

# REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

*A melhor via para a sustentabilidade...*

**SEMINÁRIO**  
**24 de Abril de 2009**

*Auditório José Silvestre do Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve*

*continuação...*

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

*Susana Fernandes*  
*Oz, Lda.*



Diagnóstico,  
Levantamento  
e Controlo de Qualidade  
em Estruturas  
e Fundações, Lda.



# REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

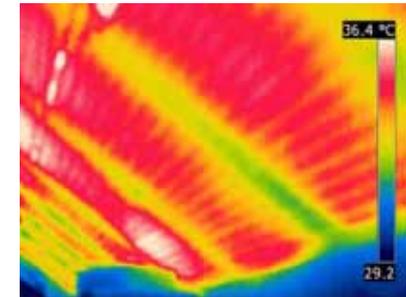
*A melhor via para a sustentabilidade...*

**SEMINÁRIO**  
**24 de Abril de 2009**

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

A reabilitação energética dos edifícios envolve três passos:

1. Inspeção, diagnóstico e definição da estratégia de intervenção
2. Elaboração do projecto de execução
3. Execução em Obra



## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

As medidas de reabilitação energética dos edifícios podem ser de **três** tipos:

- 1. Reabilitação térmica da envolvente**
- 2. Recurso a tecnologias solares activas**
- 3. Reabilitação energética dos sistemas e instalações**



## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### 1. Reabilitação térmica da envolvente dos edifícios pode realizar-se através:

a) **reforço da protecção térmica** das partes opacas (paredes exteriores, pavimentos sobre espaços exteriores ou não-aquecidos e coberturas)

b) **reforço das propriedades** dos vãos envidraçados

c) **recurso a tecnologias solares** passivas



## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

**a.1) Reforço da protecção térmica das paredes exteriores** pode ser concretizado através da aplicação:

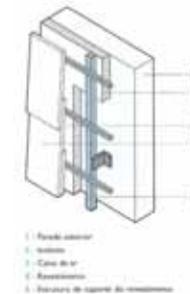
- Isolamento térmico exterior
- Isolamento térmico interior
- Isolamento térmico em caixa-de-ar (paredes duplas)



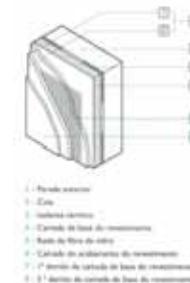
## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Isolamento térmico pelo exterior

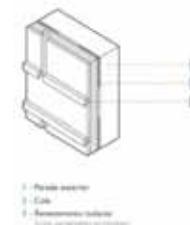
- **Revestimentos não-isolantes independentes**  
(com interposição dum isolante térmico na caixa-de-ar)



- **Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior** com revestimento sobre isolante



- **Revestimentos isolantes** (revestimentos pré-fabricados isolantes descontínuos; rebocos isolantes e revestimentos de espuma isolante projectada)

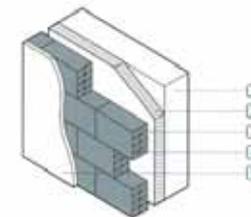


## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

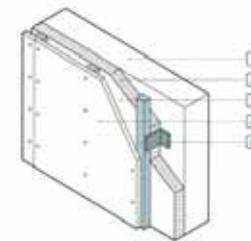
### Isolamento térmico pelo interior

- **Painéis isolantes pre-fabricados** (em geral com altura de andar) fixados contra a parede

- **Contra-fachadas** (com caixa-de-ar simples; com interposição de um isolante térmico sem caixa-de-ar; e com interposição de um isolante com caixa-de-ar)



II - Contra-fachada de placas



III - Contra-fachada de placa curva

- 1 - Parede exterior
- 2 - Isolante
- 3 - Caixa de ar
- 4 - Contra-fachada
- 5 - Revestimento exterior
- 6 - Estrutura de suporte de contra-fachada



## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### a.2) Reforço da protecção térmica de coberturas:

#### Coberturas inclinadas

Isolamento térmico aplicado ao longo das **vertentes**, em **posição superior**

- painéis, mantas, placas isolantes

Isolamento térmico aplicado ao longo das **vertentes**, em **posição inferior**

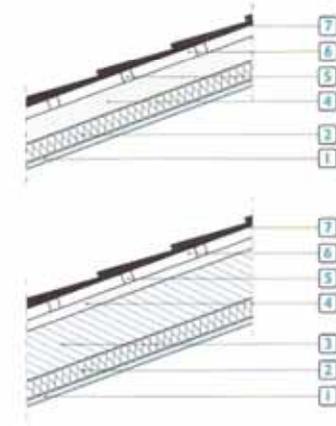
- mantas, placas de material isolante
- projecção de espumas isolantes

Isolamento térmico aplicado na **esteira do tecto**, em **posição superior**

- mantas, placas de material isolante
- material isolante a granel

Isolamento térmico aplicado na **esteira do tecto**, em **posição inferior**

- revestimento isolantes descontínuos
- tecto falso



## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### a.2) Reforço da protecção térmica de coberturas:

#### Coberturas horizontais (em terraço)

##### Isolamento térmico aplicado na **posição superior**

- cobertura invertida (isolamento sobre a impermeabilização)
- suportes isolantes de impermeabilização
- coberturas ajardinadas

##### Isolamento térmico aplicado na **posição inferior**

- tecto falso isolante
- tecto falso suportando uma camada de isolante térmico

##### Isolamento térmico aplicado na **posição intermédia**

- isolante entre a laje e a camada de forma



## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### a.3) Reforço da protecção térmica de pavimentos:

#### Isolamento térmico aplicado na **face inferior**

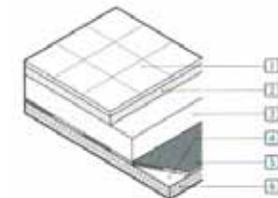
- Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante
- revestimentos isolantes
- tecto falso

#### Isolamento térmico aplicado na **face superior**

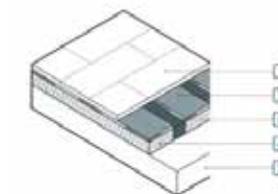
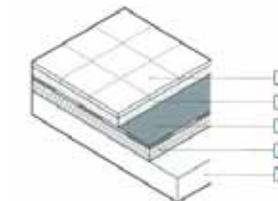
- Camada isolante de betão leve entre o pavimento resistente e o revestimento de piso
- Camada de isolante térmico entre o pavimento resistente e um piso flutuante

#### Isolamento térmico **intermédio** (limitado ao caso de pavimentos com vazios)

- Preenchimento dos vazios entre vigotas de pavimentos de madeira com um isolante térmico (mantas de lã mineral ou isolante a granel)



- 1 - Revestimento de piso
- 2 - Base de assentamento
- 3 - Pavimento resistente
- 4 - Pinta de colagem
- 5 - Para- vapor
- 6 - Isolamento térmico



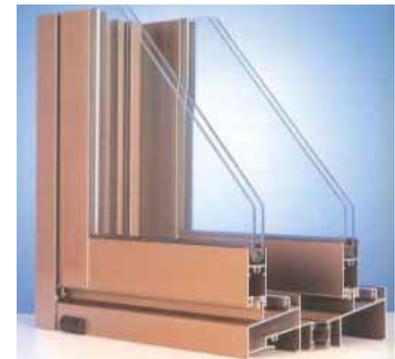
- 1 - Revestimento de piso
- 2 - Base de assentamento
- 3 - Para- vapor
- 4 - Isolamento térmico
- 5 - Pavimento resistente
- 6 - Vigotas de madeira

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### **b) Reforço das propriedades dos vãos envidraçados**

#### **Reforço do isolamento térmico dos vãos envidraçados:**

- Substituição dos componentes dos vãos por outros com desempenho térmico melhorado (caixilharia com corte térmico associada a vidros duplos)
- Utilização de envidraçados de elevado desempenho térmico (vidros de baixa emissividade)
- Criação de janelas duplas (incorporação de um segundo caixilho)
- Substituição de vidros simples por duplos
- Outras medidas recomendáveis no âmbito da reabilitação térmica dos vãos envidraçados são: aplicação de protecções solares permitindo a oclusão nocturna; adição de dispositivos de sombreamento exteriores; e isolamento térmico das caixas de estore



## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### **b) Reforço das propriedades dos vãos envidraçados**

#### **Controlo dos ganhos solares:**

- Redução da área das aberturas envidraçadas
- Controlo das propriedades solares-ópticas dos envidraçados
- Utilização de dispositivos de sombreamento eficazes (preferencialmente exteriores)

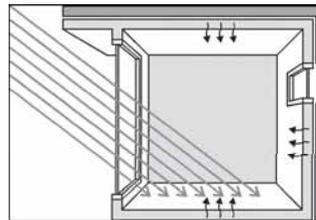


## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

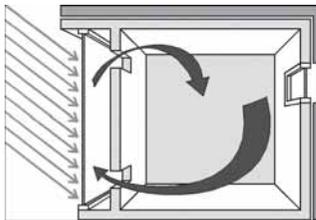
### c) Recurso a tecnologias solares passivas

#### Sistemas de aquecimento passivo

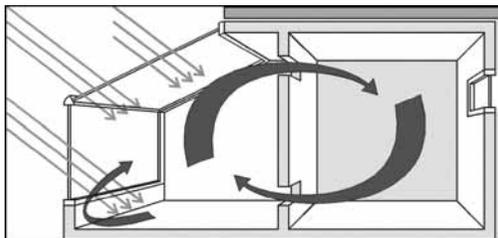
- Ganho directo



- Ganho indirecto (parede trombe, parede massiva, colunas de água, etc.)



- Ganho isolado (espaço de estufa ou colectores de ar)

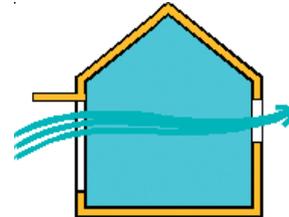


## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

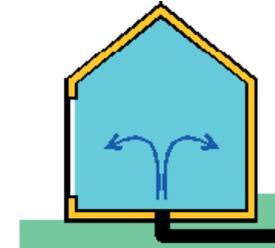
### c) Recurso a tecnologias solares passivas

#### Sistemas de arrefecimento passivo

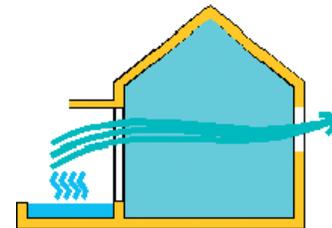
- Ventilação natural



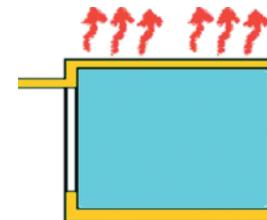
- Arrefecimento pelo solo



- Arrefecimento evaporativo



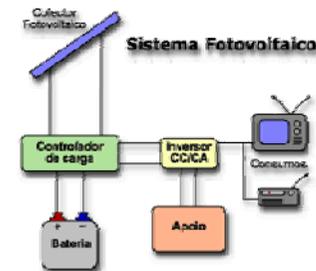
- Arrefecimento radiativo



### 2. Recurso a tecnologias solares activas

#### a) Energia solar

- solar térmica
- solar fotovoltaica
- solar termodinâmica



#### b) Energia eólica



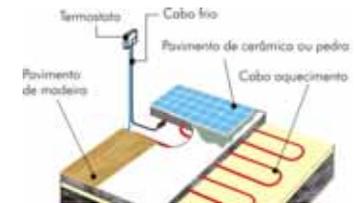
## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### 3. Reabilitação energética dos sistemas e instalações

a) Melhoria das condições de iluminação



b) Melhoria da eficiência dos sistemas de climatização



c) Melhoria da eficiência dos equipamentos domésticos

d) Melhoria da eficiência dos equipamentos para aquecimento de águas sanitárias



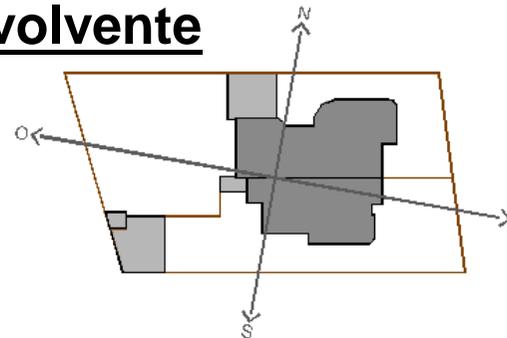
## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### CASO DE ESTUDO: Moradias Geminadas em Paço de Arcos

#### Caracterização da construção: envolvente

LOCALIZAÇÃO: Paço de Arcos – Oeiras

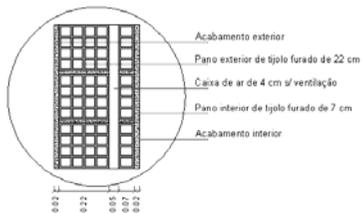
ANO DE CONSTRUÇÃO: 1982 / 1984



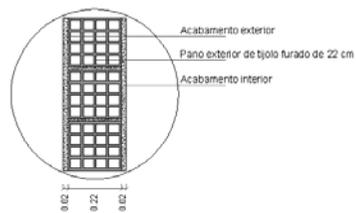
#### Caracterização da construção: envelope

Parede dupla s/ isolamento (0,37 m)

Parede simples s/ isolamento (0,25 m)

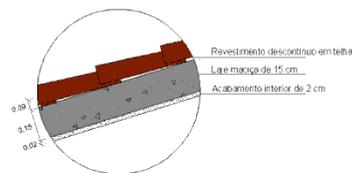


$U = 0,90 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$



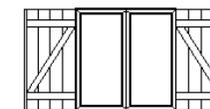
$U = 1,30 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Coberturas inclinadas  
em laje de betão s/isolamento



Inverno (fluxo ascendente)  $U = 2,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$   
Verão (fluxo descendente)  $U = 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

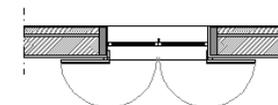
Vãos envidraçados  
com caixilho de alumínio



ALÇADO



CORTE



PLANTA

Vidros simples  $U = 4,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Vidros duplos  $U = 3,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Caracterização e identificação de anomalias:

- **Ausência de isolamento térmico** e anomalias de índole não estrutural nas coberturas;
- **Ausência de sistema de impermeabilização** e anomalias de índole não estrutural nas varandas e terraços;
- **Ausência de isolamento térmico** e anomalias de índole não estrutural nas paredes exteriores;
- **Anomalias típicas da má localização e orientação dos envidraçados;**
- **Falta de protecções solares;**
- **Má gestão das instalações e sistemas** (utilização de radiadores eléctricos e ar condicionado).



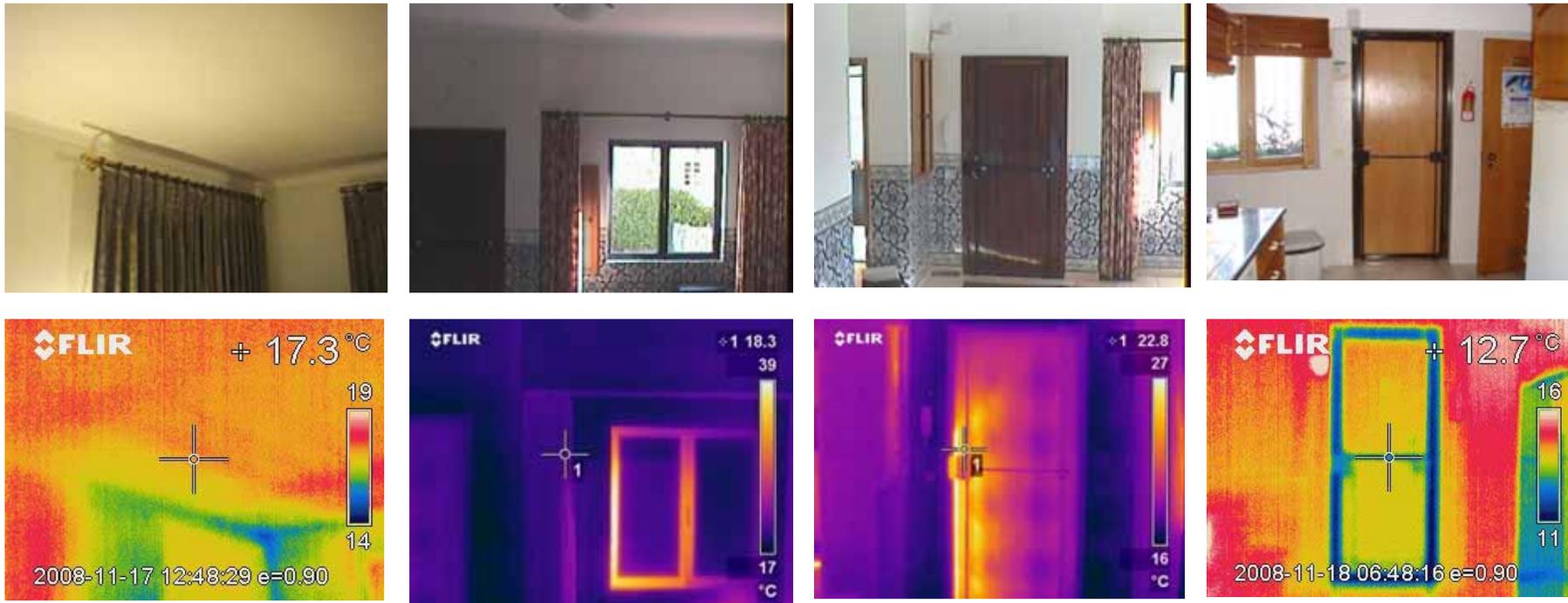
# REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

