

A PEDRA NATURAL EM SISTEMAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR DE FACHADAS

Vasco Peixoto de Freitas

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Conferência Internacional da PEDRA NATURAL
ALFÂNDEGA DO PORTO - 08 _novembro_ 2016 - PORTO

Estrutura da comunicação

1. Evolução das Fachadas
2. Exigências térmicas para fachadas opacas
3. Conceção, dimensionamento e riscos higrotérmicos
4. Conclusões



1.

Evolução das Fachadas

U. PORTO

FELP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



A pedra natural sempre esteve presente



U. PORTO

FELP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



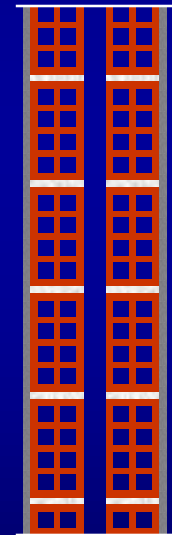
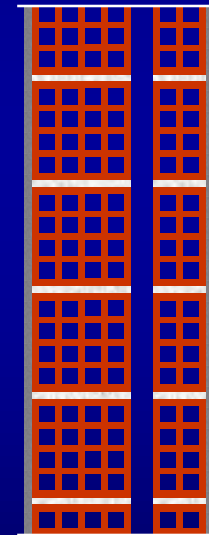
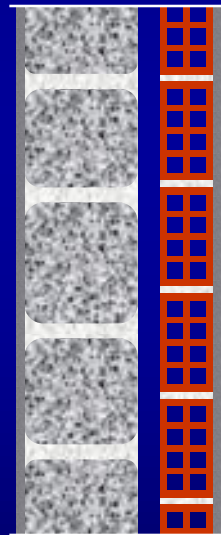
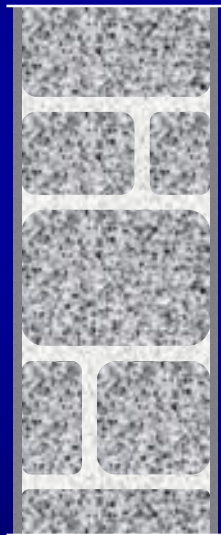
LFC

Paredes monolíticas



EVOLUÇÃO NA CONCEÇÃO DE FACHADAS EM PORTUGAL

.....1940.....>.....1950.....>.....1960.....>.....1970.....>



U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



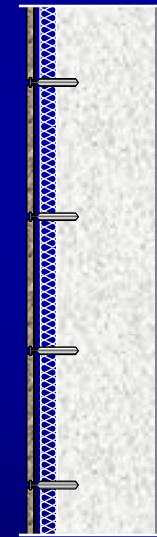
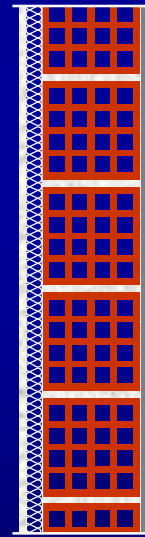
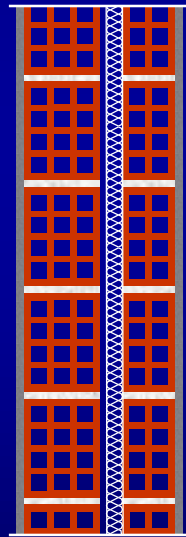
CONSTRUCT



