

Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais

Iniciativa promovida e financiada por



MINISTÉRIO DAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS
E DO TRABALHO



Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais



FICHA TÉCNICA

TÍTULO:

Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais

EDIÇÃO:

DGGE / IP-3E

DESIGN:

Companhia das Cores

IMPRESSÃO E ACABAMENTO:

Tipografia Peres
Rua das Fontainhas, Lote 2
Venda Nova
2700-391 AMADORA

TIRAGEM

3000 exemplares

DEPÓSITO LEGAL

215601/04

ISBN

972-8268-33-5

Lisboa, Novembro 2004

PUBLICAÇÃO GRATUITA

Para mais informações:

www.p3e-portugal.com

Edição Financiada por



UNIÃO EUROPEIA
FEDER



Portugal em Acção

MINISTÉRIO DAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS
E DO TRABALHO



Direcção Geral
de Geologia e Energia

prime

Programa de Incentivos à
Modernização da Economia

ÍNDICE

1.	Introdução	5
2.	Problemas relacionados com a energia na envolvente de edifícios existentes	.5
2.1.	Aspectos do edifício que afectam o seu desempenho energético	.5
2.2.	Pontes térmicas	.6
2.3.	Condensações	.6
3.	Medidas de reabilitação energética em edifícios residenciais	.6
3.1.	Generalidades	.6
3.2.	Paredes exteriores	.8
3.3.	Pavimentos	.18
3.4.	Cobertura	.20
3.4.1	Coberturas inclinadas	.20
3.4.2	Coberturas horizontais (em terraço)	.23
3.4.2.1	Cobertura invertida	.23
3.4.2.2	Isolante térmico suporte de impermeabilização	.25
3.5.	Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica	.28
3.6.	Marcação CE e homologação de produtos e sistemas de isolamento térmico de edifícios	.29
3.7.	Vãos envidraçados	.30
3.8.	Melhoria da eficiência da iluminação natural	.34
3.9.	Melhoria da eficiência da ventilação natural	.35
3.10.	Outras medidas solares passivas	.38
4.	Conclusões	.38
5.	Bibliografia	.40

Este documento foi elaborado no âmbito da Iniciativa Pública sobre Eficiência Energética de Edifícios pelos Eng.^{as} Isabel Anselmo e Carlos Nascimento, da ADENE – Agência para a Energia e Prof. Eduardo Maldonado, da FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, tendo contado ainda com a colaboração do Eng.^o José A. Vasconcelos de Paiva, do Eng.^o C. A. Pina dos Santos, do Eng.^o Jorge Grandão Lopes e do Eng.^o Armando Pinto, do LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, do Prof. Vasco Peixoto de Freitas, da FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e do Eng.^o Nicolau Tirone, da ACEPE – Associação de Controle de Qualidade de Espumas de Poliestireno Expandido, a quem os autores agradecem as suas preciosas contribuições.

1. INTRODUÇÃO

Apesar do elevado ritmo de construção nova verificado nos últimos anos, o parque edificado português e em particular o do sector residencial, mesmo que de construção mais recente, ainda é genericamente um parque envelhecido. Uma parte significativa desse parque encontra-se bastante degradado, por razões diversas, de onde se destaca as que se prendem com as dificuldades sentidas no cumprimento da legislação relativa à conservação dos edifícios.

Muitos desses edifícios exigem intervenções de fundo que visam melhorar as suas características de habitabilidade, e tendo praticamente todos eles sido construídos antes da existência de regulamentação térmica de edifícios (referente ao desempenho térmico da sua envolvente), apresentam uma deficiente qualidade térmica e energética, que se traduz, essencialmente, em envolventes com um isolamento térmico insatisfatório.

A reabilitação térmica e energética de edifícios constitui assim uma das vias mais promissoras para a correcção de situações de inadequação funcional, proporcionando a melhoria da qualidade térmica e das condições de conforto dos seus habitantes, permitindo reduzir o consumo de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação, contribuindo também para o objectivo estratégico de redução das necessidades energéticas do nosso País e possibilitando, em muitas situações, a correcção de certas patologias ligadas à presença de humidade e à degradação do aspecto nos edifícios.

