

FORMAÇÃO | Pedra Natural

Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais

Vera Pires | vlcp@uevora.pt
Investigadora Auxiliar | Laboratório de Ensaios Mecânicos
Membro integrado do Laboratório Hércules

Grupo Galrão 19.06.2021

Súmario

M1. Marcação CE

M2. Ensaio para caracterização de produtos e alterações em pedra natural | métodos e interpretação de resultados

M3. Critérios de Seleção e Desempenho

M4. Comparação entre Materiais

M5. Identificação dos principais problemas de durabilidade e respetivas soluções – casos de estudo

M6. Manutenção como prevenção

Critérios de Selecção e Desempenho



Critérios de Selecção e Desempenho | fachadas

Nos **revestimentos exteriores de paredes** em altura deve assegurar-se que estes:

- Promovam a passagem para o exterior do vapor de água gerado no interior do edifício, embora satisfazendo as exigências de estanquidade à água da chuva;
- Evitem as reflexões de luz solar incómodas para os utentes dos edifícios vizinhos e perigosas para a circulação de pessoas e veículos;

Critérios de Selecção e Desempenho

✓ Porquê escolher pedra?



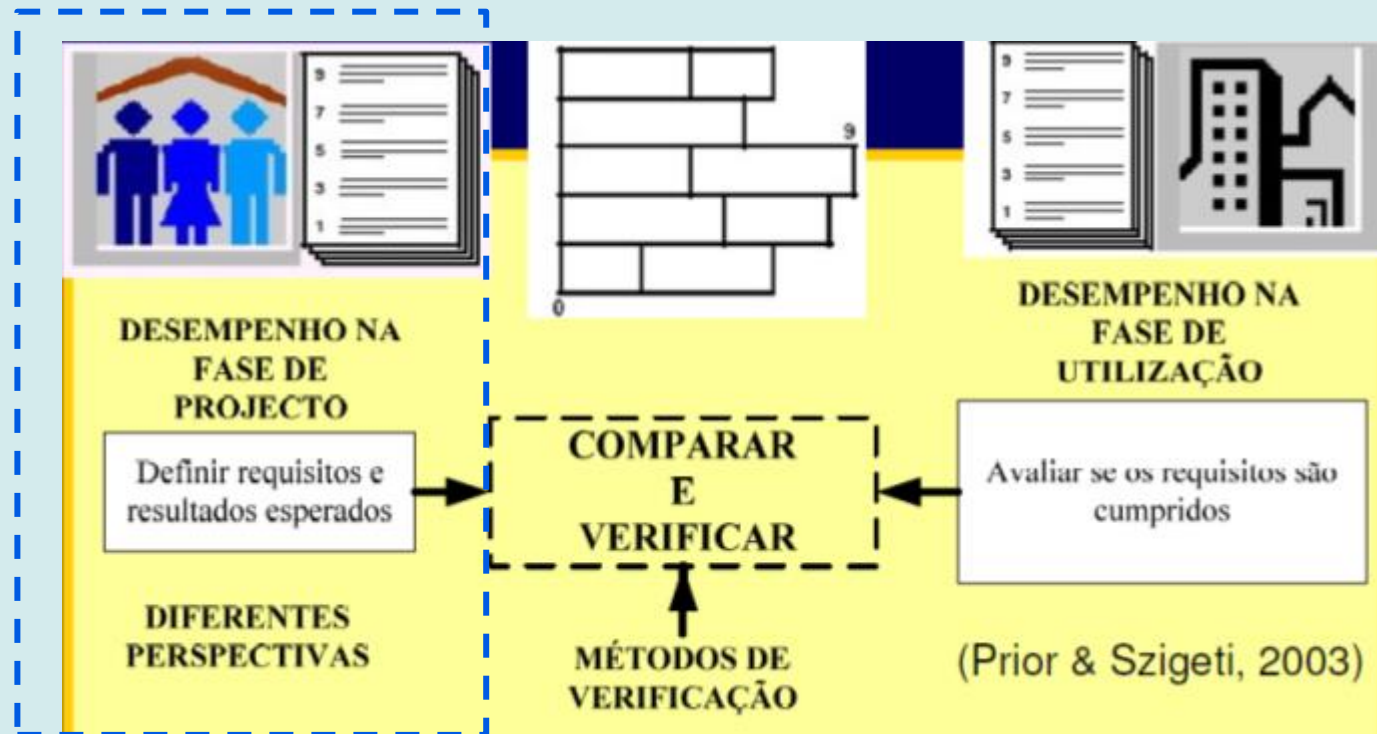
- Durabilidade
- Material único
- Tradição
- Resistência Mecânica
- Estética



- Dependente da aplicação
- Qualidade da execução
- Compatibilidade entre materiais
- Vasta gama de características

Critérios de Selecção e Desempenho

Requisitos para desempenho e critérios de selecção para pedra



Marcação CE

- A marcação CE de produtos de construção rege-se actualmente pelo Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, correntemente designado por Regulamento dos Produtos de Construção (RPC), cuja plena entrada em vigor ocorreu no dia 1 de julho de 2013.
- Este regulamento revogou a Diretiva n.º 89/106/CEE do Conselho, de 21 de dezembro de 1988, conhecida como Diretiva dos Produtos de Construção (DPC), que regia anteriormente a referida marcação



Marcação CE

Regulamento dos Produtos da Construção (RPC) revoga e substitui a Diretiva dos Produtos da Construção (DPC) a partir de 1 de Julho de 2013

(Regulamento dos Produtos da Construção (RPC) - Regulamento (UE) n.º 305/2011 Publicado no Jornal Oficial da União Europeia de 4 de Abril de 2011.)

- **Mantém as seis exigências essenciais da DPC, mas como requisitos básicos das obras de construção;**
- **Acrescenta um sétimo requisito básico para as obras de construção relacionado com a “utilização sustentável dos recursos naturais”:**
 - as obras de construção têm de ser concebidas, realizadas e demolidas de modo a assegurar:
 - a **reutilização ou reciclabilidade** das mesmas, dos seus materiais e das suas partes, após a demolição;
 - a sua **durabilidade**;
 - a **utilização de matérias-primas** e materiais secundários compatíveis com o ambiente.
 - as **declarações ambientais de produto (DAP)** devem ser usadas, quando disponíveis, para a avaliação da utilização sustentável de recursos, e do impacto no ambiente, das obras de construção.



www.daphabitat.pt

MÓDULO 1

4/19

Regulamento (UE) N.º 305/2011

4.4.2011

PT

Jornal Oficial da União Europeia

L 88/5

REGULAMENTO (UE) N.º 305/2011 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO

de 9 de Março de 2011

**que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que
revoga a Directiva 89/106/CEE do Conselho**

(Texto relevante para efeitos do EEE)

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:PT:PDF>

Marcação CE | em consiste?

A Comissão Europeia considera a marcação CE como um “*passaporte*” que permite a livre e legal circulação de mercadorias dentro das suas fronteiras de acordo com os seus elevados padrões de qualidade e segurança, para as pessoas e o meio ambiente.

| Permite a livre circulação no Espaço Económico Europeu (EEE).

| Representada por um símbolo + documento



| Regras de utilização do símbolo

| A marcação CE é a evidência dada pelo fabricante de que os produtos estão conforme com os requisitos estabelecidos.

Marcação CE | em consiste?

CE

- ✓ A marcação CE deve ser aposta nos produtos de construção que forem objeto de declaração de desempenho feita pelo fabricante.
- ✓ A **marcação CE** deve ser aposta de modo visível, legível e indelével no produto de construção ou numa etiqueta a ele fixada.
- ✓ Se a **natureza do produto não o permitir ou justificar**, a **marcação CE** deve ser aposta na embalagem (rótulo) ou nos documentos de acompanhamento (declaração de desempenho).

Marcação CE | em consiste?

Estão previstos cinco sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho aplicáveis à emissão da declaração de desempenho dos produtos da construção.

O modo de avaliação e verificação da regularidade do desempenho é variável consoante a relação entre as características essenciais do produto e os requisitos básicos das obras de construção, envolvendo não só a avaliação do desempenho do produto de construção como também o controlo da sua produção em fábrica.

ENTIDADE	FUNÇÕES		SISTEMA				
			1+	1	2+	3	4
FABRICANTE	I-1	Controlo da produção em fábrica (CPF)	F	F	F	F	F
	I-2	Ensaio adicionais de amostras colhidas na fábrica de acordo com um programa de ensaios previamente estabelecido	F	F	F		
	I-3	Avaliação de desempenho do produto de construção			F		F
ORGANISMO NOTIFICADO	II-1	Avaliação de desempenho do produto de construção	CP	CP		L	
	II-2	Inspeção inicial da fábrica e do controlo de produção em fábrica	CP	CP	CC PF		
	II-3	Acompanhamento, apreciação e avaliação contínuos do controlo de produção em fábrica	CP	CP	CC PF		
	II-4	Ensaio aleatório de amostras colhidas na fábrica ou nas instalações de armazenagem do fabricante pelo Organismo Notificado	CP				

Nota: Entidades envolvidas
F – fabricante; **L** – laboratório notificado; **CP** – organismo de certificação de produtos; **CCPF** - organismo de certificação de controlo de produção em fábrica

Marcação CE | quais as exigências?

O sistema de avaliação e verificação do desempenho que serve de base à **marcação CE** dos produtos de pedra natural:

Sistema 4 – Declaração de desempenho, em função das características essenciais do produto de construção, elaborada pelo fabricante com base nos seguintes elementos:

- a) O **fabricante** realiza:
 - i) a determinação do **produto-tipo com base nos ensaios de tipo**, nos cálculos de tipo, nos valores tabelados ou em documentação descritiva do produto;
 - ii) o **controlo da produção em fábrica**;

Não são atribuídas tarefas ao organismo notificado.

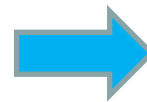
Marcação CE | como fazer?

Produtos em pedra natural – com norma EN harmonizada

Ensaio tipo iniciais (norma EN) – ver lista de ensaios



Declarações de desempenho



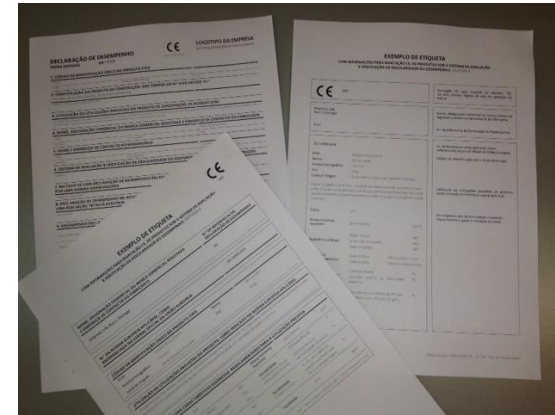
Controlo de produção em fábrica



Ensaio tipo no CPF de acordo
critério de repetibilidade



Controlo da produção com registos e análise ao longo do tempo
(manual de CPF).



As Normas EN

Os Organismos de Normalização de cada Estado-Membro da UE
(**IPQ, em Portugal**) responsabilizam-se pela tradução das Normas EN

* Directiva dos Produtos de
Construção



Normas Nacionais

NP EN

Normas de Terminologia

Normas de Ensaio

Normas de Produto

Normas Voluntárias

Não são de cumprimento obrigatório,
apenas aplicáveis se expressamente
invocadas.

Normas Harmonizadas

São de aplicação obrigatória e definem os
requisitos necessários para que os produtos
sejam conformes com a DPC*.

1 – Normas Harmonizadas

São as normas de características de produto, pelo que são obrigatórias.

Normas de produto

- EN 771-6 – Especificações para unidades de alvenaria; Parte 6: unidades de alv. em Pedra Natural (P.N.).
- EN 1341 – Lajes de pedra natural para pavimentos exteriores – requisitos e métodos de ensaio.
- EN 1342 – Cubos e paralelepípedos de pedra natural para pavimentos exteriores.
- EN 1343 – Guias de pedra natural para pavimentos exteriores.
- EN 1469 – Placas para revestimento de paredes – requisitos.
- EN 12057 – Ladrilhos modulares – requisitos.
- EN 12058 – Placas para pavimentos e degraus – requisitos.
- EN 12326-1 – Ardósias e outras pedras para coberturas e revestimentos descontínuos.

2 – Normas Voluntárias

São as não harmonizadas. Referem-se a características não regulamentadas em nenhum Estado-Membro.

- EN 1467 – Pedra Natural – blocos em bruto - requisitos.
- EN 1468 – P.N. – placas em bruto – requisitos.
- EN 12059 – P.N. – trabalhos de pedra de cantaria – requisitos.
- EN em projecto – placas e produtos dimensionados de P.N. para tampos de casas de banho e cozinhas.

Para que produtos? Identificação de Produtos

As **normas harmonizadas** que servem de base à caracterização e marcação CE dos produtos de pedra natural:

Blocos de pedra para alvenaria (EN 771-6)

- **Lajes de pedra natural para pavimentos exteriores (EN 1341)** – unidades de pedra natural usada para pavimentos, nas quais a largura excede os 150mm e excede normalmente duas vezes a espessura.
- **Calçada de pedra natural para pavimentos exteriores (EN 1342)** – Blocos de pedra natural com dimensões de trabalho entre os 50 mm e os 300 mm e com dimensões planas que não excedem normalmente o dobro da espessura. A espessura mínima é de 50 mm.
- **Lancil de pedra natural para pavimentos exteriores (EN 1343)** – Unidades com mais de 300 mm de comprimento, usadas com frequência nas estradas e passeios.
- **Placas para revestimentos de paredes (EN 1469)** – Estas placas são cortadas à medida e destinam-se a revestimentos de paredes interiores ou exteriores, podem ainda ser utilizadas para acabamentos em telhados. São fixas por meios mecânicos ou adesivos.
- **Ladrilhos modulares (EN 12057)** – Estes ladrilhos de pedra natural possuem normalmente dimensões ≤ 12 mm. Podem ser utilizados no exterior mas destinam-se mais a aplicações interiores;
- **Placas para pavimentos e escadas (EN 12058)** – Estas placas podem ser utilizadas no interior ou no exterior; Possuem espessuras >12 mm.
- **Produtos em Pedra Natural. Trabalhos de pedra em Cantaria (EN 12059)**
- **Ardósias e produtos de pedra para cobertura e revestimentos descontínuos. Parte 1: Especificação dos produtos (EN 12326)**

<https://lojanormas.ipq.pt/>

Normas de Terminologia

- EN 12440 – Pedra natural – Critérios de denominação.
- EN 12670 – Pedra natural - Terminologia

Normas de Métodos de Ensaio

- 1 - Características Geométricas**
 - EN 772-16 – Alvenaria - determinação das dimensões dos elementos para paredes.
 - EN 772-22 – Alvenaria – determinação da planeza da face vista dos elementos para paredes.
 - EN 13373 – Det. das características geométricas.
- 2 - Ensaio Petrográficos**
 - EN 12407 – Estudo petrográfico.
- 3 – Ensaio Físico-Mecânicos**
 - EN 1925 – Det. do coef. de absorção de água por capilaridade.
 - EN 1926 – Resistência à compressão uniaxial.
 - EN 14581 – Det. coef. de dilatação térmico linear. ETC...
- 4 – Ensaio de Durabilidade**
 - EN 14147 – Resist. ao envelhecimento por nevoeiro salino.
 - EN 12370 – Resistência à cristalização de sais. ETC...
- Outras Normas**
 - EN 12524 – Propriedades higrotérmicas. ETC...

Marcação CE | como fazer?

Produtos em pedra natural – com norma EN harmonizada

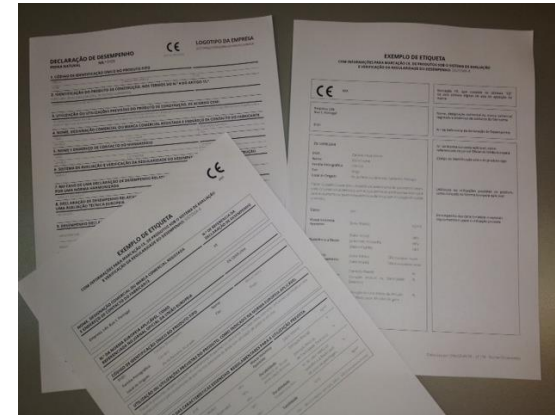
Ensaio tipo iniciais – ver lista de ensaios na norma harmonizada de produtos (anexo ZA)

Declarações de desempenho

Controlo de produção em fábrica

Ensaio tipo no CPF de acordo com critério de repetibilidade

Controlo da produção com registos e análise ao longo do tempo (manual de CPF).



Marcação CE | como fazer?

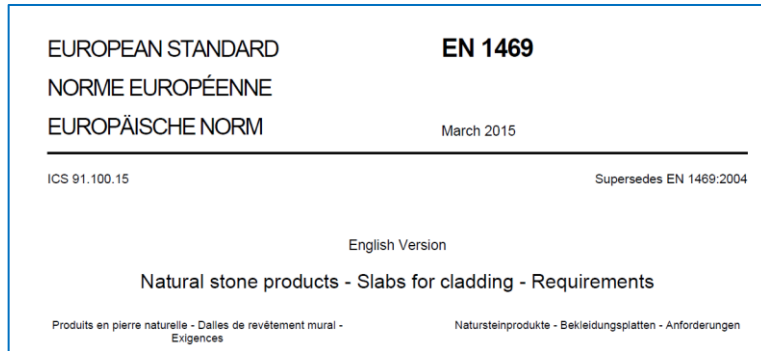


Table ZA.1.2 — Relevant clauses for natural stone slabs for external wall finishes

Product: Natural stone slab			
Intended use: Cladding as external wall finish			
Essential Characteristics	Requirement clauses in this and other European Standard(s)	Levels and/or classes	Notes
Reaction to fire (intended for uses subject to reaction to fire regulations)	4.2.7	Class A1 to E	Class A1 is without testing ^b or to be tested in accordance with EN 13501-1 ^c
Release of other dangerous substances ^{a,f} - Substance X ^g	4.2.14.2	-	Testing according to national provisions in the place of use and declare as relevant (units as relevant)
Water vapour permeability (only for products subject to water vapour control requirements)	4.2.12	-	To be tested or as tabulated values in accordance with

			EN ISO 12572 and/or EN ISO 10456 and declared as coefficient
Mechanical resistance (as flexural strength)	4.2.4	-	To be tested in accordance with EN 12372 and declared in MPa
Resistance to fixing (as relevant)	4.2.5	-	To be tested in accordance with EN 13364 and declared in N
Resistance to thermal shock (where relevant, according to material)	4.2.10.2	-	To be tested in accordance with EN 14066 and declared in %
Direct airborne sound insulation (expressed as apparent density) (for products intended for uses subject to acoustic insulation requirements)	4.2.9	-	To be tested in accordance with EN 1936 ^d and declared in kg/m ^{3d}
Thermal resistance (apparent density) (only for products intended for uses subject to thermal insulation requirements)	4.2.9	-	To be tested in accordance with EN 1936 and declared in kg/m ^{3 e}
Ability of flexural strength against freeze thaw	4.2.10.1	-	To be tested in accordance with EN 12371 and declared in MPa
Resistance of marble to thermal and moisture cycling	4.2.10.3	-	To be tested in accordance with EN 16306
<p>^a In particular those dangerous substances defined in Directive 76/69/EC as amended and only if there is a regulated substance to declare in the market of destination.</p> <p>^b No test required, see Decision 96/603/EC, as amended.</p> <p>^c Only for the following cases: — natural stones containing asphalt greater than 1 by mass or volume, whichever is the more onerous; — whenever processing of natural stones involves the use of organic patching, fillers or other similar products at greater than 1 % by mass or volume, whichever is the more onerous.</p> <p>^d EN 1936 is used in order to give the apparent density as reference for calculation of acoustic behaviour.</p> <p>^e EN 1936 is used in order to give the apparent density as reference for calculation of thermal behaviour. Alternatively the data may be taken from EN ISO 10456.</p> <p>^f Only if there is a regulated substance to declare.</p> <p>^g This needs not to be declared if there is no other specific substance regulated in the market of destination.</p>			

Carga de rotura na ancoragem

Ensaio de empeno

Marcação CE | como fazer?

Requisitos de ensaios para emissão de declaração de desempenho CE	Norma de ensaio	EN 1469	EN 12057	EN 12058	Validade (anos)
Análise e descrição petrográfica	EN 12407	x	x	x	10
Determinação da resist. flexão sob carga centrada	EN 12372	x	x	x	2
Carga de ruptura na ancoragem	EN 13364	x	na	na	10
Determinação da absorção de água por capilaridade	EN 13755	x	x	x	2
Determinação da classe de Reacção ao fogo	EN 13501-1	x	x	x	10
Determinação da permeabilidade ao vapor de água	EN 10456 ou EN 12572	v	v	v	10
Determinação da massa volúmica aparente e porosidade aberta	EN 1936	x	x	x	2
Determinação da resist. ao escorregamento	EN 13373		x	x	10
Determinação da resist. envelhecimento por choque térmico	EN 14066	x	x	x	10
Resistência à flexão apos gelo (ciclos vários)	EN 12371	min 14 ciclos	min 56 ciclos	min 56 ciclos	10
Resistência ao desgaste (Capon)	EN 14157	na	na	x	10
Ensaio de envelhecimento com temperatura e humidade - avaliação de empeno	EN 16306	sob requisito	na	na	10
Determinação da absorção de água por capilaridade	EN 1925	v	v	v	10
Determinação da velocidade de propagação do som	EN 1745	v	v	v	10
Determinação do módulo de elasticidade dinâmico - freq. de ressonância fundamental	En 14146	x	x	x	10
Determinação da Condutividade Térmica	EN 1745	v	v	v	10
Libertação de substância perigosas	a avaliar caso a caso	na	x	x	10
Tactilidade	CEN/TS 15209		x	x	10
v	voluntario				
x	obrigatório				

Declaração de Desempenho - DOP (elaborada pelo fabricante)

- ✓ Obrigatoriedade de elaboração sempre que o produto estiver abrangido por uma norma harmonizada;
- ✓ Elaboração por referência a um [modelo de Declaração de desempenho](#) (anexo III);
- ✓ Deve conter o desempenho de **pelo menos uma** característica essencial do produto;
- ✓ Para as características essenciais constantes da lista relativamente às quais não seja declarado nenhum desempenho, o acrónimo «NPD» (Desempenho Não Determinado) deve ser usado;
- ✓ Deve ser fornecida uma cópia da declaração de desempenho de cada produto disponibilizado no mercado, em suporte papel ou por meios eletrónicos (e-mail);
- ✓ Contudo, se for fornecido um lote do mesmo produto a um único utilizador, o lote pode ser acompanhado por uma única cópia da declaração de desempenho, em suporte papel ou por meios eletrónicos;
- ✓ DOP elaborada na língua [exigida](#) pelo Estado Membro em que o produto é disponibilizado.

A **marcação CE** é seguida por:

- ✓ Dois últimos algarismos do ano em que foi aposta pela primeira vez;
 - ✓ Nome e pelo endereço registado do fabricante;
- ou por uma marca distintiva através da qual seja possível identificar facilmente e sem qualquer ambiguidade o nome e o endereço do fabricante.
- ✓ Código de identificação único do produto-tipo;
 - ✓ Número de referência da declaração de desempenho;
 - ✓ Nível ou classe de desempenho declarado;
 - ✓ Referência à especificação técnica harmonizada aplicada;
 - ✓ Utilização prevista constante da especificação técnica harmonizada aplicada.

Modelo da Declaração de Desempenho e de Modelo de Rotulo

(elaborada pelo fabricante)

Anexo III do regulamento

Análise de Exemplo | DOP

EXEMPLO de Declaração de Desempenho



Análise de Exemplo | DOP

Estrutura geral de um Manual de Controlo de Produção em Fábrica

1. Objectivo e âmbito
2. Organização
 - 2.1 Organigrama
 - 2.2 Responsabilidade, autoridade e competências
3. Controlo de documentos e registos
4. Controlo de produção
 - 4.1 Diagrama de produção
 - 4.2 Controlo das matérias-primas
 - 4.3 Controlo do equipamento de produção
 - 4.4 Processo produtivo
5. Amostragem e inspecção do produto
 - 5.1 Ensaios do tipo inicial
 - 5.2 Inspeção e ensaios do produto
 - 5.3 Controlo do equipamento de medição
6. Controlo de produtos não conformes
7. Tratamento de reclamações
8. Marcação CE e rotulagem



Controlo de produção em fábrica

Registos de produção diária que contemplem:

- Data
- Nº. do Bloco
- Designação da pedra
- Obra
- Quantidade de Chapas
- Medidas das chapas serradas (comprimento, largura e espessura, m²)
- Horário da produção e paragens
- Motivo das paragens



Serragem dos Blocos



Boas Práticas

Registos de produção diária que contemplem:

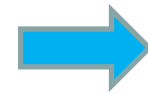
- Data
- Nº. do Bloco
- Designação da pedra
- Serviços Prestados
- Obra/Cliente
- Quantidade de Chapas
- Medidas das chapas (comprimento, largura e espessura)
- Horário da produção e paragens



Corte

Controlo de produção em fábrica

- Registos de produção diária que contemplem:
- Data
- N.º do bloco
- Cliente/Obra
- Designação
- Quantidade
- Medidas dos ladrilhos (comprimento, largura e espessura)
- Tipo de acabamento (polido, amaciado, bujardado)
- Horário da produção e paragens



Acabamento



Boas Práticas

Controlo de produção em fábrica

| Equipamentos

Paquímetro, régua metálica, apalpa folgas, suta medidora de ângulos



Controlo de produção em fábrica

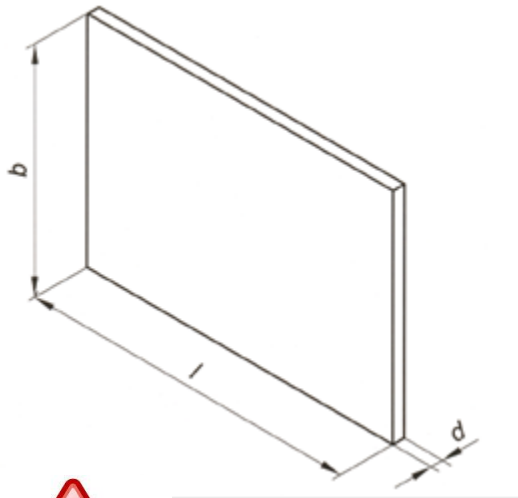
| Equipamentos

- Paquímetro com exatidão de $1/20 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$ e com uma gama de medida pelo menos igual ao tamanho de elemento a ser medido (até $1000 \text{ mm} = 1\text{m}$);
- Régua Metálica de secção rectangular com comprimento pelo menos igual ao do elemento a ser medido (máximo $1500\text{mm} = 1,5\text{m}$);
- Um conjunto de apalpa folgas com exactidão de $1/20 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$ (para um ladrilho de tamanho mínimo de $200 \text{ mm} = 20\text{cm}$);
- Um medidor de ângulos com comprimento maior ou igual a $500\text{mm} = 50 \text{ cm}$ e com exactidão de $0,1^\circ$.