A melhor via para a sustentabilidade...

SEMINÁRIO  
24 de Abril de 2009

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Exemplo de diagnóstico térmico utilizado: termografia de infravermelhos



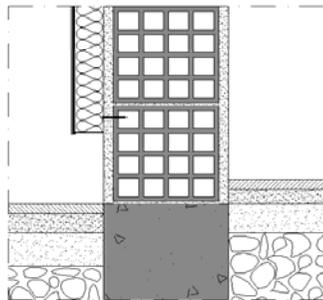
Nota-se em particular que os vãos (envidraçados e portas) constituem um ponto fraco no isolamento das moradias.

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

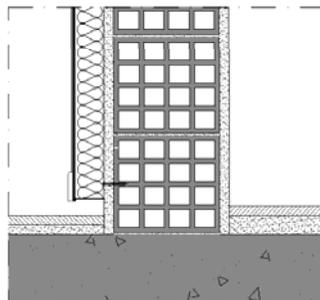
### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.1) Reabilitação térmica das paredes exteriores

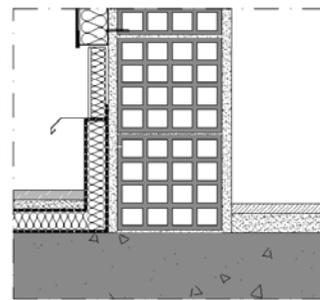
Sistema de isolamento térmico pelo **exterior** - sistema composto de isolamento térmico pelo exterior com revestimento delgado sobre isolante (ETICS)



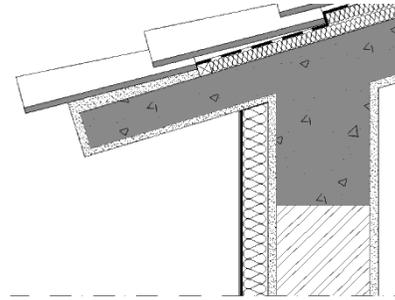
PORMENOR A  
Limite inferior do sistema



PORMENOR B  
Limite inferior do sistema sobre uma varanda



PORMENOR C  
Limite inferior do sistema sobre um terraço



PORMENOR D  
Limite superior do sistema - beiral



PORMENOR E  
Ligação do sistema com um vão substituindo o peitoril original

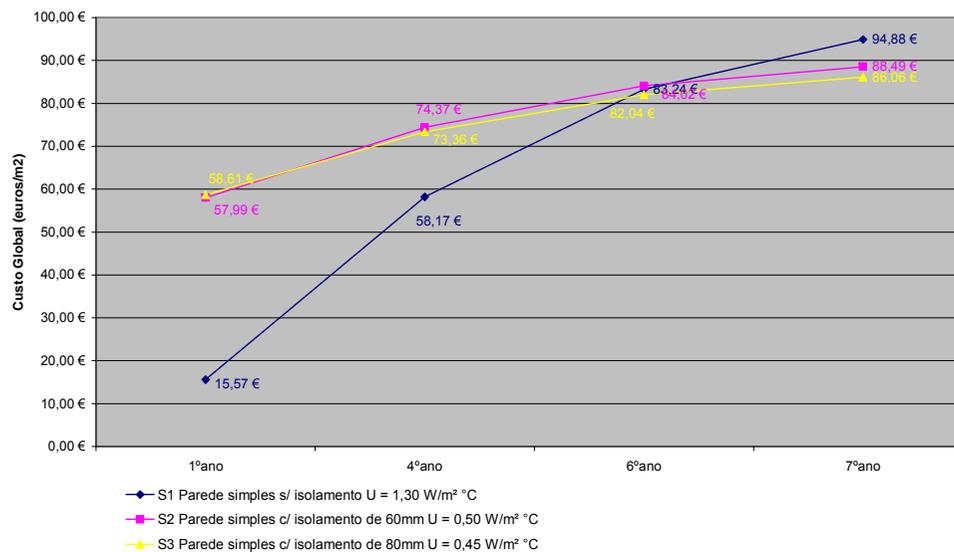


### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.1) Reabilitação térmica das paredes exteriores

|    | Características das paredes          | Custo Total de Aplicação (€ / m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|----|--------------------------------------|--|--------------------------|
| S0 | Parede simples s/ isolamento         | 0,00   | 1,60                     |
| S1 | Parede simples c/ isolamento (60 mm) | 50,00  | 0,50                     |
| S2 | Parede simples c/ isolamento (80 mm) | 51,00  | 0,45                     |

Variação do Custo Global: isolamento das paredes simples



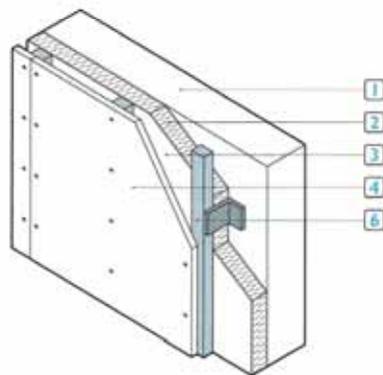
**Retorno do investimento no 6º ano.**

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.1) Reabilitação térmica das paredes exteriores

Sistema de isolamento térmico pelo **interior** – contra-fachada com interposição de um isolante térmico com caixa de ar



B - Contra-fachada de gesso cartonado

- 1 - Parede exterior
- 2 - Isolante
- 3 - Caixa de ar
- 4 - Contra-fachada
- 5 - Revestimento interior
- 6 - Estrutura de suporte da contra-fachada

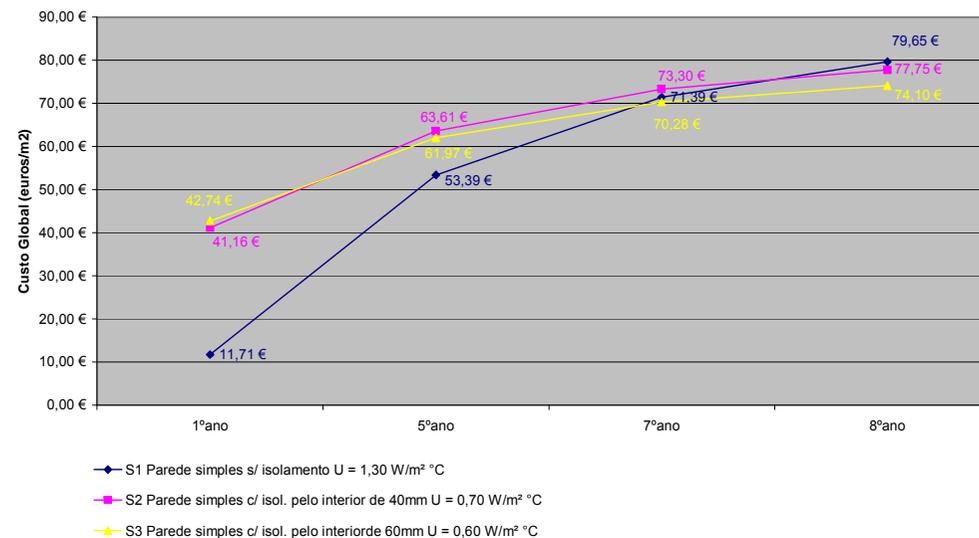


### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.1) Reabilitação térmica das paredes exteriores

|    | Características das paredes          | Custo Total de Aplicação (€ / m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|----|--------------------------------------|--|--------------------------|
| S1 | Parede simples s/ isolamento         | 0,00   | 1,30                     |
| S2 | Parede simples c/ isolamento (40 mm) | 32,00  | 0,70                     |
| S3 | Parede simples c/isolamento (60 mm)  | 34,00  | 0,60                     |