No texto que se segue, abordam-se e sistematizam-se em termos genéricos as principais medidas de reabilitação energética passíveis de ser adoptadas na envolvente de edifícios, em particular nos de habitação. Esta apresentação é precedida duma breve explicação sobre os problemas relacionados com a energia na envolvente de edifícios existentes.

2. PROBLEMAS RELACIONADOS COM A ENERGIA NA ENVOLVENTE DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

2.1. Aspectos do edifício que afectam o seu desempenho energético

Quando se analisa a possibilidade de incluir medidas de eficiência energética num edifício é importante não só considerar o seu grau de deterioração, devido a diversos factores, como sejam o envelhecimento natural dos materiais ou a falta de manutenção, mas também que as características actuais dos edifícios podem conduzir a uma redução do seu desempenho térmico e a consumos de energia elevados, quer na estação fria, quer na estação quente.

Entre as características do edifício, devem-se mencionar as seguintes:

- isolamento térmico insuficiente nos elementos opacos da envolvente;
- existência de pontes térmicas na envolvente do edifício;
- presença de humidade (afectando o desempenho energético e a durabilidade);
- baixo desempenho térmico de vãos envidraçados e portas (perdas de calor desproporcionadas por transmissão térmica e por infiltrações de ar excessivas);
- falta de protecções solares adequadas nos vãos envidraçados, dando origem a sobreaquecimento no interior dos edifícios ou aumento das cargas térmicas e das necessidades energéticas no caso de habitações com sistemas de arrefecimento ambiente;
- ventilação não-controlada, criando maiores necessidades energéticas em aquecimento no Inverno, ou inversamente, ventilação insuficiente, conduzindo a maiores níveis de humidade relativa no Inverno e sobreaquecimento no Verão, e o conseqüente desconforto dos ocupantes, fenómenos de condensação e baixo nível de qualidade do ar interior.

Para além do anteriormente referido, elevados níveis de consumo de energia podem ser causados por comportamentos inadequados, em termos da conservação de energia, por parte dos seus utentes, tais como:

- manutenção dos sistemas de aquecimento e/ou de arrefecimento ligados, enquanto as janelas estão abertas;
- climatização desnecessária dos espaços, permitindo temperaturas interiores fora dos níveis recomendados, isto é, demasiado quentes no Inverno e demasiado frios no Verão.

2.2. Pontes térmicas

As pontes térmicas são pontos localizados na envolvente do edifício onde há maior perda de calor em relação às restantes áreas dos elementos da envolvente. Este fenómeno aumenta o consumo de energia para aquecimento e pode causar danos na envolvente do edifício, reduzindo a sua durabilidade.

Existem pontes térmicas em vigas e pilares, pois estes elementos maciços têm coeficientes de transmissão térmica superiores aos das paredes exteriores onde estão inseridos. Também podem ocorrer pontes térmicas na intersecção de paredes interiores com paredes exteriores, porque as superfícies internas têm aí menores áreas que as superfícies externas correspondentes, permitindo assim um maior fluxo de calor. O mesmo pode acontecer à volta de janelas e portas, porque a sua superfície interna tem menor distância ao ambiente exterior.

Uma instalação deficiente do isolamento térmico, pode originar a ocorrência de fendas e descontinuidade nos materiais de isolamento térmico, originando assim a ocorrência de pontes térmicas.

O isolamento térmico só é completamente eficiente se cobrir totalmente a superfície a ser isolada. As descontinuidades do isolamento devem ser evitadas, pois são pontos preferenciais de transferência de calor entre o ambiente interior e o exterior. A forma mais eficiente de garantir a continuidade do isolamento térmico e de evitar as pontes térmicas é através de soluções em que o isolamento térmico é aplicado pelo exterior.

2.3. Condensações

Nas habitações produzem-se grandes quantidades de vapor de água, particularmente em instalações sanitárias e cozinhas. Se uma casa for insuficientemente ventilada, o vapor de água em excesso não poderá ser totalmente removido e tende a condensar quando atinge qualquer ponto com uma temperatura abaixo do ponto de orvalho do ar interior (condensação superficial).