Controlo de produção em fábrica

| Tolerâncias

Placas para Revestimento de Paredes – Requisitos Dimensionais



Espessura nominal, em mm	Tolerância
Mais de 12 Até 30, inclusive	$\pm 10 \%$
Mais de 30 Até 80, inclusive	$\pm 3 \text{ mm}$
Superior a 80	$\pm 5 \text{ mm}$

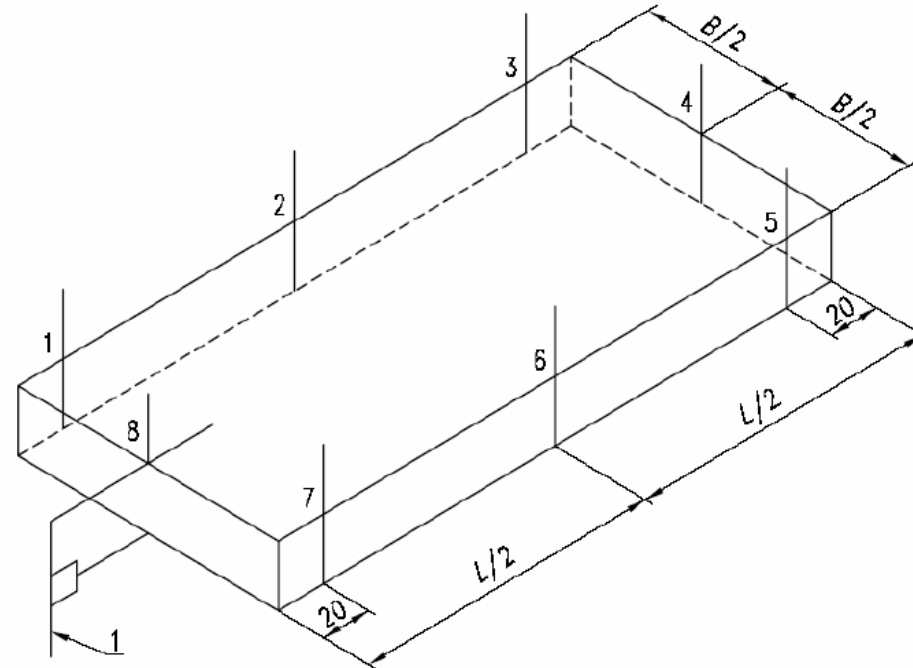


O produtor poderá declarar tolerâncias mais restritas.

Controlo de produção em fábrica

| Tolerâncias

Medição de Espessu



1 - Paquímetro

L - Comprimento de Elemento

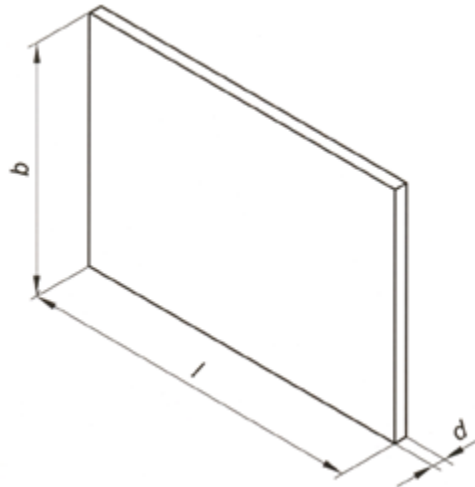
- Todas as medidas deve ser arredondadas à décima de milímetro.
- Para a espessura as medições devem ser efectuadas em 8 locais

Controlo de produção em fábrica

Placas para Revestimento de Paredes – Requisitos

| Tolerâncias

Dimensionais



O desvio da planeza da superfície (à excepção das faces obtidas por clivagem natural) não deve exceder 0,2 % do comprimento da placa e não ultrapassar 3 mm. Para as faces obtidas por clivagem natural, a tolerância na planeza deve ser declarada pelo produtor.



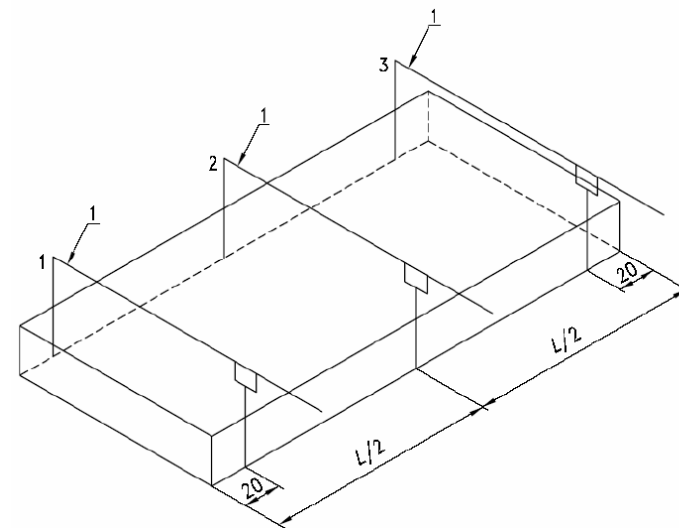
Comprimento e largura nominais, em mm	< 600	≥ 600
Topos serrados com espessura ≤ 50 mm	± 1 mm	± 1,5 mm
Topos serrados com espessura > 50 mm	± 2 mm	± 3 mm

O produtor poderá declarar tolerâncias mais restritas.

Controlo de produção em fábrica

| Tolerâncias

Medição de Comprimento e Largura



Legenda:

1 - Paquímetro

L - Comprimento de Elemento

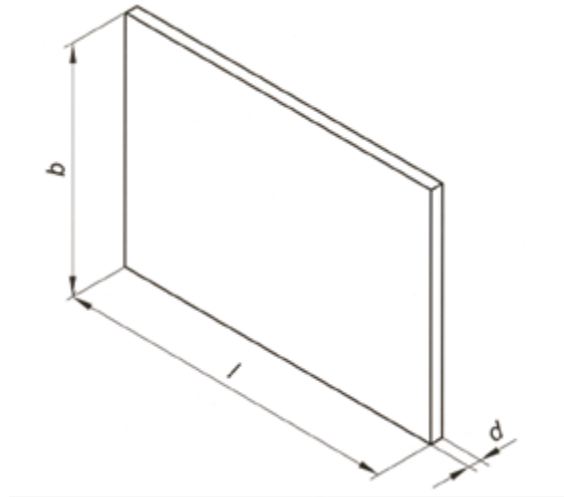
- Todas as medidas deve ser arredondadas à décima de milímetro.
- Para o comprimento e largura, devem ser efetuadas 3 medições por face

Controlo de produção em fábrica

| Tolerâncias

Placas para Revestimento de Paredes – Requisitos

Dimensionais



O desvio da planeza da superfície (à excepção das faces obtidas por clivagem natural) não deve exceder 0,2 % do comprimento da placa e não ultrapassar 3 mm.

Para as faces obtidas por clivagem natural, a tolerância na planeza deve ser declarada pelo produtor.

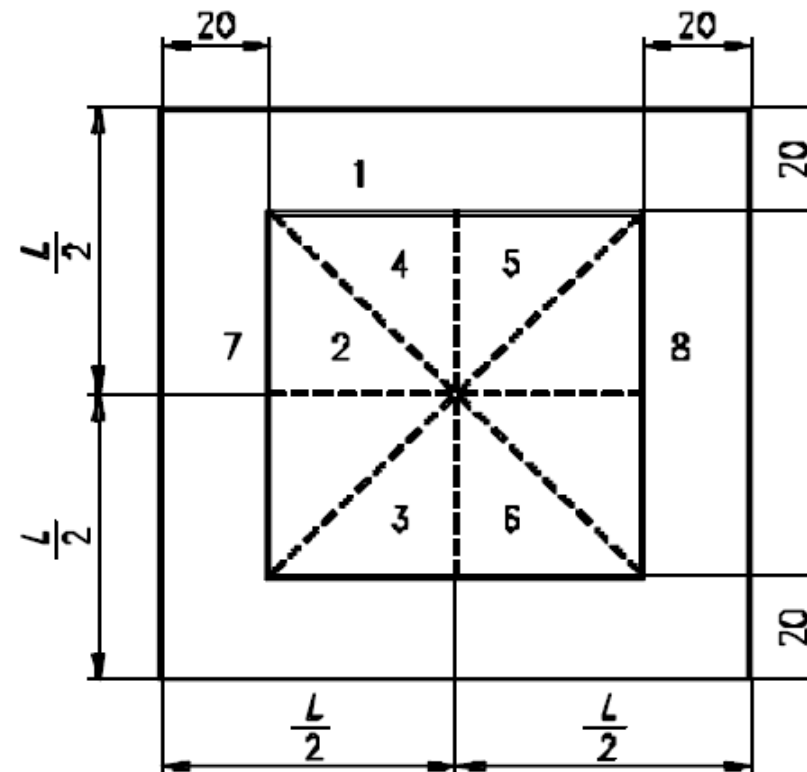


O produtor poderá declarar tolerâncias mais restritas.

Controlo de produção em fábrica

| Tolerâncias

Medição de Planeza



Procedimento de Medição:

- Colocar a régua metálica sobre a superfície;
- Passar o apalpa folgas na superfície do ladrilho;
- Testar em 8 locais diferentes do ladrilho ou placa;

Controlo de produção em fábrica

| Tolerâncias

Placas para Revestimento de Paredes – Requisitos

Dimensionais

A localização, profundidade e diâmetro especificados (forma) dos orifícios de ancoragem devem obedecer ao seguinte:

- Localização medida ao longo do comprimento ou da largura da placa: ± 2 mm
- Localização medida ao longo da espessura: ± 1 mm (a ser medida a partir da face vista)
- Profundidade: $+ 3 / - 1$ mm
- Diâmetro: $+ 1 / - 0,5$ mm



O produtor poderá declarar tolerâncias mais restritas.

Procedimentos Simplificados | marcação CE

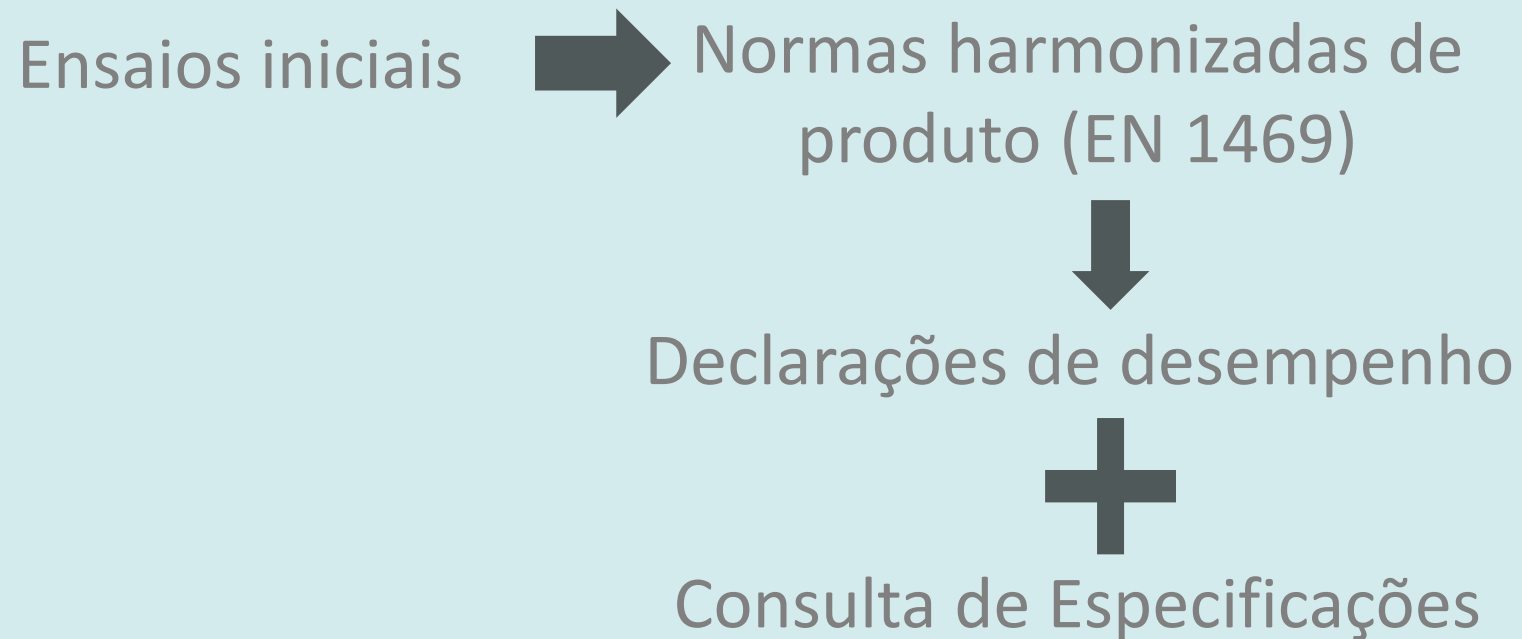
“O produto de construção, abrangido por uma norma harmonizada, que o fabricante coloca no mercado corresponde ao produto-tipo de outro produto de construção, fabricado por outro fabricante, já ensaiado de acordo com a norma harmonizada aplicável.

Caso estas condições estejam preenchidas, o fabricante pode declarar que o desempenho corresponde aos resultados, totais ou parciais, dos ensaios realizados a esse outro produto.

Os fabricantes só podem utilizar os resultados de ensaios realizados por outro fabricante se para tal obtiverem autorização deste último, que continua a ser responsável pelo rigor, fiabilidade e estabilidade desses resultados”.

Critérios de Selecção e Desempenho | fachadas

Como avaliar e comparar o desempenho de diferentes tipos de pedra para fachadas?



Processo de Selecção

- ✓ Certificar-se de que a pedra contratada pode ser fornecida dentro do "timing" estabelecido para a obra.
- ✓ Certificar-se das possibilidades de continuidade da existência dos tipos de pedra seleccionados se forem necessárias ampliações ao projecto ou se, no futuro, houver necessidade de reparações ou restauro.
- ✓ Para estes dois últimos casos, é mesmo aconselhável que o proprietário constitua uma reserva da ordem de 1 % de cada produto colocado).

Processo de Selecção

- ✓ **Certificar-se** sobre a **origem** da pedra a contratar, eventual variabilidade das suas características na pedreira, plano de corte mais favorável, disponibilidade das quantidades necessárias para a obra e formatos oferecidos.
- ✓ **Certificar-se** de que as **características** das pedras são adequadas para a **utilização em vista**, não só do ponto de vista estético mas também do ponto de vista técnico.

Critérios de Seleção e Desempenho de Produtos

1. Caracterização Mineralógica, Petrográfica e Química
2. Caracterização Física
3. Caracterização Mecânica
4. Caracterização em ambientes que simulam degradação e envelhecimento – ensaios de alteração

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Caracterização mineralógica e petrográfica

Esta análise consiste na identificação dos minerais constituintes da rocha e no estabelecimento da sua classificação petrográfica.

É realizada através de **exames macroscópicos em amostras de mão** (podendo utilizar-se uma lupa) e por exames ao **microscópico petrográfico sobre lâminas delgadas**.

A descrição petrográfica de uma rocha ornamental é importante para destacar uma série de características, tais como a cor, textura, dimensão dos grãos, porosidade, descontinuidades, fissuras, estado de alteração, minerais susceptíveis à alteração, etc.

Aspecto macroscópico

Granito de Monção

Cristal rosa



Granito de Monforte

Forte Rosa

Granito de Vila Real

Amarelo Vila Real



Gabro de Odivelas

Preto Odivelas

Granito de Castelo de Vide

Branco Caravela



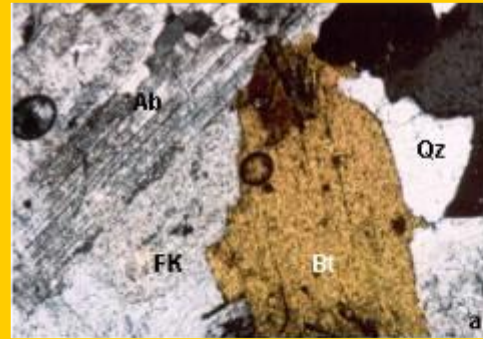
Sienito nefelínico de Monchique

Cinzento Monchique

Aspecto microscópico

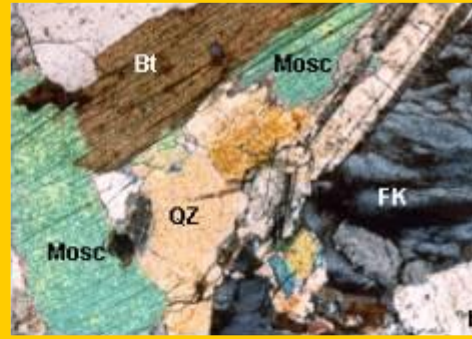
Granito de Monção

microclina (35%)
oligoclase (27%)
quartzo (25%)
biotite (10%)



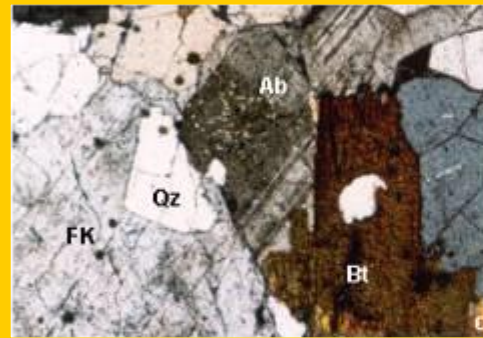
Granito de Vila Real

microclina (30%)
albite-oligo. (26%)
quartzo (27%)
biotite (3%)
moscovite (10%)



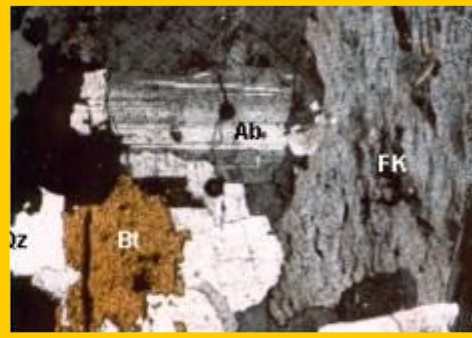
Granito de Castelo de Vide

microclina (36%)
albite (16%)
quartzo (32%)
biotite (12%)
moscovite (2%)



Granito de Monforte

microclina (42%)
albite (18%)
quartzo (22%)
biotite (13%)



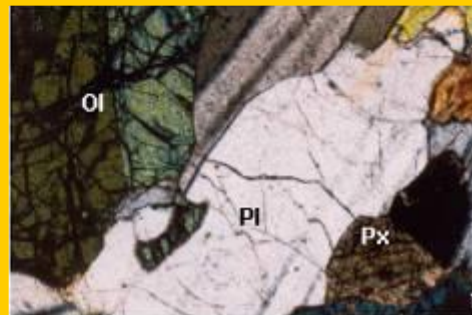
Sienito nefelínico de Monchique

ortoclase (45%)
nefelina (22%)
aeg.-augite (10%)
esfena (8%)
biotite (6%)



Gabro de Odivelas

labradorite (66%)
augite (24%)
olivina (8%)



Critérios de Seleção e Desempenho

Composição química

A **composição química** de uma rocha serve para destacar a presença de alguns compostos que, mesmo em pequenas quantidades, podem afectar a durabilidade da rocha num determinado ambiente.

O conhecimento da **composição química** permite saber quais os elementos que mais facilmente podem contribuir para a alteração da rocha por reacção química.

Critérios de Seleção e Desempenho

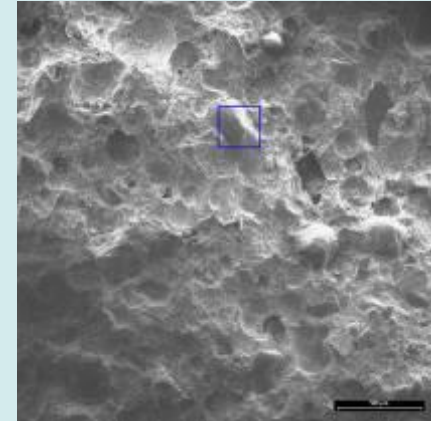
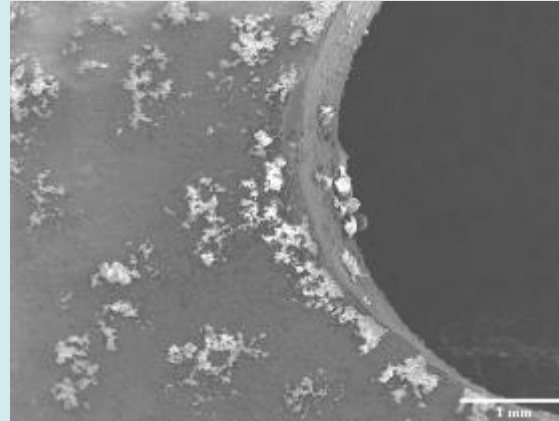
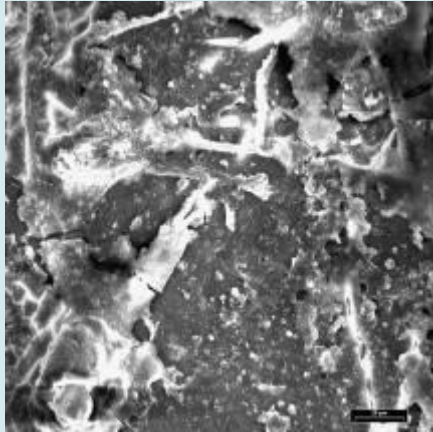
Análises químicas de rocha total por FRX.
Análises químicas dos minerais em microsonda electrónica - EDS



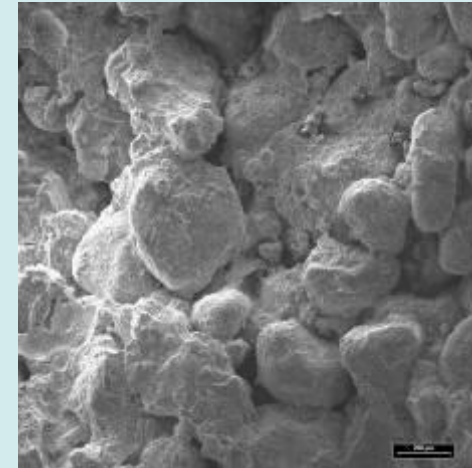
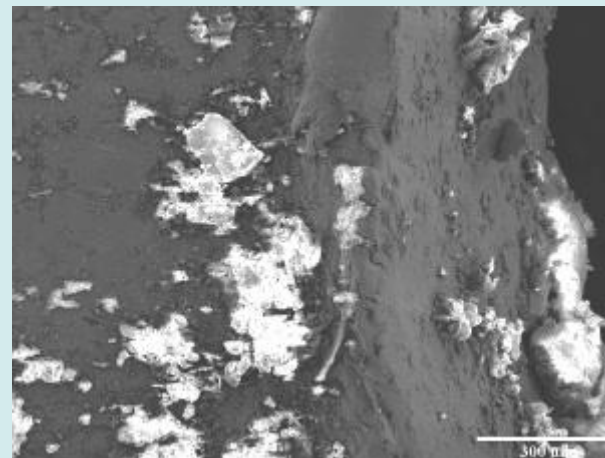
Microssonda electrónica

% Óxidos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	34,94	35,15	45,84	47,43	65,09	64,02	63,83	65,00	73,11
TiO ₂	2,36	2,58	0,40	0,25	0,00	0,03	0,03	0,00	0,18
Al ₂ O ₃	20,52	20,20	34,68	33,65	18,91	18,85	22,42	21,81	14,44
FeO	24,51	25,15	2,18	2,52	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Fe ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	1,84
MnO	0,20	0,24	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
MgO	3,69	3,67	0,87	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01	0,28
CaO	0,00	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	2,65	0,51
Na ₂ O	0,16	0,10	0,74	0,68	1,26	0,57	10,31	10,79	2,72
K ₂ O	9,18	9,32	10,25	9,88	14,72	15,85	0,18	0,27	4,94
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	3,87	3,89	4,47	4,51					
Perda Rubros									1,17
Total	99,43	100,33	99,52	100,01	99,99	99,34	99,44	99,53	99,59
Fórmula Estruturais									
Si	5,418	5,419	6,147	6,308	2,989	2,976	2,832	2,873	
Ti	0,275	0,300	0,041	0,025	0,000	0,001	0,001	0,000	
Al ^{IV}	2,582	2,581	1,853	1,692	1,023	1,033	1,172	1,136	
Al ^{VI}	1,168	1,091	3,629	3,583	0,000	0,000	0,000	0,000	
Fe ²⁺	3,178	3,243	0,245	0,280	0,000	0,000	0,000	0,000	
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	
Mn	0,026	0,031	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Mg	0,852	0,844	0,175	0,214	0,000	0,000	0,000	0,001	
Ca	0,000	0,005	0,004	0,002	0,000	0,000	0,126	0,078	
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Na	0,048	0,031	0,192	0,175	0,112	0,052	0,887	0,925	
K	1,815	1,832	1,753	1,676	0,862	0,940	0,010	0,015	
OH	4,000	4,000	4,000	4,000					
F	0,000	0,000	0,000	0,000					
Total	19,362	19,377	18,045	17,955	4,987	5,004	5,030	5,028	
					Ad-0.02e	Ad-0.001e	Ad-12.312e	Ad-7.860e	
					Ab-11.484e	Ab-3.212e	Ab-26.700e	Ab-90.837e	
					Cr-28.466e	Cr-04.787e	Cr-0.083e	Cr-1.493e	

Critérios de Seleção e Desempenho



Imagens da
observação de
materiais pétreos
no SEM



Critérios de Seleção e Desempenho

A **massa volúmica** corresponde à relação entre o peso e o volume de uma amostra (kg/m^3)

A **absorção de água** (%) indica a relação entre volume de água absorvido e o volume total da amostra de rocha sendo o teor de humidade atingido pela amostra após imersão em água durante um período de tempo determinado, ou até à saturação.