LFC

EVOLUÇÃO NA CONCEÇÃO DE FACHADAS EM PORTUGAL

.....> 1980> 1990> 2000>



U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

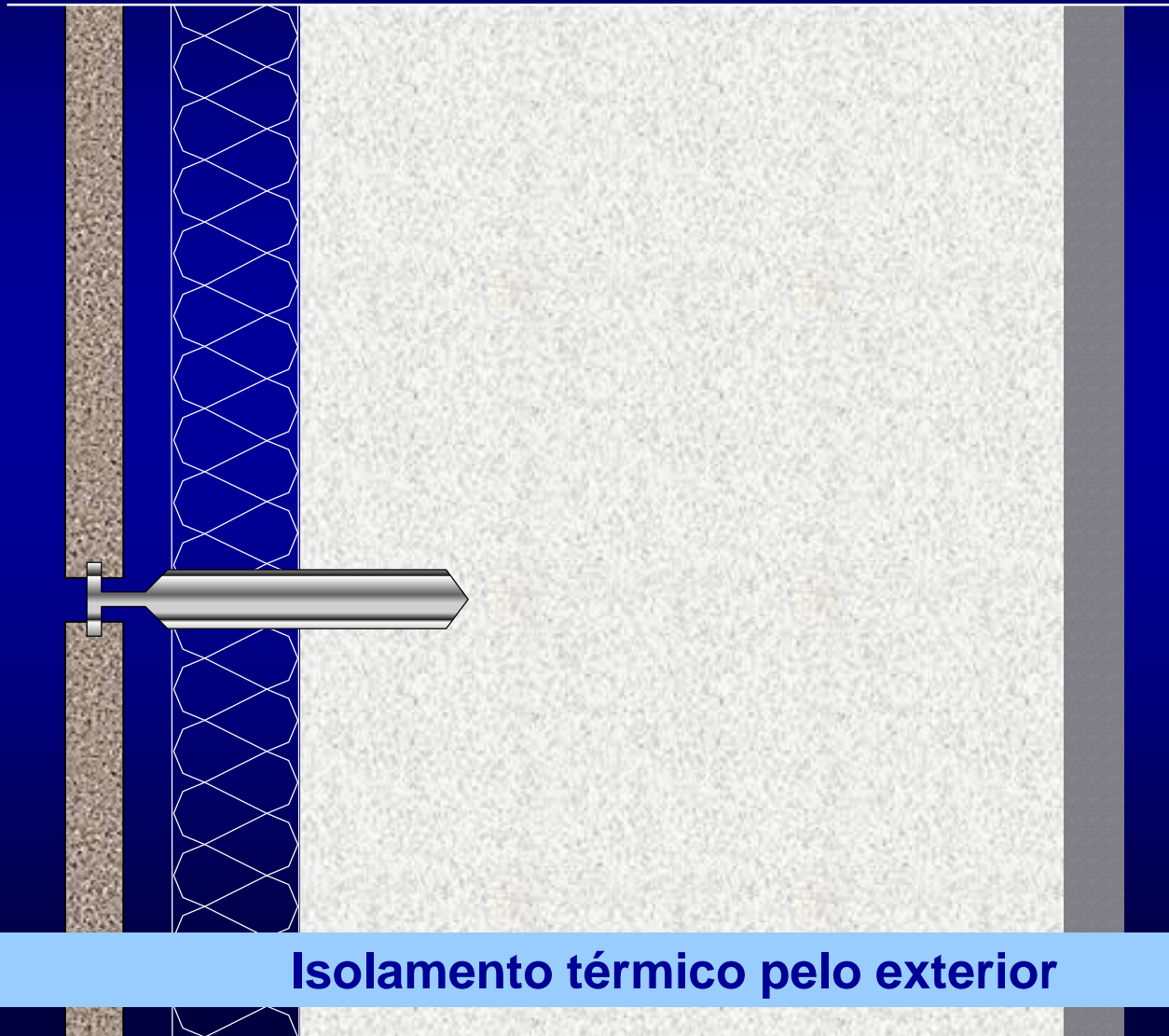


CONSTRUCT



LFC

Fachada Ventilada - Pedra Natural



Isolamento térmico pelo exterior

Fachada Ventilada



U. PORTO

FELUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Compatibilização - Pormenorização . SISTEMA



U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

2.

Exigências Térmicas para Fachadas Opacas

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICO-AMBIENTAL

A+
0% a 25%

A
26% a 50%

B
51% a 75%

B-
76% a 100%

C
101% a 150%

D
151% a 200%

E
201% a 250%

F
Mais de 251%

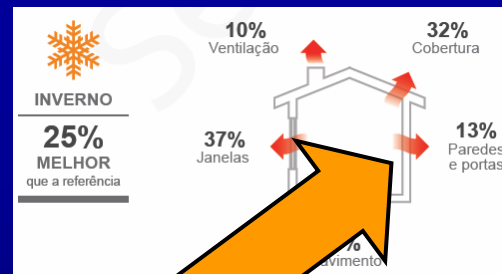
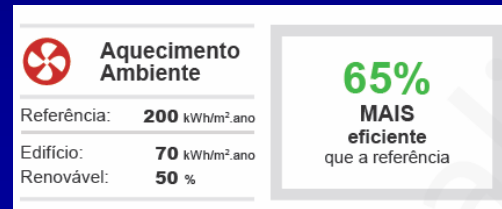
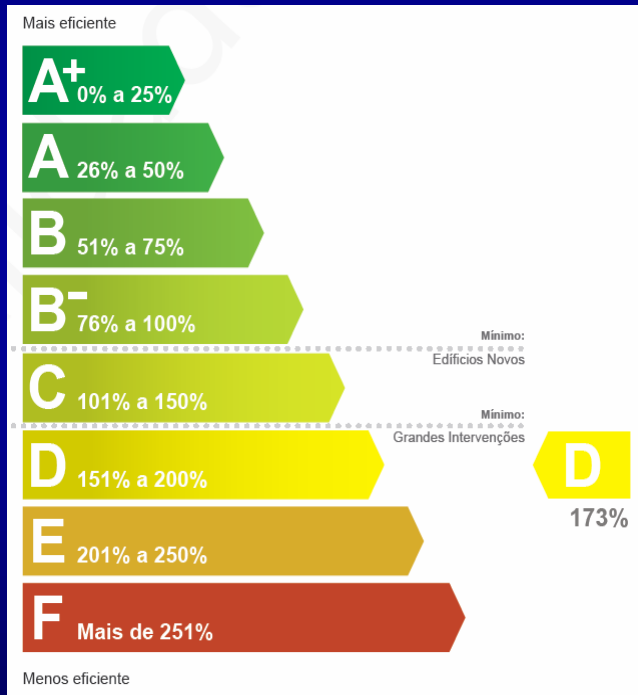
Mínimo:
Edifícios Novos

Mínimo:
Grandes Intervenções

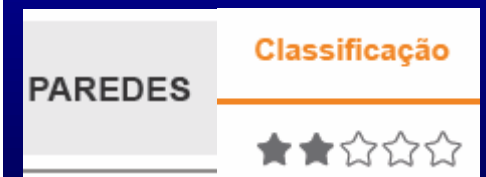


Certificado energético e ambiental

Nível



CO₂ Energia renovável



Portaria 379-A/2015 de 22 de Outubro

Novos requisitos energéticos

▷ A partir de 31 de Dezembro de 2015

Envolvente opaca

▷ Novos valores máximos de U para fachadas opaca

▷ **U (Umáx) - nova Tabela I.05B**

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Portaria 379-A/2015 de 22 de Outubro

Tabela I.05B

Requisitos energéticos — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e de vãos envidraçados, $U_{máx}$ [W/(m².°C)]

$U_{máx}$ [W/(m ² .°C)]		Zona climática		
Portugal Continental				
Zona corrente da envolvente:		A partir de 31 de dezembro 2015		
		11	12	13
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,80	2,40	2,20
Regiões Autónomas				
Zona corrente da envolvente:		A partir de 31 de dezembro 2015		

Reabilitação...

Legislação adequada?
Consequências?

Forte espessura de isolamento

Coeficiente de condutibilidade térmica

$\lambda - 0,05 \text{ w/m.}^\circ\text{C}$

$0,03 \text{ w/m.}^\circ\text{C}$

Dimensionamento - REH

Propriedade Existente

Exigências REH

Dimensionamento

$U_{PExistente}$ [W/m ² .°C]	$R_{PExistente}$ [m ² .°C/W]	$U_{Máx I2}$ [W/m ² .°C]	$R_{Mín I2}$ [m ² .°C/W]	$\Delta R I2$ [m ² .°C/W]	$e [m]$ $\lambda = 0,05$ [W/m.°C]	$e [m]$ $\lambda = 0,03$ [W/m.°C]
1,00	1,00	0,40	2,50	1,50	0,08	0,05
1,50	0,67	0,40	2,50	1,83	0,09	0,06
2,00	0,50	0,40	2,50	2,00	0,10	0,06
2,50	0,40	0,40	2,50	2,10	0,11	0,07

Condições em serviço?

... Aquecimento intermitente
ou contínuo...

