

MEDIDAS DE MELHORIA - EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EXISTENTES

VASCO PEIXOTO DE FREITAS
ANA GUIMARÃES
CLÁUDIA FERREIRA
SANDRO ALVES

Faculdade Engenharia Universidade do Porto
Laboratório de Física das Construções

CERTIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS EXISTENTES



MEDIDAS DE MELHORIA

4. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Sugestões de medidas de melhoria (implementação não obrigatória) (destacadas a negrito aquelas usadas no cálculo da nova classe energética)	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
1			
2			
3			
4			
n			

As medidas de melhoria acima referidas correspondem a sugestões do perito qualificado na sequência da análise que este realizou ao desempenho energético e da qualidade do ar interior do edifício ou fracção autónoma e não pretendem pôr em causa as opções e soluções adoptadas pelo(s) arquitecto(s), projectista(s) ou técnico(s) de obra.

Legendas	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
	 mais de 1000€ /ano	 mais de 5000€	 inferior a 5 anos
	 entre 500 e 999€ /ano	 entre 1000 e 4999€	 entre 5 e 10 anos
	 entre 100 e 499€ /ano	 entre 200 e 999€	 entre 10 e 15 anos
	 menos de 100€ /ano	 menos de 200€	 mais de 15 anos

SE FOREM CONCRETIZADAS TODAS AS MEDIDAS DESTACADAS NA LISTA, A CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA PODERÁ SUBIR PARA...

?

ELEMENTOS E SISTEMAS

- I. PAREDES EXTERIORES
- II. PONTES TÉRMICAS PLANAS
- III. COBERTURAS
- IV. PAVIMENTOS
- V. ELEMENTOS DA ENVOLVENTE INTERIOR
- VI. VÃOS ENVIDRAÇADOS
- VII. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL E MECÂNICA
- VIII. SISTEMAS CONVENCIONAIS DE PRODUÇÃO DE AQS
- IX. SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR
- X. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

SUMÁRIO

1. Tipificação das Soluções Construtivas e sua Importância Energética
2. Recomendações/ Níveis de Qualidade
3. Metodologias de Intervenção
4. Avaliação Energética e Técnico-Económica
5. Preocupações Complementares
6. Exemplo

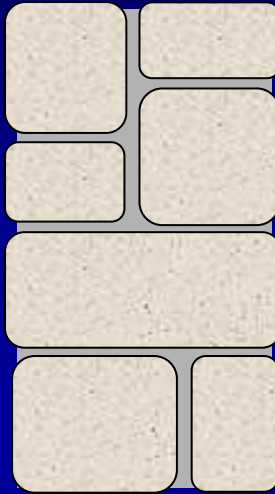
I

PAREDES EXTERIORES

1) Tipificação das Soluções Construtivas

Parede de
pedra

PE1



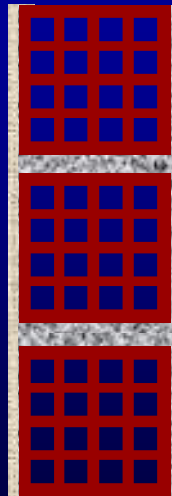
Parede de
tabique

PE2



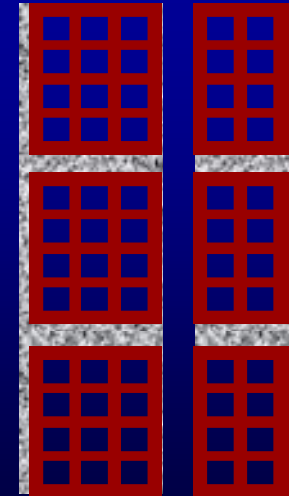
Parede simples
de alvenaria de
tijolo

PE3



Paredes dupla
de alvenaria de
tijolo

PE4



1) Tipificação das Soluções Construtivas

Parede de
taipa/adobe

PE5



Parede de
blocos de
betão celular
autoclavado

PE6



1) Importância Energética

	PE1 - Parede simples de pedra			PE2 - Parede simples de tijolo furado (0,20 a 0,24 m)			PE3 - Parede dupla de tijolo furado (0,11 + 0,15 m)		
Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)	2,9			1,3			0,96		
Zona Climática	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃
Graus - Dias	1190	1610	2850	1190	1610	2850	1190	1610	2850
Custo da energia (€/kWh)	0,10								
Custo da energia (€/m ²)	8	11	20	4	5	9	3	4	7

Nota: I₁ - Lisboa
I₂ - Porto
I₃ - Bragança

$$Q_{ext} = 0,024 \times U \times A \times GD$$

$$C_{total} = Q_{ext} * C_i$$

1) Importância Energética

	Parede simples de pedra			Parede simples de tijolo furado (0,20 a 0,24 m)			Parede dupla de tijolo furado (0,11 + 0,15 m)		
Zona Climática	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃
Área de Parede = 10 m ²	83	112	198	37	50	89	27	37	66
Área de Parede = 20 m ²	166	224	397	74	100	178	55	74	131
Área de Parede = 50 m ²	414	560	992	186	251	445	137	185	328
Área de Parede = 100 m ²	828	1121	1984	371	502	889	274	371	657

Nota: I₁ - Lisboa
I₂ - Porto
I₃ - Bragança

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Coeficiente de Transmissão Térmico MÁXIMO

I_1	I_2	I_3
$U_{\max}$ [W/(m ² .C)]		
1,80	1,60	1,45

Coeficiente de Transmissão Térmico de REFERÊNCIA

I_1	I_2	I_3	RA
U_{ref} [W/(m ² .C)]			
0,70	0,60	0,50	1,4

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Níveis de Qualidade

Nível de Qualidade	Limites de U
N0	$U > U_{ref}$
N1	$U = U_{ref}$
N2	$U = 0,75 \cdot U_{ref}$
N3	$U = 0,6 \cdot U_{ref}$
N4	$U = 0,5 \cdot U_{ref}$

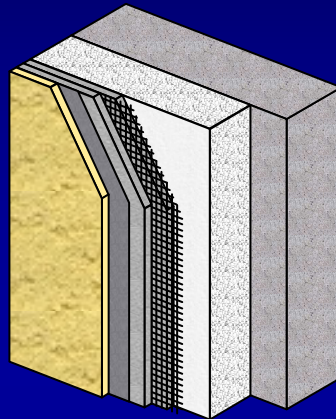
Nível de Qualidade	I_1	I_2	I_3	RA
	$U_{ref} [W/(m^2.C)]$			
N1	0,70	0,60	0,50	1,4
N2	0,53	0,45	0,38	1,05
N3	0,42	0,36	0,30	0,84
N4	0,35	0,30	0,25	0,70

3) Metodologias de Intervenção

ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

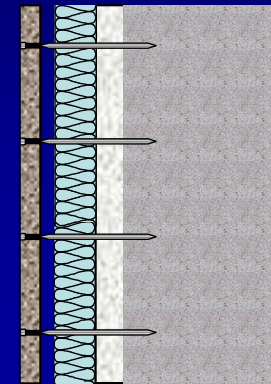
ETICS

PE.S1



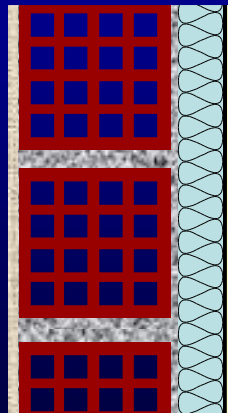
FACHADA VENTILADA

PE.S2



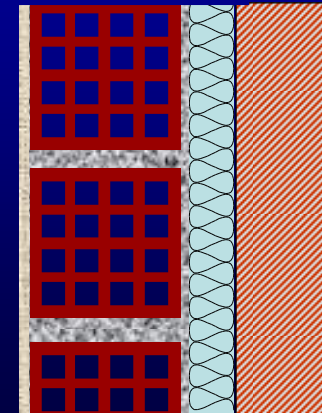
ISOLAMENTO TÉRMICO PELO INTERIOR

PE.S3



ISOLAMENTO TÉRMICO - FORRA PESADA

PE.S4



3) Metodologias de Intervenção

	PE.S1	PE.S2	PE.S3	PE.S4
PE1 - Paredes de pedra	+++	+++	+	++
PE2 - Paredes de tabique	+++	+++	+	++
PE3 - Parede simples de alvenaria de tijolo	+++	+++	+	++
PE4 - Parede dupla de alvenaria de tijolo	+++	+++	+	++
PE5 – Parede de taipa ou adobe	+++	+++	+	++
PE6 – Parede de blocos de betão celular autoclavado	+++	+++	+	++

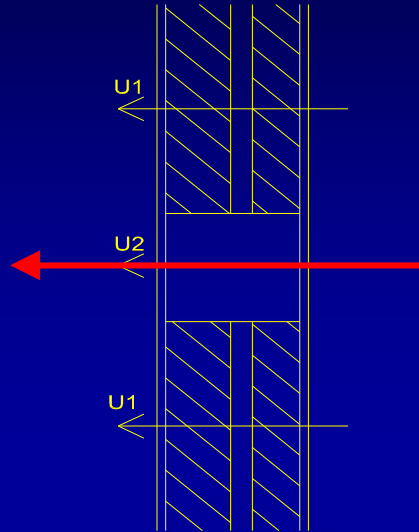
Nota: (+++) Muito adequado do ponto de vista energético
 (++) Adequado do ponto de vista energético
 (+) Aceitável do ponto de vista energético

II

PONTES TÉRMICAS PLANAS

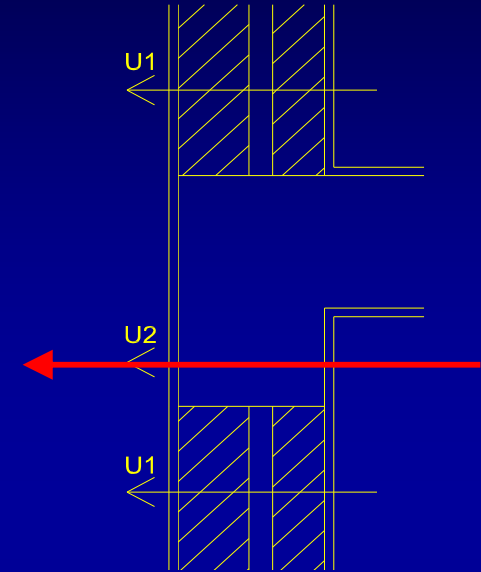
1) Tipificação das Soluções Construtivas

PTP1



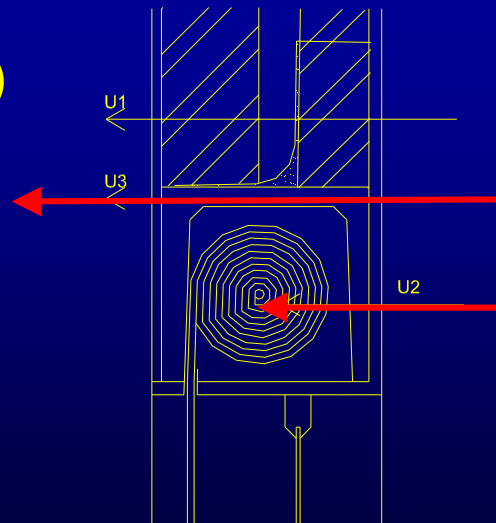
Pilar
Intermédio

PTP2



Talão de
Viga

PTP3



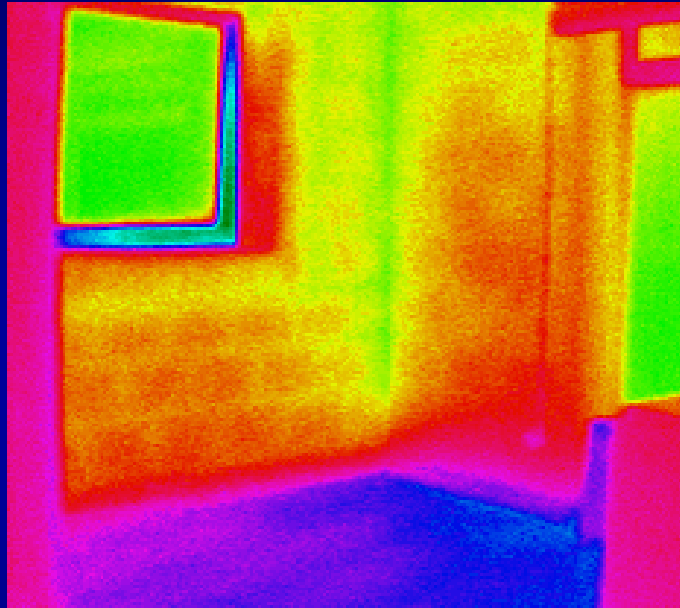
Caixa de
Estore

Outras

PTP4

Qualquer heterogeneidade que
possa ser medida pelo interior.