Variação do Custo Global: isolamento pelo interior de paredes simples



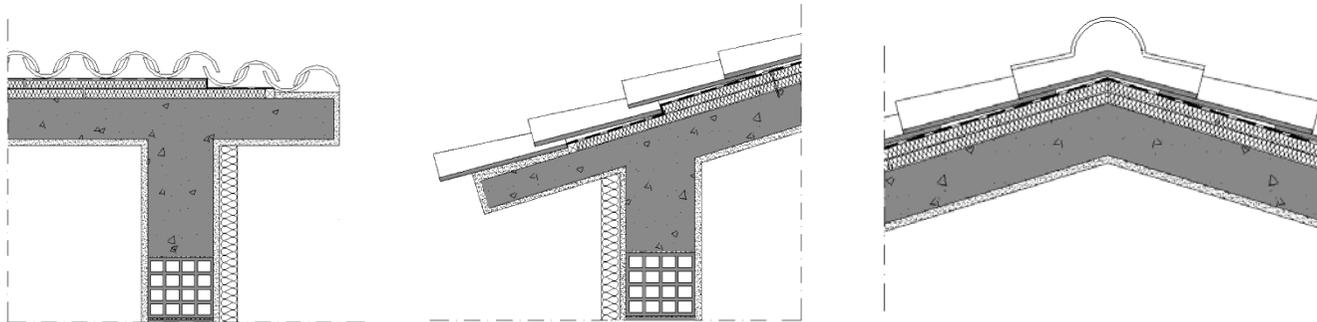
Retorno do investimento no 7º ano.

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.2) Reabilitação térmica das coberturas

Isolamento térmico aplicado ao longo das vertentes, em posição **superior** – placas de isolamento térmico (poliestireno expandido) e sistema de impermeabilização em tela asfáltica



LEGENDA:

1. Laje de betão
2. Isolamento térmico 60x60x30mm + 60x60x30mm
3. Tela asfáltica tipo areada
4. Sistema de fixação
5. Telha cerâmica tipo canudo

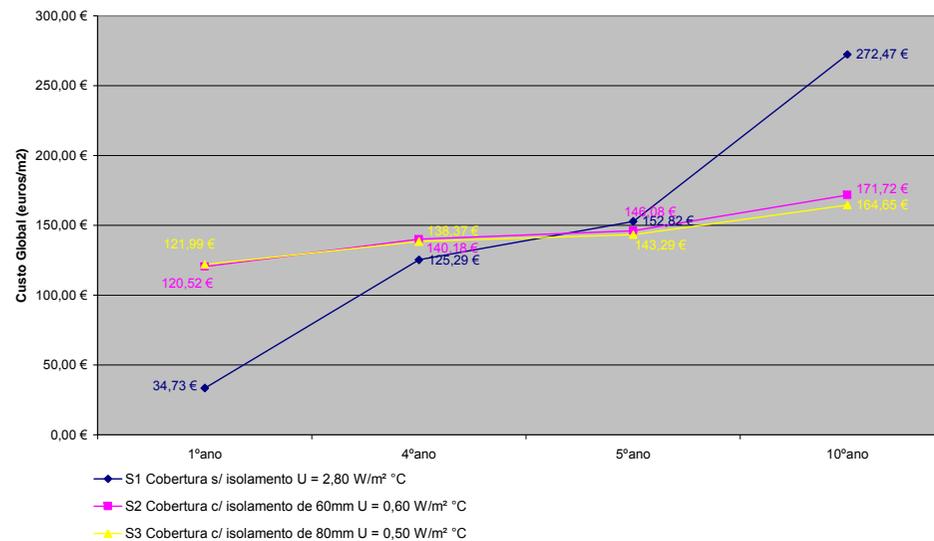


### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.2) Reabilitação térmica das coberturas

|    | Características das coberturas           | Custo Total de Aplicação (€ / m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|----|--|--|--------------------------|
| S1 | Cobertura de betão s/ isolamento         | 0,00   | 2,80                     |
| S2 | Cobertura de betão c/ isolamento (60 mm) | 110,00   | 0,60                     |
| S3 | Cobertura de betão c/isolamento (80 mm)  | 112,00   | 0,50                     |

Variação do Custo Global: isolamento nas coberturas



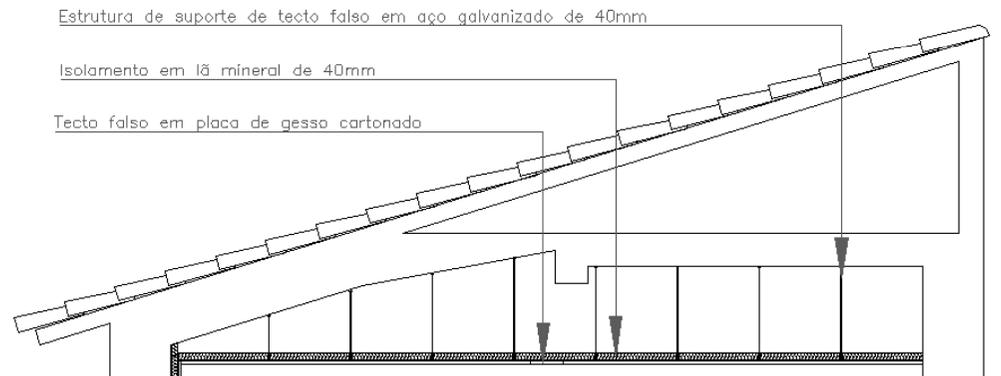
Retorno do investimento no 5º ano.

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.2) Reabilitação térmica das coberturas

Isolamento térmico aplicado na esteira horizontal em posição **inferior** – placas de gesso cartonado incorporando um isolante térmico (tecto falso)



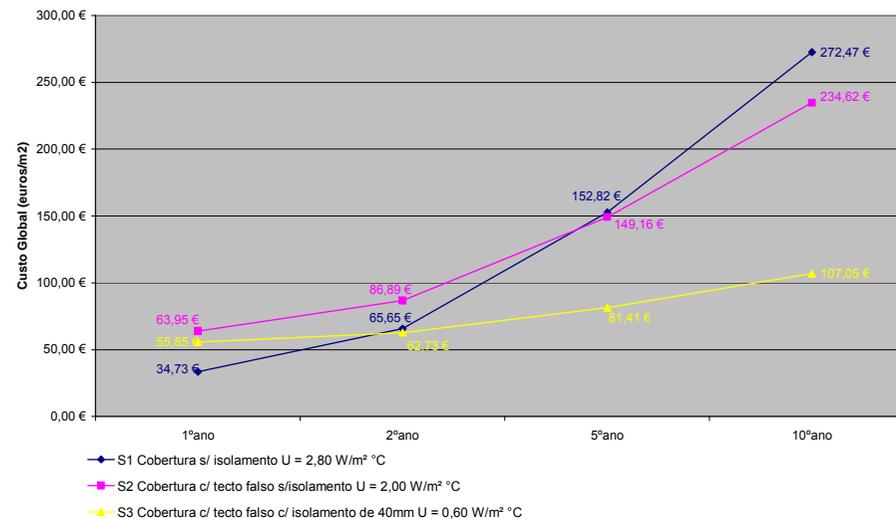
## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.2) Reabilitação térmica das coberturas

|    | Características das coberturas                            | Custo Total de Aplicação (€ / m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|----|---|--|--------------------------|
| S1 | Cobertura de betão s/ isolamento                          | 0,00   | 2,80                     |
| S2 | Cobertura de betão c/ tecto falso s/ isolamento           | 38,00  | 2,00                     |
| S3 | Cobertura de betão c/ tecto falso e c/ isolamento (40 mm) | 42,00  | 0,60                     |

Variação do Custo Global: aplicação de tecto falso nas coberturas



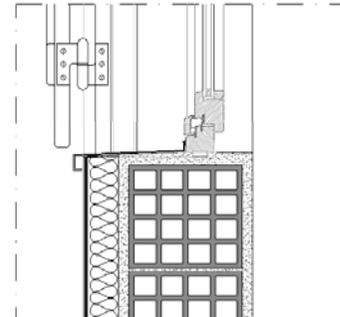
Retorno do investimento no 2º ano.