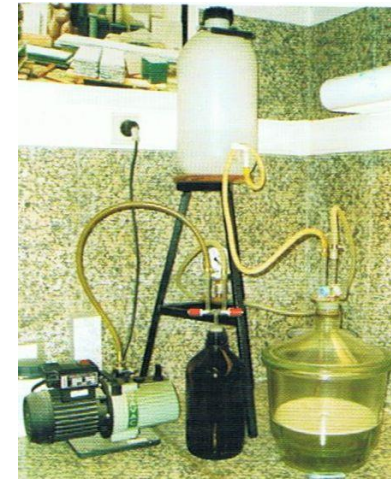
A **porosidade aberta** (ou aparente) (%) é expressa pela relação entre o volume total de poros (espaços abertos) e o volume total da amostra.



- Massa volúmica aparente (ρ_b) – Quociente entre a massa do provete seco e o seu vol. aparente (vol. limitado pela superfície externa, incluindo vazios).
- Porosidade aberta (ou aparente) (ρ_o) – Quociente percentual entre o vol. dos poros abertos e o vol. aparente.

- Mínimo de 6 provetes (cubos, prismas ou cilindros)
- Vol. aparente $\geq 25 \text{ mm}^3$
- $0,1 \text{ mm}^{-1} \leq \frac{\text{Área}}{\text{Vol.aparente}} \leq 0,2 \text{ mm}^{-1}$

- Secagem a $(70 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, até massa constante.
- Arrefecimento no exsiccador.
- Pesagem de cada provete e colocação em recipiente de vácuo reduzindo a pressão até $(2,0 \pm 0,7) \text{ kPa} = (15 \pm 5) \text{ mm Hg}$ até 24 h.
- Nas mesmas condições de vácuo os provetes são imersos em água destilada durante 24h.
- Colocação do sistema a pressão normal e manutenção em imersão por mais 24h.
- Determinação do peso imerso com balança hidrostática.
- Remoção de água superficial seguida de pesagem.



Fonte: Manual da Pedra
Natural para a
Arquitectura

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \times \rho_{rh}$$

m_d - Massa do provete seco (g)
 m_s - Massa do provete saturado (g)
 m_h - Massa do provete imerso (g)

$$\rho_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \times 100$$

ρ_{rh} - massa volúmica da água a $20 \text{ }^\circ\text{C} = 998 \text{ kg/m}^3$

Absorção de Água à Pressão Atmosférica (EN 13755)

- Procedimento semelhante ao ensaio anterior.

- Mínimo de 6 provetes (cubos, prismas ou cilindros)
- Vol. aparente $\geq 60 \text{ mm}^3$
- $0,1 \text{ mm}^{-1} \leq \frac{\text{Área}}{\text{Vol.aparente}} \leq 0,2 \text{ mm}^{-1}$

- Secagem a $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$, até massa constante.
- Arrefecimento no exsiccador.
- Pesagem de cada provete e colocação em recipiente de imersão
 - Adição de água corrente em 3 fases:
 - 1ª - até metade da altura dos provetes;
 - 2ª - após (60 ± 5) min até $\frac{3}{4}$ da altura;
 - 3ª - após (60 ± 5) min até o nível da água se situe (25 ± 5) mm acima do topo dos provetes.
- Aguarda-se tempo necessário para que atinjam peso constante (± 72 h).
- Remoção de água superficial seguida de pesagem.

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \times 100$$

m_s - Massa do provete saturado (g);

m_d - Massa do provete seco (g).

- Média aritmética dos 6 provetes.

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

A **porosidade aberta** constitui a via natural para a circulação de fluidos no interior da rocha, podendo influenciar a sua durabilidade.

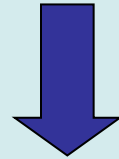
As rochas mais porosas são mais susceptíveis à alteração.

Para o mesmo tipo de rocha, quanto **menor** for a **massa volúmica aparente**, **maior** será a **porosidade** da rocha e **maior** será o **coeficiente de absorção de água**.

Representam um índice decisivo na escolha do material para usos que envolvam o contacto com a água, antecipando, por exemplo, o aparecimento de manchas e processos de alteração.

Critérios de Seleção e Desempenho -

Rochas
Metamórficas



- Porosidade ↓
- Vazios tipo fissura
- Forma grosseiramente planar



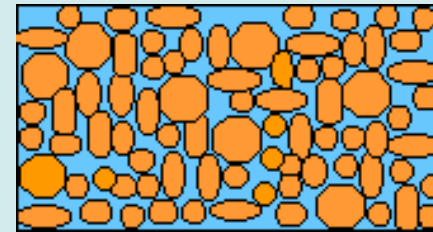
Elevada permeabilidade

Porosidade

Rochas
Sedimentares



- Porosidade ↑
- Poros
- Forma equidimensional



Elevada capacidade de
armazenamento

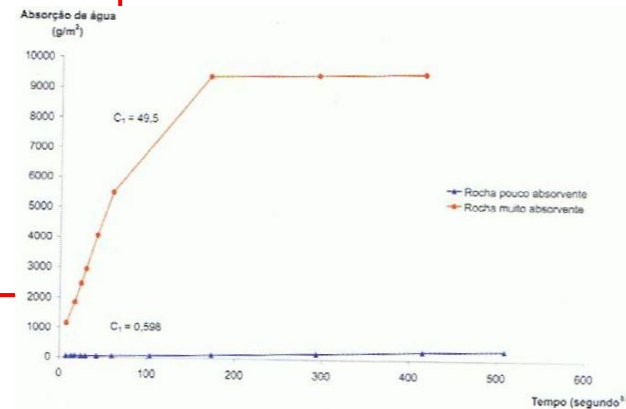
Coeficiente de Absorção de Água por capilaridade (EN 1925)



- É só aplicável a pedras naturais cuja porosidade aberta $\geq 1\%$.
- 6 provetes cúbicos serrados com aresta (50 ± 5) mm ou (70 ± 5) mm.
- Deve-se realizar o ensaio na direcção de ascensão da água perpendicular ao plano mais vulgarmente usado.
- Secagem até massa constante. à temperatura (70 ± 5) °C.
- Medida da área a imergir com craveira.
- Colocação dos provetes num recipiente e adiciona-se água corrente até que a base fique imersa a uma profundidade de (3 ± 1) mm.
- Inicia-se a contagem do tempo e o nível da água tem de ser mantido constante.
- Periodicamente os provetes são secos e pesados e colocados de novo no recipiente, pelo menos até 7 pesagens.

O Coef. de abs. por cap. (C) (g/m^2) corresponde ao declive do segmento de recta que melhor se ajusta aos pontos iniciais.

R. Muito absorv. (min)	R. pouco absorv. (min)
1	30
5	60
10	180
15	480
30	1440
60	2880
480	4320
1440	---



$$C = \frac{m_i - m_k}{A \times \sqrt{t_i - t_k}}$$

m_i e m_k (g) - massa do provete saturado correspondente aos tempos i e k , sendo que $i < k$;
 A - Área da face imersa (g/m^2);
 t_i e t_k (s) - tempos decorridos desde o início do ensaio até às pesagens, sendo que $i > k$.

Critérios de Seleção e Desempenho

Coefficiente de dilatação linear térmico

- Tal como a maioria dos materiais, as rochas dilatam-se com o aquecimento e contraem-se com o arrefecimento.
- O coeficiente de dilatação linear térmica reflecte a variação de volume (dilatação ou contracção) de rochas quando submetidas a mudanças de temperatura.
- O conhecimento deste coeficiente de dilatação linear térmico é de particular importância quando se prevê a utilização do material em trabalhos exteriores em climas de forte amplitude térmica.

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

ΔL = variação do comprimento

L_0 = comprimento inicial

α = coeficiente de dilatação linear

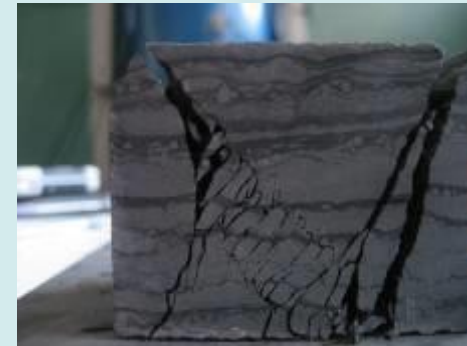
$\Delta \theta$ = variação da temperatura

Critérios de Seleção e Desempenho

O **ensaio de compressão** uniaxial ($\text{MPa} = \text{N}/\text{mm}^2$) tem por objectivo determinar a tensão que provoca a ruptura do provete, quando é submetido a um esforço de compressão.

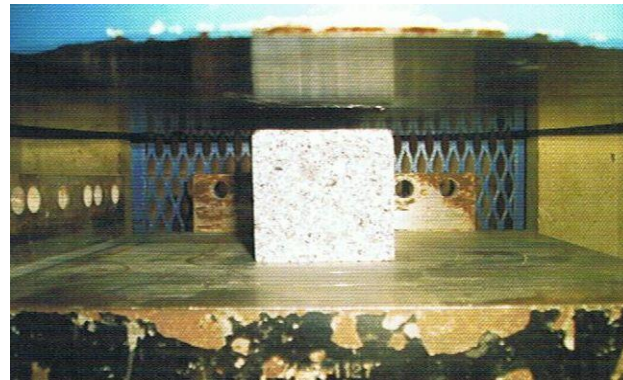
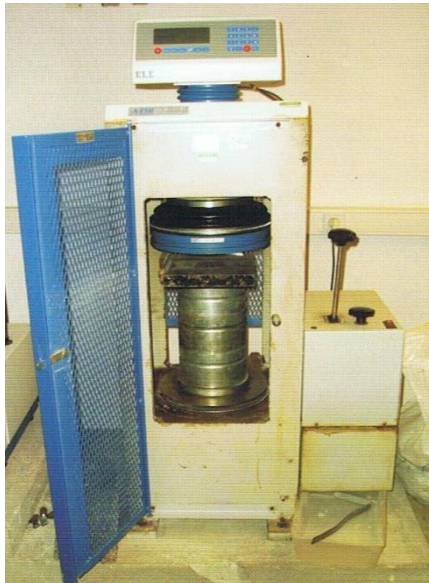
Deve conhecer-se o valor deste parâmetro sempre que a rocha tenha que suportar cargas elevadas:

- quer durante a fase de transporte
- armazenamento (empilhar a pedra)
- durante a fase de utilização, principalmente se é utilizada para funções estruturais, como colunas ou pilares, onde actuem cargas verticais.



Resistência à Compressão (EN 1926)

- É realizada sobre 6 provetes cúbicos (50 ± 5) mm ou (70 ± 5) mm de aresta ou cilíndricos com alt. = diâm. (50 ± 5) mm ou (70 ± 5) mm. Os provetes podem ser serrados, amaciados ou polidos, devendo ter faces lisas e paralelas.
- Secagem dos provetes até massa constante à temp. = (70 ± 5) °C e posterior arrefecimento em exsiccador.
- O provete é levado a uma prensa hidráulica incrementando-se a força a uma taxa de ($1 \pm 0,5$) MPa/s até rotura.



Fonte: Manual da Pedra Natural para a Arquitectura

$$R_c = \frac{F}{C} \text{ N/mm}^2$$

F – Força de rotura

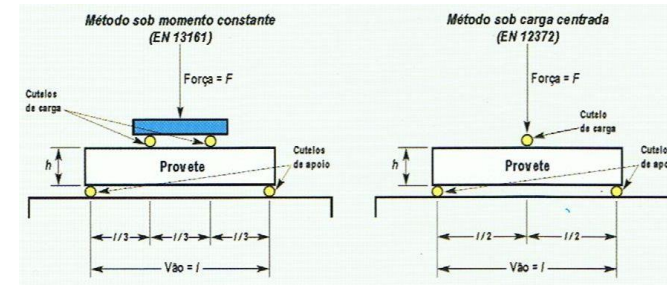
N – Área da secção transversal

Resistência à compressão = média aritmética dos 6 provetes.



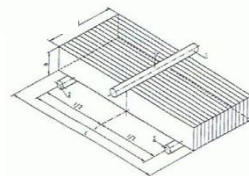
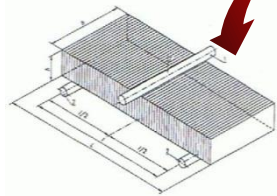
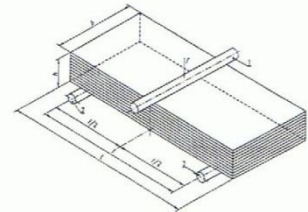
Resistência à Flexão

- Sob carga centrada (EN 12372)
- Sob momento constante (EN 13161)



- Mínimo de 10 provetes com acabamentos serrado, amaciado ou polido. Se os provetes tiverem outro acabamento, a superfície com esse acabamento deve ficar em contacto com os cutelos de apoio (voltada para baixo).
- A espessura h , dos provetes deve estar compreendida entre 25 e 100 mm e deve ser superior ao dobro do tamanho do maior grão que a rocha contém.
- Comprimento total: $L = 6 \times h$
- Vão (dist. Entre cutelos de apoio: $l = 5 \times h$)
- Largura: $50 \text{ mm} \leq b \leq 3 \times h$

Quando há planos de anisotropia, os provetes devem ser cortados de acordo de pelo menos um dos esquemas, ou segundo o plano de utilização em obra.



Fonte: Manual da Pedra Natural para a Arquitectura

A Resistência à Flexão (N/mm^2); (MPa)

Carga Centrada

$$R_f = \frac{3 \times F \times l}{2 \times b \times h^2}$$

F – Força de rotura (N)

l – Vão entre cutelos (mm)

b – Largura do provete junto do plano de fractura (mm)

h – Espessura do provete junto do plano de fractura (mm).

Momento Constante

$$R_f = \frac{F \times l}{b \times h^2}$$

Critérios de Seleção e Desempenho

Resistência à mecânica flexão

A resistência mecânica à flexão (Mpa), é a carga relativa à unidade de secção à qual se dá a rotura do provete por flexão.

Este parâmetro quantifica a resistência mecânica à flexão de uma placa em pedra.

É importante para as aplicações sujeitas a fortes solicitações de flexão: revestimentos de fachadas, pisos suspensos, degraus de escadas, e bancadas.

$$e = \sqrt{\frac{2400.L.P}{R_f.W}}$$

e = Espessura, em mm

L= Comprimento do vão entre apoios, em mm

W = Largura da placa, em mm

P – carga de ruptura expetável, em kN

R – Resistência à flexão, MPa

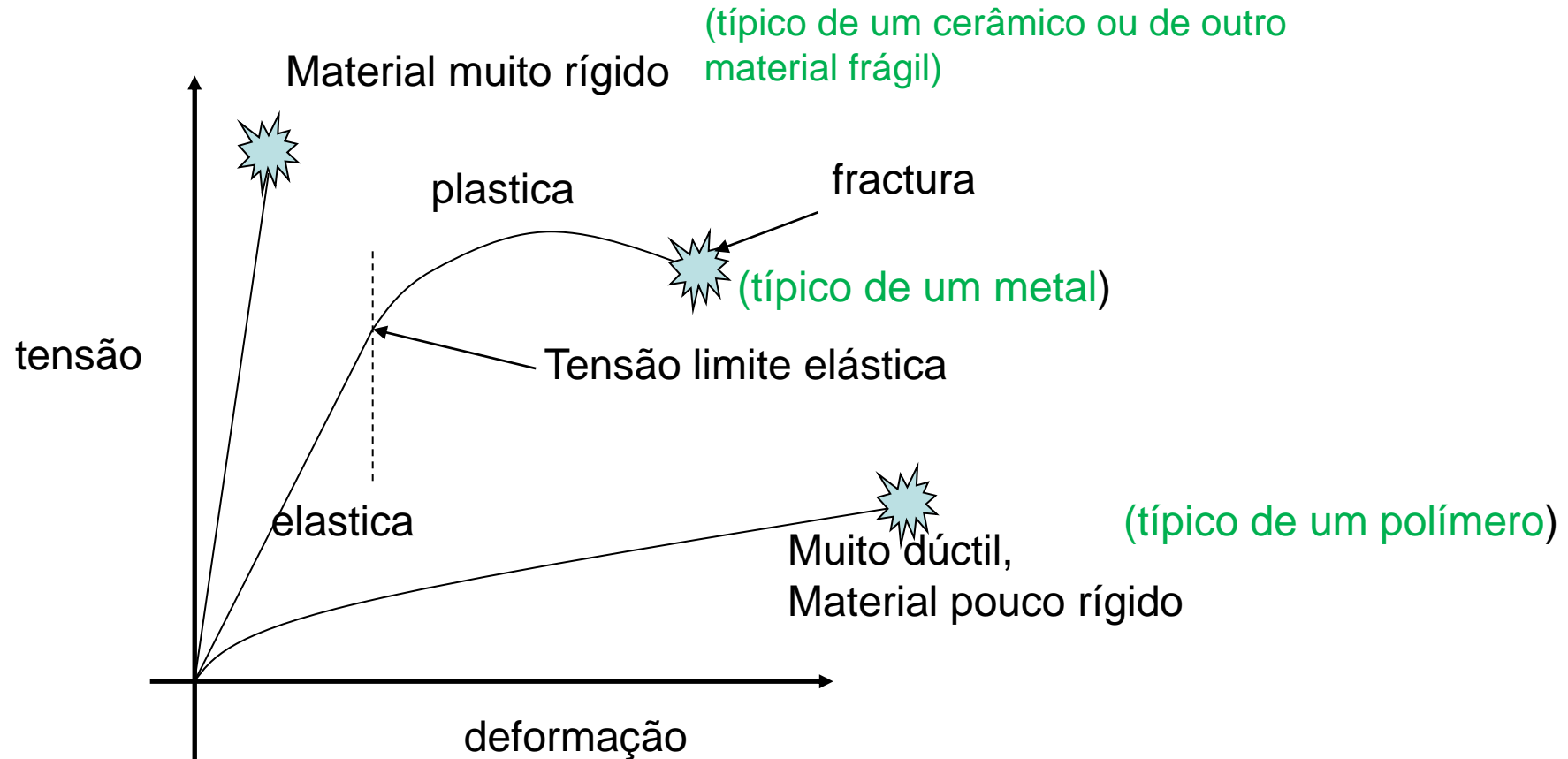
Características e Critérios de Selecção

Resistência à mecânica flexão

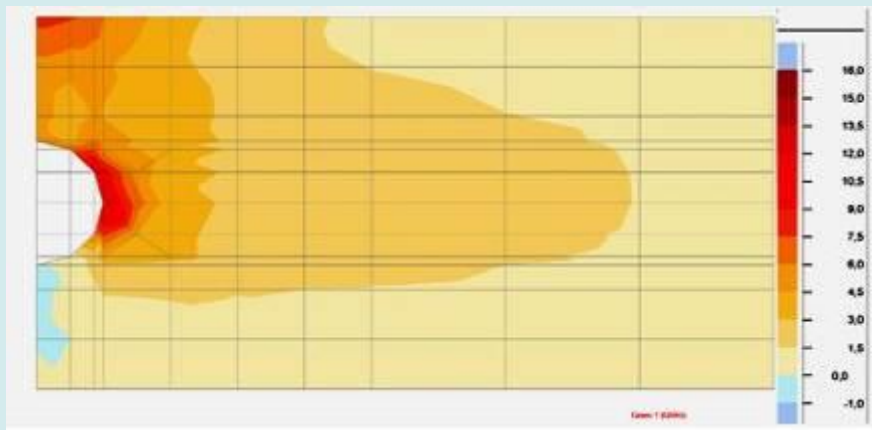
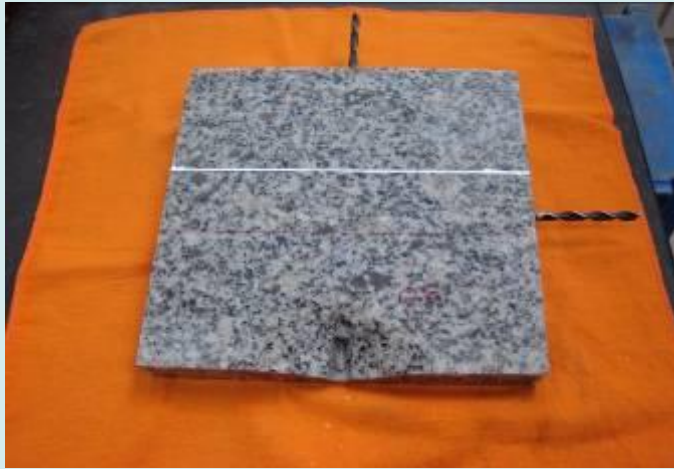


Propriedades mecânicas

Ensaio de flexão



Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas



**Determinação da
Resistência ao
Arrancamento no
Ponto de
Ancoragem**

- Avalia a rotura de placas por força de tracção realizada por ancoragens ou agrafagem.

Ensaio Tecnológicos

- 10 ensaios em pelo menos 3 provetes;
- Dimensões:

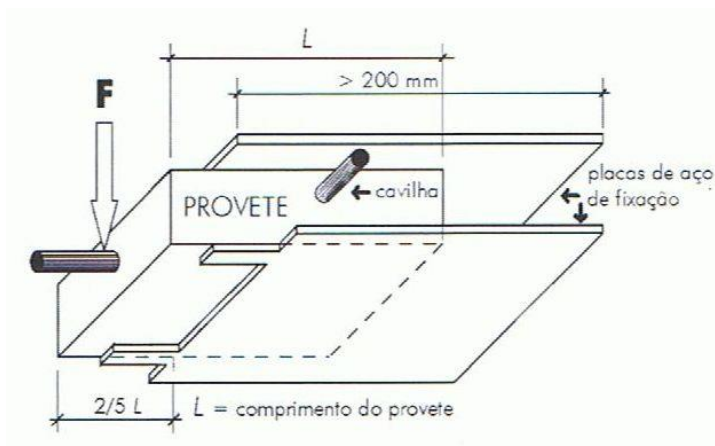
Espessura	Dimensões
20 mm a 65 mm	200 mm x 200 mm
> 65 mm a 80 mm	300 mm x 300 mm

Ensaio de identificação:

Utilizam-se cavilhas em aço inoxidável de comp. ≥ 50 mm e diâm. = $(6,0 \pm 0,1)$ mm.

Ensaio tecnológicos:

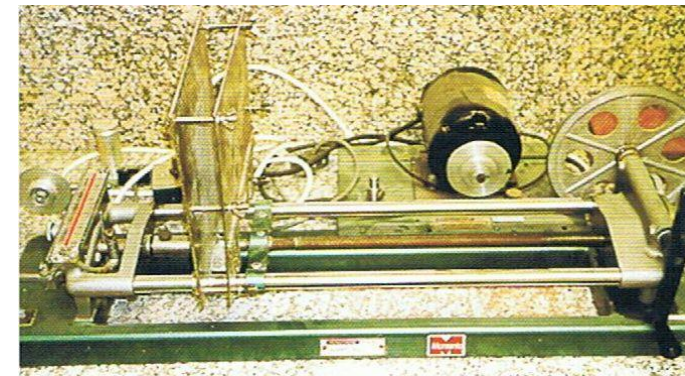
Dimensão prevista em obra.



Execução:

- As cavilhas são introduzidas e centradas nos orifícios até à profundidade de (25 ± 1) mm e fixas com cimento (I 52,5R (EN 197-1));
- Cada provete é fixo em não mais de 60% do seu comprimento entre duas placas metálicas.