A condensação superficial dá-se preferencialmente em pontes térmicas mas pode também ocorrer em áreas maiores dos elementos da envolvente (opaca e envidraçados) com insuficiente isolamento térmico. A persistência de condensações superficiais cria condições favoráveis ao desenvolvimento bolores e manchas e pode originar a degradação de estuques e rebocos.

A condensação também pode ocorrer internamente na estrutura da envolvente dos edifícios, especialmente quando atinge uma camada relativamente fria e impermeável (condensação interna). A condensação interna pode provocar danos na envolvente do edifício, que afectem a sua durabilidade. Por outro lado, a humidade aumenta significativamente a condutividade térmica da maioria dos materiais isolantes, diminuindo a sua eficiência. Por último, a humidade em excesso é prejudicial para a saúde, porque favorece o desenvolvimento de bactérias potenciais causadoras de doenças.

O risco de condensação pode ser prevenido ou minimizado diminuindo a produção de vapor de água nas actividades domésticas e melhorando a taxa de ventilação por forma a reduzir a quantidade de vapor de água existente no ambiente interior, aquecendo os espaços, por forma a aumentar a temperatura do ar interior e, conseqüentemente, diminuindo a humidade relativa, e reforçando o isolamento térmico da envolvente do edifício por forma a aumentar a temperatura da sua superfície e interna. A inclusão de barreiras ao vapor associadas aos materiais isolantes térmicos ajuda a evitar o risco de condensação interna. Quando necessárias, as barreiras ao vapor devem ser colocadas o mais próximo possível dos paramentos interiores.

3. MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

3.1. Generalidades

Muitas das soluções que são seguidamente apresentadas deverão ser equacionadas apenas quando o edifício for objecto de uma intervenção de reabilitação geral, pois só assim se justificam, em termos económicos e funcionais, algumas das soluções propostas.

Noutras, a sua viabilidade técnico-económica é melhorada quando conjugada com uma intervenção de carácter mais estrutural e necessária por outros motivos. Por exemplo: a instalação de vidros duplos quando os vidros simples tinham de ser substituídos devido ao estado avançado de degradação das suas caixilharias; a aplicação de isolamento térmico na cobertura quando esta tem que ser intervencionada para reforço da impermeabilização.

Outras ainda apresentam vantagens adicionais, difíceis por vezes de serem contabilizadas em termos estritamente económicos. Por exemplo, a substituição do vidro simples por vidro duplo conduz também a uma melhoria do conforto térmico, por redução de assimetrias, e do conforto acústico, que não são economicamente quantificáveis.

É de mencionar também que as soluções existentes para os diferentes elementos da envolvente, que de seguida são apresentadas, devem ser sempre analisadas caso a caso, de modo que os benefícios ao nível da redução dos consumos de energia, do conforto térmico e da qualidade do ambiente interior, sejam enquadráveis da melhor forma com as principais características construtivas e arquitectónicas de cada edifício.

As medidas de eficiência energética a aplicar na envolvente dos edifícios residenciais já existentes podem realizar-se através do:

- reforço da sua protecção térmica;
- controlo das infiltrações de ar;
- recurso a tecnologias solares passivas.

O reforço da protecção térmica pode concretizar-se através do aumento do isolamento térmico dos elementos da envolvente (paredes exteriores, pavimentos sobre espaços exteriores ou não-aquecidos, coberturas e vãos envidraçados) e controlando os ganhos solares através dos vãos envidraçados, dotando-os com protecções solares adequadas por forma a otimizar esses ganhos em relação às necessidades de aquecimento e de arrefecimento do edifício, respectivamente no Inverno e no Verão.

O controlo das infiltrações de ar consiste na reparação e na eventual reabilitação da caixilharia exterior, bem como de outras medidas complementares.