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

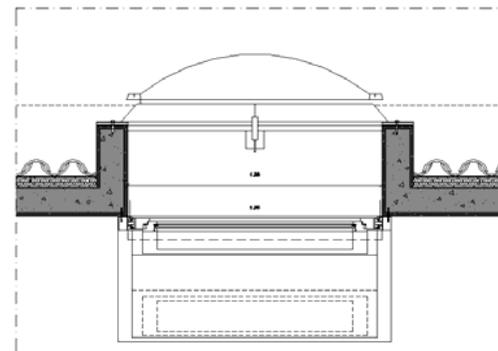
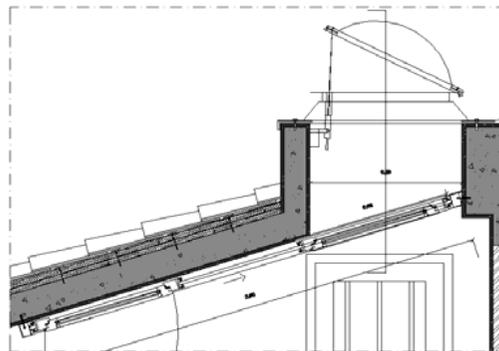
### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### b) Reabilitação térmica e energética dos vãos envidraçados

- Substituição dos vãos envidraçados – caixilharia mista de madeira / alumínio, oscilo-batente ou fixa com vidro duplo



- Aplicação de uma janela interior na zona da clarabóia – caixilharia em madeira com vidro duplo



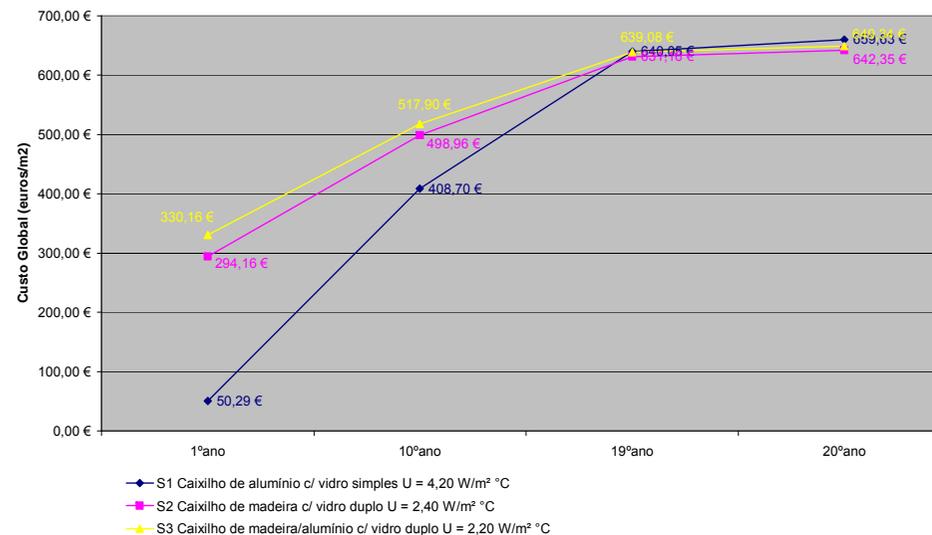
## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### b) Reabilitação térmica e energética dos vãos envidraçados

|    | Características dos vãos envidraçados        | Custo Total de Aplicação (€/m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|----|--|--|--------------------------|
| S1 | Caixilho de alumínio com vidro simples       | 0,00   | 4,20                     |
| S2 | Caixilho de madeira com vidro duplo          | 250,00                                       | 2,40                     |
| S3 | Caixilho de madeira/alumínio com vidro duplo | 287,00                                       | 2,20                     |

Variação do Custo Global: vãos envidraçados



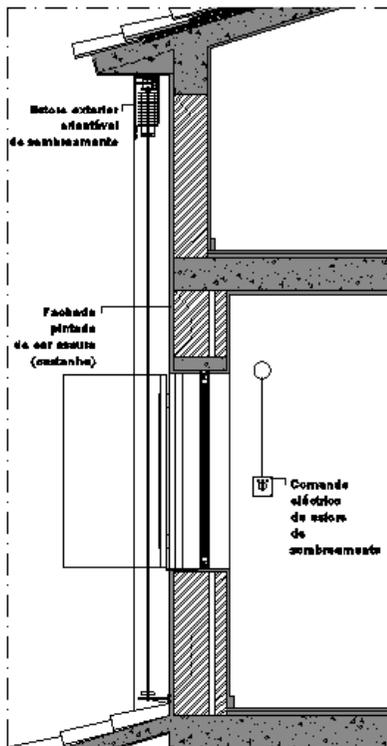
Retorno do investimento no 19º ano.

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

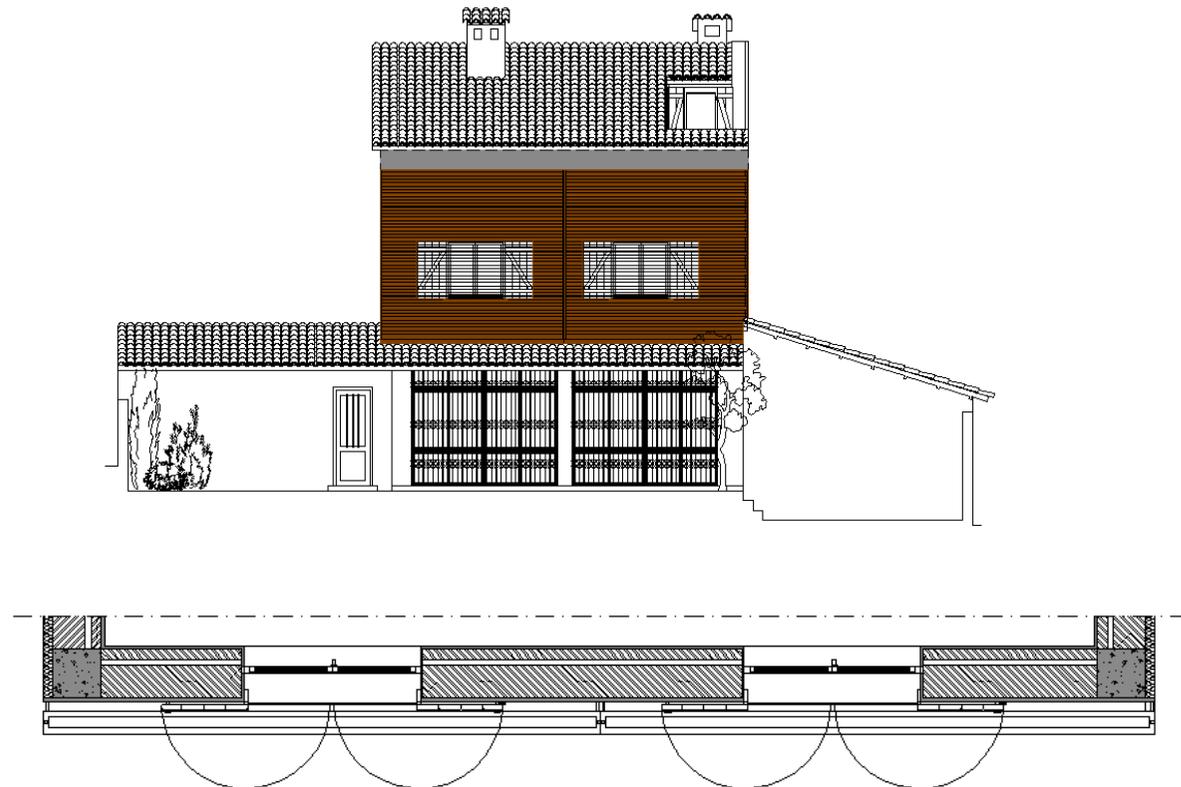
### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### c) Recurso a tecnologias solares passivas

- Sistema de aquecimento e arrefecimento passivo – sistema de sombreamento



Corte do sistema de sombreamento



Planta do sistema de sombreamento

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### 2 - Recurso a tecnologias solares activas

Energia solar térmica – aquecimento de águas sanitárias



Inspeção do sistema solar térmico para aquecimento de águas sanitárias, existente, com cerca de 20 anos, de forma a verificar a sua eficiência.