1) Patologia - Durabilidade - Conforto



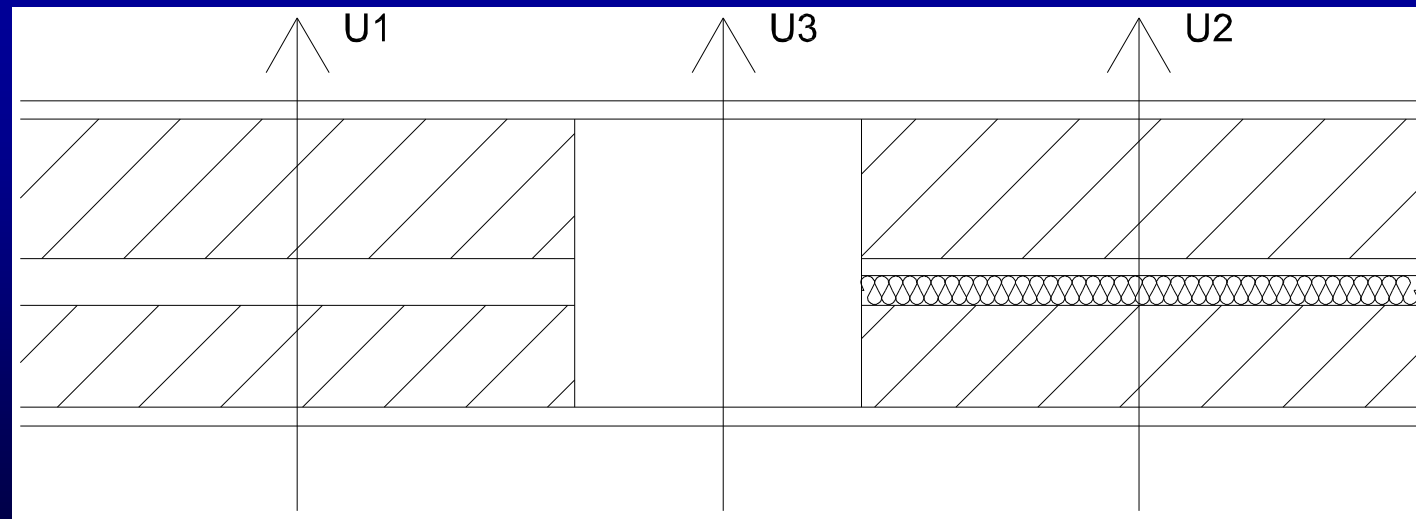
CONDENSAÇÕES SUPERFICIAIS

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

$$U_3 \leq 2 \times U_1$$

$$U_3 \leq 2 \times U_2$$

$$U_3 \leq U_{\max}$$

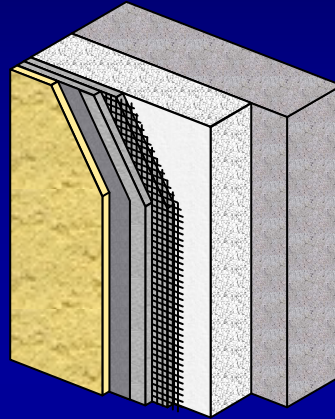


3) Metodologias de Intervenção

ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

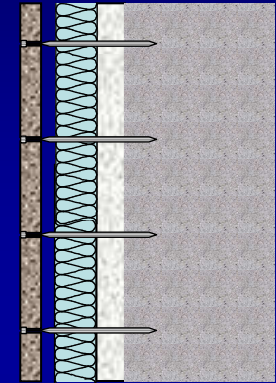
ETICS

PTP.S1



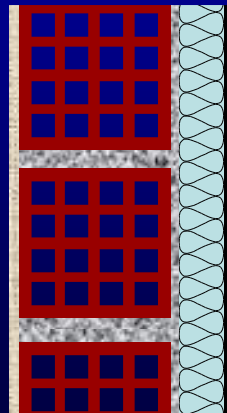
FACHADA VENTILADA

PTP.S2



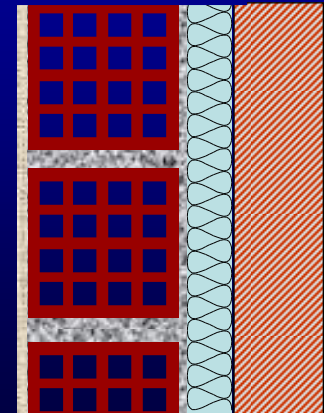
ISOLAMENTO TÉRMICO PELO INTERIOR

PTP.S3



ISOLAMENTO TÉRMICO - FORRA PESADA

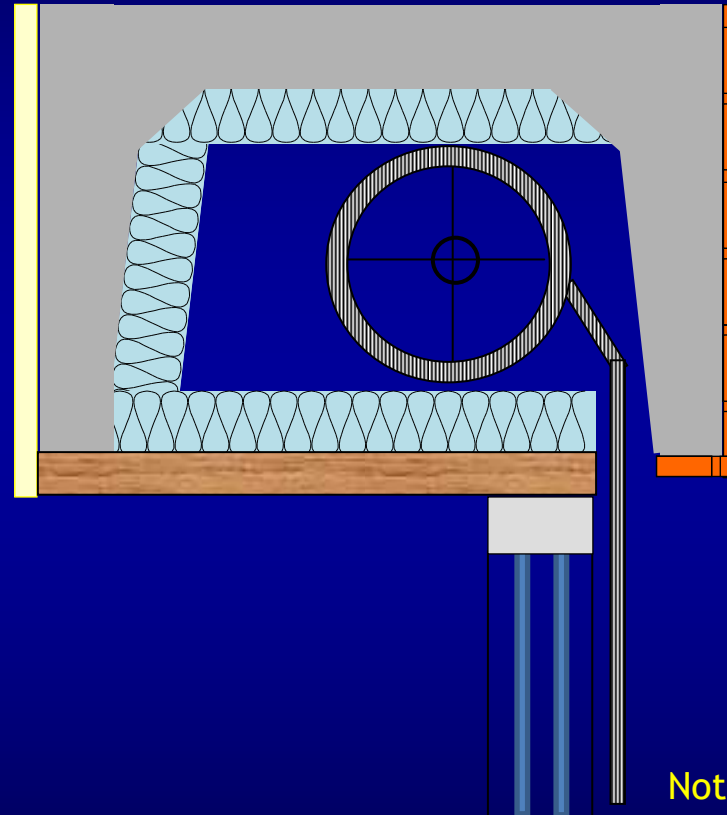
PTP.S4



3) Metodologias de Intervenção

CAIXA DE ESTORE

PTP.S5



Nota: O material do isolamento térmico não pode ser plástico alveolar (resistência ao fogo)

3) Metodologias de Intervenção

	PTP.S1	PTP.S2	PTP.S3	PTP.S4	PTP.S5
PTP1 – Pilar Intermédio	+++	+++	+	++	X
PTP2 – Talão de Viga	+++	+++	+	++	X
PTP3 – Caixa de Estore	+	+	+	+	+

Nota: (+++) Muito adequado do ponto de vista energético
 (++) Adequado do ponto de vista energético
 (+) Aceitável do ponto de vista energético / condensações
 (X) Não aplicável

III

COBERTURAS

1) Tipificação das Soluções Construtivas

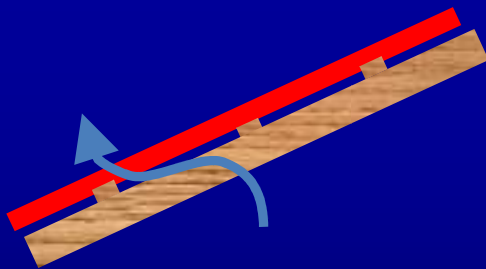


1) Tipificação das Soluções Construtivas

C1 - Cobertura inclinada fortemente ventilada

C2 - Cobertura inclinada sobre espaço ocupado

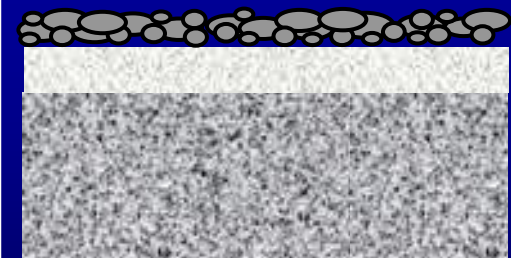
C3 - Cobertura horizontal



C1



C2

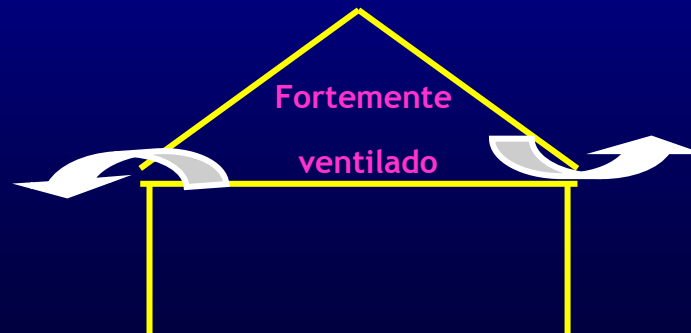


C3

1) Importância Energética

C1 - Cobertura inclinada fortemente ventilada	Maciça			Aligeirada cerâmica			Leve		
Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)	3,4			2,8			3,8		
Zona Climática	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃
Graus - Dias	1190	1610	2850	1190	1610	2850	1190	1610	2850
Custo da energia (€/kWh)	0,10								
Custo da energia (€/m ²)	10	13	23	8	11	19	11	15	26

Nota: I₁ - Lisboa
I₂ - Porto
I₃ - Bragança



1) Importância Energética

C2 - Cobertura inclinada sobre espaço ocupado	Maciça			Aligeirada cerâmica			Leve		
Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)	3,4			2,8			3,8		
Zona Climática	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃
Graus - Dias	1190	1610	2850	1190	1610	2850	1190	1610	2850
Custo da energia (€/kWh)	0,10								
Custo da energia (€/m ²)	10	13	23	8	11	19	11	15	26

Nota: I₁ - Lisboa
I₂ - Porto
I₃ - Bragança

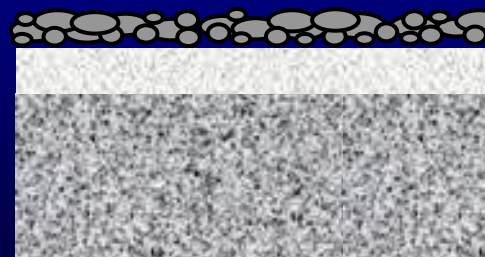


1) Importância Energética

C3 - Cobertura Horizontal	Maciça			Aligeirada Cerâmica		
Coefficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)	2,6 *			2,3 *		
Zona Climática	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃
Graus - Dias	1190	1610	2850	1190	1610	2850
Custo da energia (€/kWh)	0,10					
Custo da energia (€/m ²)	8	10	18	7	9	16

* Sem camada de betão leve

Nota: I₁ - Lisboa
I₂ - Porto
I₃ - Bragança



2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Coeficiente de Transmissão Térmico MÁXIMO