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT

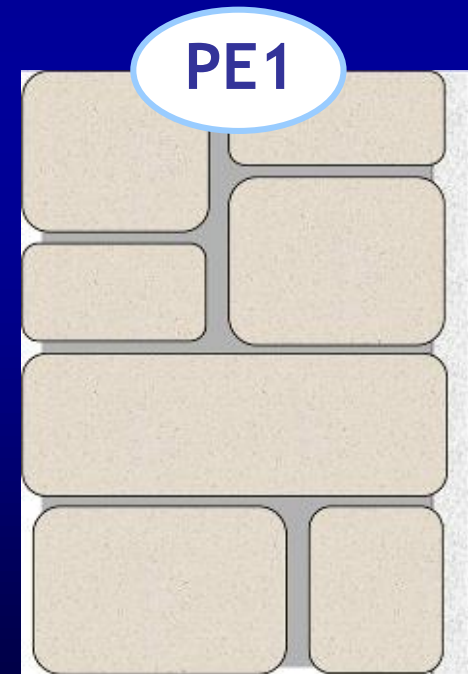


LFC

PAREDES EXTERIORES - EMPENA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

- Paredes em alvenaria simples de pedra (30 cm), sem isolamento térmico
- $A = 183,7 \text{ m}^2$
- $U = 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$



PAREDES EXTERIORES - EMPENA

- Aplicação de 10 cm de isolamento térmico pelo exterior - FACHADA VENTILADA

$$U \approx 0,40 \cdot W / (m^2 \cdot ^\circ C)$$



REDUÇÃO ANUAL DA FATURA ENERGÉTICA

$$Custo = 0,024 \times U \times A \times GD \times C_{e,0}$$

	SOLUÇÃO INICIAL	SOLUÇÃO MELHORADA
U [W/(m ² .°C)]	2,90	0,40
Área [m ²]		183,7
Graus-dia		1600
Custo energia [€/kWh]		0,10
Custo [€]	2045	282

$$Poupança = 2045 - 282 = 1763€$$

CUSTO ESTIMADO DE INVESTIMENTO

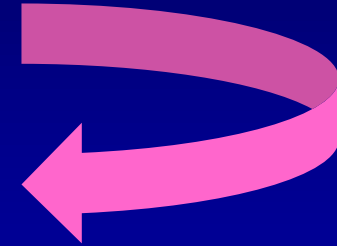
- ESTIMATIVA DO CUSTO UNITÁRIO: 40 €/m²
 - Consulta de mercado
 - Valor médio
- ÁREA DE PAREDES EXTERIORES: 183,7 m²

$$C_{investimento} = C_0 * A = 40 * 183,7 = 7348€$$

VERÃO - fachada Ventilada

GANHOS TÉRMICOS

– Fachadas ventiladas - Para-sol

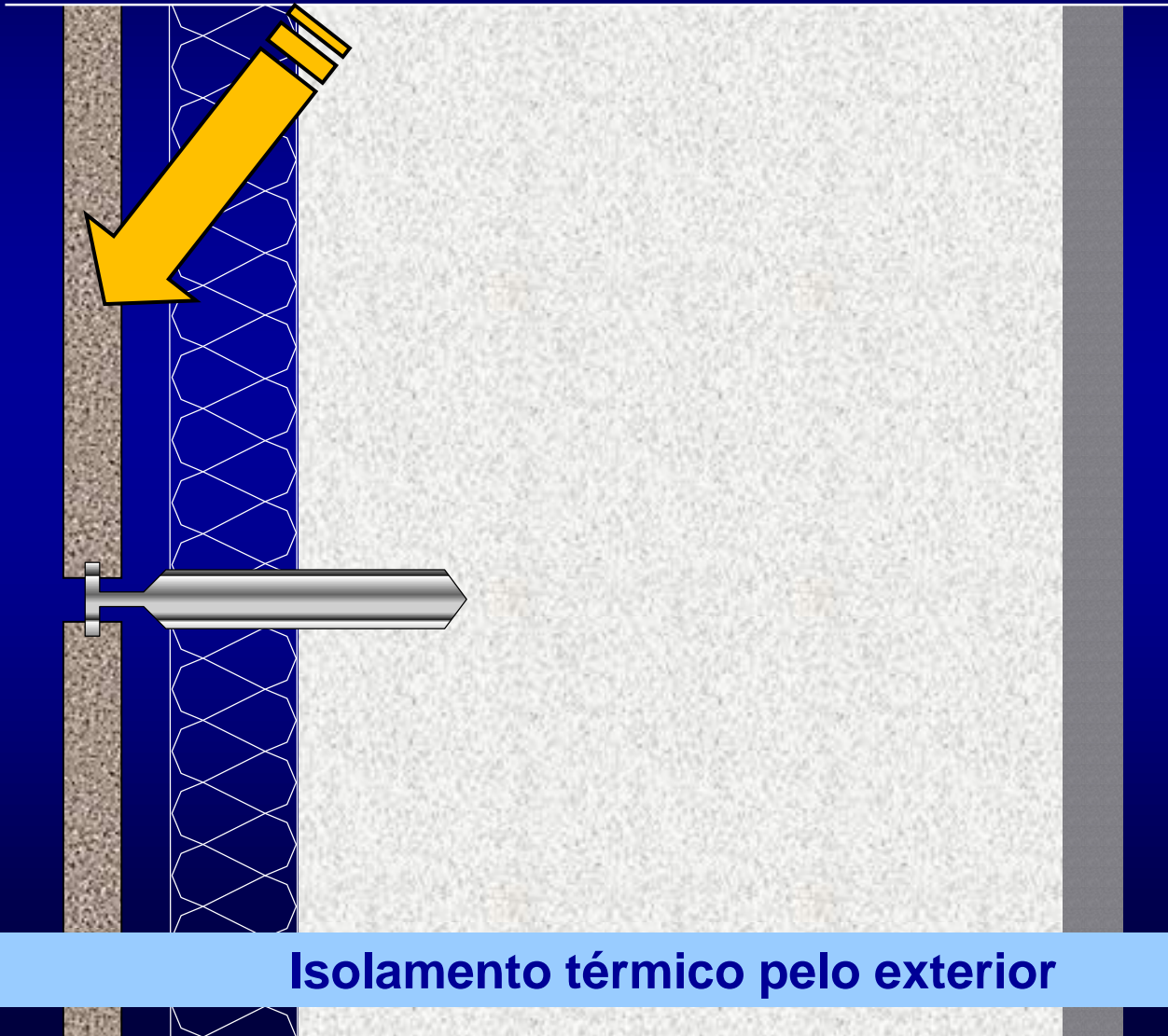


COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR - α

Sistemas Ventilados em Paredes

EFEITO DA EMISSIVIDADE
- Fator f

Fachada Ventilada - Pedra Natural



Isolamento térmico pelo exterior

Reabilitação...