Substituição do sistema solar térmico: constituído por um colector solar para captação da energia solar e um depósito para armazenamento da água quente.

#### **Sistema monobloco | capacidade de 200 litros | 2m<sup>2</sup> de área de colectores**

- Custa a partir de 1750 euros
- Energia anual convertida pode variar 1500 a 1800 kWh

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### 2 - Recurso a tecnologias solares activas

Energia solar fotovoltaica – produção de energia eléctrica – unidades de microprodução com uma potência de ligação até 3,68 kW

Sistema fotovoltaico constituído por painéis solares, inversor, contadores, cablagem e armação de suporte do sistema.

#### Sistema fotovoltaico de ligação à rede pública - 3,68 kW

- Custo aproximado de 22.000 euros
- Energia anual convertida de cerca de 5000 kWh
- Regime de remuneração **bonificado** (até 3,68 kW) – **0,65 €/ kWh**  
(mínimo de 2 m<sup>2</sup> de colectores solar térmico instalado)

**Retorno do investimento a partir do 6º ano**



# REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

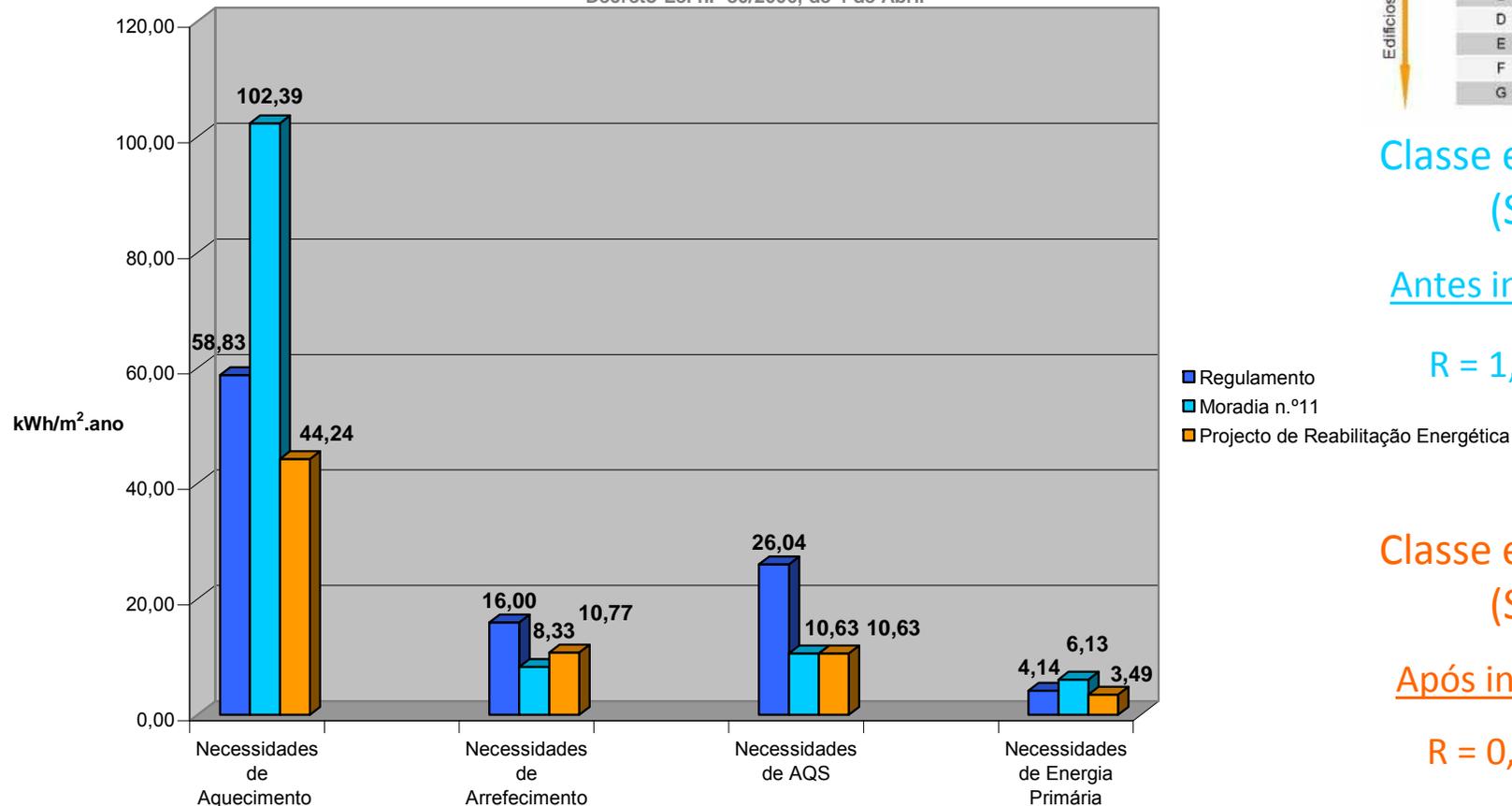
A melhor via para a sustentabilidade...

SEMINÁRIO  
24 de Abril de 2009

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Verificação Regulamentar – Moradia nº11

Verificação das Exigências Regulamentares  
Moradia situada na Av. Voluntários da República nº11 em Paço de Arcos  
RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios  
Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril



| Classe energética | R = Ntc/Nt           |
|-------------------|----------------------|
| A+                | $R \leq 0,25$        |
| A                 | $0,25 < R \leq 0,50$ |
| B                 | $0,50 < R \leq 0,75$ |
| B-                | $0,75 < R \leq 1,00$ |
| C                 | $1,00 < R \leq 1,50$ |
| D                 | $1,50 < R \leq 2,00$ |
| E                 | $2,00 < R \leq 2,50$ |
| F                 | $2,50 < R \leq 3,00$ |
| G                 | $3,00 < R$           |

Classe energética (SCE)

Antes intervenção

$R = 1,48 \rightarrow C$

Classe energética (SCE)

Após intervenção

$R = 0,84 \rightarrow B-$

# REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

A melhor via para a sustentabilidade...