I_1	I_2	I_3
$U_{\max} [W/(m^2.C)]$		
1,25	1,00	0,90

Coeficiente de Transmissão Térmico de REFERÊNCIA

I_1	I_2	I_3	RA
$U_{\text{ref}} [W/(m^2.C)]$			
0,50	0,45	0,40	0,80

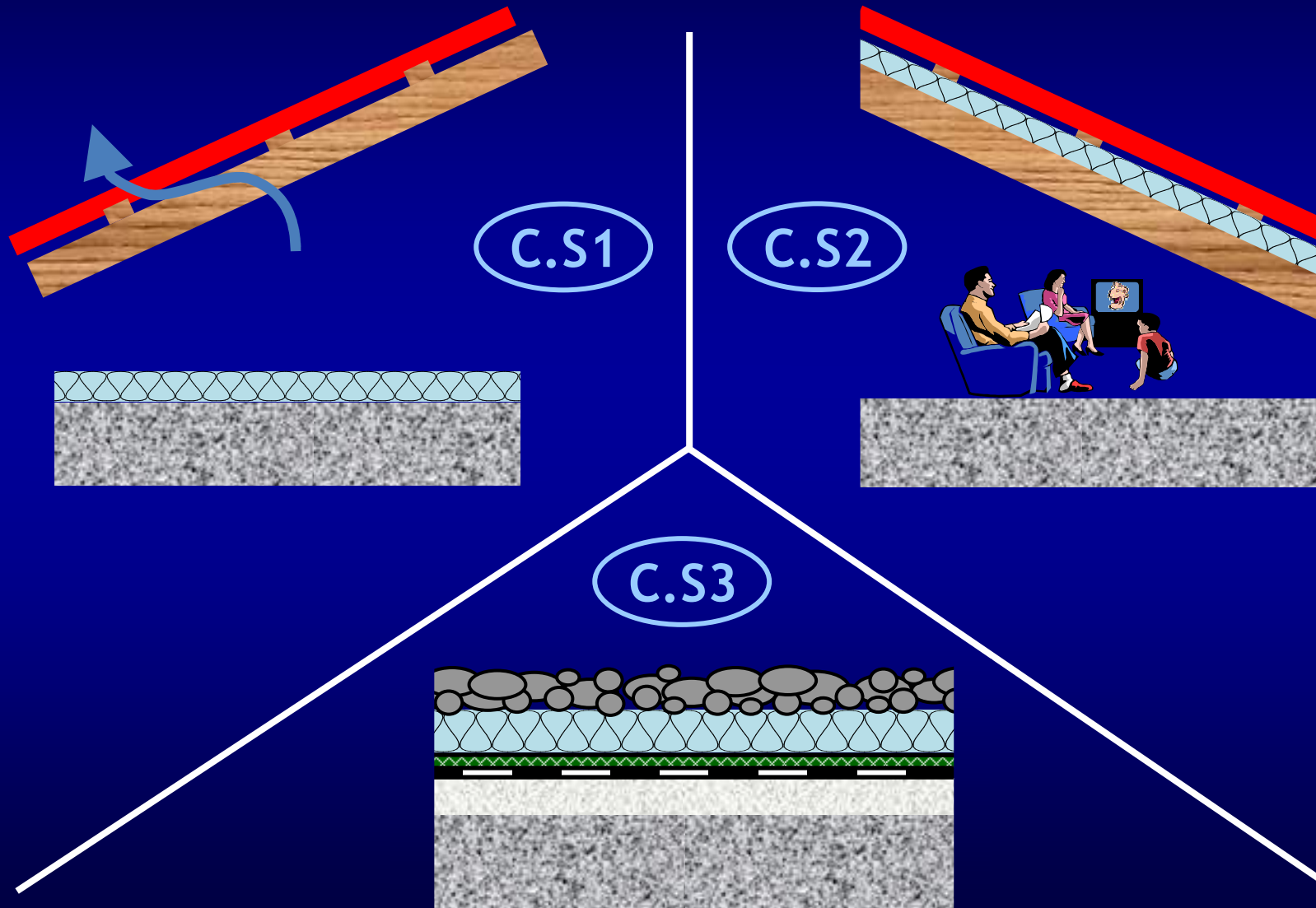
2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Níveis de Qualidade

Nível de Qualidade	Limites de U
N0	$U > U_{ref}$
N1	$U = U_{ref}$
N2	$U = 0,75 \cdot U_{ref}$
N3	$U = 0,60 \cdot U_{ref}$
N4	$U = 0,50 \cdot U_{ref}$

Nível de Qualidade	I_1	I_2	I_3	RA
	$U_{ref} [W/(m^2 \cdot C)]$			
N1	0,50	0,45	0,40	0,80
N2	0,38	0,34	0,30	0,60
N3	0,30	0,27	0,24	0,48
N4	0,25	0,23	0,20	0,40

3) Metodologias de Intervenção



3) Metodologias de Intervenção

	C.S1	C.S2	C.S3
C1 - Cobertura inclinada fortemente ventilada	+++	X	X
C2 - Cobertura inclinada sobre espaço ocupado	X	+++	X
C3 - Cobertura horizontal	X	X	+++

Nota: (+++) Muito adequado do ponto de vista energético
 (++) Adequado do ponto de vista energético
 (+) Aceitável do ponto de vista energético
 (x) Não aplicável

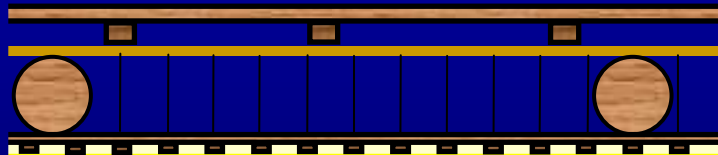
IV

PAVIMENTOS

1) Tipificação das Soluções Construtivas

PAV1 - Pavimentos ligeiros

PAV2 - Pavimentos pesados



PAV1



PAV2

1) Importância Energética

Pavimento exterior	PAV1 - Ligeiro			PAV2 - Pesado		
Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)	2,0			3,1		
Zona Climática	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃
Graus - Dias	1190	1610	2850	1190	1610	2850
Custo da energia (€/kWh)	0,10					
Custo da energia (€/m ²)	6	8	14	9	12	21

Nota: I₁ - Lisboa
I₂ - Porto
I₃ - Bragança

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Coeficiente de Transmissão Térmico MÁXIMO

I_1	I_2	I_3
$U_{\max}$ [W/(m ² .C)]		
1,25	1,00	0,90

Coeficiente de Transmissão Térmico de REFERÊNCIA

I_1	I_2	I_3	RA
U_{ref} [W/(m ² .C)]			
0,50	0,45	0,40	0,80

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

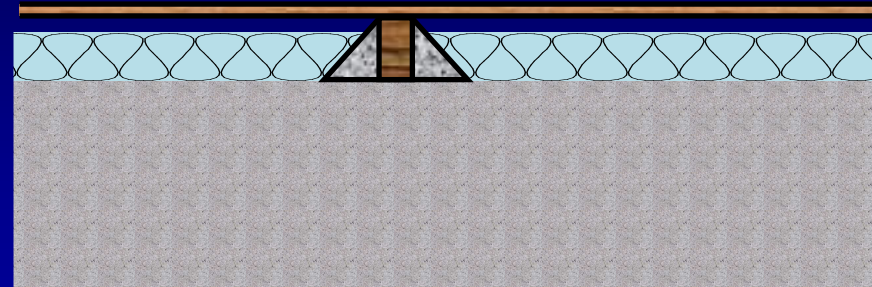
Níveis de Qualidade

Nível de Qualidade	Limites de U
N0	$U > U_{ref}$
N1	$U = U_{ref}$
N2	$U = 0,75 \cdot U_{ref}$
N3	$U = 0,60 \cdot U_{ref}$
N4	$U = 0,50 \cdot U_{ref}$

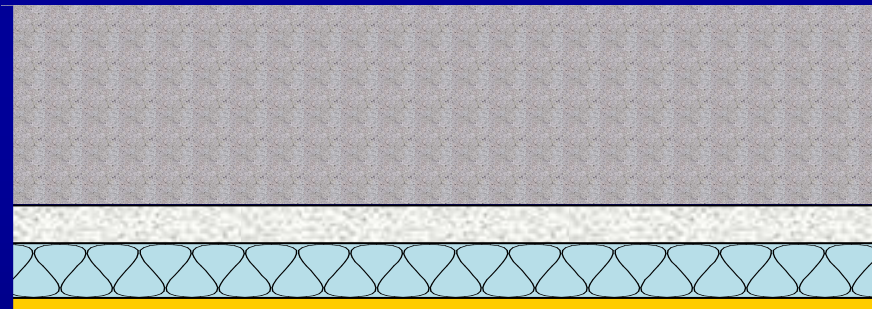
Nível de Qualidade	I_1	I_2	I_3	RA
	$U_{ref} [W/(m^2 \cdot C)]$			
N1	0,50	0,45	0,40	0,80
N2	0,38	0,34	0,30	0,60
N3	0,30	0,27	0,24	0,48
N4	0,25	0,23	0,20	0,40

3) Metodologias de Intervenção

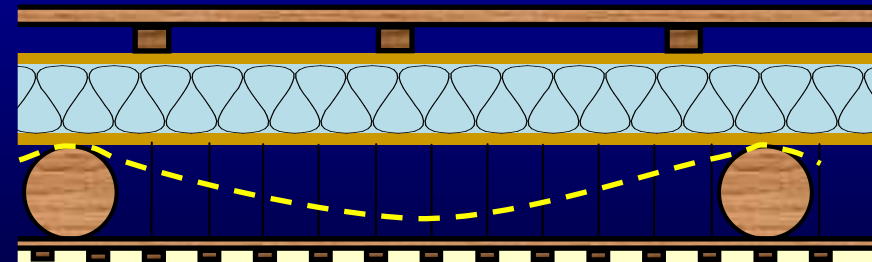
PAV.S1



PAV.S2



PAV.S3



3) Metodologias de Intervenção

	PAV.S1	PAV.S2	PAV.S3
PAV1 - Pavimento ligeiro	x	x	+++
PAV2 - Pavimento pesado	++	+++	x

Nota: (+++) Muito adequado do ponto de vista energético
 (++) Adequado do ponto de vista energético
 (+) Aceitável do ponto de vista energético
 (x) Não aplicável

V

ELEMENTOS DA ENVOLVENTE INTERIOR

1) Tipificação das Soluções Construtivas

- Paredes

PE1 - Parede de Pedra

PE2 - Parede de Tabique

PE3 - Parede simples de alvenaria de tijolo

PE4 - Parede dupla de alvenaria de tijolo

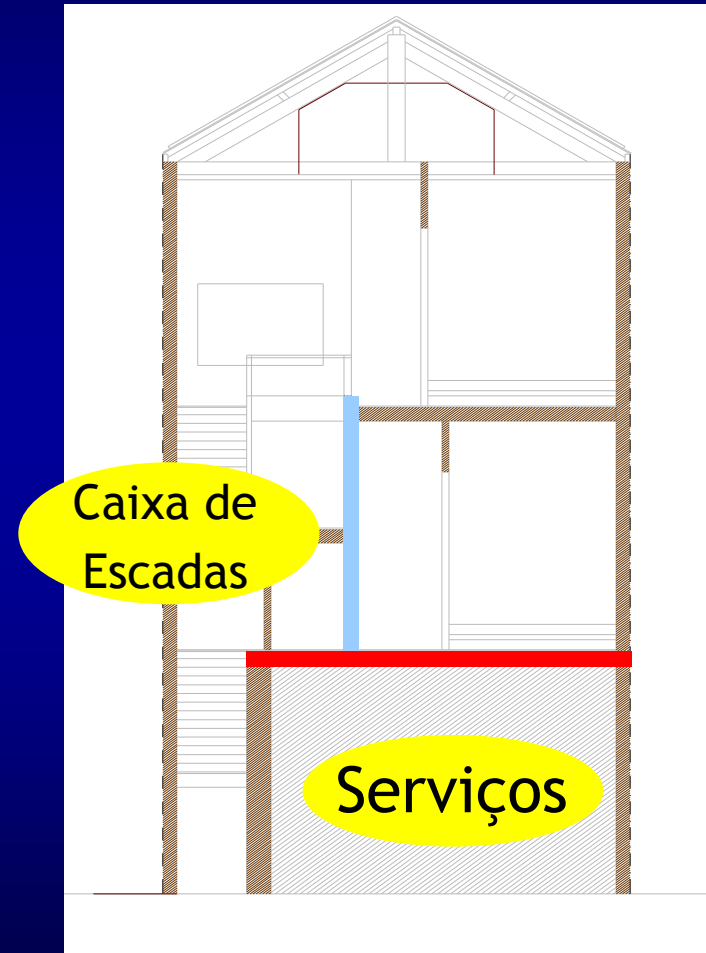
PE5 - Parede de taipa/adobe

PE6 - Blocos de betão celular autoclavado

- Pavimentos

Pav1 - Pavimentos ligeiros

Pav2 - Pavimentos pesados



1) Importância Energética

$\tau > 0,7$	Envolvente Exterior
$0,7 \geq \tau \geq 0,3$	
$\tau < 0,3$	Não são necessárias medidas de melhoria

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Coeficiente de Transmissão Térmico MÁXIMO

Elemento da envolvente opaca	Zona Climática		
	I_1	I_2	I_3
	$U_{\max} [W/(m^2 \cdot C)]$		
Vertical Interior	2,00	2,00	1,90
Horizontal Interior	1,65	1,30	1,20

Coeficiente de Transmissão Térmico de REFERÊNCIA

Elemento da envolvente opaca	Zona Climática			
	I_1	I_2	I_3	$RA (I_1)^*$
	$U_{ref} [W/(m^2 \cdot C)]$			
Vertical Interior	1,40	1,20	1,00	2,00
Horizontal Interior	1,00	0,90	0,80	1,25
* Apenas para edifícios situados na zona I_1 das regiões autónomas				

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Níveis de Qualidade - Envolvente Vertical Interior

Nível de Qualidade	Limites de U
N0	$U > U_{ref}$
N1	$U = U_{ref}$
N2	$U = 0,75 \cdot U_{ref}$
N3	$U = 0,6 \cdot U_{ref}$
N4	$U = 0,5 \cdot U_{ref}$

Nível de Qualidade	I_1	I_2	I_3	RA (I_1)*
	$U_{ref} [W/(m^2.C)]$			
N1	1,40	1,20	1,00	2,00
N2	1,05	0,90	0,75	1,5
N3	0,84	0,72	0,60	1,20
N4	0,70	0,60	0,50	1,00
* Apenas para edifícios situados na zona I_1 das regiões autónomas				

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

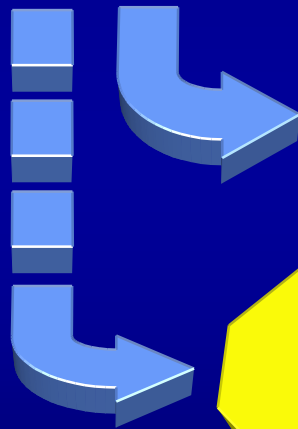
Níveis de Qualidade - Envolvente Horizontal Interior