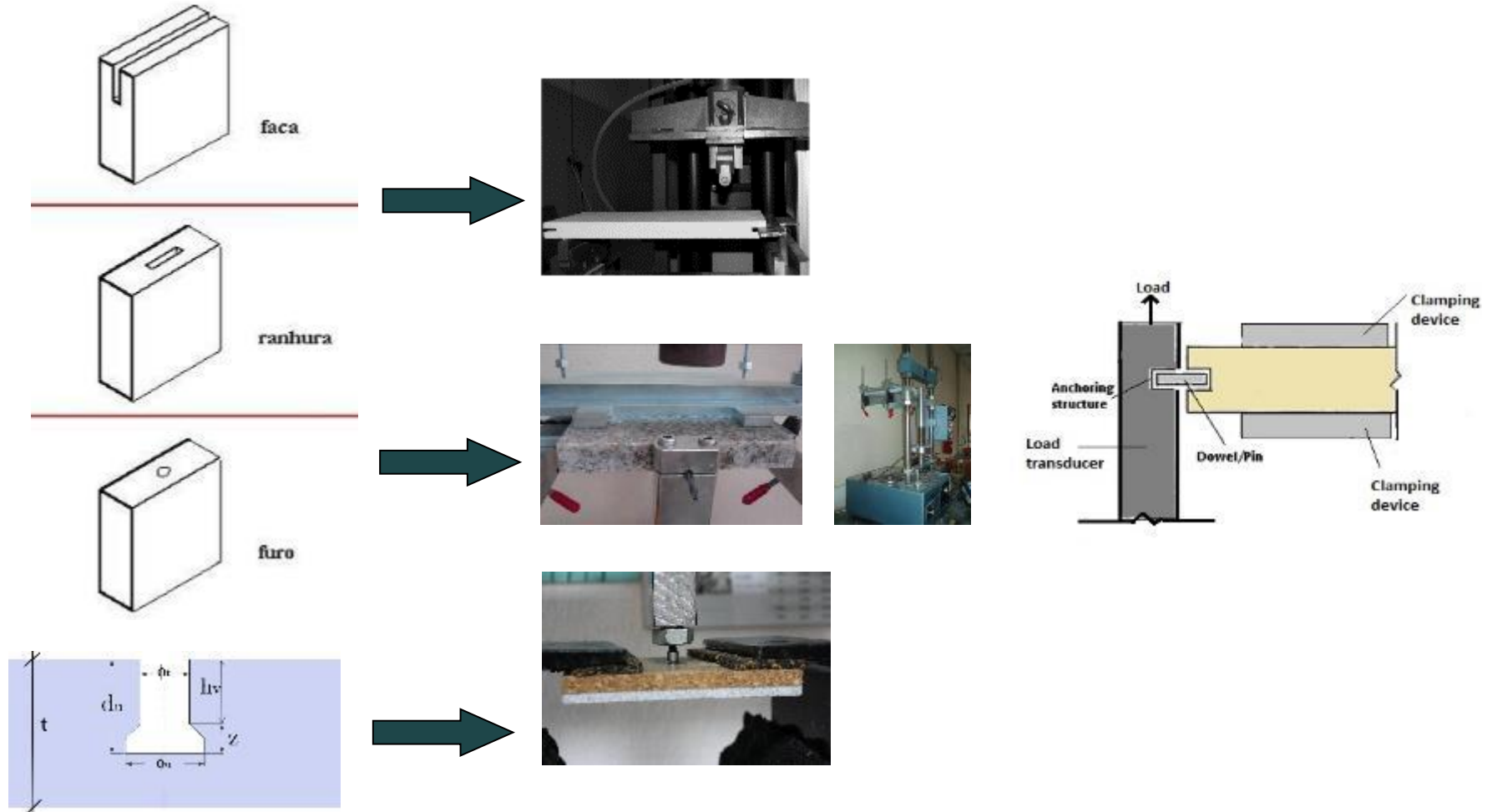
- Exerce-se uma força perpendicular ao eixo da cavilha a uma distância máx. de 2 mm da face menor do provete.
- Incrementa-se uniformemente a força a uma taxa de (50 ± 5) N/s até haver rotura.
- A resistência à ancoragem (F) exprime-se em N, sendo apresentada com aproximação aos 50 N.



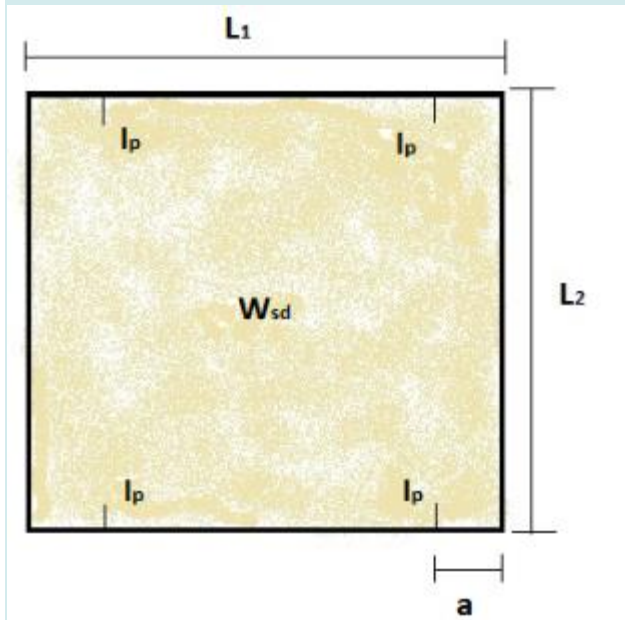
Caracterização de fachadas

Vários tipos de fixação – vários tipos de ensaio | EN 13364 | ASTM C1354

Determinação da resistência a rutura no local de ancoragem



Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

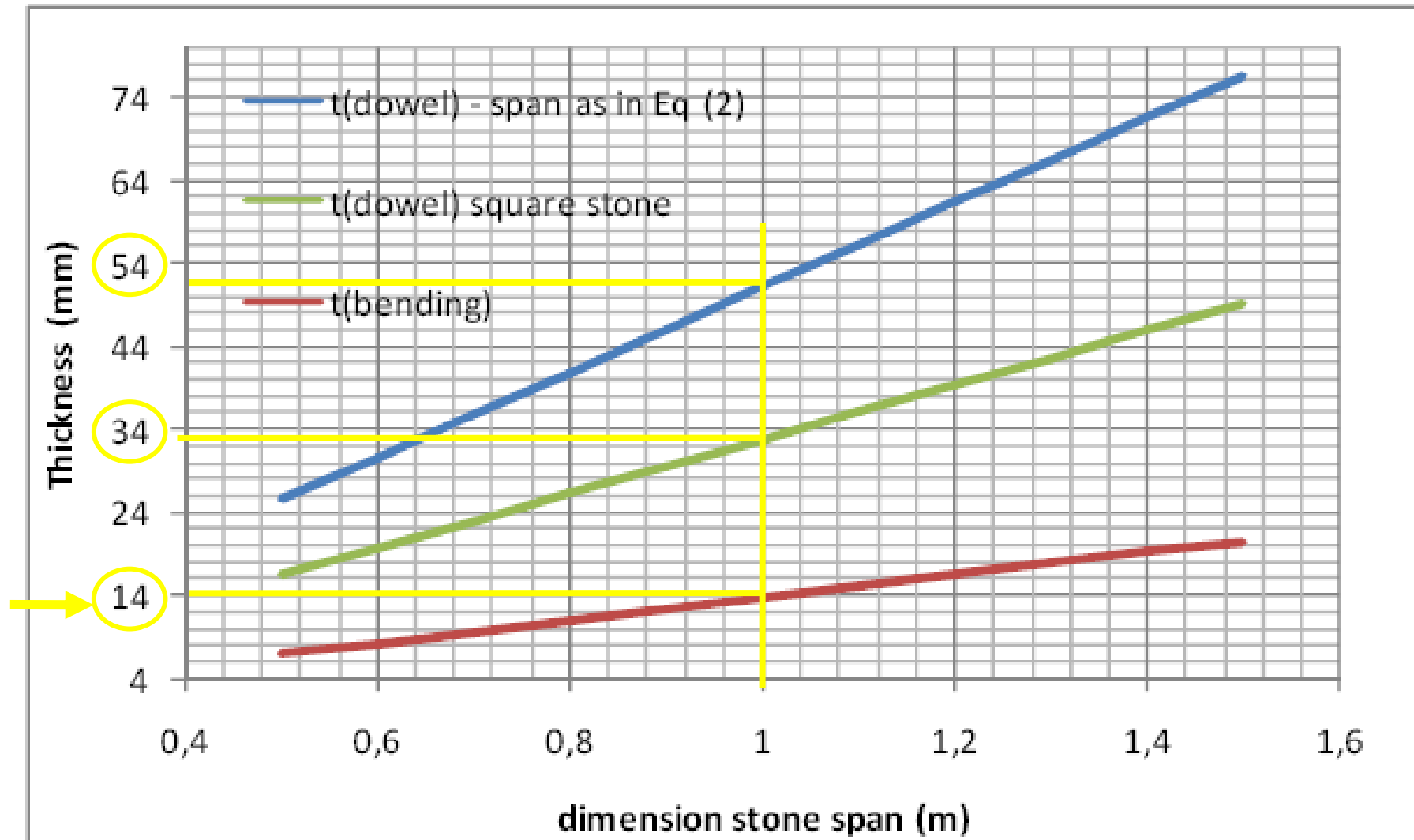


Determinação da espessura com base na resistência à rutura no local de ancoragem

$$t \geq W_{sd} \cdot \frac{2 \cdot L_2^2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \tan \alpha}{4 \cdot \sigma_{Rdt} \cdot l_p \cdot \zeta \cdot \eta} + \Phi \cdot \text{sen } \alpha$$

- K_2 - adjustment coefficient which takes into account polymeric sleeves cushion effect;
- η - strength decay coefficient for stone (function of service life period);
- σ_{Rdt} - design stone flexural strength ;
- γ_m - partial safety factors for stone cladding;
- W_{sd} - Lateral wind action;
- ζ - L_2/L_1 .

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas



Ensaio de Identificação

- 6 provetes:
(200 mm x 200 mm x 30 mm \pm 1mm);
- Sup. serradas, amaciadas ou polidas;
- Faces maiores paralelas a qualquer plano de anisotropia.

Ensaio Tecnológico

- Nº de provetes é função do nº de elementos que constituem o lote;
- Acabamento, dimensões e orientação das faces maiores em relação a qualquer plano de anisotropia são os previstos em obra.

- Secagem à temp. (70 \pm 1) °C até massa constante.
- Colocar o provete numa caixa (400 mm x 400 mm x 150 mm, com areia siliciosa cuja granularidade das partículas esteja entre 0,076 mm e 2 mm.
- O centro geométrico tem de estar alinhado com a vertical de uma esfera de aço de massa (1,00 \pm 0,01) kg.
- Faz-se um 1º ensaio com o provete de controlo e determina-se a altura de rotura - h_t .
- Executam-se os restantes ensaios com alt. inicial $h_i = h_t - 150$ mm.

$$W = m \times g \times h$$

m – massa da esfera (kg)

g – aceleração da gravidade (9,806 m/s²)

h – altura de rotura (m)



Critérios de Seleção e Desempenho

Frequência de ressonância longitudinal – modulo de elasticidade dinâmico

A determinação da frequência de ressonância longitudinal fundamental de pedras naturais possibilita a determinação dos módulos de elasticidade dinâmico da rocha e permite avaliar e controlar os efeitos provocados por ensaios de alteração, como o ensaio de gelo-degelo.



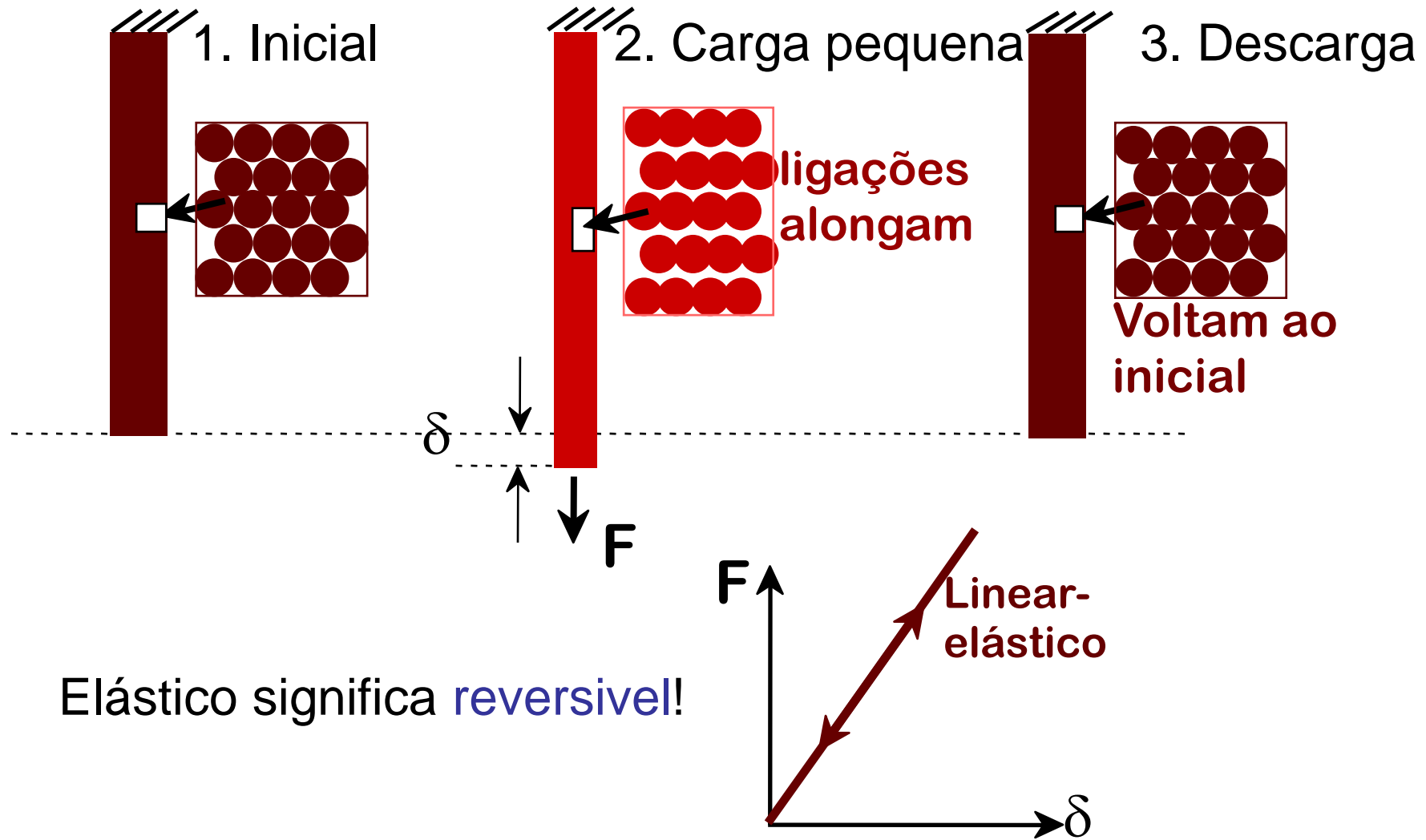
$$E_D = \rho v_{us} \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

- E_D é o módulo elástico dinâmico (Pa)
- ρ é a densidade (Kg m^{-3})
- v_{us} é a velocidade ultrasónica longitudinal (ms^{-1})
- ν é o coeficiente de Poisson

Frequência de ressonância longitudinal fundamental

Propriedades mecânicas

Deformação elástica



Ensaio de Alteração

Os processos de alteração são um ajustamento dos minerais e das rochas às condições existentes na crosta terrestre.

A sua estabilidade depende do modo como estes respondem às novas condições impostas que são diferentes daquelas dos seus ambientes de formação.

A atmosfera urbana no século XX criou problemas ambientais às superfícies de rochas expostas, em especial em edifícios e monumentos.

O processo de degradação de uma rocha em ambientes urbanos tem sido acelerado relativamente a ambientes rurais naturais.

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Ensaio de alteração em laboratório

Resistência ao Gelo

A determinação da resistência ao gelo aplica-se para determinar **variações na cor, estrutura, volume e propriedades físico-mecânicas** das rochas, resultantes de ações repetidas de gelo e degelo.

Realiza-se habitualmente um total de 48 ciclos de gelo-degelo para as fachadas.

O ensaio permite determinar a resistência ou a durabilidade das rochas às ações do gelo sendo um **ensaio importante em países com climas frios e longos períodos de gelo.**



Ensaio com Câmara de gelo-degelo

Caracterização de fachadas

Ensaio de alteração em laboratório | envelhecimento acelerado

Resistência ao Gelo | EN 12371

A determinação da resistência ao gelo aplica-se para determinar variações na cor, estrutura, volume e propriedades físico-mecânicas das rochas, resultantes de ações repetidas de gelo e degelo.

Realiza-se habitualmente um total de **14-56 ciclos (tecnológico)** de gelo-degelo para as fachadas até um máximo de **168 ciclos (identificação)**. Cada ciclo dura **12 horas**.

O ensaio permite determinar a resistência ou a durabilidade das rochas às ações do gelo sendo um ensaio importante em países com climas frios e longos períodos de gelo.



Ensaio com Câmara de gelo-degelo



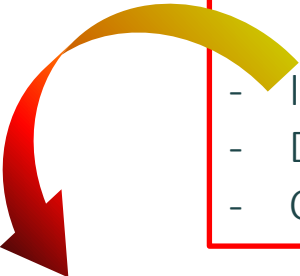
- Submetem-se as peças a ciclos de gelo-degelo
- Realiza-se sempre que se prevê que os materiais sejam utilizados em exteriores em regiões que possuam frequentemente temperaturas $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ensaio de Identificação

(7 prov. com 50 x 50 x 300 mm)

A cada 14 ciclos:

- Inspeção visual;
- Determinação do vol. aparente;
- Cálculo do módulo de elasticidade dinâmico (EN 14146)



Classe	Aparência Visual
0	Provete intacto
1	Danos muito pequenos (pequeno arredondamento dos cantos e arestas), não comprometendo a integridade do provete.
2	Uma ou várias fissuras ($\leq 0,1\text{ mm}$ ou desprendimento de pequenos fragmentos ($\leq 10\text{ mm}^2$ por fragmento.))
3	Uma ou várias fissuras, orifícios ou desprendimento de fragmentos superiores aos definidos para a classe 2, ou alteração de material contido em veios.
4	Provete partido em dois ou com grandes fissuras.
5	Provete partido em vários pedaços ou desintegrado.



Ensaio Tecnológicos

(Nº e dimensões dos provetes são função da propriedade seleccionada para avaliar os efeitos do gelo)

Resistência à flexão;
Resistência à compressão;
Resistência à ancoragem, etc.

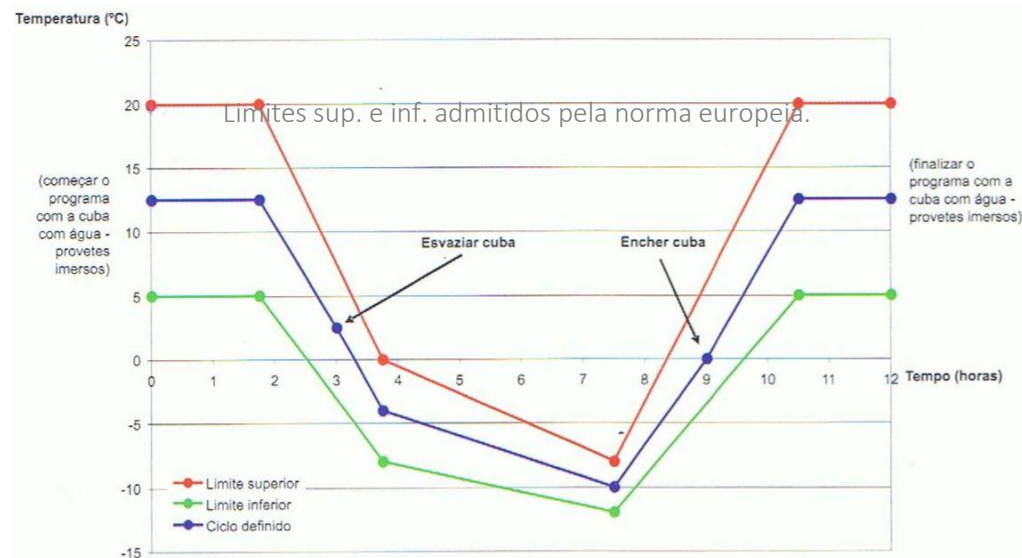
Ciclos de 12h

- 6h de imersão em água a temperaturas positivas.

- 6h exposto ao ar a temperaturas baixas.

Nº máximo de ciclos

Especificado pelo requerente.
Nº de ciclos necessários até que os provetes sejam classificados como degradados.
Máx. de 240 ciclos.



Consideram-se provetes degradados quando 2 ou mais provetes possuírem um dos seguintes critérios:

Se na inspecção visual atinge a classe 3;
Se a variação de vol. aparente atingir 1%;
Se o decréscimo no módulo de elasticidade dinâmico atingir 30%.

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Ensaio de alteração em laboratório

Resistência ao Choque térmico

A determinação da resistência ao choque térmico aplica-se para determinar **variações na cor, estrutura, volume e propriedades físico-mecânicas** das rochas, resultantes de ações repetidas de aquecimento até 70°C (18h) e arrefecimento a 20°C (6h).

Realiza-se habitualmente um total de 20 ciclos.



Critérios de Seleção e Desempenho

Ensaio de alteração em laboratório

Envelhecimento ao nevoeiro salino

- 60 ciclos: 4 h nevoeiro salino com solução NaCl $100 \pm 10\text{g/l}$ + 8 h secagem 35°C

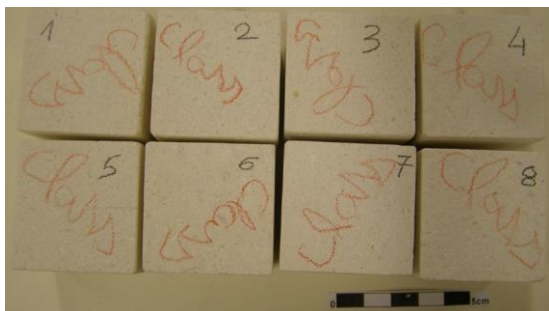


Caracterização de fachadas

Ensaio de alteração em laboratório Envelhecimento cristalização de sais | EN 12370

15 ciclos: imersão em solução salina de sulfato de sódio decahidratado seguida de secagem a 100°C.

antes do teste



depois do teste – 15 ciclos



Resistência à Cristalização de Sais (EN 12370)

- Avalia os danos estruturais provocados pela cristalização de sais (particularmente relevante em zonas costeiras).
- Só deve ser executado em pedras naturais com porosidade aberta (EN 1936) > 5%.
- 6 provetes cúbicos de (40 ± 1) mm de aresta;
- Lavagem dos provetes e secagem a (105 ± 5) °C até peso constante;
 - 2h de imersão em solução de sulfato de sódio decahidratado a 14% à temperatura $(20 \pm 0,5)$ °C ;
- 15 ciclos
 - 16-20h de secagem em estufa com elevada humidade, à temp (105 ± 5) °C ;
 - Arrefecimento até à temperatura ambiente durante $(2,0 \pm 0,5)$ h.