**Continuidade do
isolamento térmico**

U. PORTO

FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

3.

Conceção, dimensionamento e riscos higrotérmicos

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

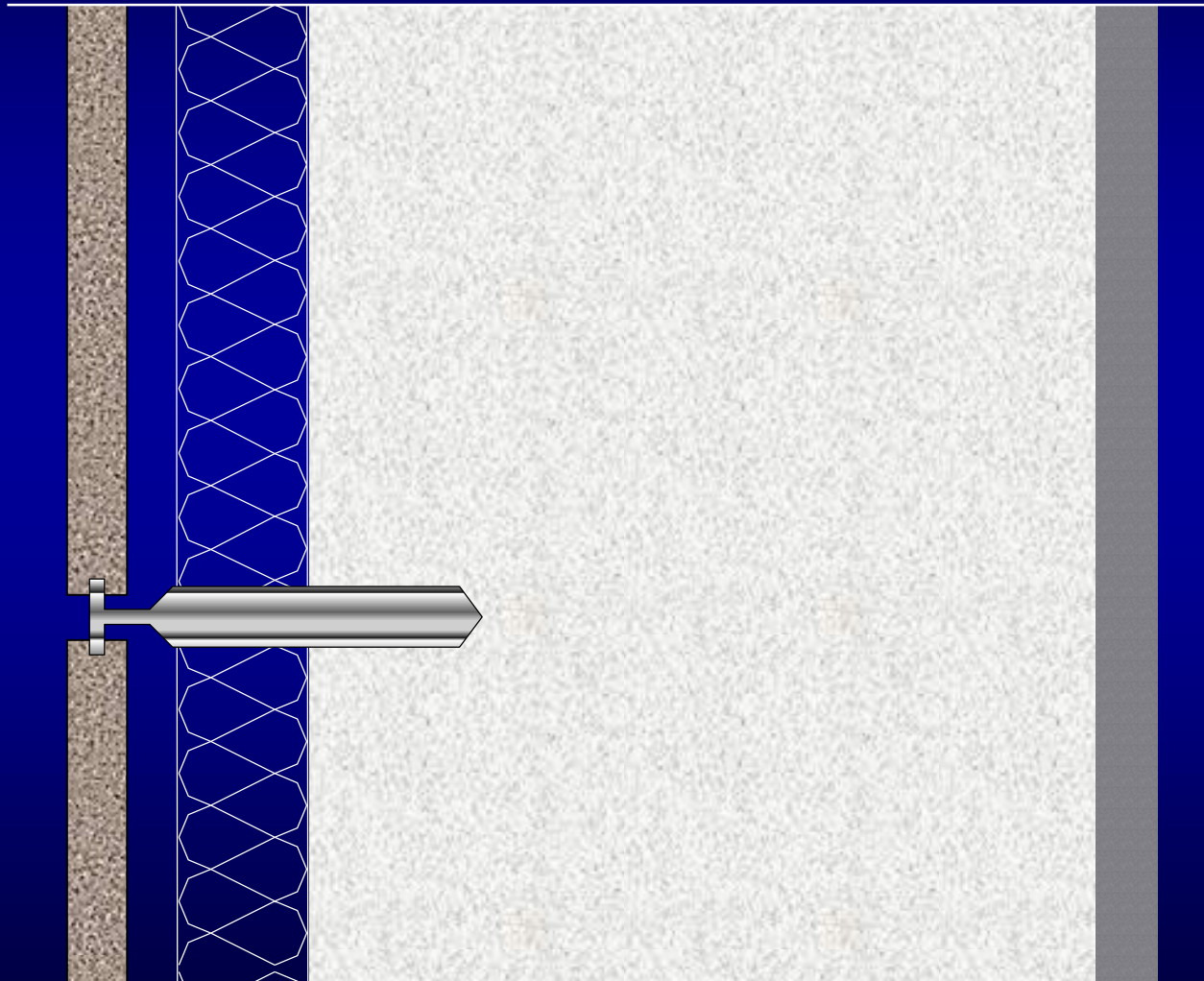


CONSTRUCT



LFC

Conceção - Dimensionamento - Pormenorização e Especificação