Nível de Qualidade	Limites de U
N0	$U > U_{ref}$
N1	$U = U_{ref}$
N2	$U = 0,75 \cdot U_{ref}$
N3	$U = 0,6 \cdot U_{ref}$
N4	$U = 0,5 \cdot U_{ref}$

Nível de Qualidade	I_1	I_2	I_3	RA (I_1)*
	$U_{ref} [W/(m^2.C)]$			
N1	1,00	0,90	0,80	1,25
N2	0,75	0,68	0,60	0,94
N3	0,60	0,54	0,48	0,75
N4	0,50	0,45	0,40	0,63
* Apenas para edifícios situados na zona I_1 das regiões autónomas				

3) Metodologias de Intervenção

TECNOLOGIAS APLICÁVEIS A:



PAREDES EXTERIORES



PAVIMENTOS



VI

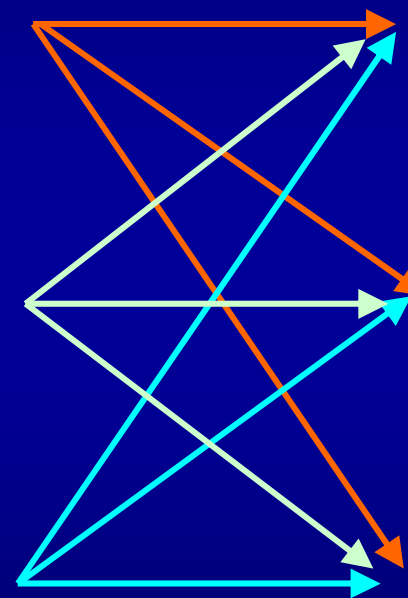
VÃOS ENVIDRAÇADOS

1) Tipificação das Soluções Construtivas

CAIXILHARIA DE
MADEIRA

CAIXILHARIA
METÁLICA

CAIXILHARIA DE
PLÁSTICO



SEM PROTECÇÃO

COM PROTECÇÃO
EXTERIOR

COM PROTECÇÃO
INTERIOR

1) Tipificação das Soluções Construtivas

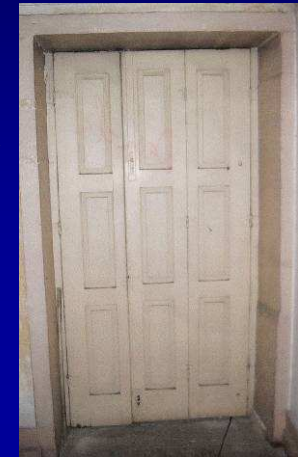
Caixilharia de
Madeira sem
protecção

VE1



Caixilharia de
Madeira com
protecção interior

VE3



Caixilharia de
Madeira com
protecção exterior

VE2



1) Tipificação das Soluções Construtivas

Caixilharia
Metálica sem
protecção

VE4



Caixilharia
Metálica com
protecção
exterior

VE5



Caixilharia Metálica
com protecção
interior

VE6



3) Tipificação das Soluções Construtivas

Caixilharia de
Plástico sem
protecção

VE7



Caixilharia de
Plástico com
protecção
interior

VE9



Caixilharia de
Plástico com
protecção exterior

VE8



1) Importância Energética

	Caixilharia de Madeira						Caixilharia Metálica						Caixilharia de Plástico					
	s/ protecção			c/ protecção			s/ protecção			c/ protecção			s/ protecção			c/ protecção		
Coefficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)	4,3			3,7			5,0			4,3			4,1			3,6		
Zona Climática	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃
Custo da energia (€/kWh)	0,10																	
Custo Unitário (€/m ²)	12	17	29	11	14	25	14	19	34	12	17	29	12	16	28	10	14	25

Nota: I₁ - Lisboa GD = 1190
I₂ - Porto GD = 1610
I₃ - Bragança GD = 2850

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Coeficiente de Transmissão Térmico REFERÊNCIA

I_1	I_2	I_3	RA
$U_{ref} [W/(m^2.C)]$			
4,30	3,30	3,30	4,30

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Níveis de Qualidade

Nível de Qualidade	Critério U	U (W/m ² °C)		
		I ₁	I ₂	I ₃
N0	$U > U_{\text{ref}}$	$U > 4,3$	$U > 3,3$	$U > 3,3$
N1	$U = U_{\text{ref}}$	$U = 4,3$	$U = 3,3$	$U = 3,3$
N2	$U = 0,75 \cdot U_{\text{ref}}$	$U = 3,2$	$U = 2,5$	$U = 2,5$
N3	$U = 0,6 \cdot U_{\text{ref}}$	$U = 2,6$	$U = 2,0$	$U = 2,0$

2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Factor Solar MÁXIMO

Classe de Inércia Térmica	Zona Climática		
	V ₁	V ₂	V ₃
Fraca	0,15	0,15	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Factor Solar de REFERÊNCIA

Zona Climática		
V ₁	V ₂	V ₃
0,25	0,20	0,15

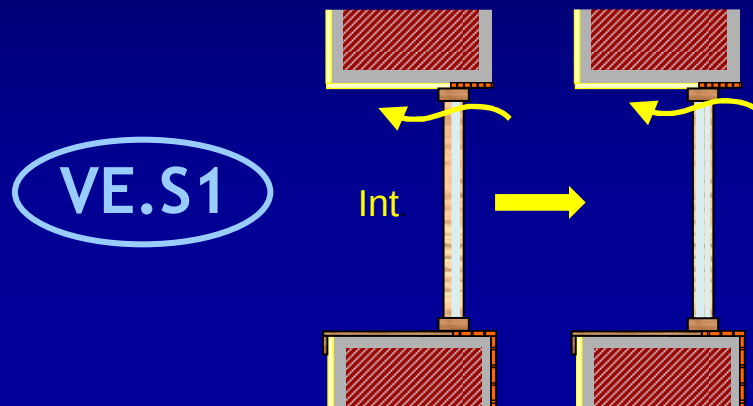
2) Recomendações/ Níveis de Qualidade

Níveis de Qualidade

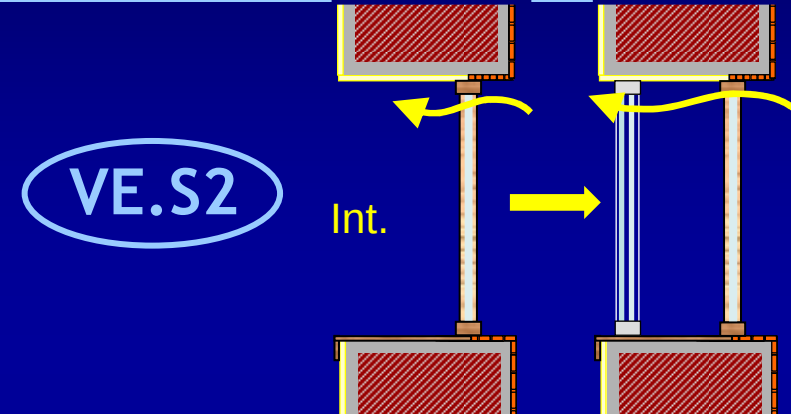
Nível de Qualidade	Critério $g_{\square}$
N0	$g_{\square} > 0,56$
N1	$0,25 \leq g_{\square} \leq 0,56$
N2	$0,10 \leq g_{\square} \leq 0,25$
N3	$g_{\square} \leq 0,10$

3) Metodologias de Intervenção

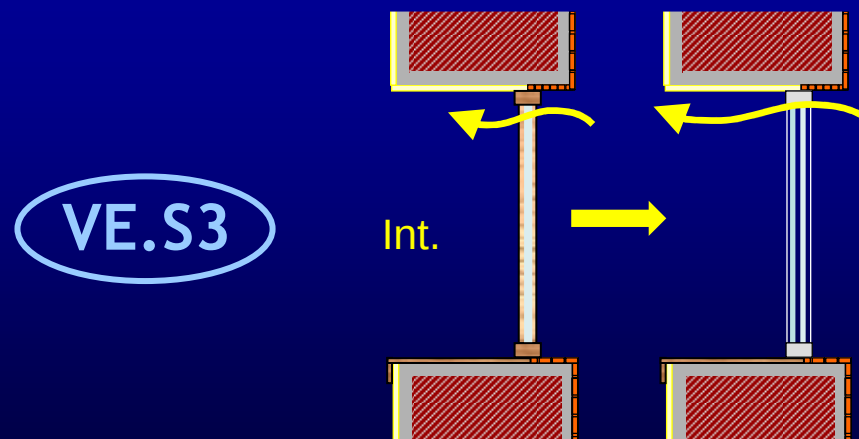
CONSERVAR CAIXILHARIA EXISTENTE
SUBSTITUINDO O VIDRO



INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA
CAIXILHARIA INTERIOR



SUBSTITUIR A CAIXILHARIA EXISTENTE POR UMA NOVA CAIXILHARIA



3) Metodologias de Intervenção

	VE.S1	VE.S2	VE.S3
Caixilharia de Madeira sem protecção	++	+++	+++
Caixilharia de Madeira com protecção exterior	++	+++	+++
Caixilharia de Madeira com protecção interior	++	+++	+++
Caixilharia Metálica sem protecção	++	+++	+++
Caixilharia Metálica com protecção exterior	++	+++	+++
Caixilharia Metálica com protecção interior	++	+++	+++
Caixilharia de Plástico sem protecção	++	+++	+++
Caixilharia de Plástico com protecção exterior	++	+++	+++
Caixilharia de Plástico com protecção interior	++	+++	+++

Nota: (+++) Muito adequado do ponto de vista energético
 (++) Adequado do ponto de vista energético
 (+) Aceitável do ponto de vista energético

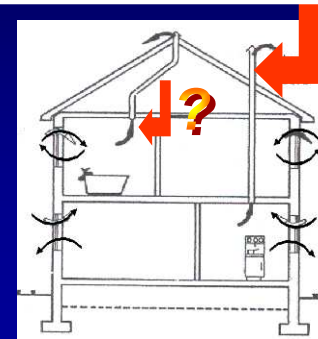
VII

SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NATURAL E MECÂNICA

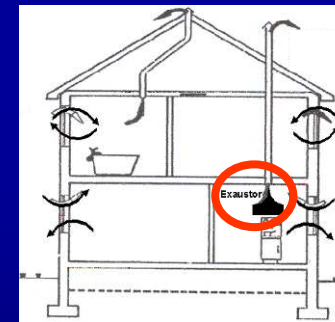
1) Tipificação das Soluções Construtivas

Evolução dos sistemas de ventilação em edifícios

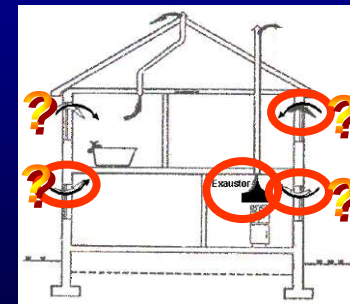
VENTILAÇÃO NATURAL
Até aos anos 60



VENTILAÇÃO MISTA
A partir dos anos 70



VENTILAÇÃO MISTA
Actualmente



1) Importância Energética

As perdas por ventilação são responsáveis por 30% a 50%, do total das necessidades de aquecimento do edifício



- Atenção à Qualidade do Ar Interior

2) Recomendações

1. Taxa de renovação nominal $\geq 0,6$ RPH
2. Velocidades não muito elevadas
3. Ventilação geral e permanente



3) Metodologias de Intervenção

Ventilação Natural

Aberturas de admissão de ar auto-reguláveis

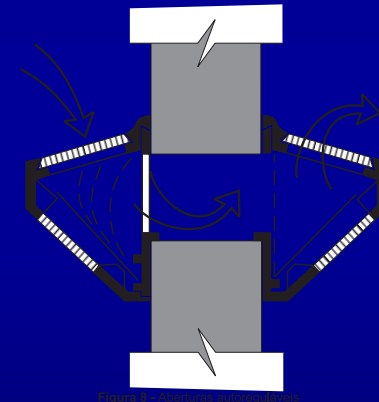
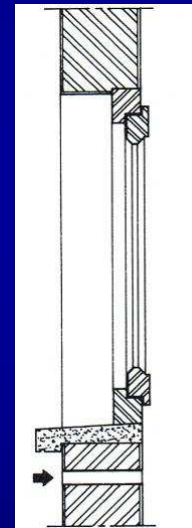
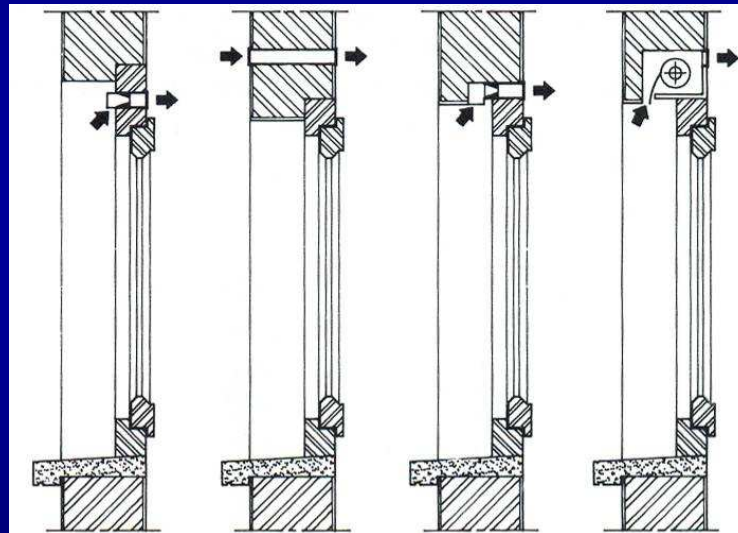
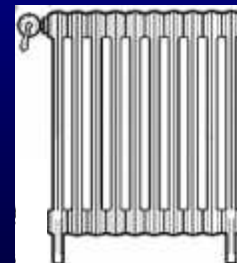