% de Variação de Massa

$$\Delta M = \frac{M_f - M_{d1}}{M_d} \times 100$$

M_f - Massa (g) do provete seco após 15 ciclos;

M_{d1} - Massa (g) inicial do provete seco com etiqueta identificadora;

M_d - Massa (g)

Classes de durabilidade para calcários	Diminuição da massa no final do ensaio (%)
A	< 1
B	1 a 5
C	> 5 a 15
D	> 15 a 35
E	> 35
F	Desintegração dos provetes

Critérios de Seleção e Desempenho

Ensaio de alteração em laboratório

Ensaio com extractor de Soxhlet

*Lixiviação das rochas
10 ciclos de 1000 horas (total 416 dias)*

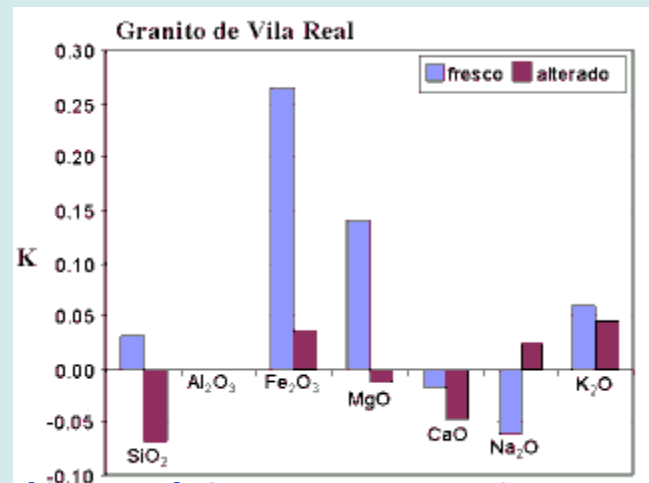
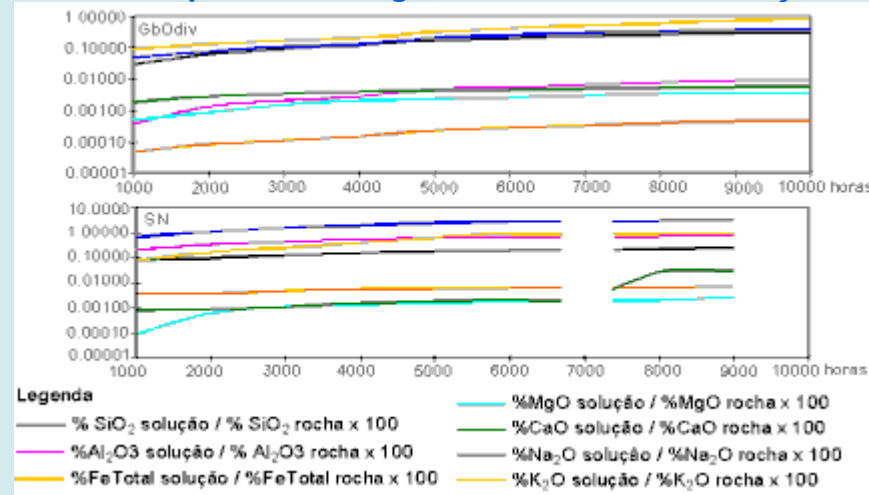


Critérios de Seleção e Desempenho

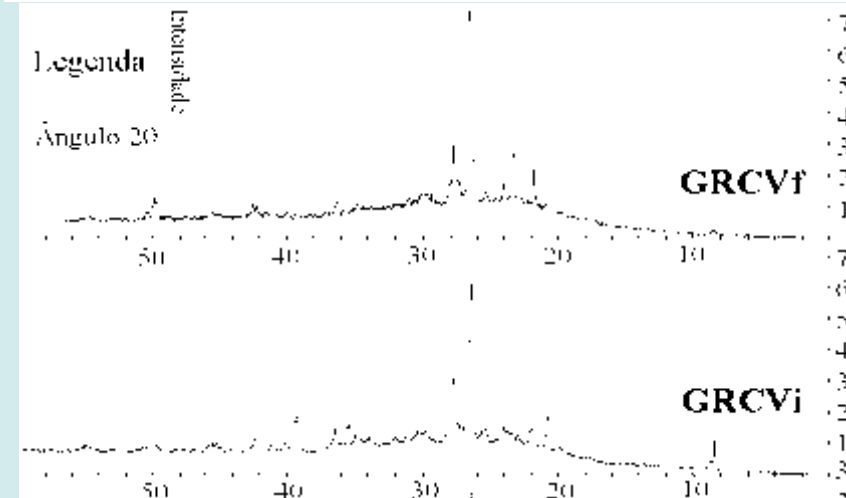
Observação macroscópica dos fragmentos de rocha



Análise química das águas dos ciclos de lixiviação



Análises químicas das rochas frescas e alteradas

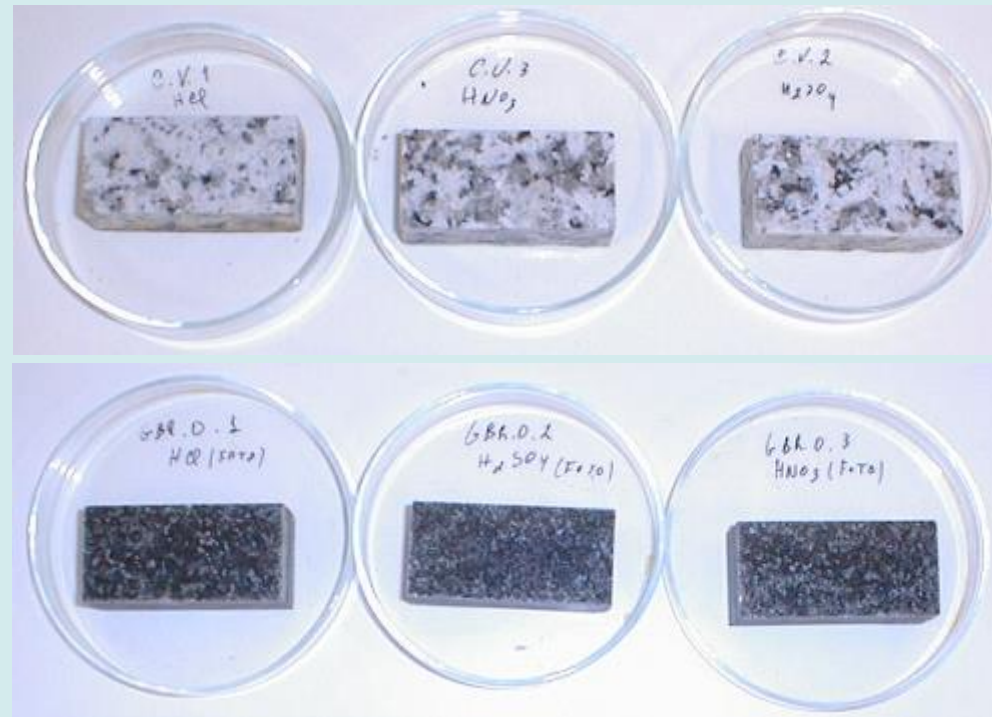


Análise do resíduo sólido das soluções por DRX

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

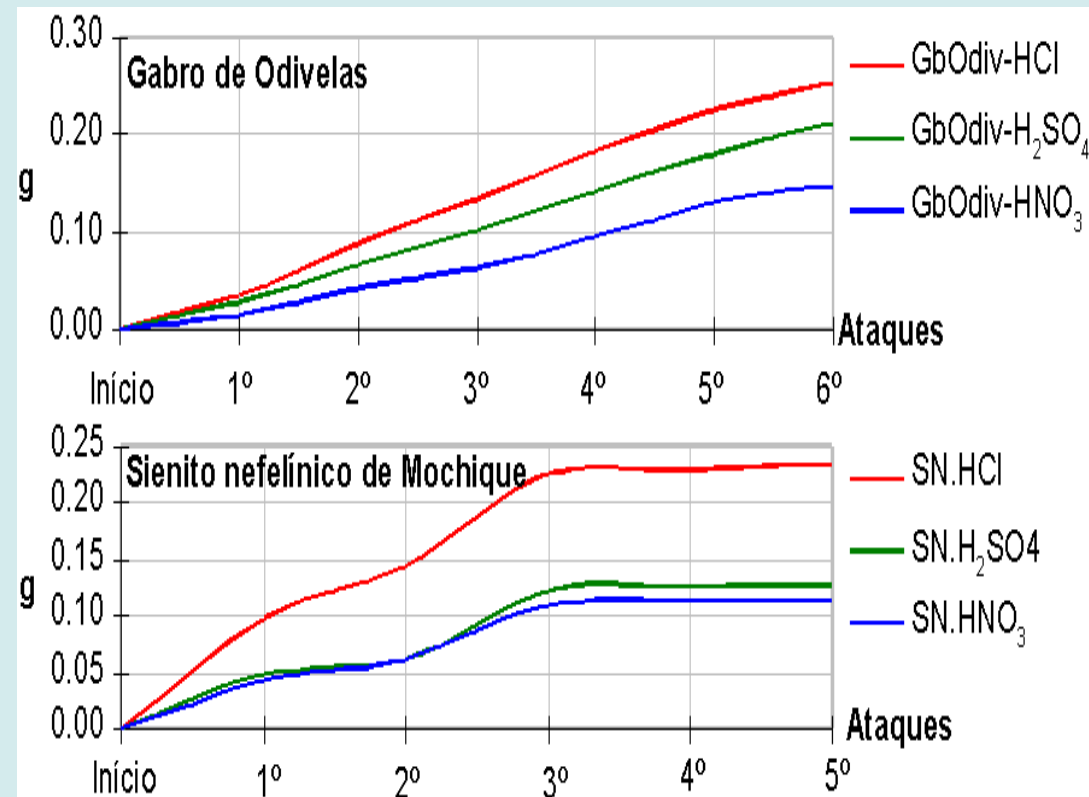
Ensaio de ataque com soluções acidificadas e vapor ácido de
 HCl , H_2SO_4 e HNO_3

Em superfícies polidas das rochas ornamentais
Em superfícies de lâminas delgadas, sem lamelas



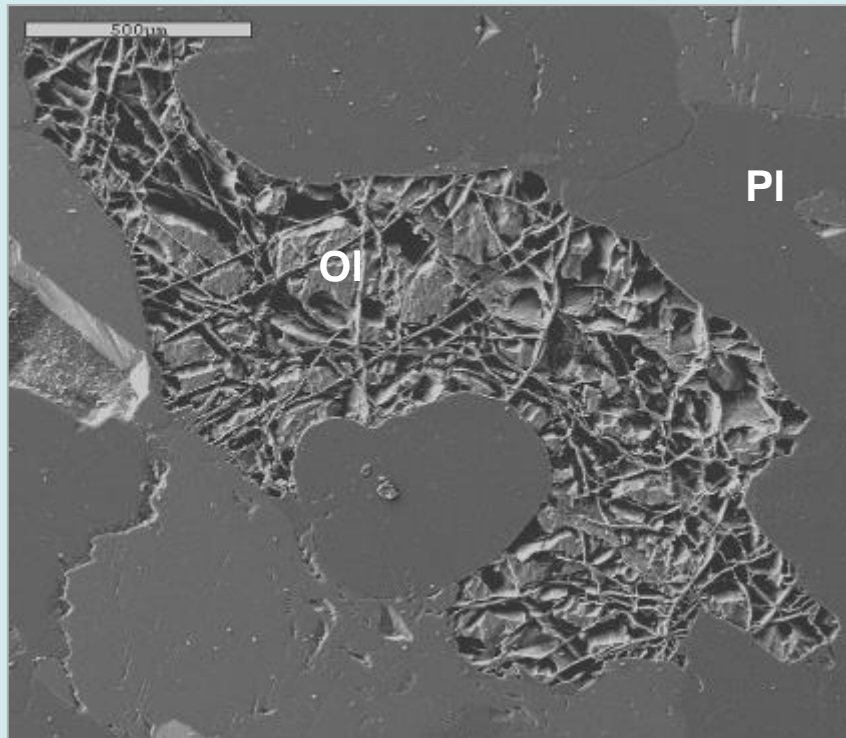
Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Evolução do peso das amostras

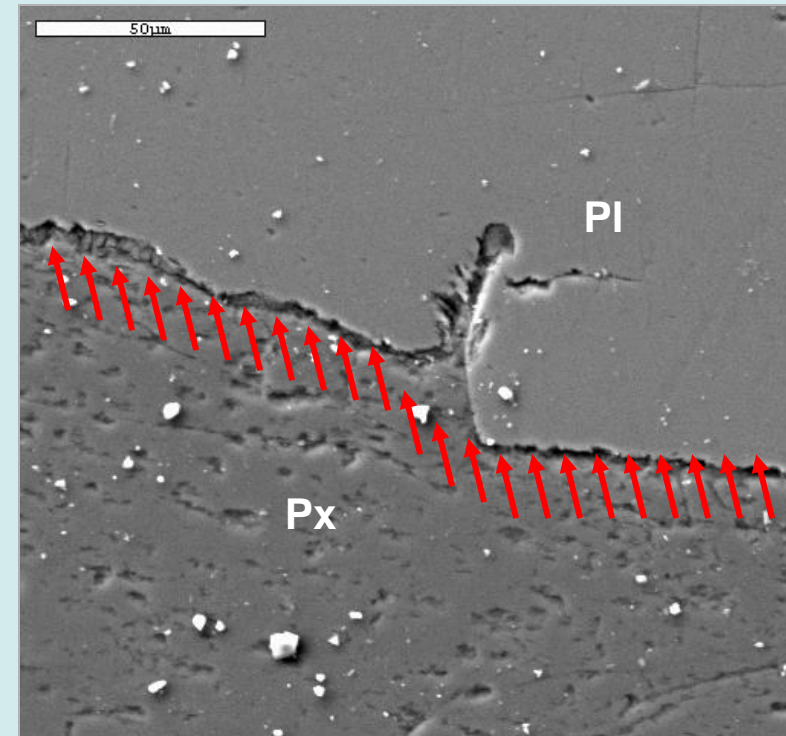


Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Observação das superfícies das amostras ao microscópio electrónico de varrimento



olivina – degradação contínua à sua quase completa destruição no ataque com cada uma das três soluções acidificadas.

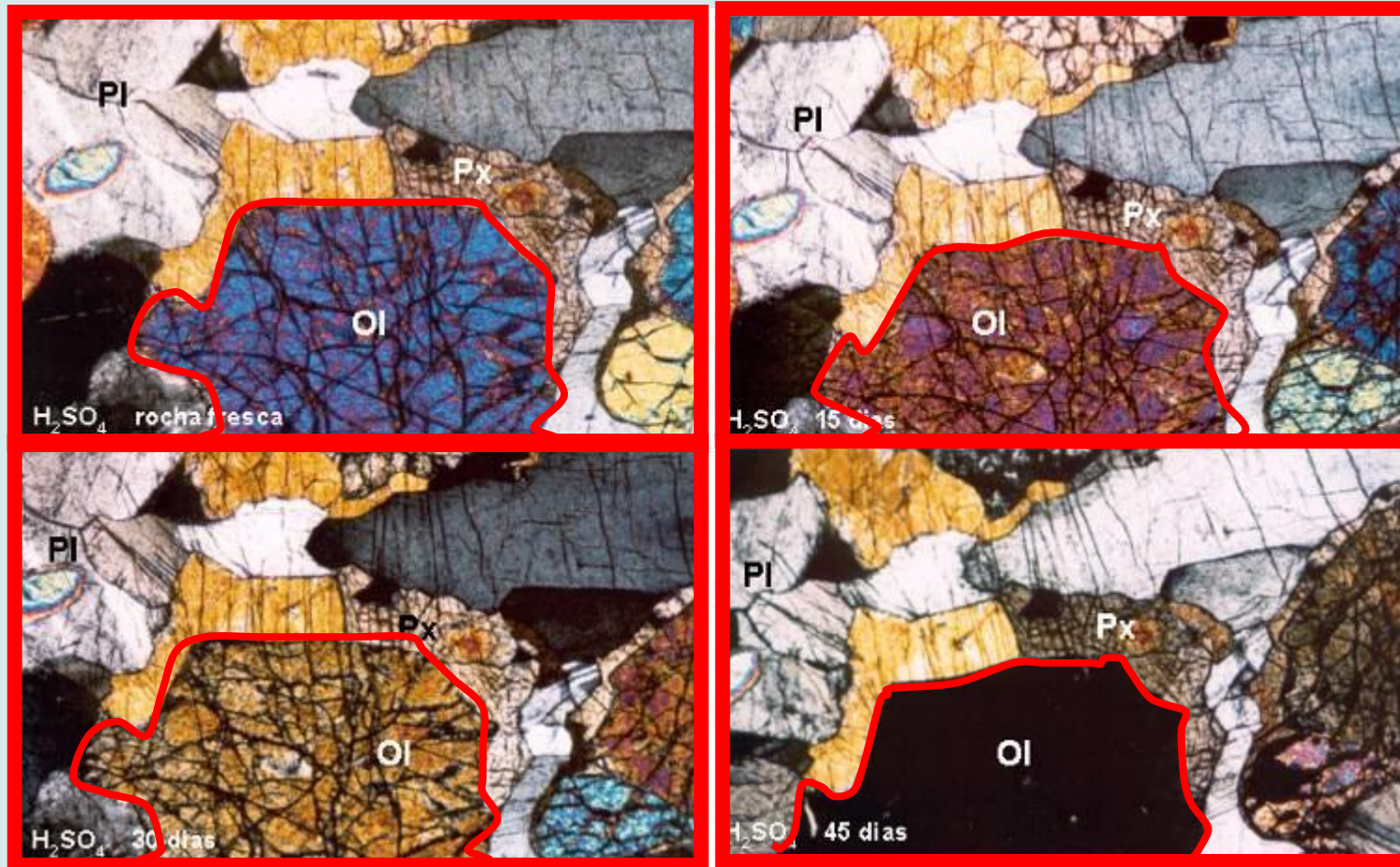


**perdas de polimento em piroxenas
abertura da fronteira entre os grãos PI / Px**

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Observação das lâminas delgadas após ataque com soluções acidificadas

Gabro de Odivelas

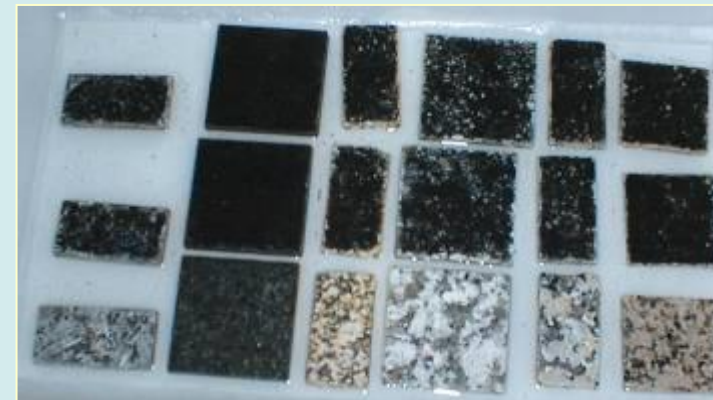


Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Ensaio em Câmara de SO₂



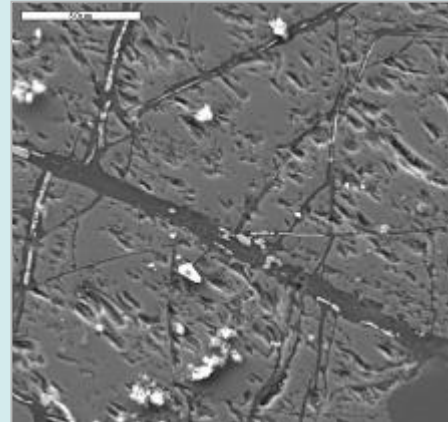
Com acção de partículas poluentes provenientes de sistemas de exaustão de motores a gasóleo e a gasolina.



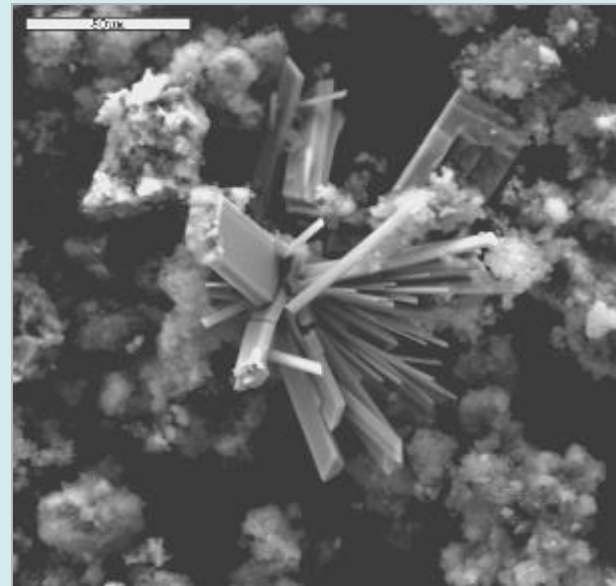
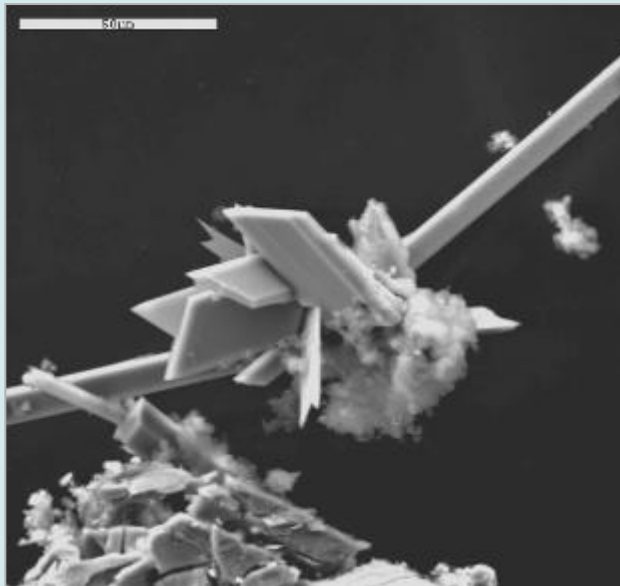
Observação das superfícies das amostras ao microscópio electrónico de varrimento.

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Gabro de Odivelas



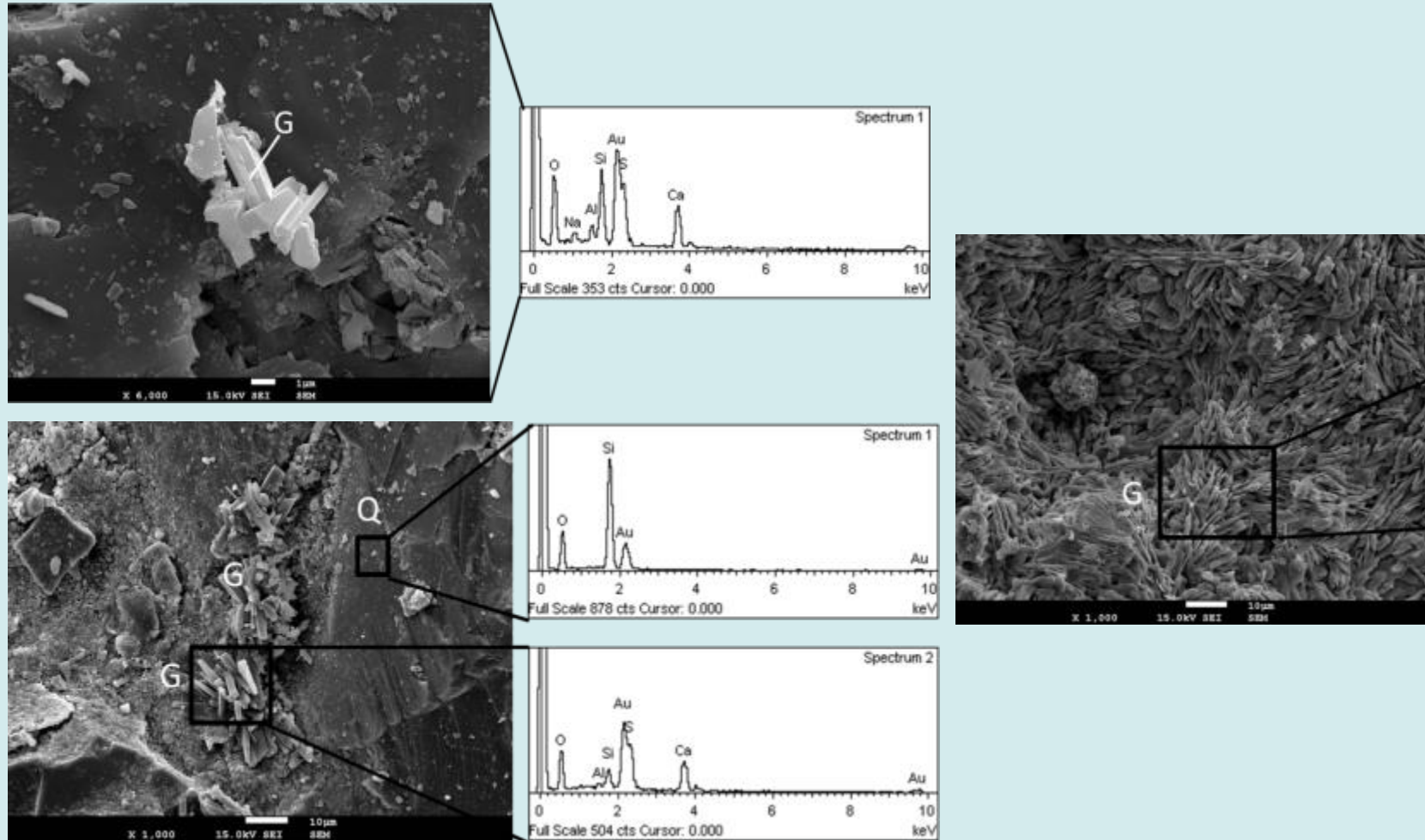
*Corrosão da olivina com
formação de sulfato de
ferro*



*Gesso perfeito
em
aglomerado
de partículas
de motores a
gasóleo*

Critérios de Seleção e Desempenho - Fachadas

Granitos Amarelo Vila Real, SPI e Pedras Salgadas



CARACTERIZAÇÃO de PEDRA NATURAL – placas e ladrilhos modulares para revestimento de paredes interiores e exteriores

	Microestruturais	Físicas	Mecânicas	Durabilidade
Ensaio de Materiais / Produtos	Petrografia (EN)	Permeabilidade ao vapor de água (Esp)	Flexão carga centrada (EN)	Gelo-degelo (EN)
	Composição Química	Condutividade térmica	Flexão momento constante (EN)	Sox (EN)
	Alterações mineralógicas	Massa volúmica aparente (EN)	Compressão (EN)	Nevoeiro Salino (EN)
	...	Porosidade aberta e total (EN)	Arrancamento (EN e ASTM)	Ácidos (Esp)
		Absorção de água por capilaridade (EN)	Modulo de Young (EN)	Lixiviação (Esp)
		Absorção de água à pressão atmosférica	Abrasão (EN)	Choque térmico (EN)
		Dilatação térmica linear (EN)	Choque por impacto (EN)	Empeno (EN)

Ensaio de Produtos /Controlo de Produção

Dimensionais	Mecânicos	Outros	Obrigatório	Importante	Voluntário
Largura, Comprimento, Espessura	Flexão com superfícies de acabamento	Escorregamento			
Planeza	...	Brilho			
Rectangularidade		Variação do padrão ornamental			
...		Rugosidade			

EN – Norma Europeia;
ASTM – Norma Americana
Esp – Especificação própria

Critérios de Selecção - Fachadas

	<p><u>Produtos de Pedra em Placa</u> utilizadas em exterior e interior, tais como ladrilhos e outros produtos acabados modulares com dimensão bem determinada, aplicados por assentamento em argamassas, colados com cimentos ou afins, e ancorados à estrutura por intermédio de grampos ou entre apoios (flutuantes).</p>	
Resistência à compressão	G > 80 MPa; M > 55 MPa; C > 60 MPa	
Resistência à flexão	G > 11 MPa; M > 7.5 MPa; C > 7 MPa	
Absorção de água à P.At.N	G ≤ 0.4 %; M ≤ 0.2 %; C ≤ 3 %	
Absorção por capilaridade	<p>zonas exteriores pouco expostas: ≤ 190 g/m²s^{0.5}</p> <p>zonas exteriores muito expostas: ≤ 90 g/m²s^{0.5}</p>	<p>utilização em exteriores: ≤ 90 g/m²s^{0.5}</p>
Porosidade Aberta	G ≤ 1 %; M ≤ 3 %; C ≤ 9 %	
Densidade Aparente	G > 2560 Kg/m ³ ; M > 2600 Kg/m ³ ; C > 2300 Kg/m ³	

Critérios de Selecção - Fachadas

	<u>Produtos de Pedra em Placa</u>
Resistência às ancoragens (individual de cada ancoragem)	<p>> 1.0 kN e 6/5 do peso da placa</p> <ul style="list-style-type: none">• A maior dimensão da placa (diagonal) deve ser 1400 mm
Resistência ao choque por impacto	<p>mínimo placas de 3 cm de espessura: uso privado, excluindo cozinhas: min. 0.3 m uso coletivo: min. 0.45 m uso público: min. 0.6 m aplicações muito fortes: min. 1.0 m</p>

Critérios de Selecção - Fachadas

	<u>Produtos em Pedra Maciça</u>	<u>Produtos de Pedra em Placa</u>
Durabilidade	<p>número de ciclos em interiores: s/ restrições</p> <p>número mínimo de ciclos para aplicações exteriores: 25</p> <p><u>Critérios Adoptados:</u></p> <p><u>Materiais mais resistentes ao gelo:</u> ⇒ absorção de água 0 e 0.3 % e diminuição resistência à compressão até 5-10% (dependendo da zona)</p> <p><u>Materiais resistentes ao gelo:</u> ⇒ absorção de água 0 e 0.5 % e diminuição resistência à compressão até 20%</p> <p><u>Materiais não resistentes ao gelo:</u> ⇒ absorção de água >0.5 % e diminuição resistência à compressão poderá ser > 20%</p>	

Resistência ao gelo

- Granitos: 95% resistem a 48 ciclos;
- Mármore: 90% “ “ “ ;
- Calcários: 62% “ “ “ ;
- Ardósias: 50% “ “ “ ;

Critérios de Selecção - Fachadas

Table 1. Maximum masses per square metre of cladding stones

Stone	20 mm thick	40 mm thick	50 mm thick	75 mm thick
	kg	kg	kg	kg
Granites, marbles, hard limestones, slates and quartzites	60	120	*	*
Limestones and sandstones	*	*	150	225

*These stones are not normally used as cladding at these thicknesses (see table 4).