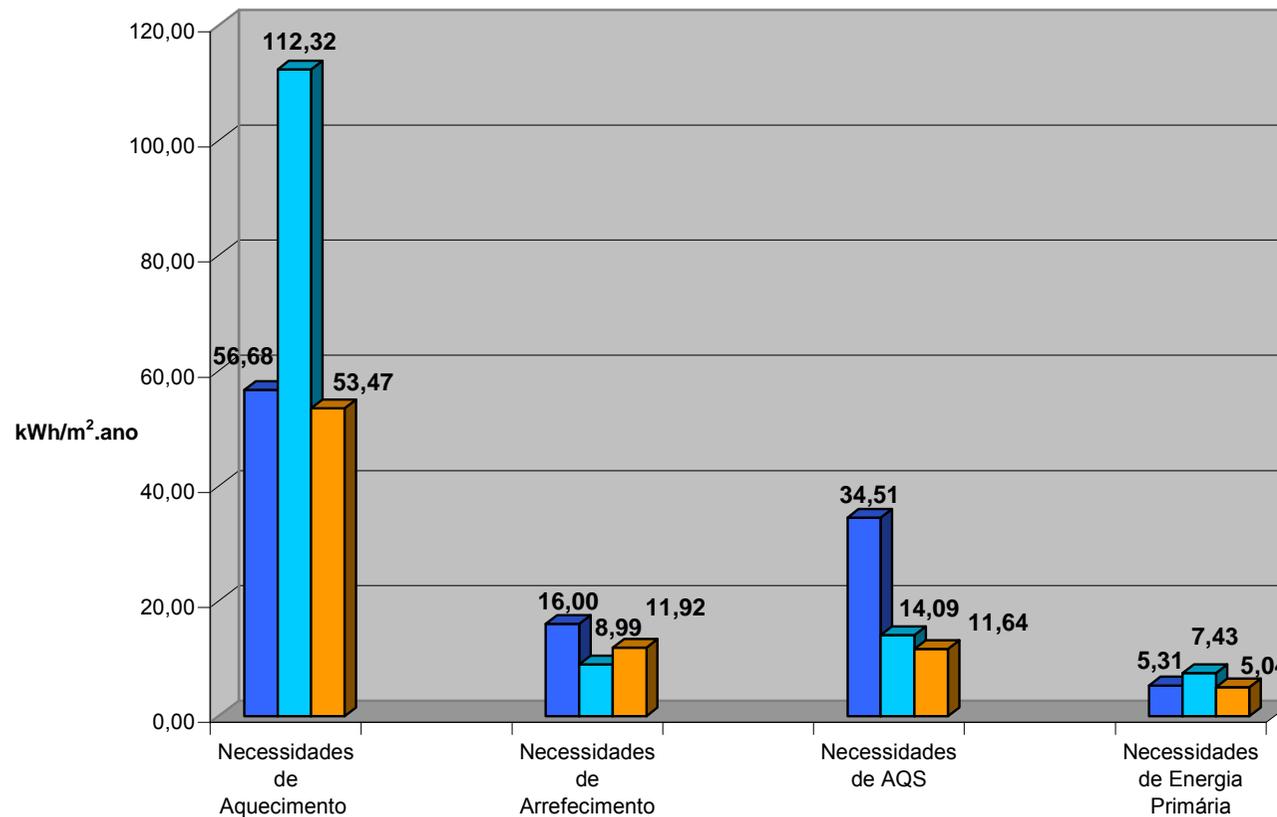
SEMINÁRIO  
24 de Abril de 2009

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Verificação Regulamentar – Moradia nº13

Verificação das Exigências Regulamentares  
Moradia situada na Av. Voluntários da República nº13 em Paço de Arcos  
RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios  
Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril

| Classe energética | R = Ntc/Nt           |
|-------------------|----------------------|
| A+                | $R \leq 0,25$        |
| A                 | $0,25 < R \leq 0,50$ |
| B                 | $0,50 < R \leq 0,75$ |
| B-                | $0,75 < R \leq 1,00$ |
| C                 | $1,00 < R \leq 1,50$ |
| D                 | $1,50 < R \leq 2,00$ |
| E                 | $2,00 < R \leq 2,50$ |
| F                 | $2,50 < R \leq 3,00$ |
| G                 | $3,00 < R$           |



Classe energética (SCE)

Antes intervenção

R = 1,40 → C

■ Regulamento

■ Moradia n.º13

■ Projecto de Reabilitação Energética

Classe energética (SCE)

Após intervenção

R = 0,95 → B-

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### CASO DE ESTUDO: Moradias Geminadas em Paço de Arcos

#### Conclusão

- Verifica-se a redução do consumo energético de 64% na moradia nº11 e de 45% na moradia nº13.

- Verifica-se o reembolso do investimento:

**6º / 12º ano** (reforço da protecção térmica das paredes)

**5º ano** (reforço da protecção térmica das coberturas)

**19º ano** (reforço da protecção térmica dos vãos envidraçados)

- Adicionando os sistemas activos previstos é ainda possível aumentar a EFICIÊNCIA ENERGÉTICA até um consumo global anual  $\leq$  zero

Classe Energética = A+

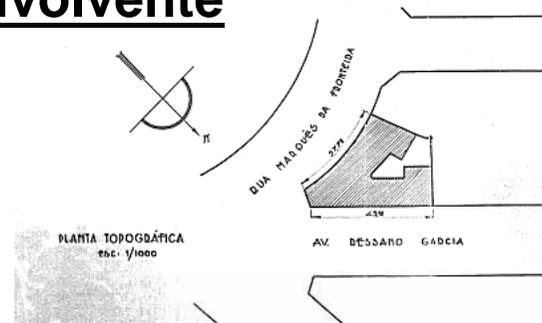
## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### CASO DE ESTUDO: Edifício de habitação e escritórios em Lisboa

#### Caracterização da construção: **envolvente**

LOCALIZAÇÃO: Lisboa

IDADE DE CONSTRUÇÃO: superior a 60 anos



#### Caracterização da construção: **envelope**

Paredes resistentes de alvenaria de pedra (0,50, 0,60 e 0,70 m)

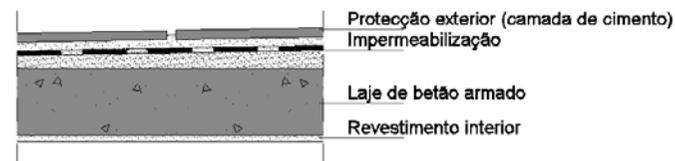


Parede (0,50 m) →  $U = 2,40 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Parede (0,60 m) →  $U = 2,20 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Parede (0,70 m) →  $U = 2,00 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Cobertura em terraço em laje de betão s/isolamento



Inverno (fluxo ascendente)  $U = 1,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Verão (fluxo descendente)  $U = 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Vãos envidraçados com caixilho de madeira e vidro simples com protecção exterior (estore)

$U = 5,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  (edifício sem ocupação nocturna)



## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### Caracterização e identificação de anomalias:

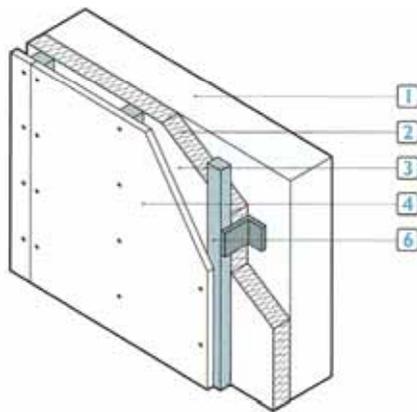
- **Ausência de isolamento térmico** e anomalias de índole não estrutural nas coberturas;
- **Deficiência no sistema de impermeabilização** da cobertura, muretes e platibandas;
- **Ausência de isolamento térmico** e anomalias de índole não estrutural nas paredes exteriores;
- **Degradação dos caixilhos de madeira;**
- **Má gestão das instalações e sistemas.**



### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.1) Reabilitação térmica das paredes exteriores

Contra-fachadas com interposição de um isolante térmico com caixa-de-ar  
(mantém o aspecto exterior das fachadas do edifício)

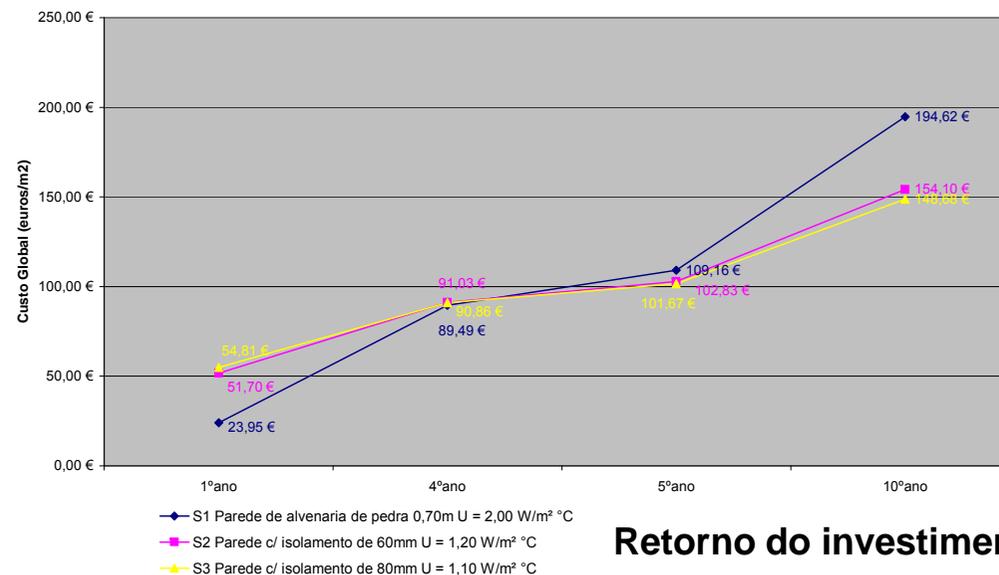


B - Contra-fachada de gesso cartonado

- 1 - Parede exterior
- 2 - Isolante
- 3 - Caixa de ar
- 4 - Contra-fachada
- 5 - Revestimento interior
- 6 - Estrutura de suporte da contra-fachada

|    | Características das paredes                        | Custo Total de Aplicação (€ / m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|----|--|--|--------------------------|
| S1 | Parede de alvenaria de pedra 0,70 m                | 0,00   | 2,00                     |
| S2 | Parede de alvenaria de pedra c/ isolamento (60 mm) | 34,00  | 1,20                     |
| S3 | Parede de alvenaria de pedra c/ isolamento (80 mm) | 38,00  | 1,10                     |