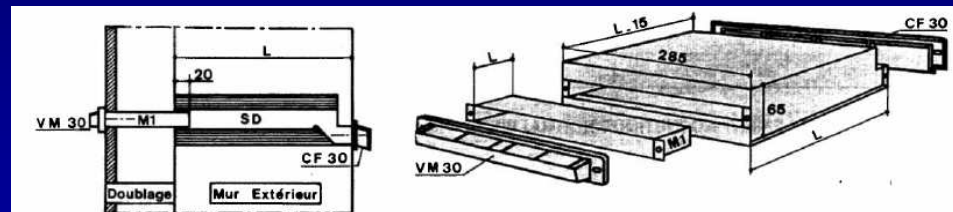
Figura 3 - Ventilação natural



3) Metodologias de Intervenção

Ventilação Natural

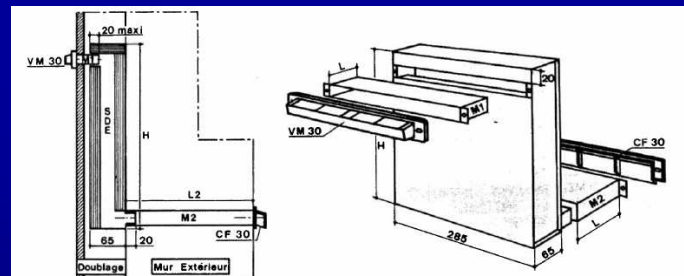
Grelha de admissão de ar aplicada na parede



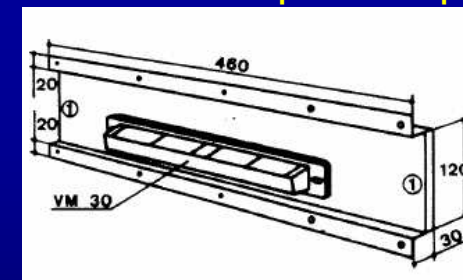
Admissão:

Na fachada de cada compartimento principal (quartos e salas): dispositivos auto-reguláveis (grelhas).

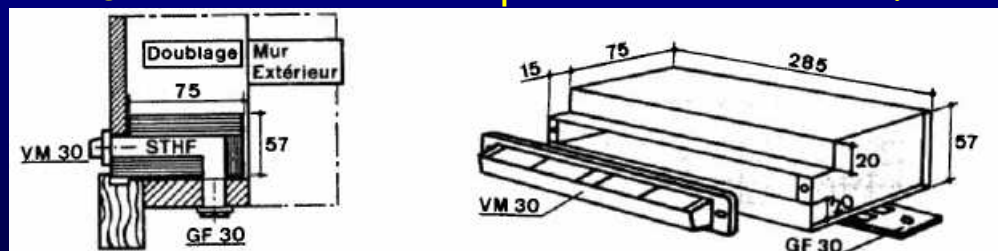
Grelha de admissão de ar aplicada na parede com isolamento acústico reforçado



Grelha de admissão de ar aplicada na padieira



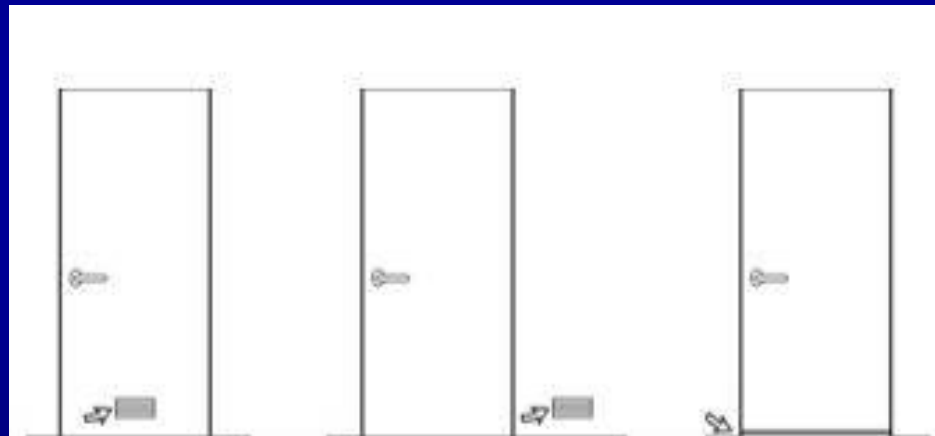
Grelha de admissão de ar aplicada na caixa de estore.



3) Metodologias de Intervenção

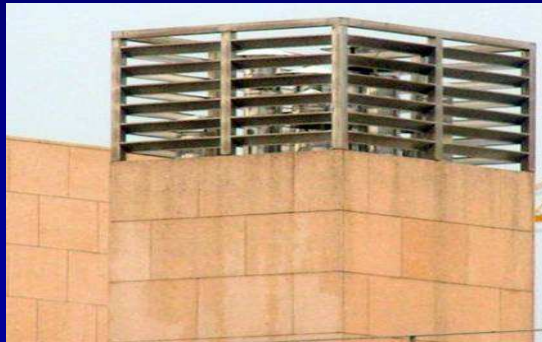
Ventilação Natural

Dispositivos de passagem de ar:
Folgas, ou grelhas inseridas nas portas, ou aberturas junto às portas.



3) Metodologias de Intervenção

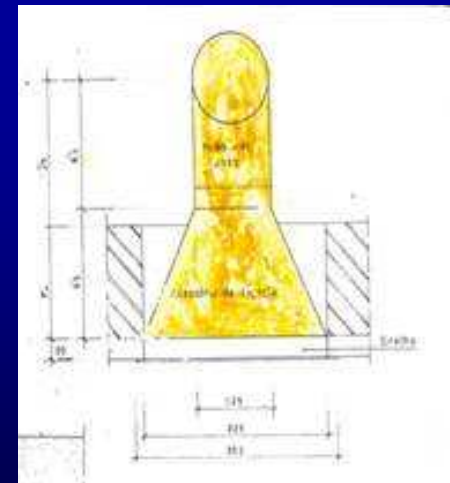
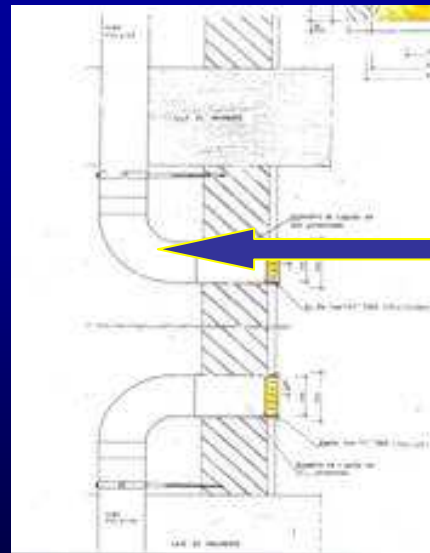
Ventilação Natural



Dispositivos de extracção de ar - instalações sanitárias e despensas

VENTILADOR ESTÁTICO

Dispositivos de extracção de ar - transição entre o tubo e a grelha



3) Metodologias de Intervenção

Ventilação Natural



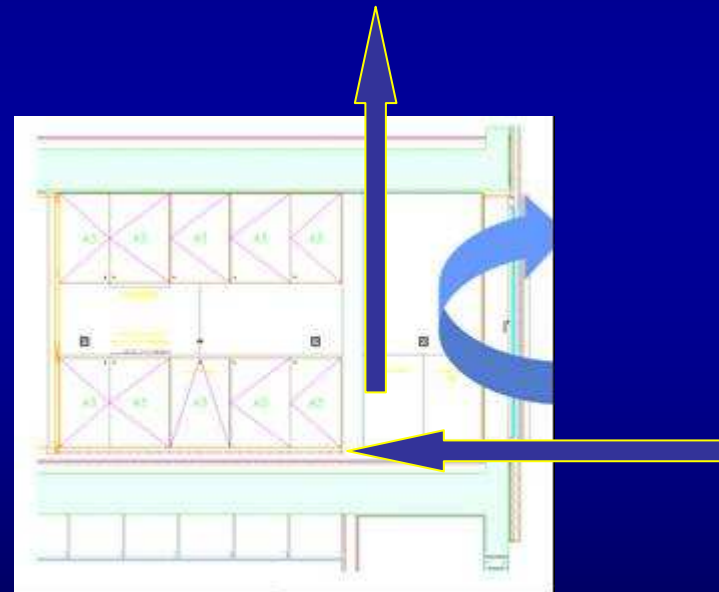
Dispositivos de extracção de ar - cozinhas:

- Ventilador de velocidade variável,
- Caudal mínimo constante de 60 m³/h;
- Caudal máximo função da tipologia da habitação

3) Metodologias de Intervenção

Ventilação Natural

Preferencialmente os aparelhos de combustão para produção de água quente sanitária e aquecimento central deveriam ser instalados num local exterior ao espaço aquecido



3) Metodologias de Intervenção

Ventilação Mecânica

- **Extracção (Compartimentos de Serviço)**
- **Permutador de calor**

VIII

SISTEMAS CONVENCIONAIS DE PRODUÇÃO DE AQS

1) Tipificação das Soluções Construtivas



**TERMO ACUMULADOR
ELÉCTRICO**

AQS1

**TERMOACUMULADOR
A GÁS**

AQS2



**CALDEIRA
MURAL**

**COMBUSTÍVEL GASOSO
COMBUSTÍVEL LIQUIDO**

AQS3

**ESQUENTADOR
A GÁS**

AQS4



1) Importância Energética

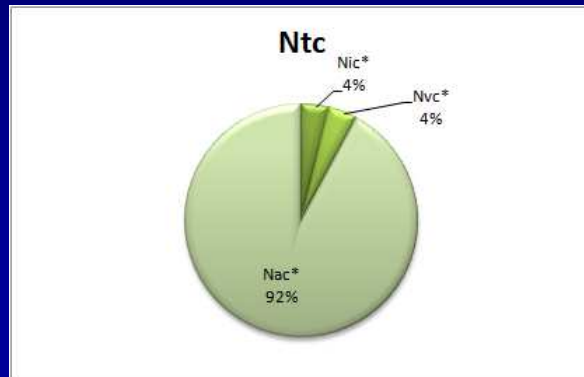
$$N_{ac} = \left(\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren} \right) / A_p$$

Sistemas Convencionais de Produção de AQS		Eficiência de Conversão η_a
Termoacumulador eléctrico	com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,95
	com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,90
	com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,80
Termoacumulador a gás	com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,80
	com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,75
	com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,70
Caldeira mural com acumulação	com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,87
	com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,82
	com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,65
Esquentador a gás		0,50