Solicitação

...quantificação da chuva incidente



Helen Onley

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



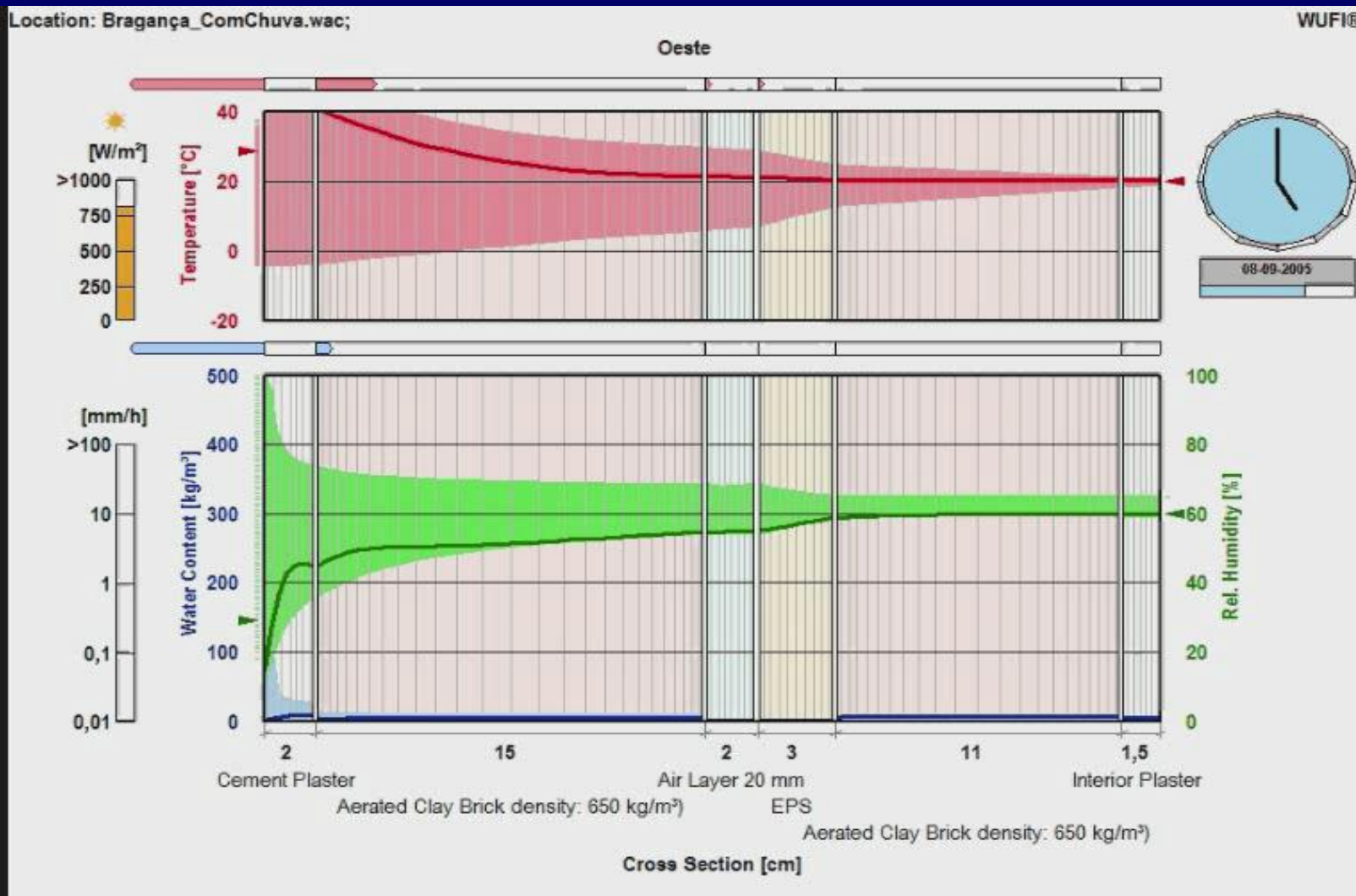
CONSTRUCT



LFC

Humidificação e Secagem

Simulação Higrotérmica Avançada

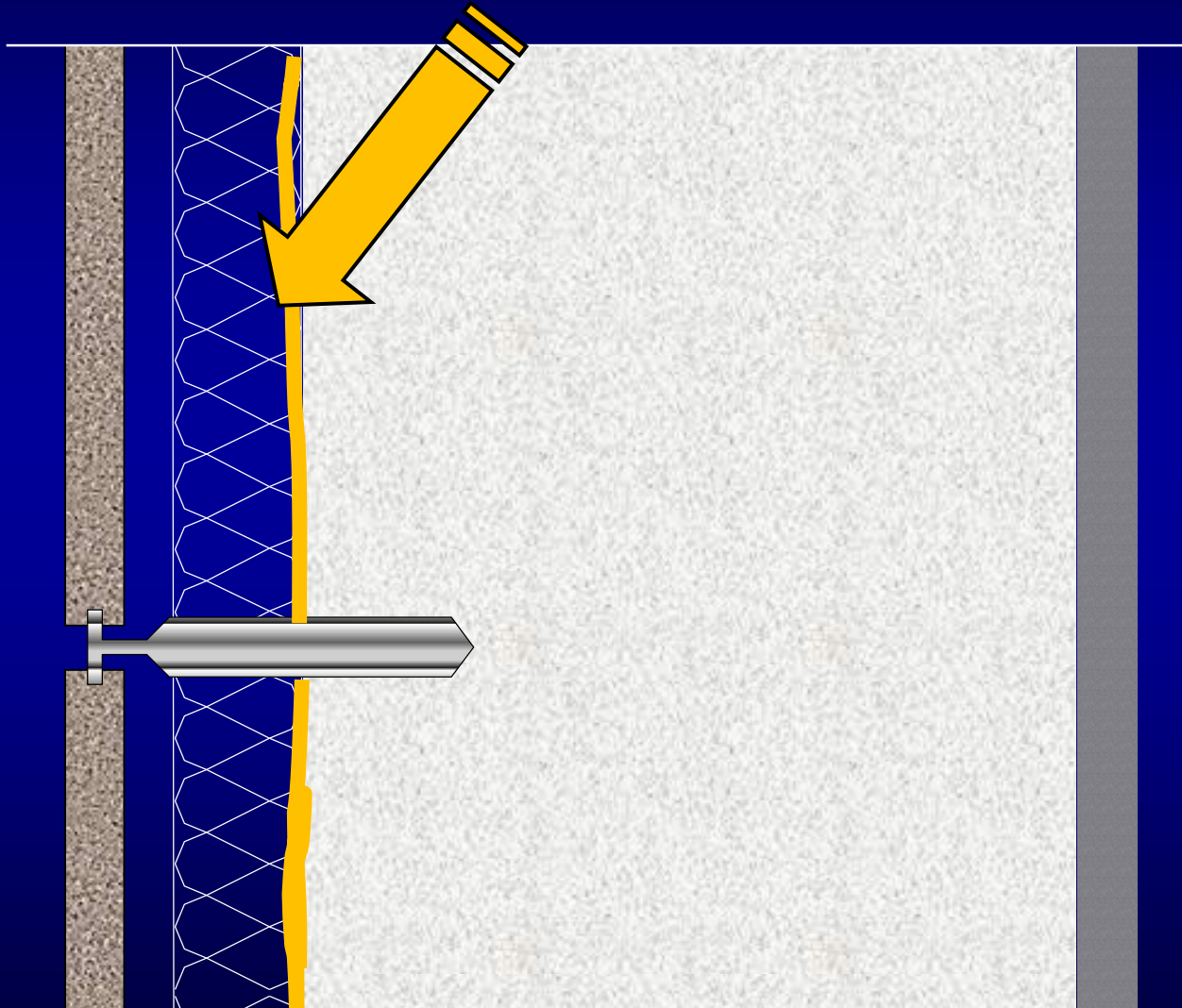


CRITÉRIOS DE CONCEÇÃO VENTILAÇÃO

- ▷ VENTILAÇÃO