Em termos de hierarquização das medidas de eficiência energética do ponto de vista da análise custo-benefício, as mais favoráveis são, em geral, as que incidem nas coberturas, seguidas das que se referem aos pavimentos sobre espaços exteriores e, finalmente, as respeitantes às paredes exteriores.

No que se refere aos vãos envidraçados, em regra geral, o custo por metro quadrado da substituição de vidro simples por duplo, ou da substituição da caixilharia por outra com melhor desempenho térmico, é muito maior do que o verificado para as paredes exteriores e coberturas. No entanto, deverá ter-se em conta que estes têm um peso significativo no balanço térmico global dos edifícios, podendo ser responsáveis no Inverno por cerca de 35 a 40% das perdas térmicas totais dos edifícios residenciais e no Verão, podem ser responsáveis por problemas de sobreaquecimento interior e por grande parte das necessidades de arrefecimento associadas à envolvente, devendo ser portanto sempre analisada a sua implementação.

De referir também, que na estação fria, os vãos envidraçados podem originar situações de desconforto nos ocupantes dos edifícios que permaneçam na sua proximidade, provocadas, quer por correntes de ar frio, causadas por infiltrações de ar através das juntas da caixilharia, quer devido ao efeito radiativo de “superfície fria”, que se verifica quando estes dispõem de vidros simples, pois as temperaturas superficiais interiores podem atingir valores bastante mais baixos que a do ambiente interior.

No âmbito das medidas de eficiência energética nos vãos envidraçados é possível integrar soluções que podem ser consideradas medidas solares passivas. Estas medidas serão abordadas no capítulo referente aos vãos envidraçados.

Outras medidas solares passivas podem ser aplicadas a edifícios residenciais existentes, tais como a criação de sistemas de arrefecimento evaporativo, a redução dos ganhos solares utilizando cores claras nas fachadas e na cobertura e a melhoria do arrefecimento passivo e da ventilação natural.

3.2. Paredes Exteriores

O reforço do isolamento térmico das paredes exteriores tem como principais vantagens a diminuição do consumo de energia e o aumento do conforto térmico, e pode ser concretizado através de três grandes opções, caracterizadas pela posição relativa do isolante térmico a aplicar:

- isolamento térmico exterior (figs. 1 a 14);
- isolamento térmico interior (fig. 15);
- isolamento térmico em caixa de ar (limitado ao caso de paredes duplas).

Cada uma destas opções admite ainda vários tipos de soluções.

No caso de paredes constituídas apenas por um só pano (paredes simples), o reforço do isolamento térmico pode ser realizado pelo exterior ou pelo interior. O reforço do isolamento térmico pelo exterior, desde que não seja inviabilizado por constrangimentos de ordem arquitectónica, constitui em geral a melhor solução, dado que as vantagens superam nitidamente os inconvenientes, em comparação com a solução de isolamento pelo interior (ver quadro 1). Por outro lado, nas intervenções de reabilitação de edifícios, é normal a necessidade de refazer o reboco das paredes exteriores, pelo que é oportuno considerar esta hipótese.

Quadro 1 – Vantagens e inconvenientes do isolamento térmico exterior de fachadas em relação ao isolamento interior

VANTAGENS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">— Isolamento térmico mais eficiente— Protecção das paredes contra agentes atmosféricos— Ausência de descontinuidade na camada isolante— Supressão de “pontes térmicas” e redução dos riscos de condensação— Conservação da inércia térmica das paredes— Manutenção das dimensões dos espaços interiores— Menores riscos de incêndio e de toxicidade— Manutenção da ocupação dos edifícios durante as obras— Dispensa de interrupções nas instalações interiores e de trabalhos de reposição de acabamentos— Eventual melhoria do aspecto exterior dos edifícios	<ul style="list-style-type: none">— Constrangimentos arquitectónicos— Constrangimentos de ordem técnica— Maior vulnerabilidade da parede ao choque, sobretudo no rés-do-chão— Custo em regra mais elevado (aproximadamente o dobro).— Condicionamento dos trabalhos pelo estado do tempo— Risco de fendilhação dos revestimentos (em soluções com revestimentos contínuos)