Critérios de Selecção - Fachadas

Table 5. Recommendations for the prevention of bimetallic corrosion

Metals	Aluminium bronze and Silicon bronze	Phosphor bronze	Copper	Stainless steel (austenitic)	Mild steel	Cast iron	Aluminium	Zinc
Aluminium bronze and Silicon bronze		0	0	1	X	X	X	X
Phosphor bronze	0		0	1	X	X	X	X
Copper	0	0		1	X	X	X	X
Stainless steel (austenitic)	1	1	1		X	X	X	1
Mild steel	X	X	X	X		1	X	X
Cast iron	X	X	X	X	1		X	X
Aluminium	X	X	X	X	X	X		1
Zinc	X	X	X	1	X	X	1	

Key

- 0 Can be used in contact under all conditions.
- 1 Can be used in contact under dry conditions only (i.e. cast in, or within a cavity above damp-proof course level except where the cavity is used for free drainage).
- X Should not be used in contact.

Critérios de Seleção - Fachadas

Table 7. Normal minimum width of joints		
Stone	Joint material	
	Mortar	Sealant
Granite, marble, hard limestone and slate	mm 3	mm 5*
Slate with riven finish	7	5
Soft limestone and sandstone	5	5

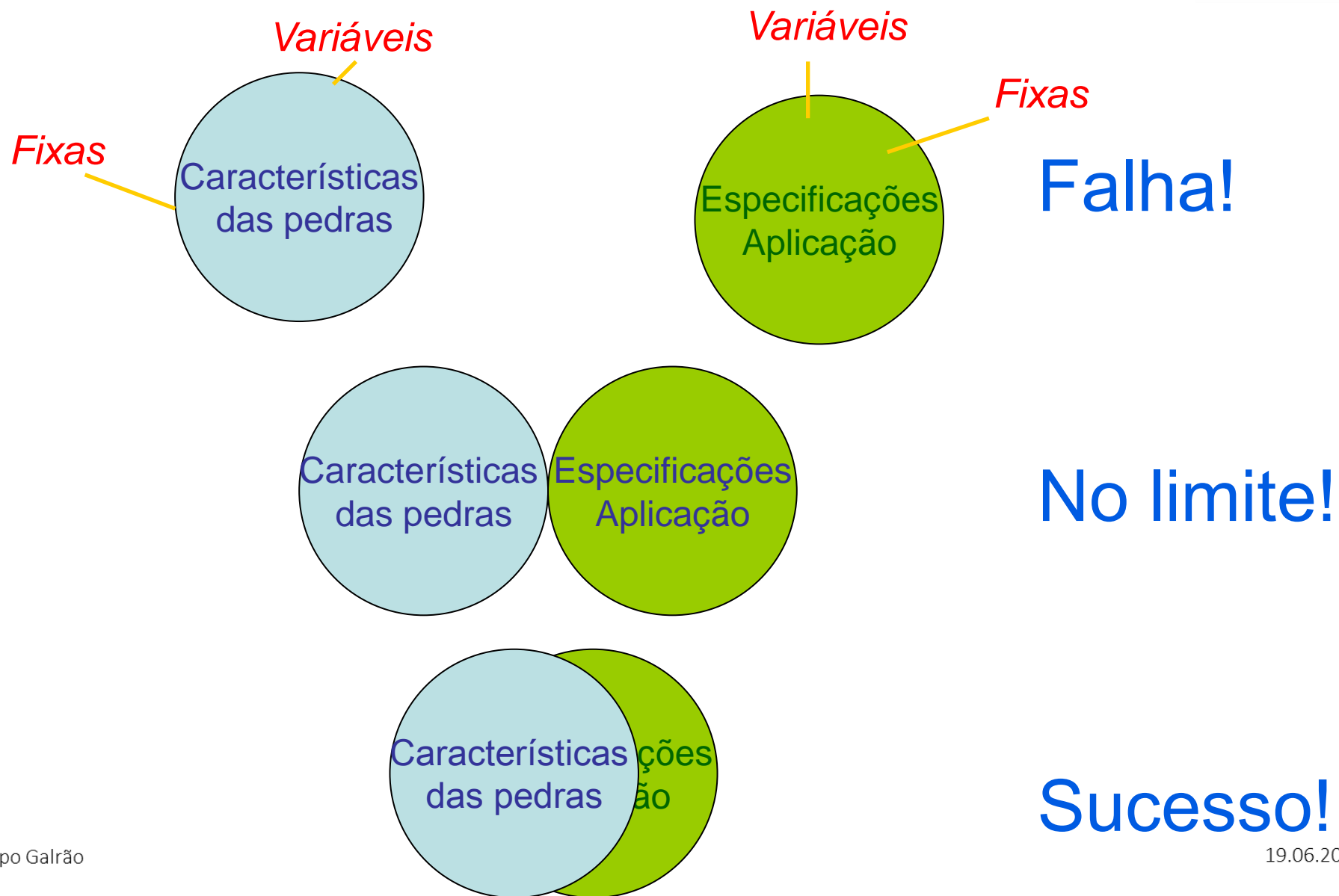
*Below first floor level sealant can be used at a minimum of 3 mm.

Critérios de Seleção - Fachadas

COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA							
PLACAS de PEDRA NATURAL							
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	ORIGEM	ÍGNEA		METAMÓRFICA		SEDIMENTAR	
		Flexão	Corte	Flexão	Corte	Flexão	Corte
<10%		3.0	4.5	4.0	6.0	5.0	7.5
10% a 20%		4.0	6.0	5.0	7.5	6.0	9.0
>20%		6.0	8.0	7.0	10.0	8.0	12.0

Características - Gerais

Rocha Ornamental	Granito	Mármore	Calcários
Resistência à Compressão [MPa]	70-280	50-180	20-200
Resistência à Flexão [MPa]	11-24	9-18	3-14
Módulo Elástico [GPa]	40-70	50-100	20-70
Absorção de água à P.At.N [%]	0.1-0.5	0.1-0.5	Até 13
Massa volúmica aparente [g/cm ³]	2.6-2.7	2.6-2.9	2.0-2.9
Porosidade aberta [%]	0-4	0.3-1.1	Até 15
Coeficiente de dilatação térmica linear [10 ⁻⁶ / °C ⁻¹]	7-14	7-12	3-5



Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - Colagem

- ✓ Vários especialistas consideram que este tipo de fixação de pedra em fachadas exteriores não é aceitável, salvo em algumas situações muito particulares e devidamente justificadas.
- ✓ Na fixação directa de pedras a paredes exteriores, é recomendada a utilização de sistemas de reforço como são os agrafos.

Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - Colagem

Cimentos Cola

monocomponentes

bicomponentes

Adesivos sem cimento

Multicomponentes

base épxi

poliuretano

Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - Colagem



Colagem Simples



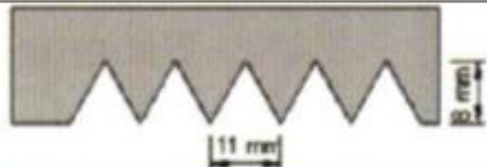
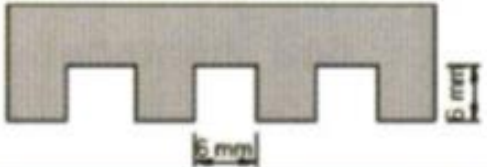
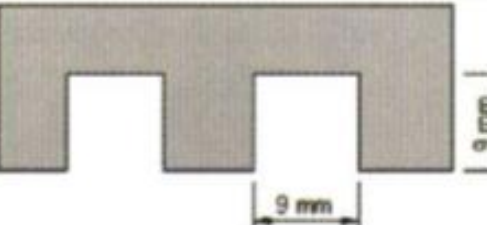
Colagem Dupla

Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - Colagem

Recomendações sobre o tipo de talocha (profundidade, espaçamento e geometria) em relação ao tipo de aplicações e fins a que se destinam os produtos a aplicar.

(CSTB, 1991; APICER, 2003)

Utilização	Talocha denteada	Espessura média da cola
PAREDES INTERIORES Peças < 100 cm ²		1,5 mm
PAREDES INTERIORES E EXTERIORES Tardoz da peça lisa < 600 cm ²		2 mm
PAREDES INTERIORES E EXTERIORES Peças ≥ 100 cm ² Tardoz da peça lisa ≥ 600 cm ²		3 mm

Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - Colagem simples

- Material de colagem aplicado sobre a superfície de aplicação.
- Contacto com pelo menos 95 % da superfície do revestimento e do suporte.
- A aplicação do adesivo faz-se com a talocha denteada inclinada, gerando cordões de adesivo com uma espessura de 3 mm de espessura.
- Depois de esmagados, os cordões de adesivo, dão origem a uma camada uniforme de adesivo com uma espessura de 1,5 mm.



Colagem dupla com reforço
(sistema de fixação misto)

Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - Colagem

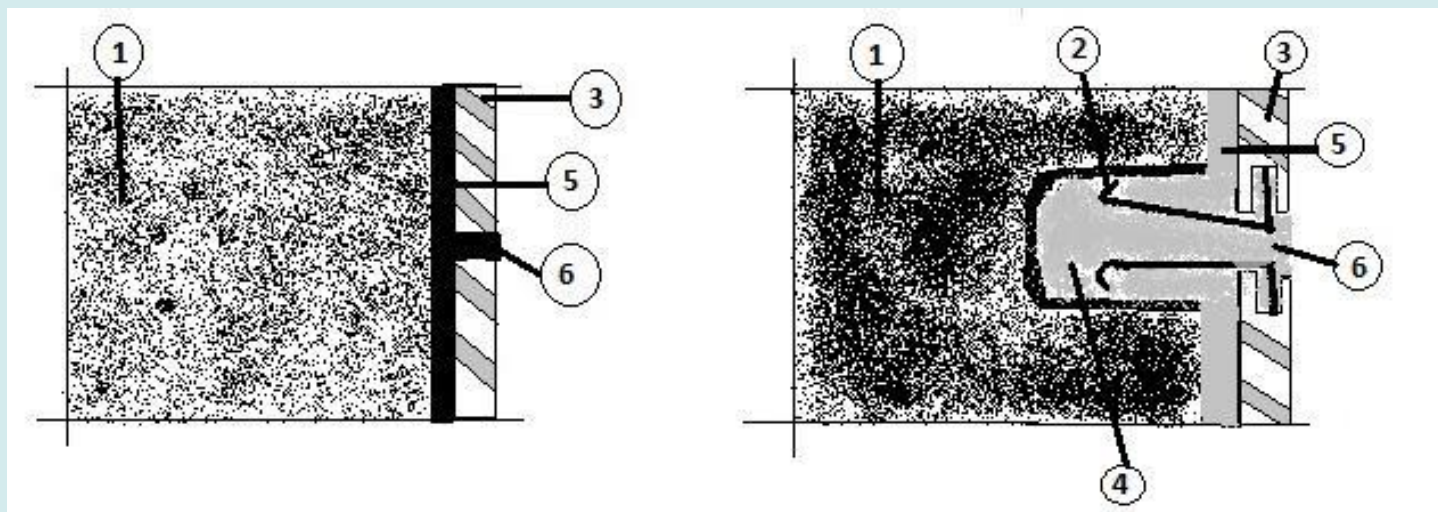


Fig. 19. Schematic representation of direct **a)** and hair-pin reinforcement **b)** fixing systems for stone cladding. **1**– Support (masonry or concrete); **2** – Hair-pin reinforcement; **3** – Stone slab; **4** – Hair-pin anchorage on the support structure; **5** – Fixing material (cement-glime, epoxy resin, mortar); **6** – Spacing between the tiles (Camposinhos&Amaral, 2007).

Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - Colagem por pontos

- Colocar pontos de argamassa de colagem no tardo de placa/ladrilho de pedra.
- Pontos de cola dependem do tamanho da peça - cinco sítios da peça .
- Normalmente aplica-se cola em cada canto da peça e um outro no centro geométrico da mesma peça.
- Permite que ao fazer-se a colagem de cada uma das peças, se faça em simultâneo o nivelamento da peça recém colocada, por ajuste directo com as peças vizinhas.
- Desta forma faz-se o nivelamento de todo o revestimento.

Colagem por pontos



Métodos de fixação directa

Regras/Boas Práticas

Regras de fixação por colagem:

- Devem-se evitar as **condições atmosféricas desfavoráveis** (chuva, sol intenso e vento forte) e ter em conta a **resistência do suporte** e as condições de utilização do local.
- Em fachadas ter o cuidado de usar colas de **ligantes mistos**, de forma a garantir a flexibilidade e resistência a temperaturas elevadas.
- As **juntas** entre peças são muito importantes porque absorvem deformações do suporte (ΔT), amortecem tensões, melhoram a aderência e permitem a respiração do suporte.
- Utilizar ferramenta necessária para obter uma **espessura de cola** suficiente, em função da peça e do suporte.

Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - **Vantagens**

- Facilidade de aplicação.
- Tempo de execução.
- Custo

Métodos de fixação – estado da arte

Método de Fixação Directa - Desvantagens

- Ausência de regulamentação e normalização.
- Qualidade da aplicação muito dependente do aplicador.
- “CAHIERS DU CSTB”. Estes documentos não recomendam a colagem de pedras naturais, tais como os xistos e as ardósias, devido à sua clivagem natural

Métodos de fixação – estado da arte

Métodos de Fixação Indirecta - Fachada Ventilada



Várias Soluções de Fixação...Vários preços...

Métodos de fixação – estado da arte

Métodos de Fixação Indirecta

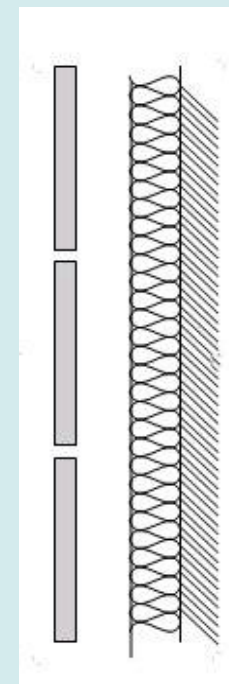
- ✓ Aplicação individual das placas à fachada, com elementos de fixação para todas as unidades utilizadas na fachada - sistema europeu.
- ✓ Aplicação de uma estrutura intermédia que é fixada à parede (alvenaria ou betão) do edifício onde as placas individuais são fixadas individualmente - sistema americano.

Métodos de fixação – estado da arte

Métodos de Fixação Indirecta - Fachada Ventilada

Definição

- Fachada Ventilada consiste num revestimento em camadas que tipicamente engloba: um revestimento exterior (pedra natural, cerâmica, entre outros) com entradas de ar, uma caixa de ar que permite o escoamento da água e circulação do ar, e um isolamento impermeável na parede.”



“CIMclad 2001”

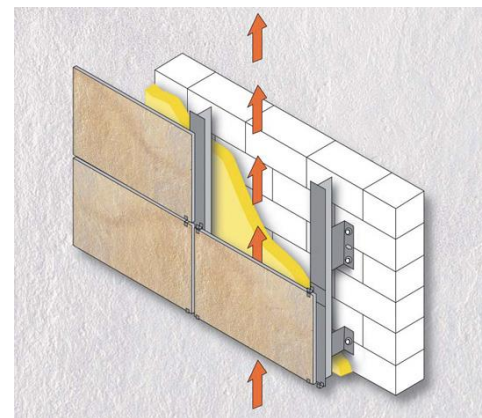
Sistemas de fixação para fachadas ventiladas

Métodos de Fixação Indirecta – fachada ventilada

- ✓ Aplicação individual das placas à fachada, com elementos de fixação para todas as unidades utilizadas na fachada - **sistema europeu**.



- ✓ Aplicação de uma estrutura intermédia que é fixada à parede (alvenaria ou betão) do edifício onde as placas individuais são fixas individualmente - **sistema americano**.

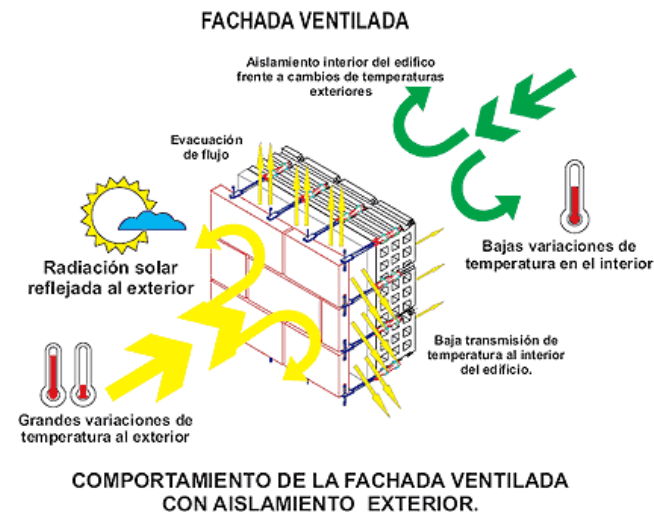


Sistemas de fixação para fachadas ventiladas

Métodos de Fixação Indirecta – fachada ventilada/aerada

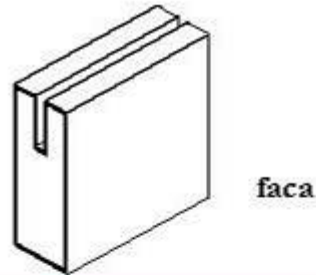
Considerações

- A **caixa-de-ar** - espessura entre 20mm e 50mm e ventiladas pelo exterior.
- Os **orifícios de ventilação**, situados nos pontos mais elevados e mais baixo do paramento revestido, terão área não inferior a 100cm² por metro de comprimento do revestimento medido na horizontal.

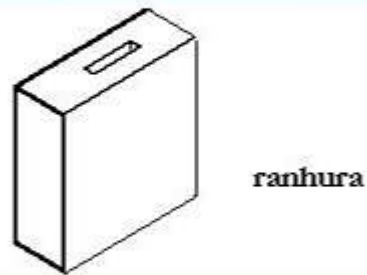
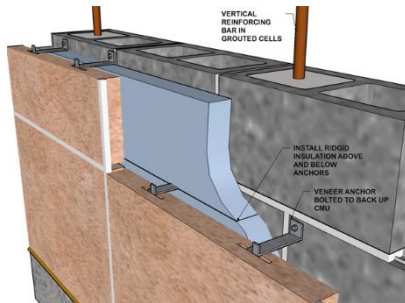


Sistemas de fixação para fachadas ventiladas

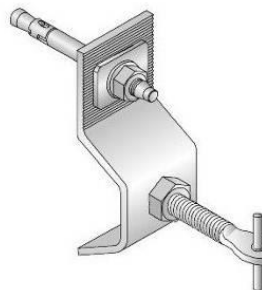
Métodos de Fixação - Fachada Ventilada



faca

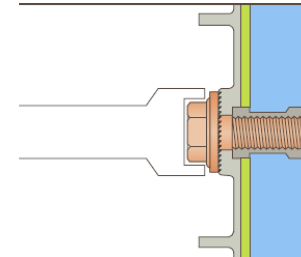


ranhura



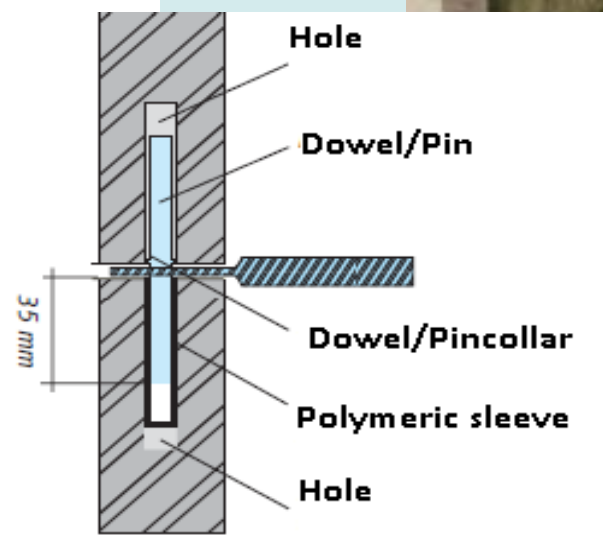
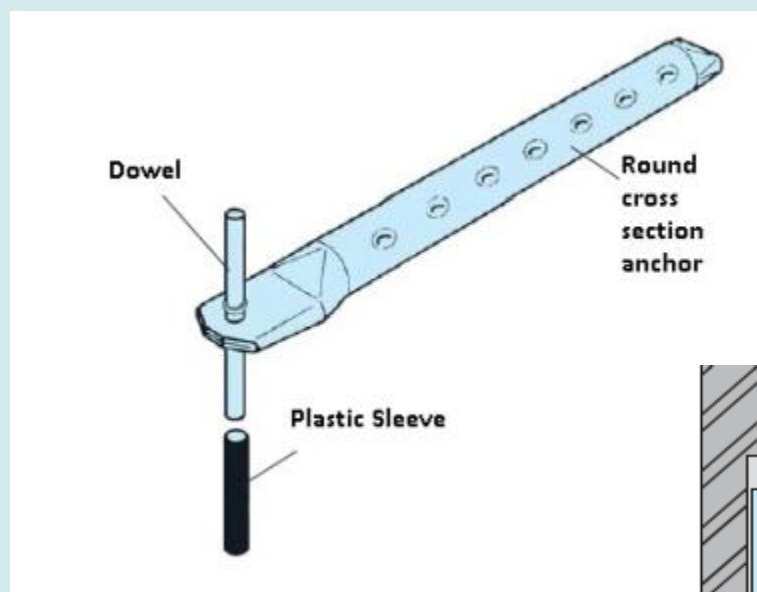
furo

undercut



Métodos de fixação

Métodos de Fixação Indirecta - Perno-Cavilha



Sistemas de fixação para fachadas ventiladas

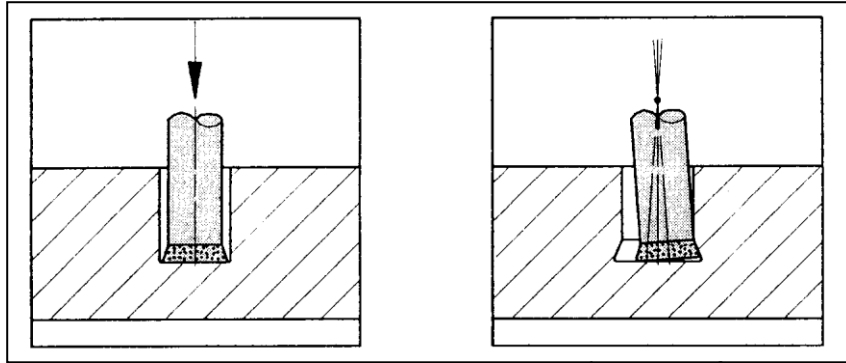


Sistemas de fixação para fachadas ventiladas

Métodos de Fixação Indirecta - *UNDERCUT*
Furação na face da placa de pedra

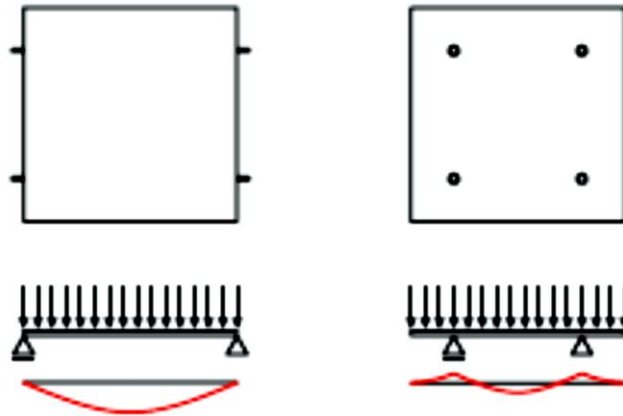


Sistemas de fixação para fachadas ventiladas



Métodos de
Fixação Indirecta

UNDERCUT



Menos esforços de flexão e maior
resistência ao corte...