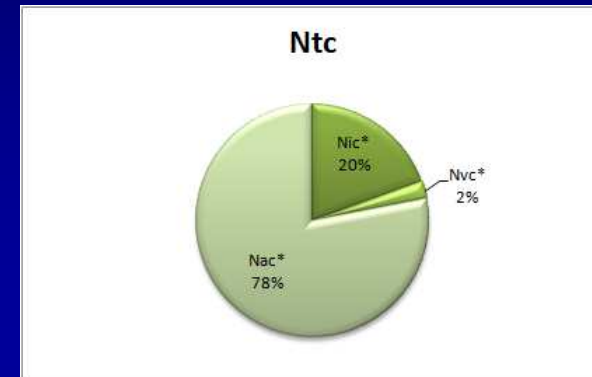
1) Importância Energética

APARTAMENTOS

Mínimo

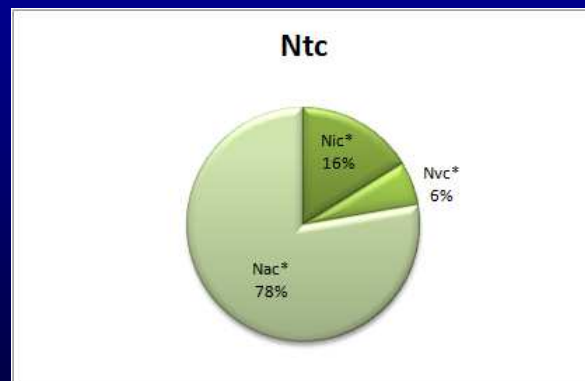


Máximo

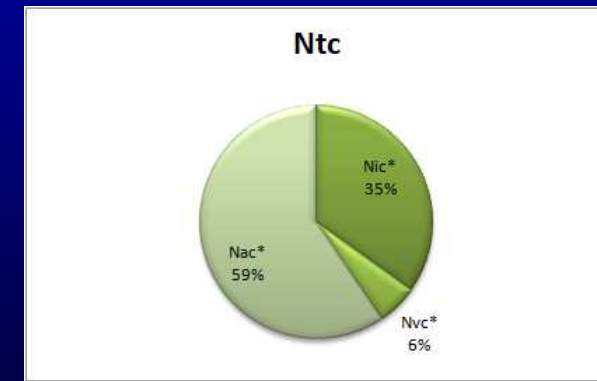


MORADIAS

Mínimo



Máximo



3) Metodologias de Intervenção

MELHORAR A EFICIÊNCIA DO SISTEMA

AUMENTO DA ESPESSURA DE ISOLAMENTO TÉRMICO

AQS.S1

SUBSTITUIR O SISTEMA POR OUTRO MAIS EFICIENTE

EQUIPAMENTO
MAIS
EFICIENTE

AQS.S2

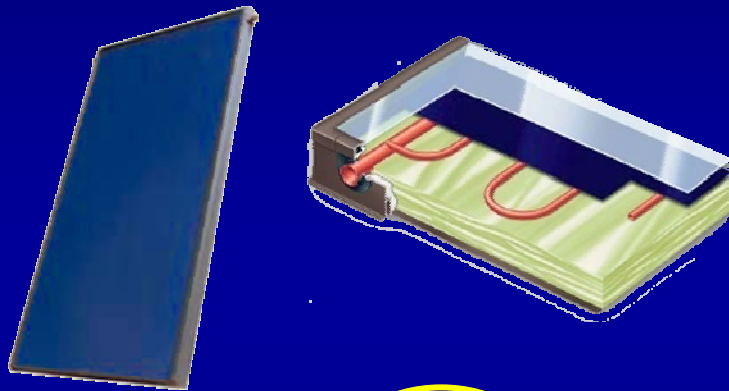
MAIOR ESPESSURA DE
ISOLAMENTO TÉRMICO

IX

SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR

1) Tipificação das Soluções Construtivas

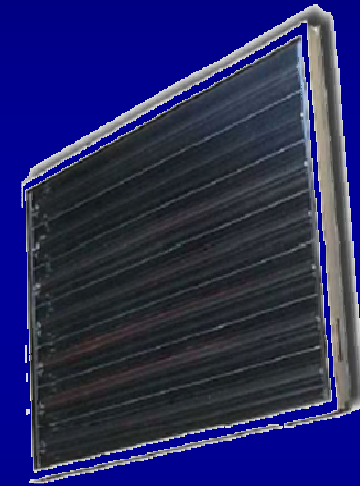
Colector plano



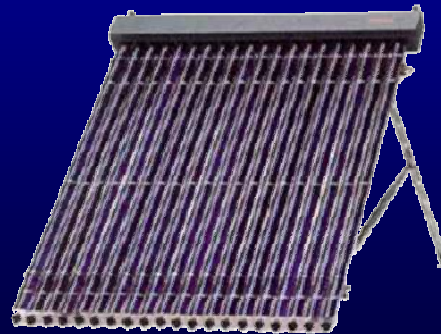
CS1

Colector do tipo CPC

(Concentrador Parabólico)



CS2



CS3

Colector de tubo de vácuo

1) Importância Energética

$$N_{ac} = \left(\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren} \right) / A_p$$

E _{solar} (kWh/m ² de coletor)	
Mínimo	0
Máximo *	567 ?

* Produtividade máxima de 1 m² de coletor no Porto em função da inclinação, fracção solar e consumo de AQS

2) Recomendações

1 m² por ocupante convencional previsto

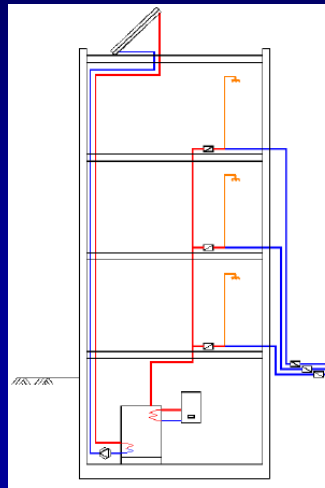
Contribuição calculada utilizando o
programa SOLTERM do INETI

Colectores certificados

3) Metodologias de Intervenção

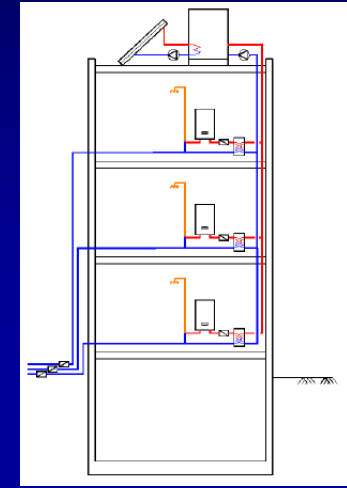
Sistema
colectivo
totalmente
centralizado

CS.S1



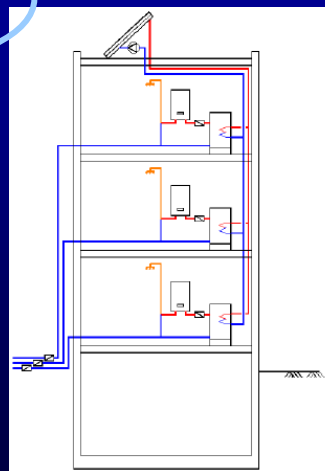
Sistema
colectivo com
apoio
individual

CS.S2



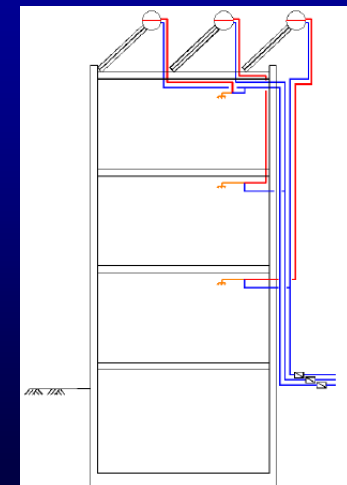
Sistema
colectivo com
apoio e
depósito de
acumulação
individualizado

CS.S3



Sistema
individual

CS.S4



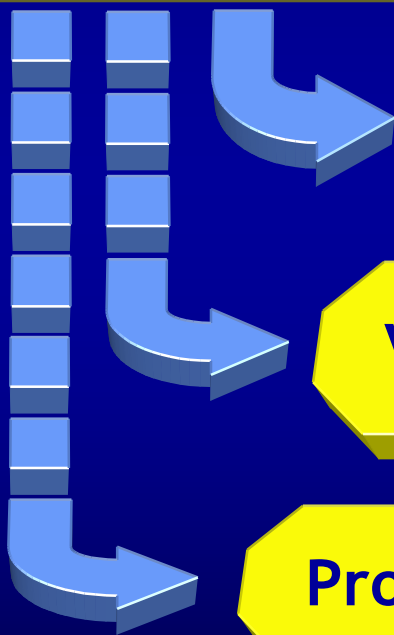
Fonte: Marco Miranda

X

SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Recomendações

É possível conforto
sem sistemas de climatização?



Inércia Térmica

Ventilação nocturna

Protecção Solar

4

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E TÉCNICO-ECONÓMICA

Avaliação Energética e Técnico-Económica

$$C_g = C_0 + C_{exp}$$

C_g - Custo Global

C_0 - Custo Inicial

C_{exp} - Custo de Exploração

CUSTO GLOBAL

Avaliação Energética e Técnico-Económica

Custo Inicial (C_0)

Tipo de Solução

€€

€€€€€

$\Delta U \leftrightarrow \Delta €$

Avaliação Energética e Técnico-Económica



Avaliação Energética e Técnico-Económica



Avaliação Energética e Técnico-Económica

$$C_{e,n} = C_{e,0} \cdot (1 + \alpha')^n$$

$C_{e,0}$ - Custo actual da Energia [€/kWh]

α' - Taxa de variação do custo da energia

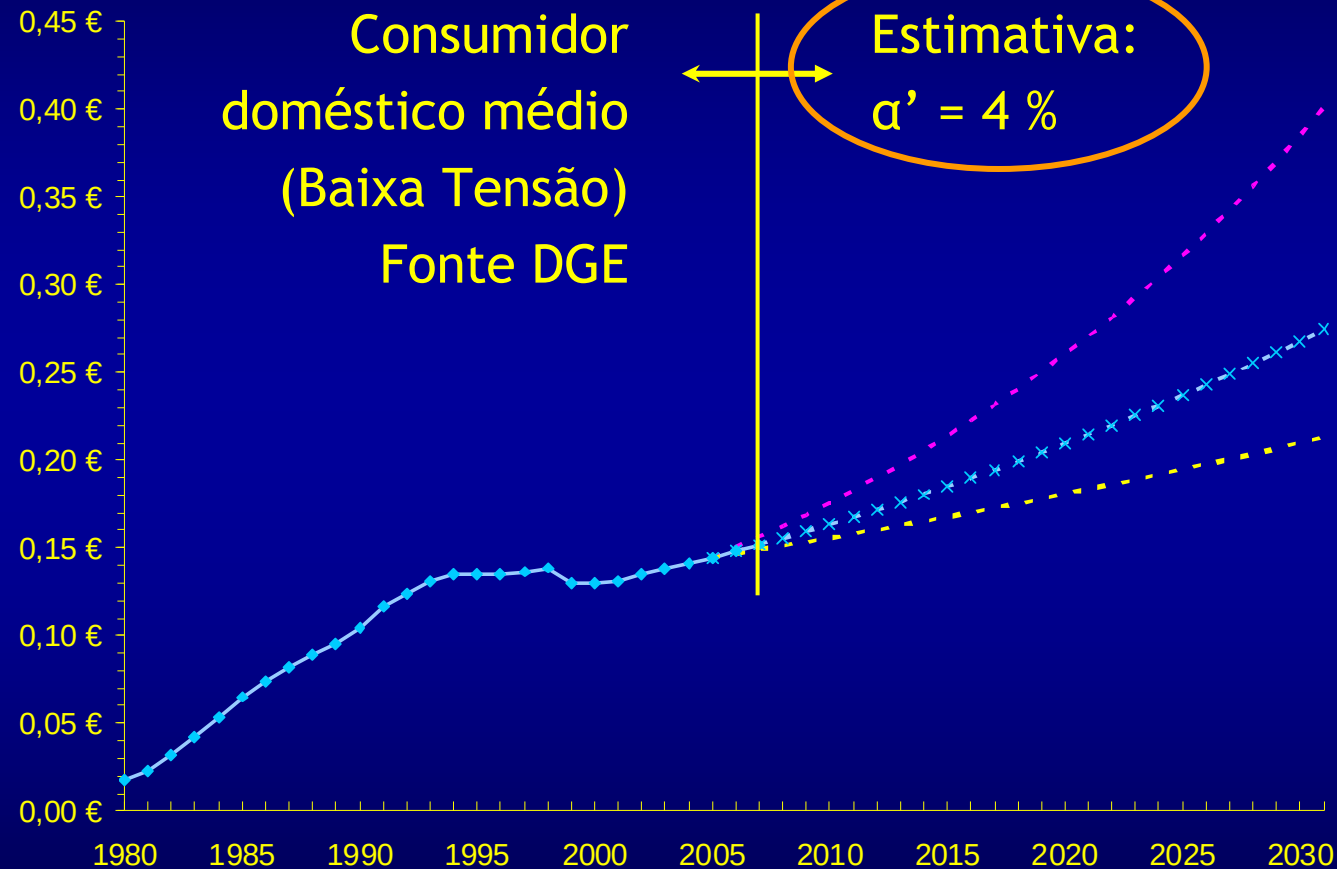
?

n - Ano n

NOTA: Considerando aquecimento contínuo com sistemas eléctricos de eficiência 100 %

CUSTO DA ENERGIA ELÉCTRICA

Avaliação Energética e Técnico-Económica



CUSTO DA ENERGIA ELÉCTRICA

Avaliação Energética e Técnico-Económica

$$C_{\text{exp},n} = (Q \cdot C_{e,n}) / (1 + \alpha)^n$$

Q - Perdas de Energia [kWh]

$C_{e,n}$ - Custo da Energia no ano n [€/kWh]

α - Taxa de Capitalização

n - Ano n

?

