfato de cálcio), transformando-o num sal (sulfato de bário) que é praticamente insolúvel; inclui duas fases de aplicação de compressas

Superfície do
material + gesso



Métodos para controlo da degradação



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Método do hidróxido de bário

Princípio de funcionamento: C – Alteração do comportamento dos sais solúveis

Descrição: Impossibilita a ocorrência de ciclos de cristalização/dissolução do gesso (sulfato de cálcio), transformando-o num sal (sulfato de bário) que é praticamente insolúvel; inclui duas fases de aplicação de compressas

Vantagens:

- Método com bons resultados em casos de preservação de pintura mural

Limitações:

- Método aplicável a um único tipo de sal (gesso)
- Permite tratar apenas a camada superficial
- Elevada toxicidade do hidróxido de bário

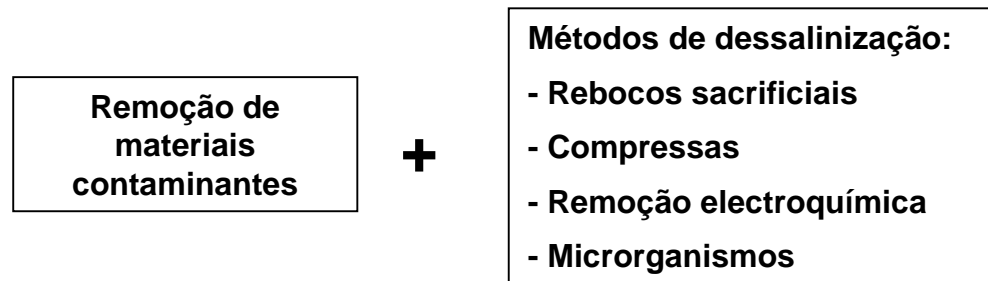
Complementaridade entre métodos

A actuação perante os problemas de degradação por sais solúveis poderá passar pela utilização conjunta de diferentes métodos

> Exemplo 1



> Exemplo 2



Medidas de prevenção

Factores que poderão contribuir para um maior risco de degradação por sais:

Aplicação de materiais de construção inadequados

- > Materiais que alteram o equilíbrio de fluxos na alvenaria (ex: tintas muito impermeáveis)
- > Alguns materiais poderão estar contaminados ou incluir constituintes que podem originar a formação de sais
- > Exemplo: argamassas executadas com areias mal lavadas ou águas contaminadas, nomeadamente por NaCl

Entradas de água consequentes do mau estado da construção

- > A presença de água é muitas vezes consequência do mau estado da própria edificação
- > Uma adequada e regular manutenção das edificações e seus elementos (coberturas, caixilharias, tubagens, etc.) é essencial
- > Promover o correcto escoamento da água da chuva em áreas adjacentes à construção

Medidas de prevenção

Factores que poderão contribuir para um maior risco de degradação por sais:

Alteração das condições ambientes interiores

> Qualquer intervenção que interfira com a temperatura e HR poderá despoletar ou agravar a degradação causada pelos sais

> Exemplo 1: introdução de fontes de calor => aumento da taxa de evaporação => acelerar a taxa de cristalização.

Para além disso, o balanço entre os fluxos líquido e de evaporação pode ser alterado => recuo da frente húmida e formação de subflorescências

> Exemplo 2: mudança do tipo de utilização dada ao edifício ou compartimento, o que poderá reflectir-se, por exemplo, na concentração do número de pessoas, proporcionando maior libertação de vapor de água e calor

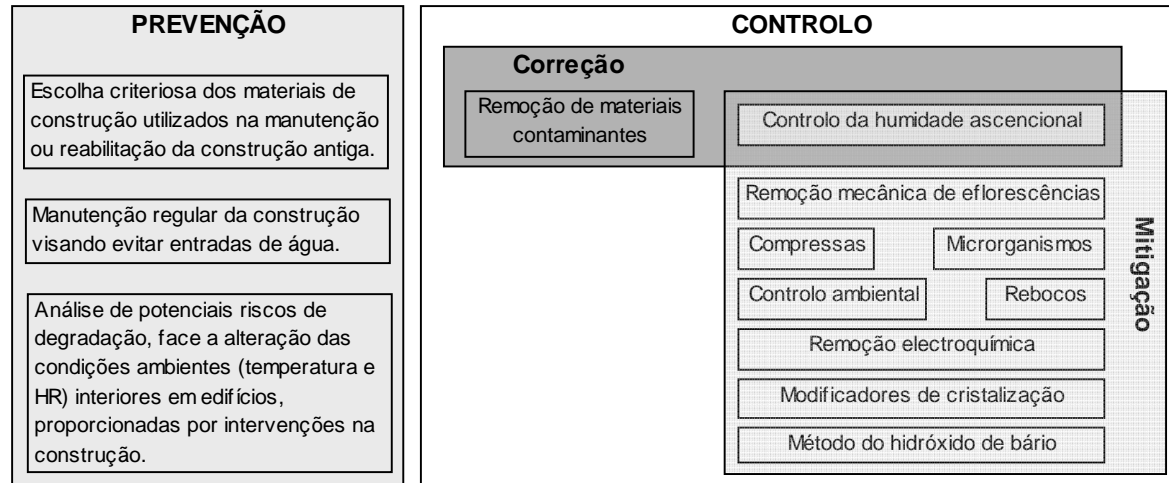
Conclusões

> A degradação por sais pode ser abordada numa óptica preventiva controlo mista

> O controlo da degradação pode integrar

- Métodos correctivos ➔ Permitem a eliminação definitiva de pelo menos um dos factores predisponentes (sais e água)
- Métodos de mitigação ➔ Permitem a redução, atenuação ou suspensão da degradação

> Apenas um número reduzido de métodos, nem sempre viáveis ou adequados, podem permitir uma resolução definitiva (correção) dos problemas



> A prevenção e o controlo continuado da degradação apresentam maior diversidade de alternativas

Obrigada...

pedropuim@hotmail.com

teresag@lnec.pt

vbrito@lnec.pt