...maior custo...

nas ancoragens...







Métodos de fixação

Métodos de Fixação Indirecta - *UNDERCUT*

Considerações

- ✓ Aspecto visual uniforme
- ✓ Estrutura metálica de baixo peso
- ✓ Isolamento Superior
- ✓ Diminuí trabalhos na obra
- ✓ Montagem com plataformas elevatórias

Métodos de fixação

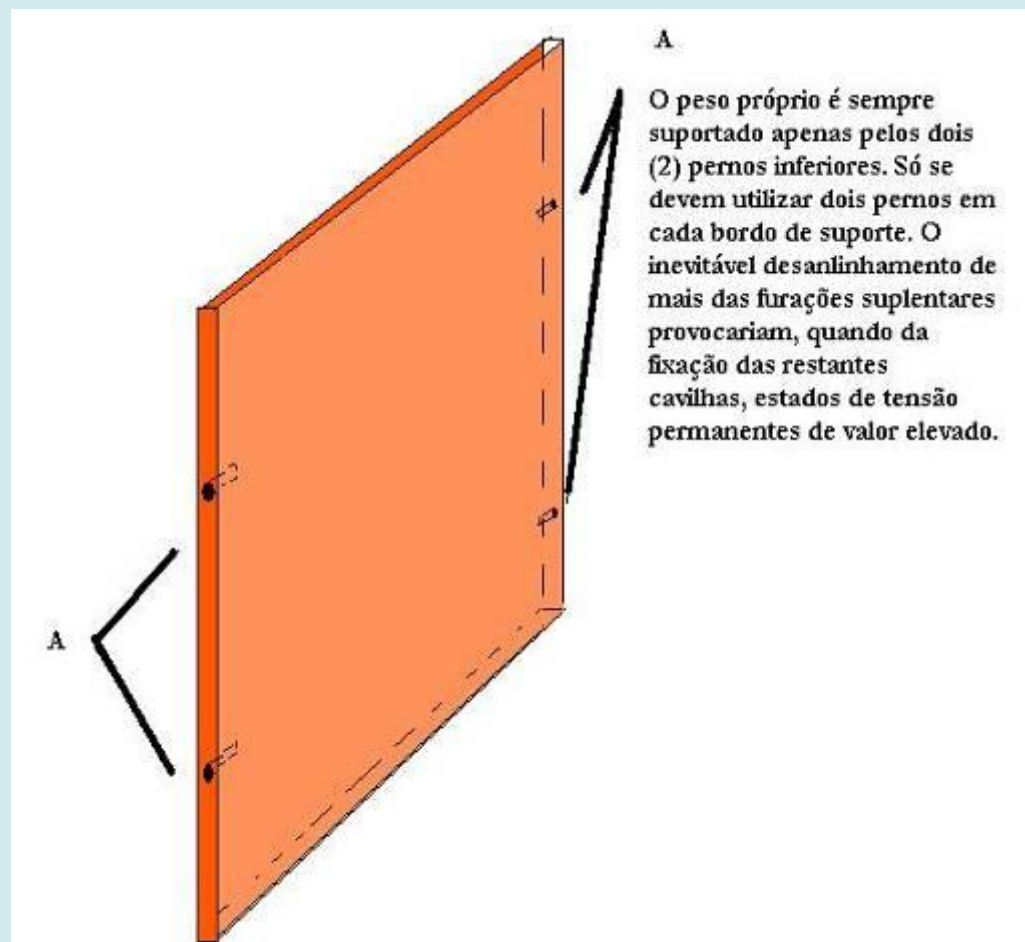
Métodos de Fixação Indirecta - Perno-Cavilha

Considerações

- Os suportes metálicos devem ser anticorrosivos.
- A disposição dos pernos, sempre em número de quatro, dois por bordo, pode tanto ser na horizontal como na vertical.
- A cada perno pode corresponder uma ou duas cavilhas.

Métodos de fixação

Métodos de Fixação Indirecta - Perno-Cavilha



Métodos de fixação

Métodos de Fixação Indirecta - Perno-Cavilha

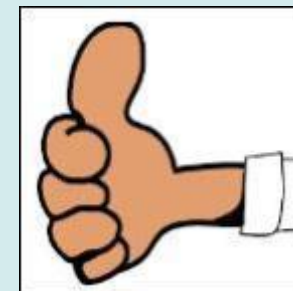


Métodos de fixação

Métodos de Fixação Indirecta - Perno-Cavilha

Vantagens

- Montagem “fácil”;
- Possibilidade de colocação das instalações eléctricas e sanitárias no espaço criado entre a parede e o revestimento;
- Ventilação natural e contínua da parede do edifício;
- Maior eficiência térmica;
- Custo de manutenção inferiores aos da colagem tradicional;



Métodos de fixação

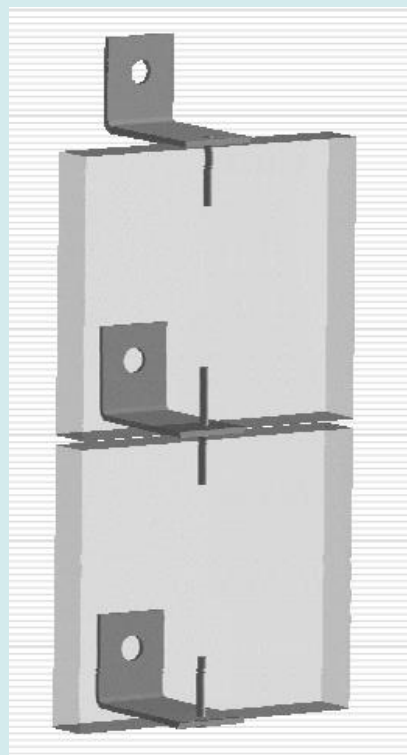
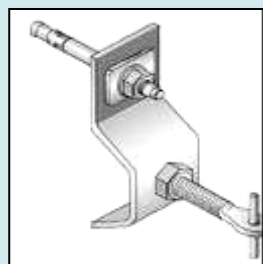
Métodos de Fixação Indirecta - Perno-Cavilha



Pontos Críticos

Métodos de fixação

Métodos de Fixação Indirecta - **Perno-Cavilha**



Dimensionamento

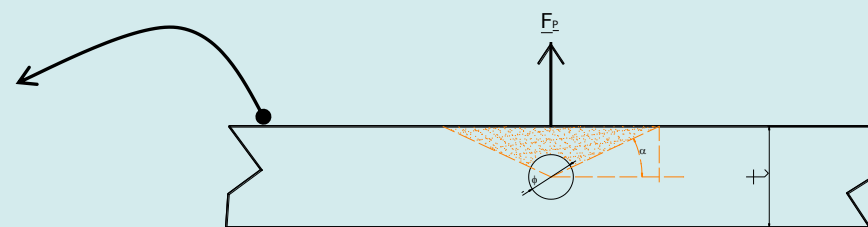
Onde e quanto furar?

Dimensões (Φ e p) e número ?

Folgas – cavilhas - diferenças térmicas

Resistência!?

Flexão...

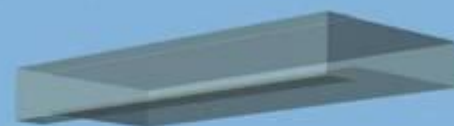


Blow-out → crítico

Montagem...orientação?

Substituição?

Métodos de fixação



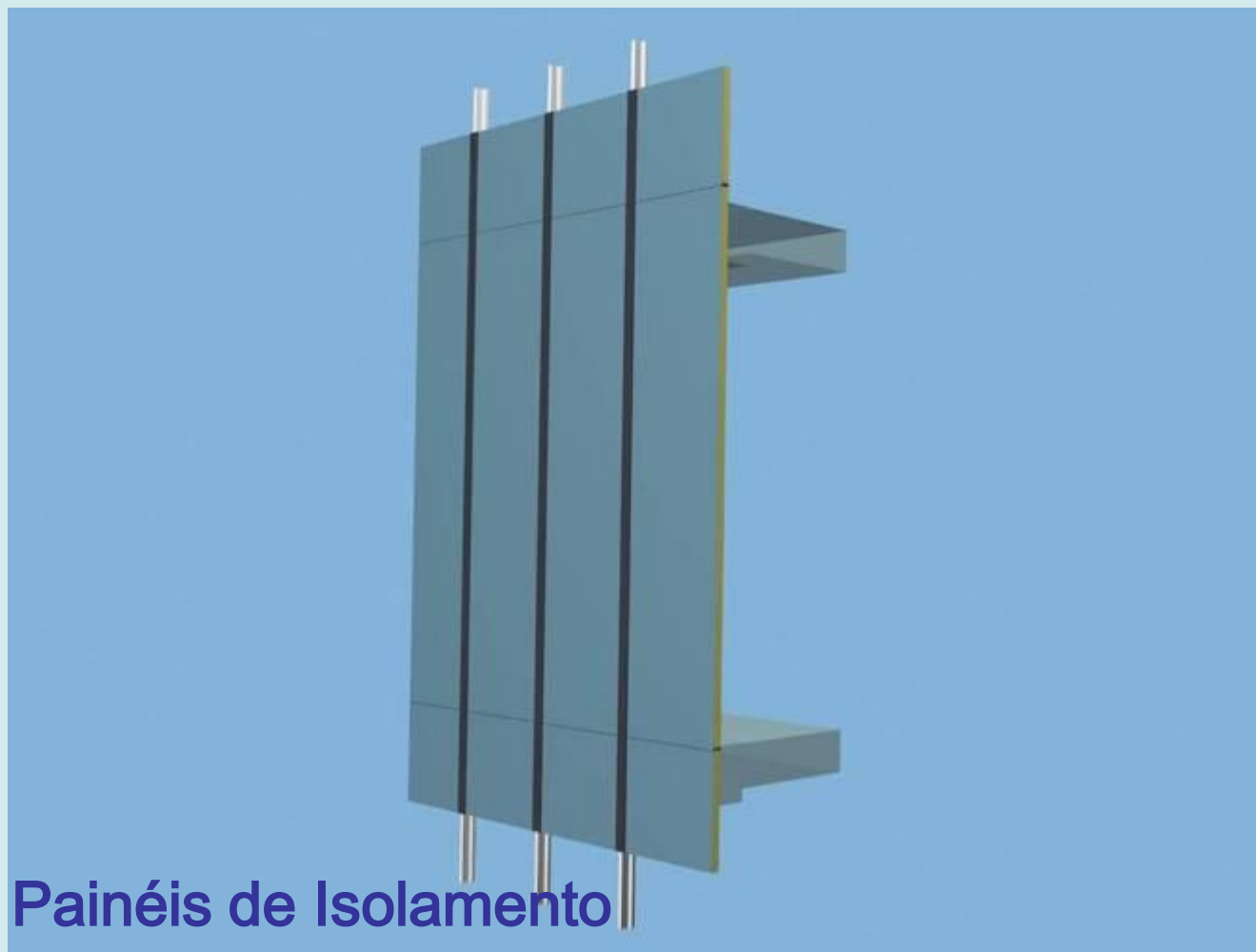
Estrutura do Edifício

Métodos de fixação



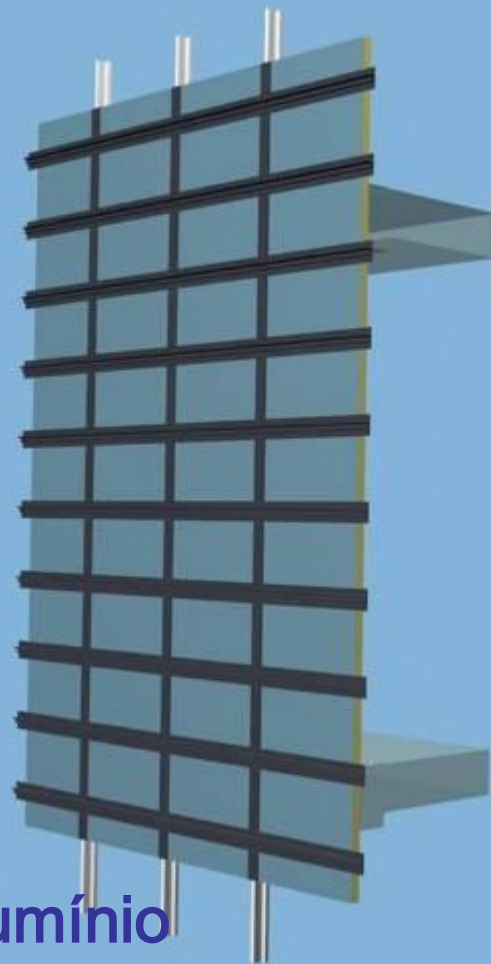
Perfis de Alumínio

Métodos de fixação



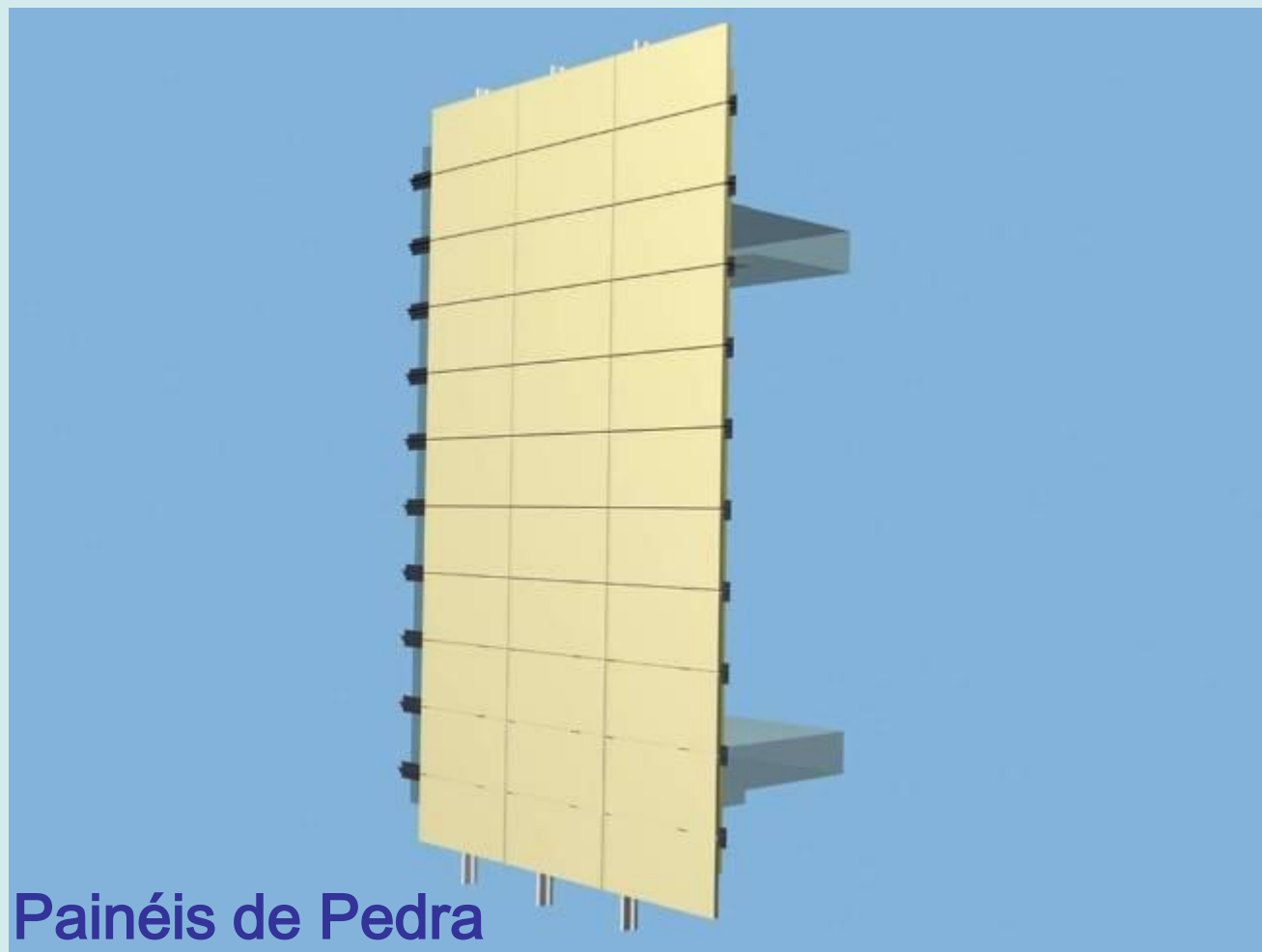
Painéis de Isolamento

Métodos de fixação



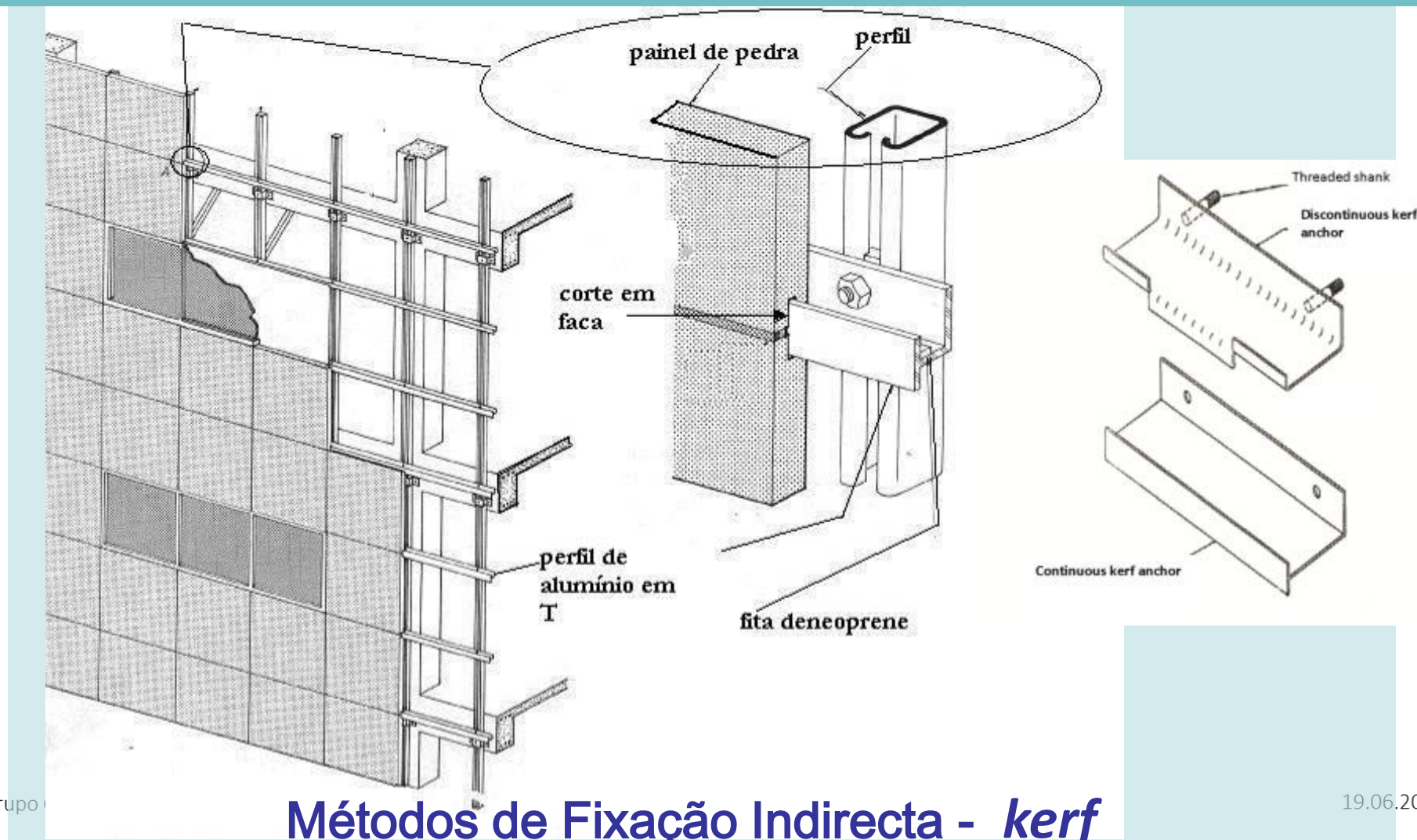
Calhas de Alumínio

Métodos de fixação



Painéis de Pedra

Métodos de fixação



Métodos de fixação



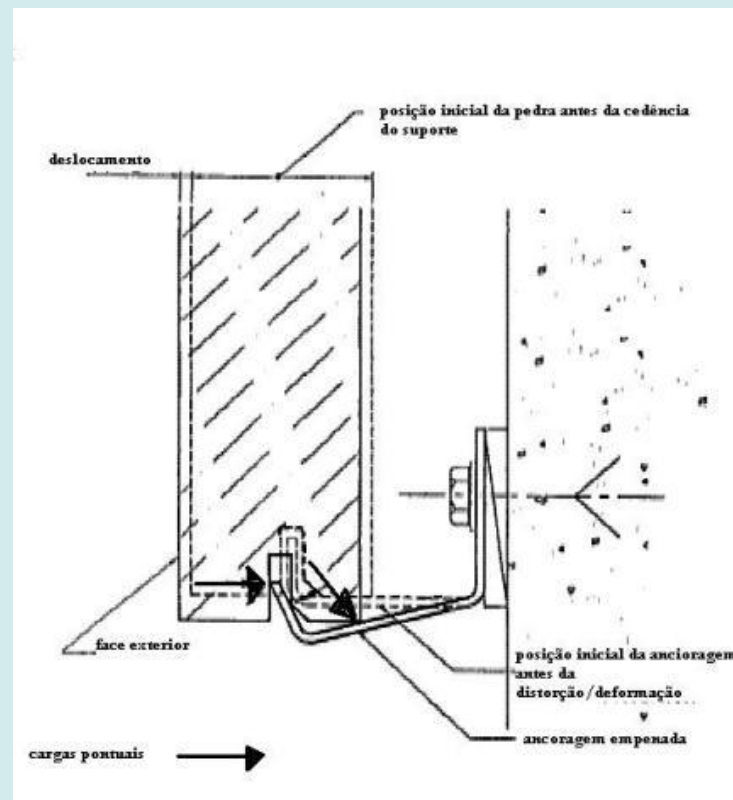
Métodos de fixação

Método de Fixação Indirecta - Kerf



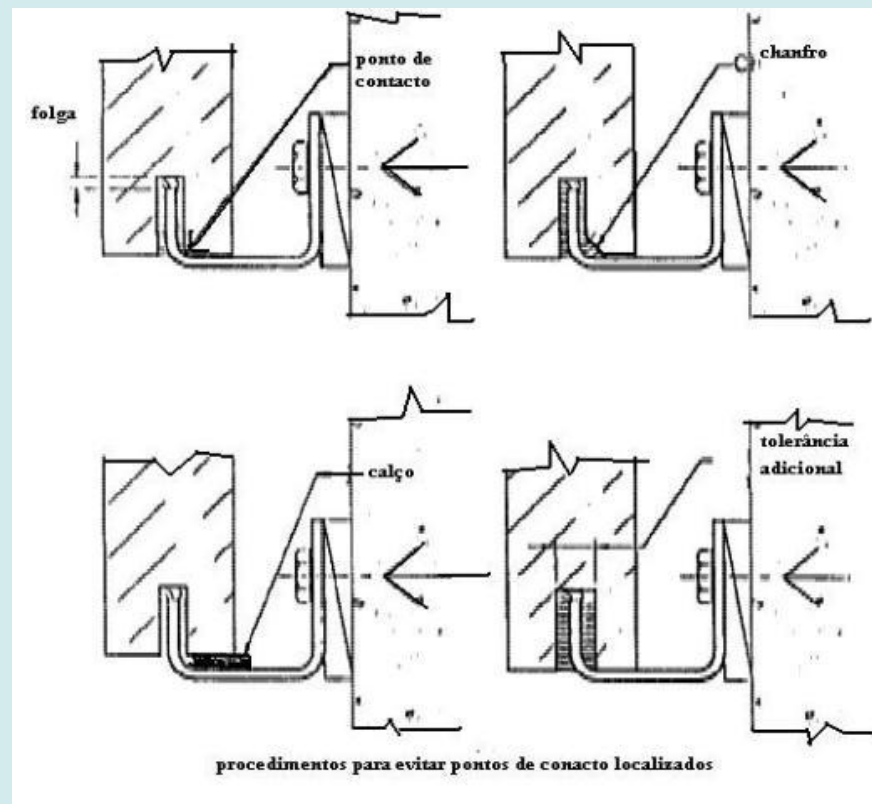
Pontos Críticos

Métodos de fixação



Pontos Críticos - *kerf*

Métodos de fixação



Evitar pontos de contacto localizados - *kerf*

Patologias

Várias expressões

Várias causas



Várias formas de intervenção

Patologias

As patologias nos produtos de pedra natural decorrem da conjugação de vários fatores adversos.