Avaliação Energética e Técnico-Económica

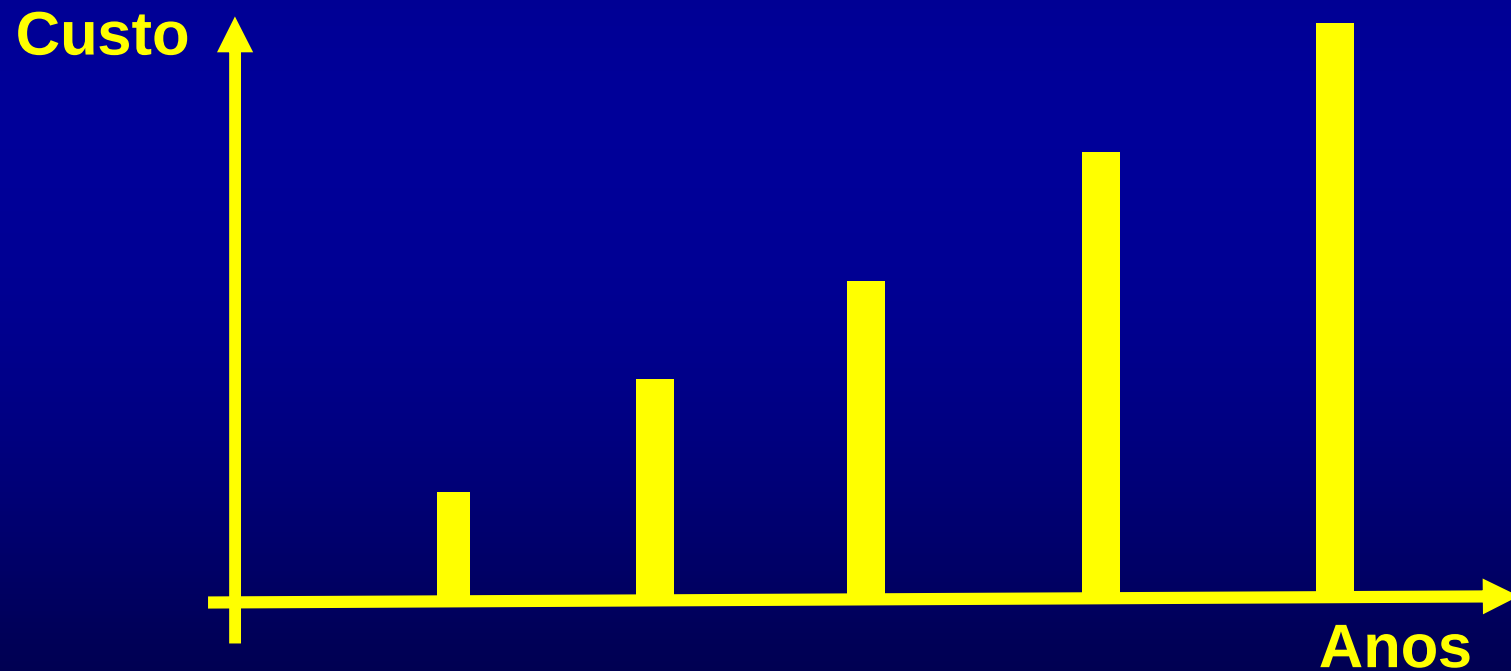


Fonte: Banco de Portugal

TAXA DE CAPITALIZAÇÃO

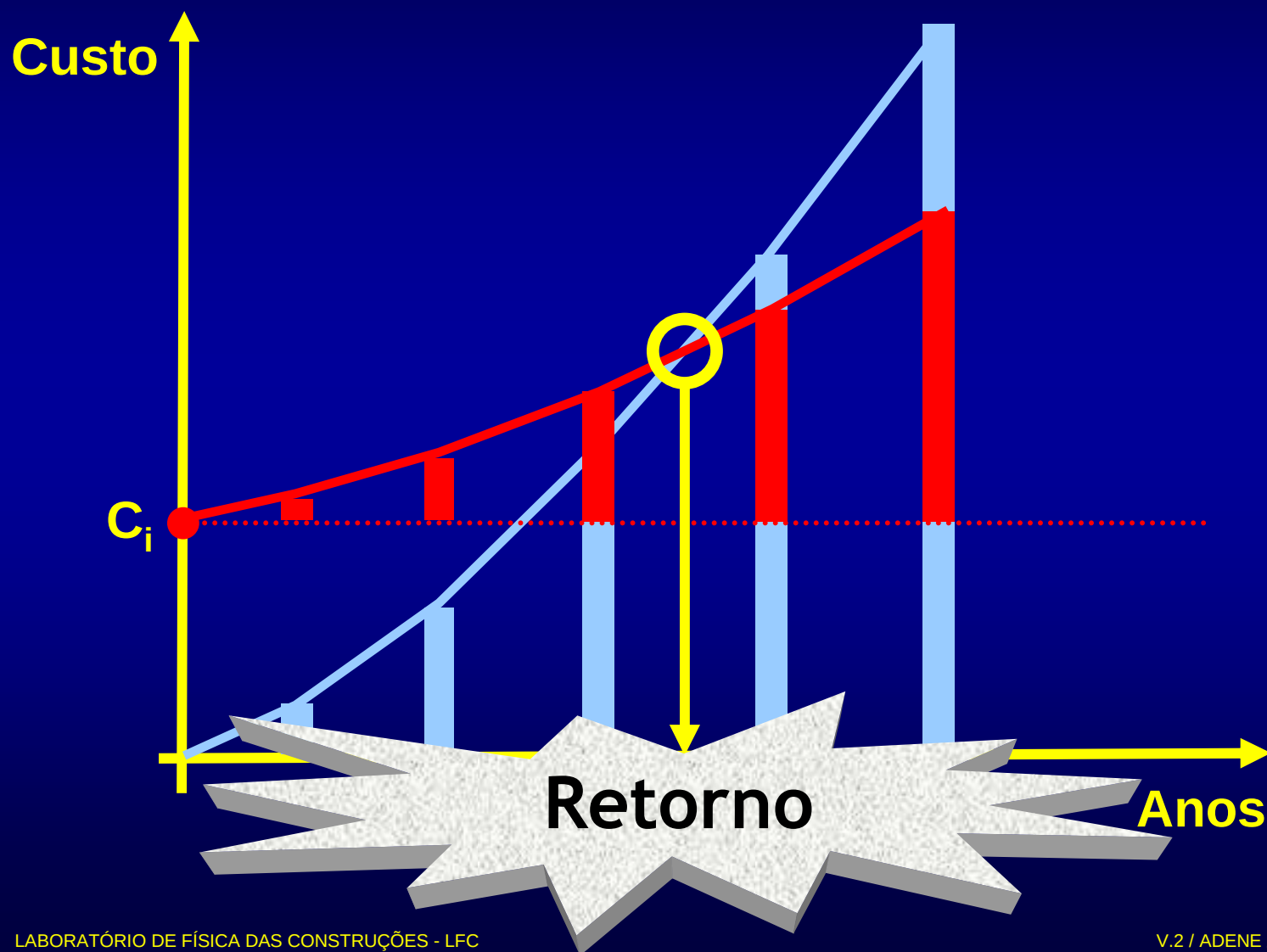
Avaliação Energética e Técnico-Económica

$$C_{\text{exp}} = C_{\text{exp},1} + C_{\text{exp},2} + \dots + C_{\text{exp},n}$$



CUSTO EXPLORAÇÃO

Avaliação Energética e Técnico-Económica



Avaliação Energética e Técnico-Económica

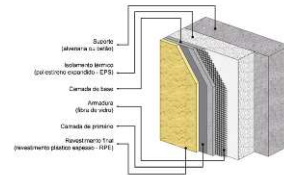
PAREDE EXTERIOR

APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR COM REVESTIMENTO APLICADO SOBRE O ISOLANTE (ETICS)

FICHA

P.S1

ESQUEMA



DESCRIÇÃO GERAL

O sistema de isolamento térmico pelo exterior é constituído pelos seguintes componentes:

- (A) Produto de colagem. Utilizado para a preparação da cola que se destina a fixar, por aderência, o isolamento térmico ao suporte.
- (B) Isolamento térmico (placas de poliestireno expandido). Destina-se a aumentar a resistência térmica do elemento onde é aplicado o sistema.
- (C) Fixação mecânica do isolamento.
- (D) Produto de base. Destina-se à preparação da argamassa de reboco que constituirá a camada de base.
- (E) Armadura. Tem como função melhorar a resistência mecânica do reboco e assegurar a sua continuidade.
- (F) Primário. Consiste numa pintura opaca à base de resinas em solução aquosa, que é aplicada sobre a camada de base.
- (G) Revestimento final. A camada de acabamento contribui para a protecção do sistema contra os agentes climáticos e assegura o aspecto decorativo.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a análise do suporte de acordo com o seguinte princípio:

- Verificação da resistência mecânica do revestimento existente;
- Realização de ensaios de aderência de forma a verificar a eficácia da colagem do sistema ETICS.

VANTAGENS

- Inexistência de pontes térmicas;
- Redução do risco de condensações internas;
- Não anula a contribuição das paredes exteriores na Inércia Térmica do edifício.

DESVANTAGENS

- Baixa resistência ao choque do sistema;
- Elevado risco de desenvolvimento de colonização biológica;
- Obriga a alteração arquitectónica da fachada.

Identificação

Esquema

Descrição Geral

Recomendações

Vantagens /
Desvantagens

Avaliação Energética e Técnico-Económica

PAREDE EXTERIOR

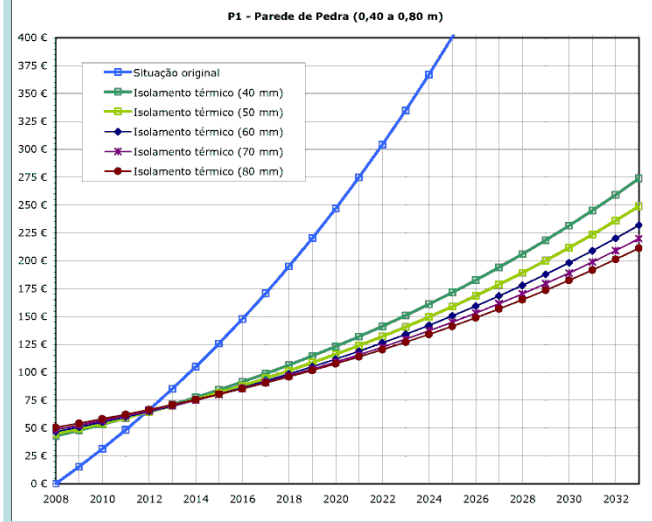
APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR COM REVESTIMENTO APLICADO SOBRE O ISOLANTE (ETICS)

FICHA

P.S1

AValiação do Desempenho Térmico

Espessura do isolante (mm)	ΔU	P1 (U=2,6)		P2 (U=3,43)		P3 (U=5,88)		P4 (U=1,3)		P5 (U=0,96)	
		U	Nível	U	Nível	U	Nível	U	Nível	U	Nível
40 mm	0,88	0,65	N0	0,70	N0	0,76	N0	0,56	N1	0,42	N2
50 mm	0,70	0,55	N1	0,58	N1	0,63	N0	0,49	N1	0,38	N2
60 mm	0,58	0,48	N1	0,50	N1	0,53	N1	0,43	N2	0,34	N3
70 mm	0,50	0,42	N2	0,44	N2	0,46	N1	0,38	N2	0,31	N3
80 mm	0,44	0,37	N2	0,39	N2	0,41	N2	0,34	N3	0,29	N4



Ref.	Espessura do isolante (mm)	U	Nível	Período de retorno [anos]	Poupança [C/m ²]		
					5 anos	10 anos	25 anos
P1	40 mm	0,65	N0	4	14	88	458
	50 mm	0,55	N1	4	15	93	483
	60 mm	0,48	N1	4	15	96	500
	70 mm	0,42	N2	4	15	98	512
	80 mm	0,37	N2	5	14	99	521