Variação do Custo Global: isolamento de paredes de alvenaria de pedra

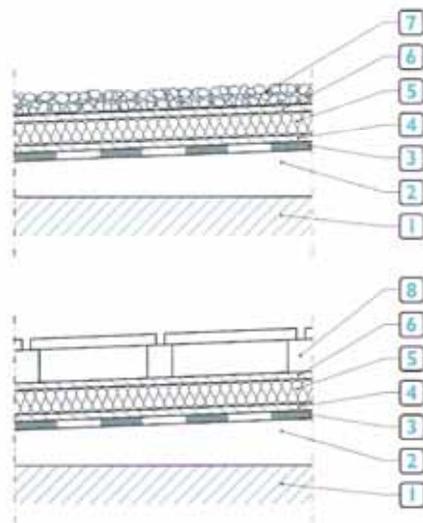


**Retorno do investimento no 5º ano**

### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### a.2) Reabilitação térmica da cobertura

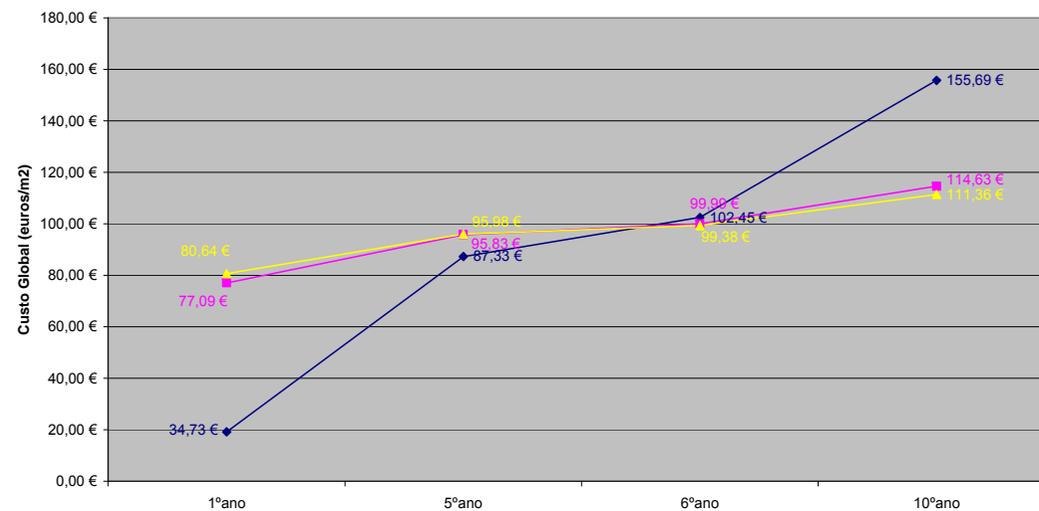
Isolamento térmico sobre a impermeabilização (designada cobertura invertida)



- 1 - Laje de esteira
- 2 - Camada de forma
- 3 - Impermeabilização
- 4 - Feltro sintético
- 5 - Isolamento térmico
- 6 - Feltro sintético (eventual)
- 7 - Protecção pesada (inertes soltos)
- 8 - Protecção pesada (ligetas sobre apoios pontuais)

|    | Características da cobertura              | Custo Total de Aplicação (€ / m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|----|---|--|--------------------------|
| S1 | Cobertura em terraço s/ isolamento        | 0,00   | 1,60                     |
| S2 | Cobertura em terraço c/isolamento (60 mm) | 65,00  | 0,44                     |
| S3 | Cobertura em terraço c/isolamento (80 mm) | 68,00  | 0,36                     |

Variação do Custo Global: isolamento da cobertura em terraço



- ◆ S1 Cobertura em terraço s/ isolamento U = 1,60 W/m<sup>2</sup> °C
- ◆ S2 Cobertura c/ isolamento de 60mm U = 0,44 W/m<sup>2</sup> °C
- ◆ S3 Cobertura c/ isolamento de 80mm U = 0,36 W/m<sup>2</sup> °C

**Retorno do investimento no 6º ano**

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

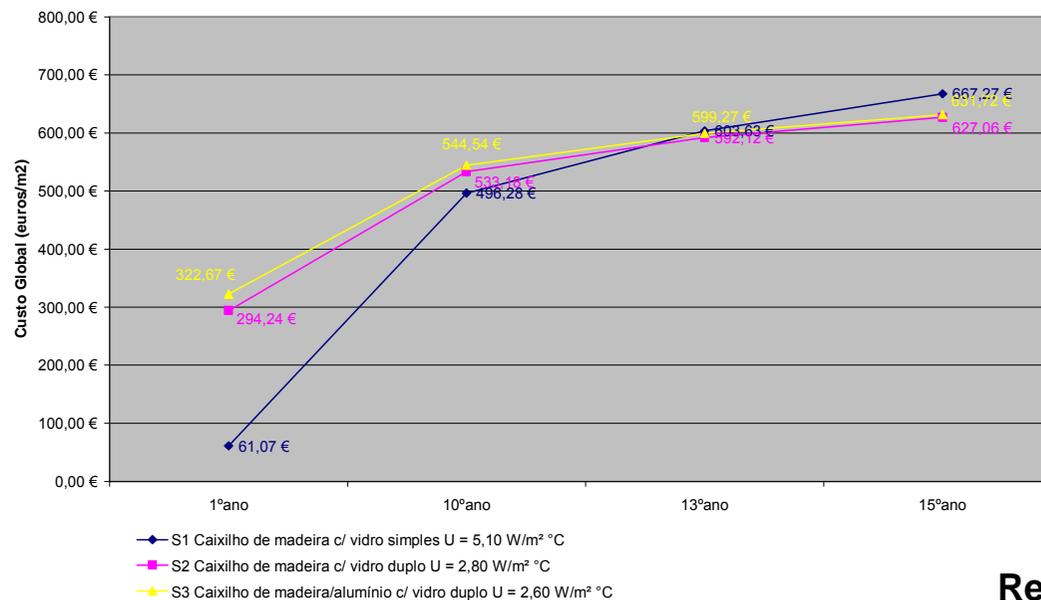
### Medidas e acções para a utilização racional de energia

#### b.1) Reabilitação térmica e energética dos vãos envidraçados

Reforço do isolamento térmico: substituição dos vãos envidraçados

|    | Características da cobertura                 | Custo Total de Aplicação (€/m <sup>2</sup> ) | U (W/m <sup>2</sup> .°C) |
|----|--|--|--------------------------|
| S1 | Caixilho de madeira com vidro simples        | 0,00   | 5,10                     |
| S2 | Caixilho de madeira com vidro duplo          | 250,00                                       | 2,80                     |
| S3 | Caixilho de madeira/alumínio com vidro duplo | 280,00                                       | 2,60                     |

Varição do Custo Global: vãos envidraçados



Retorno do investimento no 13º ano

## ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

### CASO DE ESTUDO: Edifício de habitação e escritórios em Lisboa

#### Conclusão

- Verifica-se o reembolso do investimento:

**5º ano** (reforço da protecção térmica das paredes)

**6º ano** (reforço da protecção térmica das coberturas)

**13º ano** (reforço da protecção térmica dos vãos envidraçados)

- Adicionando os sistemas activos previstos é ainda possível aumentar a EFICIÊNCIA ENERGÉTICA até um consumo global anual  $\leq$  zero

# *REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS*

*A melhor via para a sustentabilidade...*

**SEMINÁRIO**

**24 de Abril de 2009**

## *ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS*

*Obrigada*

*smfernandes@oz-diagnostico.pt*

***www.oz-diagnostico.pt***