- ▷ $100 \text{ cm}^2 / \text{m}$



Conceção - Dimensionamento e Pormenorização



Para-vapor

CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL ABSORÇÃO



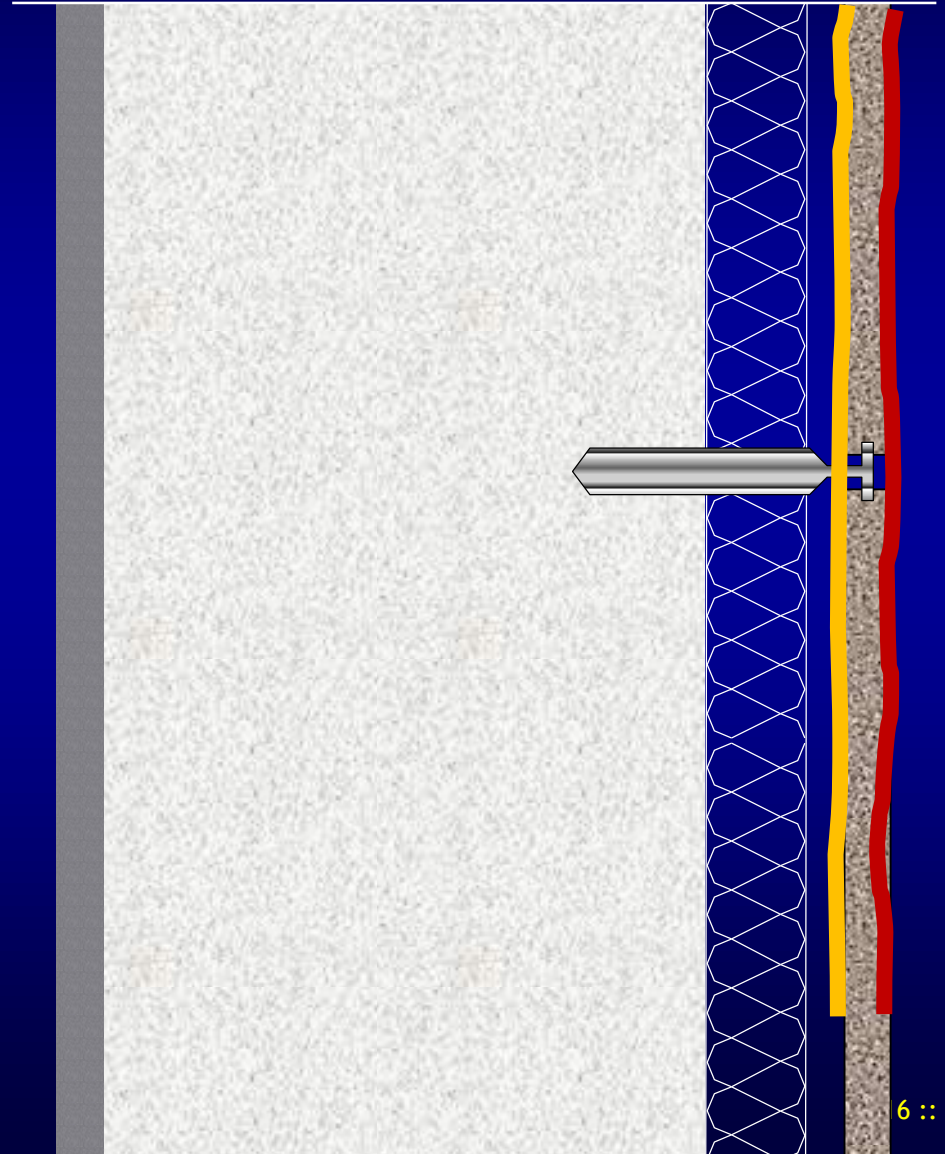
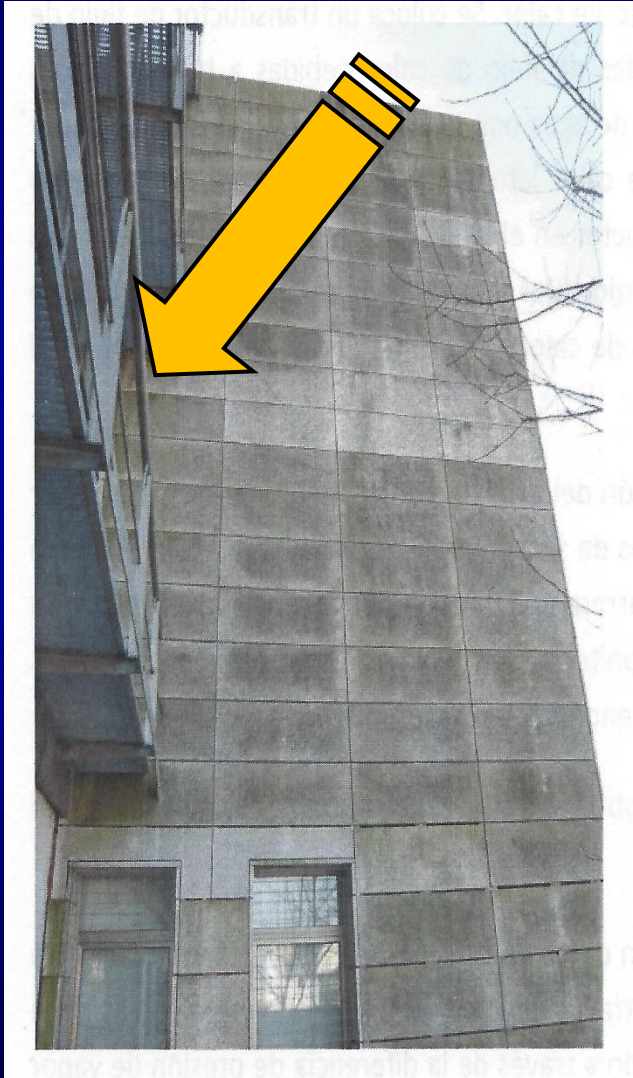
Revestimentos de fachada – PEDRA NATURAL
Determinação do coeficiente de absorção (A)

CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL REPELENTES DE ÁGUA

MATERIAL		C		CLASSIFICAÇÃO	
		kg/(m ² ·s ^{1/2})	g/(dm ² ·min ^{1/2})		
Tijolo	Sem repelente de água	0,0622	4,82	Forte Cap.	-
Calcário (Moca)	Sem repelente de água	0,0413	3,20	Fraca Cap.	-
	Com repelente de água	0,0311	2,41		-
Reboco	Sem hidrófugo	0,0226	1,75		-
Calcário (Moleanos)	Sem repelente de água	0,0176	1,36		-
Betão	Sem repelente de água	0,0176	1,36		-
Reboco	Com hidrófugo	0,0147	1,14		-
Calcário (Moleanos)	Com repelente de água	0,0125	0,97		-
Granito	Sem repelente de água	0,0114	0,88	Muito Fraca Capilaridade	-
Tijolo	Com repelente de água	0,0058	0,45		-
Ladrilhos cerâmicos		0,0049	0,38		-
Monomassa		0,0032	0,25		C1
Betão	Com repelente de água	0,0012	0,09		-
Granito	Com repelente de água	0,0004	0,03		-

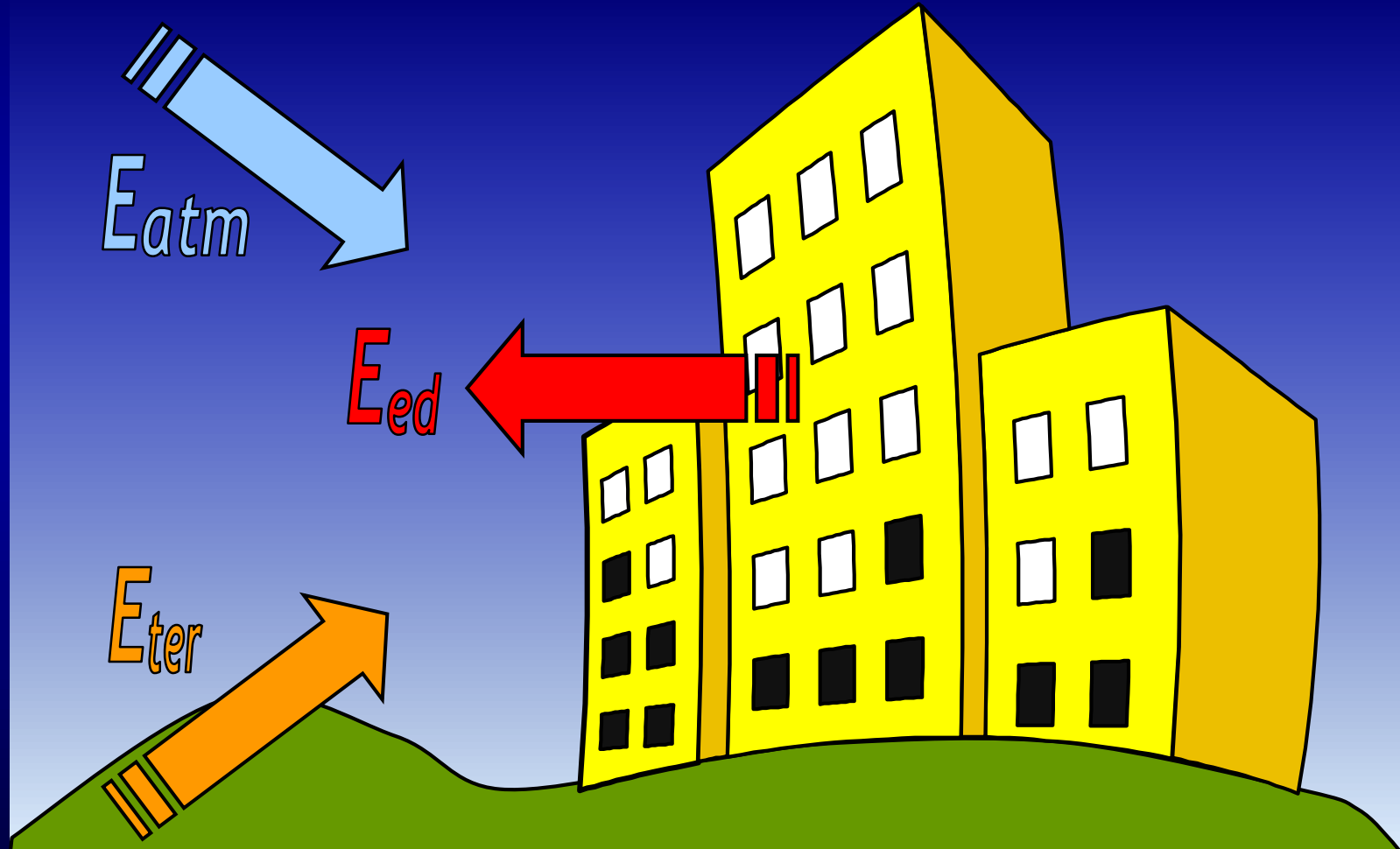
Revestimentos de fachada – Classificação