De seguida são abordadas algumas soluções de reabilitação térmica das paredes exteriores.

a) Soluções de isolamento térmico exterior

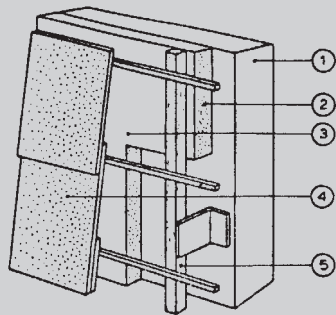
Existem três tipos principais de soluções para isolamento térmico exterior:

- Revestimentos independentes com interposição de um isolante térmico no espaço de ar (ver exemplo da fig. 1);
- Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) ¹ — (ver exemplos das figs. 2 e 3);
- Revestimentos isolantes — por exemplo, revestimentos prefabricados isolantes descontínuos ² (ver exemplo da fig. 4) e rebocos isolantes.

¹ Designados na língua inglesa pela sigla ETICS (external thermal insulating composite systems with rendering). São também designados por “sistemas de isolamento térmico por revestimento sobre isolante”.

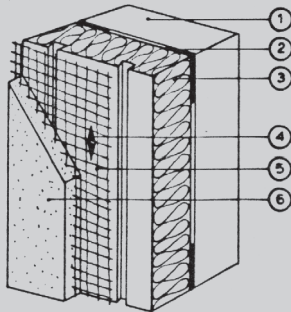
² Designados na língua francesa por “vétures”.

Os dois primeiros tipos de soluções são os mais correntemente utilizados.



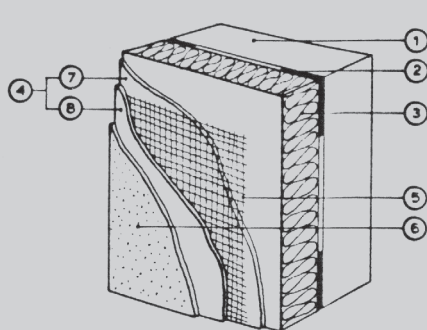
- 1 – Parede exterior
- 2 – Isolante
- 3 – Caixa de ar
- 4 – Revestimento
- 5 – Estrutura de suporte do revestimento

Fig. 1 – Revestimento independente descontínuo com isolante térmico na caixa de ar



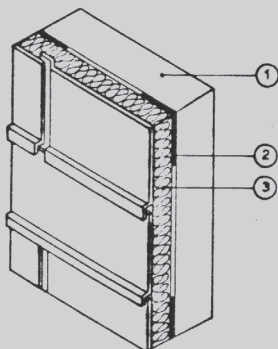
- 1 – Parede exterior
- 2 – Cola
- 3 – Isolante térmico
- 4 – Cavilha
- 5 – Rede metálica
- 6 – Revestimento

Fig. 2 – Sistema de isolamento térmico composto exterior com revestimento espesso



- 1 – Parede exterior
- 2 – Cola
- 3 – Isolante térmico
- 4 – Camada de base do revestimento
- 5 – Rede de fibra de vidro
- 6 – Camada do acabamento do revestimento
- 7 – 1.ª demão de camada de base do revestimento
- 8 – 2.ª demão de camada de base do revestimento

Fig. 3 – Sistema de isolamento térmico composto exterior com revestimento delgado



- 1 – Parede exterior
- 2 – Cola
- 3 – Revestimento isolante
(com paramento protector)

Fig. 4 – Sistema de isolamento térmico por elementos descontínuos prefabricados

• *Revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico no espaço de ar*

Nas soluções deste tipo de isolamento térmico, um revestimento independente exterior, mecanicamente fixado à parede através duma estrutura secundária, protege o isolamento térmico contra a acção da chuva. O revestimento pode ser contínuo (rebocos armados) ou descontínuo (composto por placas metálicas, de fibrocimento ou de material plástico e o isolamento térmico encontra-se instalado entre a parede e o revestimento, deixando um espaço de ar entre eles).