Identificação

U dos elementos /
Nível de Qualidade

Gráfico

Período de Retorno/
Poupança

Avaliação do Desempenho Térmico

Avaliação Energética e Técnico-Económica

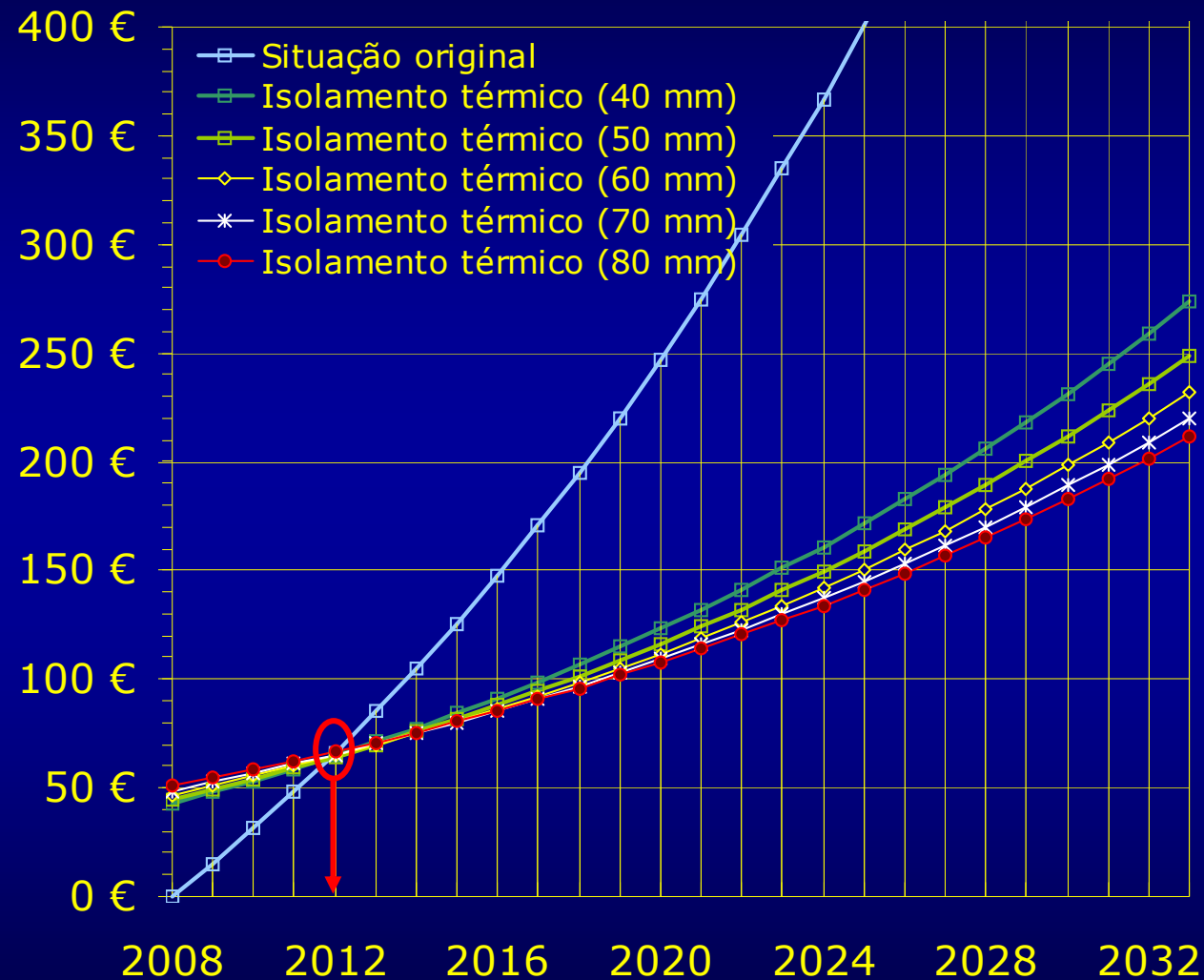
	PE1 (U=2,9)		PE2 (U=5,9)		PE3 (U=1,3)		PE4 (U=0,96)	
Espessura do isolante (mm)	U	Nível	U	Nível	U	Nível	U	Nível
40 mm	0,67	N0	0,76	N0	0,56	N1	0,42	N2
50 mm	0,56	N1	0,63	N0	0,49	N1	0,38	N2
60 mm	0,48	N1	0,53	N1	0,43	N2	0,34	N3
70 mm	0,43	N2	0,46	N1	0,38	N2	0,31	N3
80 mm	0,38	N2	0,41	N2	0,34	N3	0,29	N4

EXEMPLO:

**Parede de Pedra +
ETICS**

EXEMPLO: PAREDE DE PEDRA + ETICS

Avaliação Energética e Técnico-Económica



EXEMPLO: PAREDE DE PEDRA + ETICS

Avaliação Energética e Técnico-Económica

Período de Retorno e Poupança

Poupança [€/m²]							
Ref.	Espessura do Isolante (mm)	U	Nível	Período de retorno [anos]	5 anos	10 anos	25 anos
PE1	40 mm	0,65	N0	4	14	88	458
	50 mm	0,55	N1	4	15	93	483
	60 mm	0,48	N1	4	15	96	500
	70 mm	0,42	N2	4	15	98	512
	80 mm	0,37	N2	5	14	99	521

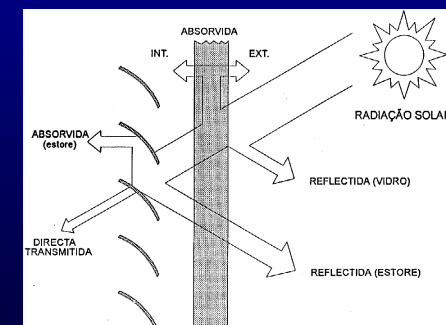
EXEMPLO: PAREDE DE PEDRA + ETICS

5

PREOCUPAÇÕES COMPLEMENTARES

Preocupações Complementares

- Estanquidade à Água
- Isolamento Acústico
- Resistência e deformação ao vento;
- Transmissão luminosa;
- Resistência à intrusão;
- Resistência ao fogo.



6

EXEMPLO

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

- CASO 1: Edifício isolado (moradia)
- CASO 2: Habitação inserida em edifício colectivo

DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

PORTO - Quadro III.1

Concelho	Zona climática de Inverno	Número de graus-dias (GD) [°C.dias]	Duração da estação de aqueci. [meses]	Zona climática de Verão	Temp. externa do projecto [°C]	Amplitude térmica [°C]
PORTO	I ₂	1610	6,7	V ₁	...	...

- Moradia isolada situada no Porto
- R/C + 2
- $A_p = 172,2 \text{ m}^2$

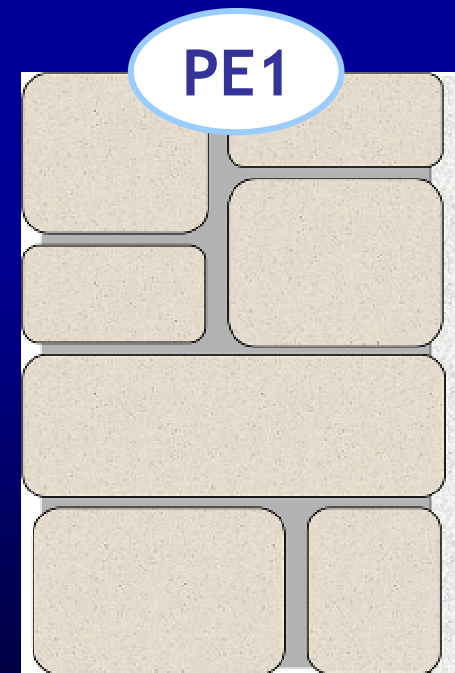
DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO



PAREDES EXTERIORES

CARACTERIZAÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES:

- Paredes em alvenaria simples de pedra (30 cm), sem isolamento térmico e não rebocadas (PE1)
- $A = 183,7 \text{ m}^2$
- $U = 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$



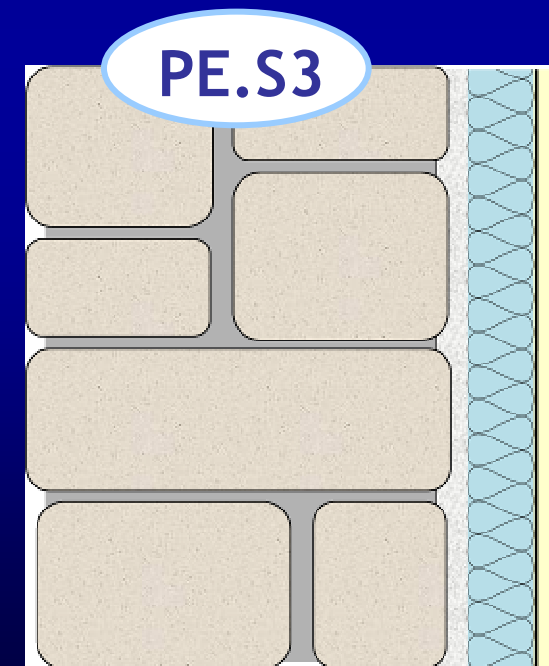
PAREDES EXTERIORES

DESCRIÇÃO DE UMA MEDIDA DE MELHORIA:

- Aplicação de 5 cm de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{2,9} + \frac{0,05}{0,04}}$$

$$U = 0,63 \cdot W / (m^2 \cdot ^\circ C)$$



REDUÇÃO ANUAL DA FACTURA 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	0,63
Área [m ²]	183,7	
Graus-dia	1610	
Custo energia [€/kWh]	0,10	
Custo [€]	2058	447

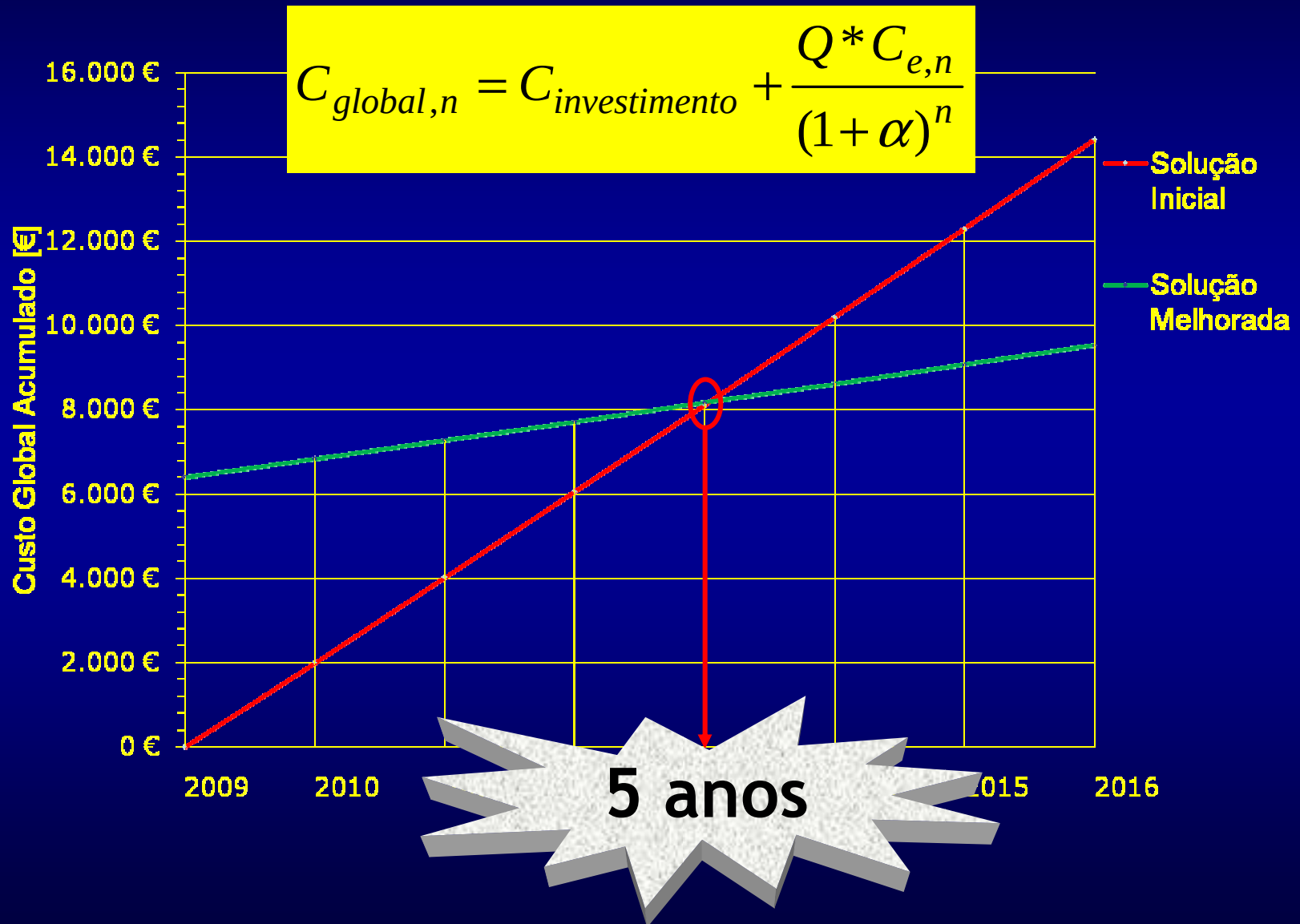
$$Poupança = 2058 - 447 = 1611€$$

CUSTO ESTIMADO DE INVESTIMENTO

- ESTIMATIVA DO CUSTO UNITÁRIO: 35 €/m²
 - Consulta de mercado
 - Valor médio
- ÁREA DE PAREDES EXTERIORES: 183,7 m²

$$C_{investimento} = C_i * A_i = 35 * 183,7 = 6430\text{€}$$

PERÍODO DE RETORNO



PREENCHIMENTO DO QUADRO

VALORES DETALHADOS

Descrição	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
Paredes Exteriores - Aplicação de 5 cm de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado)	1611 €	6430 €	5 anos

INFORMAÇÃO A COLOCAR NO CERTIFICADO ENERGÉTICO

Descrição	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
Paredes Exteriores - Aplicação de 5 cm de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado)	ÄÄÄÄ	ÄÄÄÄ	ÆÆÆ

Questões / Dúvidas => lfc-scc@fe.up.pt