Riscos higrotérmicos



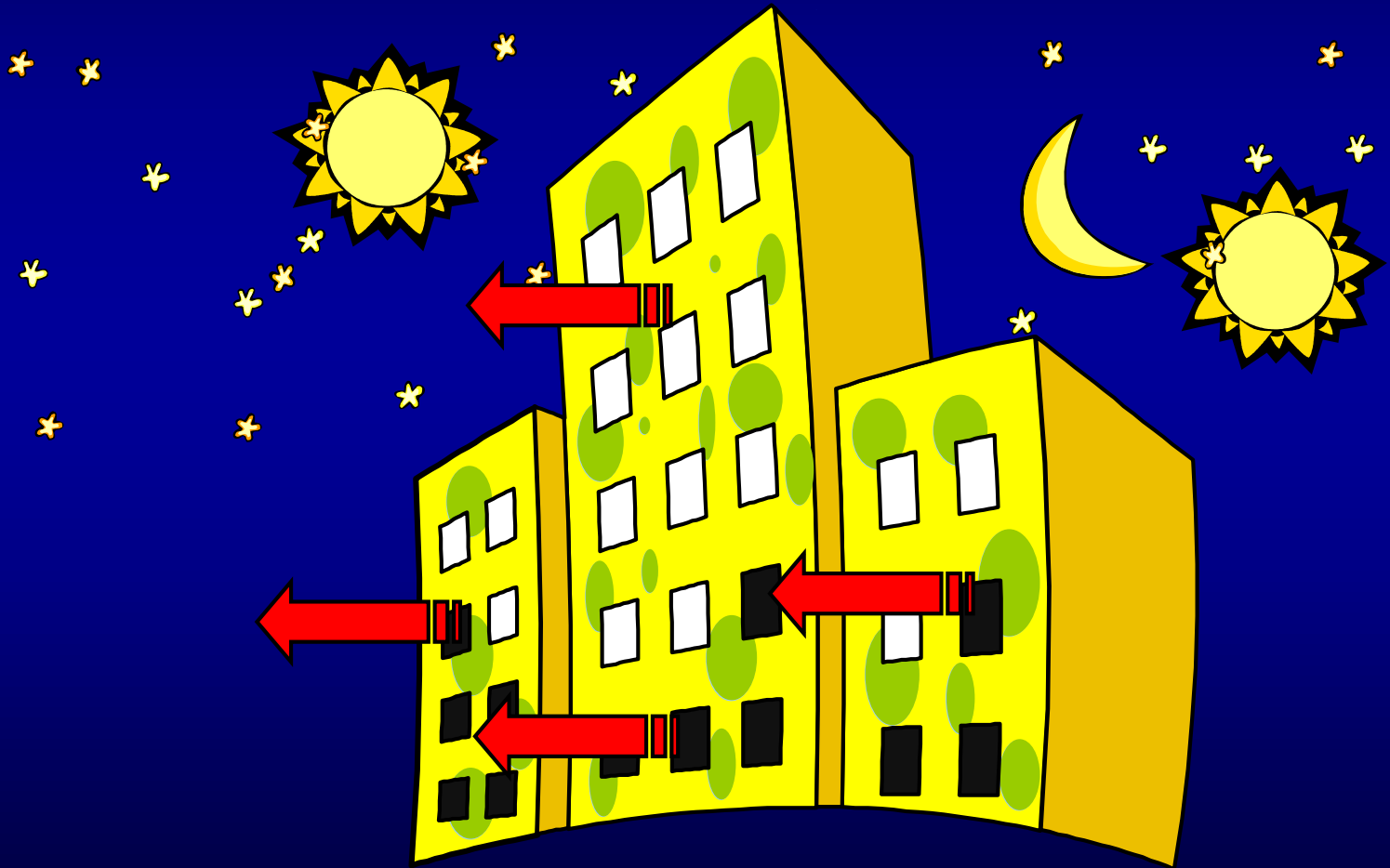
MANCHAS

Causas: Trocas de radiação de onda longa



Condensações externas

Causas: Trocas de radiação de onda longa



6.

Conclusões

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Conceção e dimensionamento

... projeto higrotérmico

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT

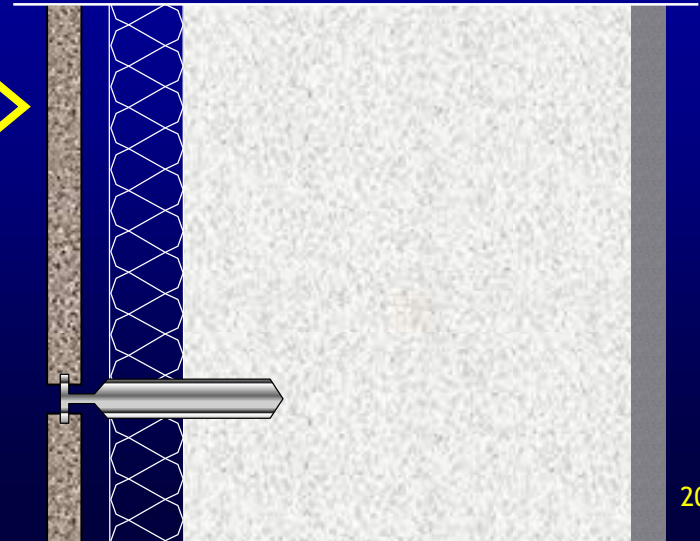
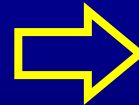
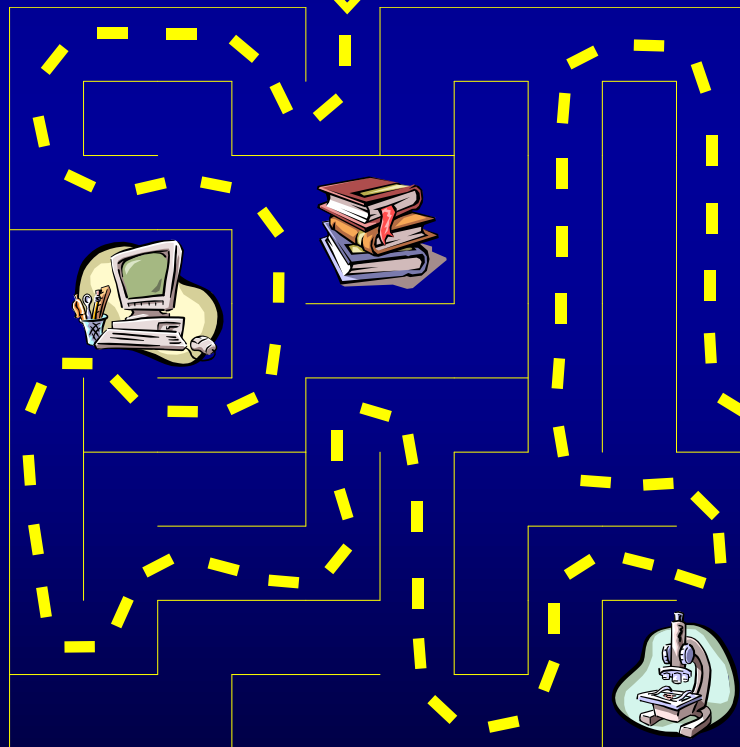
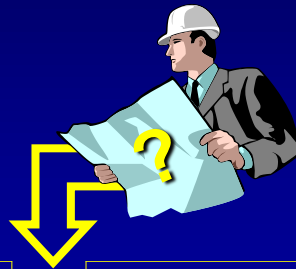


LFC

Especificação e pormenorização...



A inovação exige investigação



U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

A photograph of a forest landscape. In the foreground, a stone wall made of large, rounded, moss-covered rocks runs across the frame. The ground is covered with fallen brown leaves. Several trees with moss-covered trunks are visible, including a prominent one on the left and another on the right. The background shows a dense forest of trees with some green foliage and many bare branches.

Muito obrigado pela atenção dispensada..

Vasco Peixoto de Freitas
vpfreita@fe.up.pt
mail@vpfreitas.com