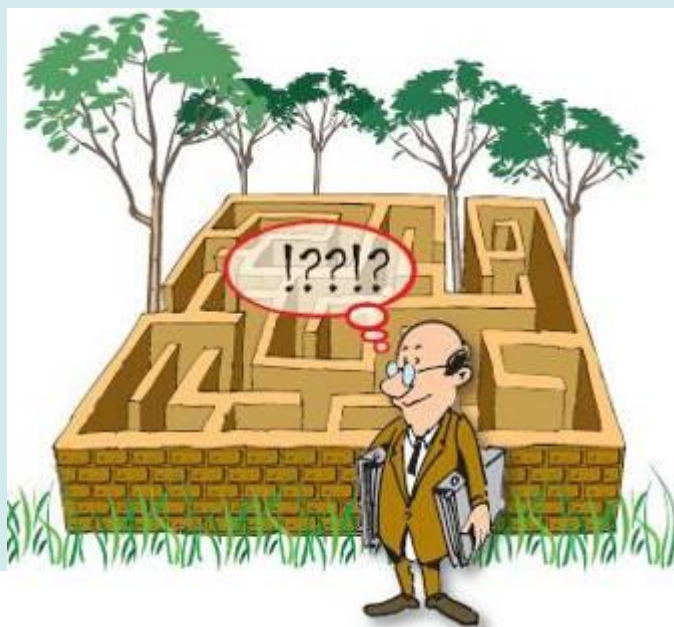
Os agentes climatéricos e atmosféricos desenvolvem uma ação transformadora sobre todos os materiais que a eles estão expostos.

Patologias - Diagnóstico

- O diagnóstico é dos passos mais difíceis da avaliação da situação.
- Baseia-se muito na experiência e intuição do observador.
- Faz-se normalmente um primeiro diagnóstico provisório com base nos dados reunidos inicialmente e em seguida realizam-se ensaios de materiais para que se possa dar início aos trabalhos de reabilitação.

Patologias - Diagnóstico

- Na prática os fenómenos são sempre mais complexos do que as teorias o fazem crer.
- Só muito raramente as patologias se devem a uma única causa.



Patologias - Diagnóstico

- O diagnóstico de patologias nas fachadas de pedra assenta principalmente na observação porque estas se manifestam de um modo visível.
- Um bom diagnóstico depende de um levantamento criterioso e o mais descritivo possível.
- Só é possível um correcto diagnóstico conhecendo primeiro o “paciente”.



Patologias - pós diagnóstico

- Qualquer que seja a forma de intervenção por que se opte, ela terá de compatibilizar os trabalhos de reparação com a construção existente, utilizando materiais e equipamentos adequados, mão-de-obra especializada e racionalizando os custos.



Sistemas de Inspeção



Técnicas de Diagnóstico

Técnicas	
Não - Destrutivas	Técnicas Destrutivas
→ Exame macroscópico	→ Ensaio físico – mecânicos: → Exame com Lupa Binocular
→ Identificação de Sais em Efluorescências	→ Exame com Microscópio Petrográfico
→ Esclerómetro Schmidt	→ Difracção de raios x
→ Ensaio de Karsten	→ Observação no microscópio electrónico de varrimento (SEM)
→ Ensaio Ultra-Sónicos	→ Análise Química por EDS
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinação da resistência à compressão ▪ Determinação da resistência à flexão ▪ Determinação da resistência ao arrancamento no ponto de ancoragem ▪ Determinação da absorção de água à pressão atmosférica ▪ Determinação da densidade aparente e porosidade aberta ▪ Determinação da absorção de água por capilaridade

Técnicas de Diagnóstico – não destrutivas

Exame macroscópico:

- Máquinas fotográficas;
- lupas
- martelos
- Apontamentos/esquema/projeto da fachada
- Análise fotográfica e/ou termográfica da fachada



Patologias

Quais as causas ?

Quais as formas de intervenção que equaciona?

Análise de Patologias em Fachadas

- ✓ Placas de granito (1,0 x 0,80 x 0,020 m)
- ✓ Colagem dupla
- ✓ Edifício de 3 andares



Quais as causas ?

Quais as formas de intervenção ?



Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?

- Selecção inadequada do sistema de fixação
- Dimensão excessiva da placa

Quais as formas de intervenção ?

- Reforço do sistema de fixação

Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?



Quais as formas de intervenção ?

- ✓ Placas de granito (0,60 x 0,30 x 0,030 m)
- ✓ Ancoragem com cavilhas
- ✓ Condomínio em Leça

Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?

- Selecção inadequada de materiais para fixação (corrosão);
- Situação acelerada por acção da proximidade do mar;

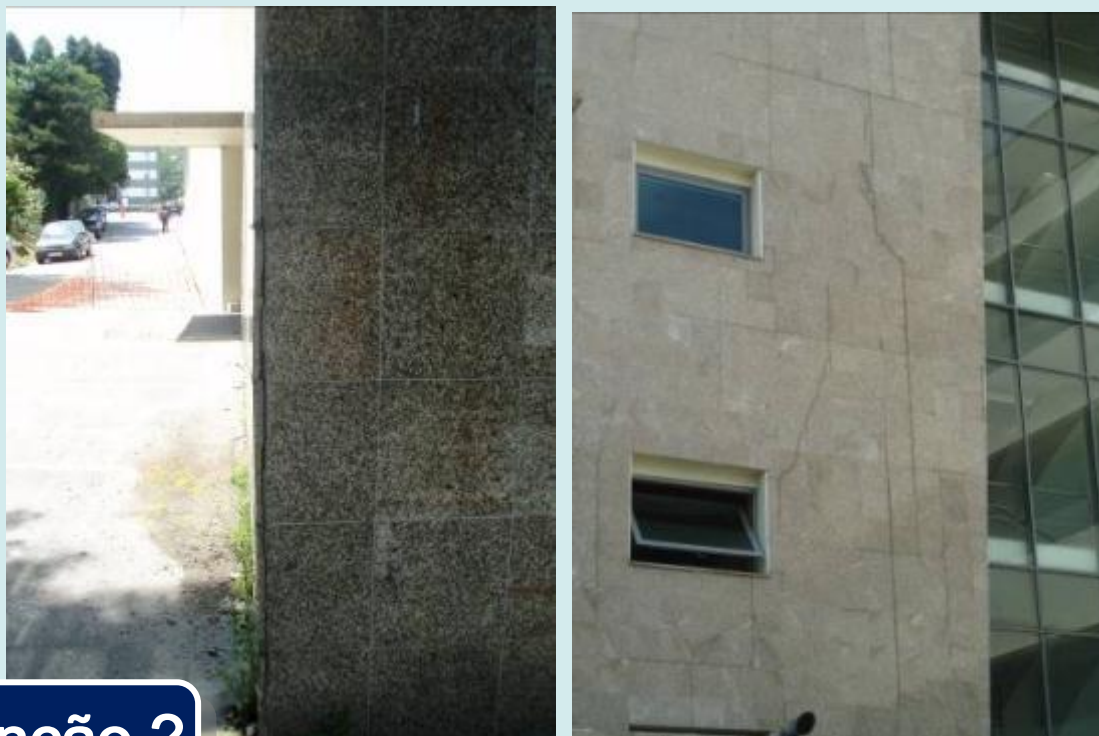
Quais as formas de intervenção ?

- Passivação dos elementos metálicos;
- Reforço do sistema de fixação nas zonas críticas;

Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?

- ✓ Placas de granito (0,30 x 0,30 x 0,030 m)
- ✓ Colagem duplas
- ✓ Universidade



Quais as formas de intervenção ?

Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?

- Cedência estrutural
- Seleção inadequada de materiais para fixação;
- Juntas desadequadas

Quais as formas de intervenção ?

- Reforço do sistema de fixação;

Análise de Patologias em Fachadas



Análise de Patologias em Fachadas



- ✓ Placas de calcário Azul Valverde
- ✓ Fachada Ventilada – sistema Kerf
- ✓ Edifício junto ao mar

Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?



Quais as formas de intervenção ?

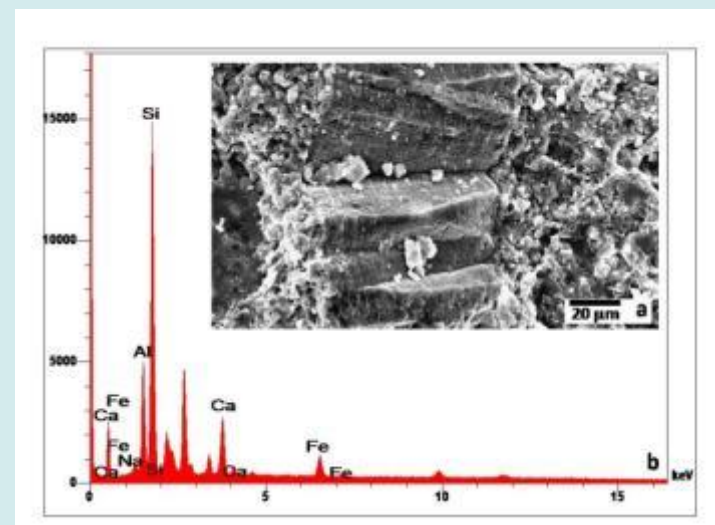
Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?

- Variações de temperatura;
- Material pétreo inadequado para a aplicação.
- Coeficiente de dilatação térmica elevado.
- Percentagem de argila > 18%
- Proximidade do mar.

Quais as formas de intervenção ?

- Renovação do revestimento.



Análise de Patologias em Fachadas



- ✓ Placas de calcário Azul Valverde
- ✓ Casas de Banho em utilização
- ✓ Condomínio em Lisboa

Análise de Patologias em Fachadas



Placas de calcário Azul Valverde

- ✓ Casas de Banho sem utilização em casas ainda não habitadas
- ✓ Condomínio em Lagos

Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?

- Humidade ascensional;
- Casa inabitada
- Material pétreo inadequado para a aplicação.

Quais as formas de intervenção ?

- Tratamento superficial com desgaste da camada alterada e posterior amaciamento.

Análise de Patologias em Fachadas



- ✓ Placas de grano-diorito de origem Chinesa
- ✓ Fachada Ventilada
- ✓ Tratamento superficial anti-graffiti
- ✓ Lisboa

Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?

- Incompatibilidade entre materiais;

Quais as formas de intervenção ?

- Limpeza e nova aplicação

Análise de Patologias

Quais as causas ?

Quais as formas de intervenção ?



- ✓ Revestimentos e pavimentos em mármore Carrara
- ✓ Edifício de escritórios
- ✓ Manchas apareceram ao fim de 1 ano

Análise de Patologias em Fachadas

Quais as causas ?

- Lavagem com produtos inadequados (pH básico)

Quais as formas de intervenção ?

- A remoção deste tipo de mancha é muito dependente do grau de alteração.
- Os tratamentos superficiais apenas atenuaram a coloração das manchas.
- Renovação do revestimento.

Análise de Patologias em Fachadas

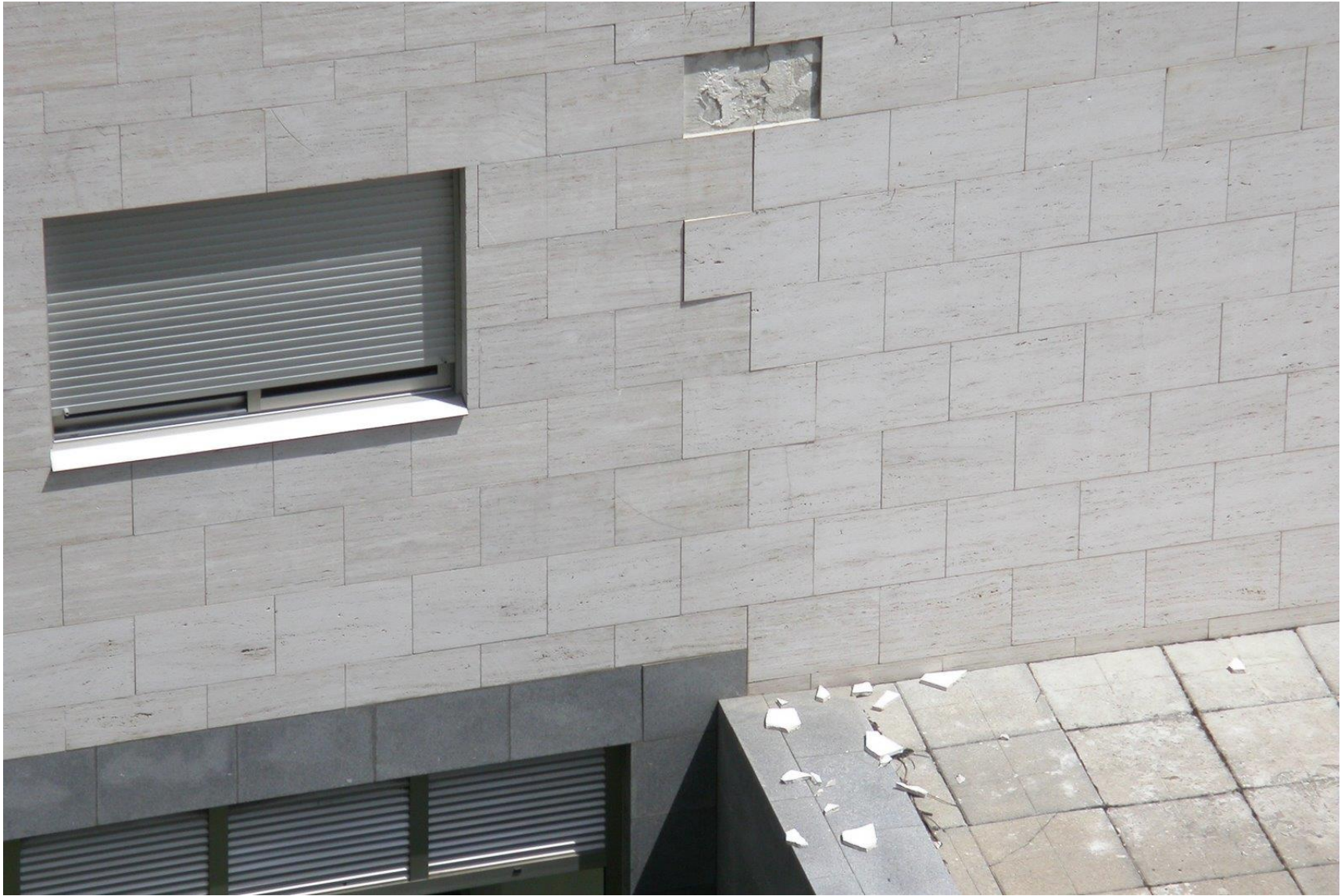


Quais as formas de intervenção ?

- Remoção com produtos ácidos;
- Remoção com produtos especiais para manchas de ferrugem no mármore;
- Decapagem com micro grânulos a baixa pressão























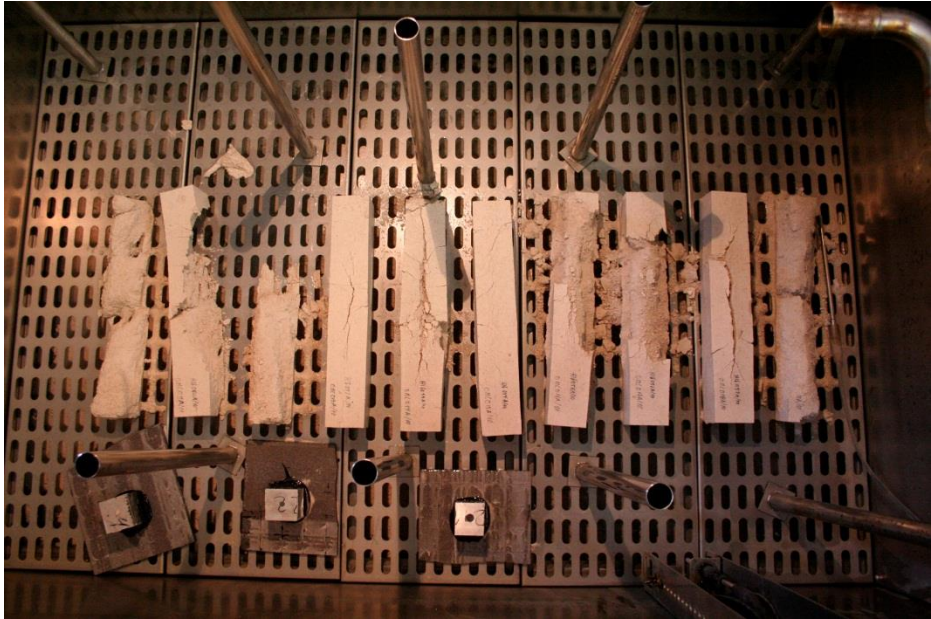






Soleira





Medidas corretivas – pedra natural

- DIAGNÓSTICO DAS CAUSAS.
- ELIMINAÇÃO DAS CAUSAS (se possível).
- REPARAÇÃO DAS ANOMALIAS: seleção da solução adequada e execução correta.
- OU RENOVAÇÃO DO REVESTIMENTO: solução idêntica bem aplicada ou outra solução adequada.
- OU DISSIMULAÇÃO DAS ANOMALIAS (painéis não aderentes, ETICS, etc.).
- PLANO DE MANUTENÇÃO

Medidas preventivas – pedra natural

- **PROJECTO**: Especificações adequadas e completas.
- **OBRA**: Selecção adequada do sistema ou do produto, de qualidade comprovada e respeitando as especificações.
- **APLICAÇÃO**: Cuidada, respeitando as regras da boa arte, as especificações do produto e do projecto.
- **FISCALIZAÇÃO**: Actuante.
- **MANUTENÇÃO**: Inspeções periódicas, reparações pontuais.

- **Selantes - permanente**

- Vantagens: a pedra nunca é “tocada”, qualquer carga é aplicada sobre a camada. Só para pedras porosas
- Desvantagens: É definitivo. Só sai com afagamento/corte
- 2x5L = 60€

Tapa-poros/Impermeabilizantes

- **Hidrófobos**

- Com silicone – problemas com degradação com UV do SOL
- Sem silicone – maior durabilidade – custos elevados. Ex:
2x5L = 260€

Revestimentos de Pedra – Hidrófugos

- perceber o tipo de Pedra;
- conhecer o tipo de acabamento;
- conhecer o meio envolvente (condições climáticas e poluição)
 - entender qual a finalidade da aplicação
- perceber como esta se interliga com os restantes materiais de construção utilizados – solução integrada

QUEREMOS PROTEGER A PEDRA, mas de quê?

Revestimentos de Pedra – Hidrófugos

A aplicação de um hidrófugo sobre uma parede de pedra melhora as suas três seguintes características :

- impermeabilização e manutenção das propriedades de isolamento;
- estética e limpeza;
- durabilidade.

Tipos de produtos mais testados:

- Fluossilicato de magnésio ou de zinco;
- silicato de sódio ou de potássio;
- silicone;
- resinas vinílicas ou acrílicas;
- produtos à base de oleína ou de parafina.

Revestimentos de Pedra – Hidrófugos

A maior parte dos produtos não reagem quimicamente com a pedra. O seu papel é físico. Formam uma película sobre a superfície para a proteger.

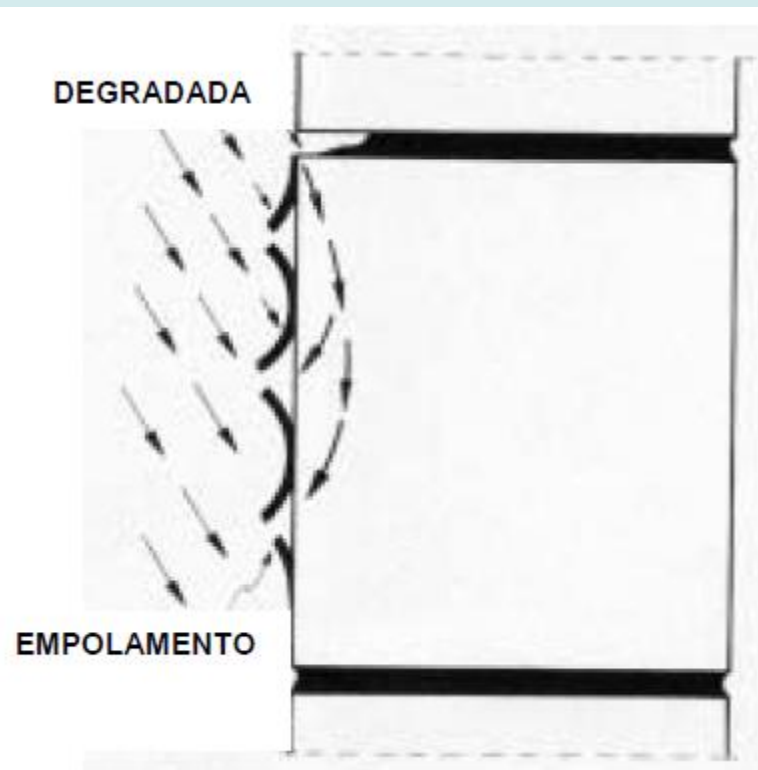
A penetração dos hidrófugos é da ordem dos 0,5 a 1,5 mm. Depende de :

- porosidade e porometria da pedra;
- viscosidade e velocidade de reacção dos constituintes do produto;
- número de camadas ou da duração do contacto entre hidrófugo e pedra. (Se uma impregnação em profundidade é desejável, deve-se encarar a manutenção do líquido em contacto com a pedra durante bastante tempo, por exemplo, colocando um emplastro impregnado, constituído por fibras ou materiais porosos inertes).

Revestimentos de Pedra – Hidrófugos

A aplicação de um hidrófugo não resolve todos os problemas e não pode ser realizada em condições quaisquer.

O suporte deve estar limpo, as partes fráveis suprimidas, as pedras muito alteradas substituídas por um material natural ou um produto de reconstituição. As juntas degradadas ou fissuradas devem ser refeitas, senão os riscos de aparecimento de bolhas no filme hidrófugo, devidos à penetração de água pelas juntas fissuradas, pode surgir. Nestas condições, a água carrega-se de sais, criam-se pressões e aparecem empolamentos como se mostra



Cuidados de Limpeza e Manutenção

Rochas Carbonatadas

- Produtos de Limpeza neutros

Rochas Silicatadas

- Produtos de limpeza neutros
- Ácidos fracos

Cuidados de Limpeza e Manutenção

Manchas: óleo alimentar, leite, cremes

- Lavagem com detergente neutro.
- Lavagem com acetona (ácido fraco).
- Lavagem com lixívia (excepto mármore).
- Lavagem com amoníaco (base).

Cuidados de Limpeza e Manutenção

Manchas de gordura

- Manchas todos os tipos de gorduras podem ser removidas com emplastos:
- Um agente absorvente (talco, algodão, lenço ou toalhete de papel) é impregnado com o agente de remoção, aplicado sobre a mancha, coberto com um recipiente (copo, malga, etc.) ou folha de plástico bem vedada para não evaporar rapidamente e deixado a atuar durante umas 12 a 24 horas.
- Em qualquer caso, se a mancha não for removida, limpar a pedra e repetir sucessivamente o procedimento. No final do tratamento, é sempre indicada a cuidada lavagem da pedra com detergentes de limpeza com pH neutro.

Cuidados de Limpeza e Manutenção

Manchas de: café, chá, fruta, urina, dejectos de pássaros

- Lavagem com detergente neutro.
- Em interiores - Lavagem com uma solução de 12% de peróxido de hidrogénio (ácido fraco) com algumas gotas de amoníaco (base).
- Caso o acabamento fique afectado a superfície deverá ser novamente tratada.

Cuidados de Limpeza e Manutenção

Manchas de origem biológica: algas, líquenes, fungos

- Lavagem com detergente neutro.
- Diluir ½ chávena de chá de amoníaco em 4 litros de água.
- Lavagem com lixívia (exceção mármores).
- Lavagem com peróxido de hidrogénio.

Cuidados de Limpeza e Manutenção

Manchas amarelas-acastanhadas em granitos

- Deve-se na maior parte dos casos, à instabilização da estrutura da biotite ou dos sulfuretos (pirite, por ex^o), com libertação de ferro.
- Devido às características fortemente alcalinas de alguns cimentos, incluindo os cimentos-cola (pH da ordem de 12 ou superior), o ferro do cimento, do substrato e das biotites ou dos sulfuretos é solubilizado e arrastado através dos poros e microfissuras da pedra até à superfície, onde se deposita e é oxidado por ação da luz solar (daí a cor acastanhada).
- Por vezes, deposita-se sobretudo nas fissuras ou nos planos de clivagem e nos contornos dos minerais. Em teoria, a remoção destas manchas é possível, mas pode não ser fácil.
- O problema pode ser prevenido com a aplicação de uma impermeabilização no tardo das placas. Existem produtos que reduzem drasticamente o risco de aparecimento destas patologias. Uma outra alternativa é utilizar colas epoxídicas.

OBRIGADA!

FORMAÇÃO | Pedra Natural

Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais

Vera Pires | vlcp@uevora.pt
Investigadora Auxiliar | Laboratório de Ensaios Mecânicos
Membro integrado do Laboratório Hércules

Grupo Galrão 19.06.2021