Na fig. 5 é apresentado um exemplo de uma fachada reabilitada com este tipo de isolamento térmico. Nas figs. 6A e 6B são apresentados alguns pormenores da solução adoptada neste exemplo.



Fig. 5 – Aspecto geral de uma fachada reabilitada com revestimento independente descontínuo com interposição de um isolante térmico no espaço de ar



Fig. 6A – Pormenor da solução de ventilação da solução anterior

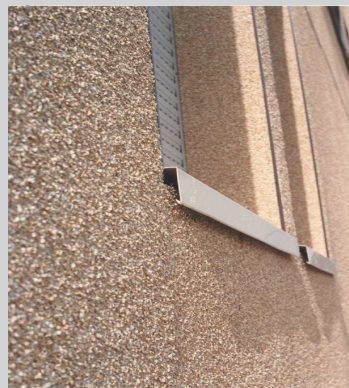


Fig. 6B – Pormenor de uma janela da fachada da solução anterior

• *Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS)*

Nas soluções deste tipo de isolamento térmico, correntemente designadas por ETICS, uma camada isolante composta por placas de um isolante térmico fixadas contra a parede por colagem, por fixação mecânica ou por ambos os processos, recebem em obra um revestimento exterior contínuo armado, como camada de protecção contra os agentes atmosféricos.

Existem dois subtipos de ETICS, que se distinguem pela espessura do revestimento aplicado:

- Nos sistemas com revestimento espesso, utilizam-se normalmente placas de poliestireno expandido moldado (EPS) ou de lã mineral (MW) na camada de isolamento térmico e um revestimento de ligante mineral armado com uma rede metálica.
- Nos sistemas com revestimento delgado, que é mais usual do que o anterior, utilizam-se sobretudo placas de poliestireno expandido moldado (EPS) e um revestimento de ligante sintético ou misto armado com uma rede de fibra de vidro protegida contra o ataque dos álcalis do cimento. Por forma a melhorar a resistência mecânica do revestimento em

zonas sujeitas a acções mecânicas mais severas (por exemplo, em paredes localizadas em pisos térreos de acesso público) é adicionada àquela rede uma outra reforçada do mesmo material.

Nas figs. 7A e 7B são apresentados aspectos da realização de isolamento térmico do tipo ETICS.



Fig. 7A – Aspecto da realização de um ETICS



Fig. 7B – Aspecto da realização de um ETICS
(revestimento delgado exterior)

Nas figuras seguintes são apresentados alguns exemplos de fachadas de edifícios de habitação onde foi aplicado isolamento térmico pelo exterior (ETICS).



Fig. 8 – Aspecto geral de uma fachada reabilitada com isolamento térmico pelo exterior (ETICS)



Fig. 9 – Aspecto geral de uma aplicação de ETICS numa empena

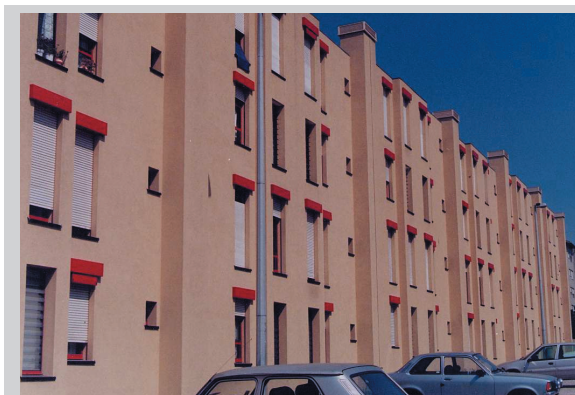


Fig. 10A – Aspecto geral de uma fachada reabilitada com ETICS, em habitação social

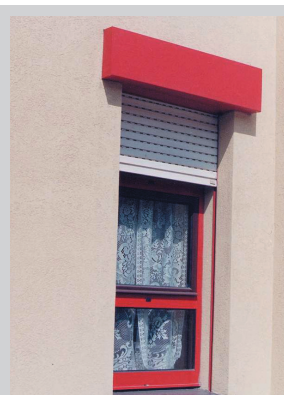
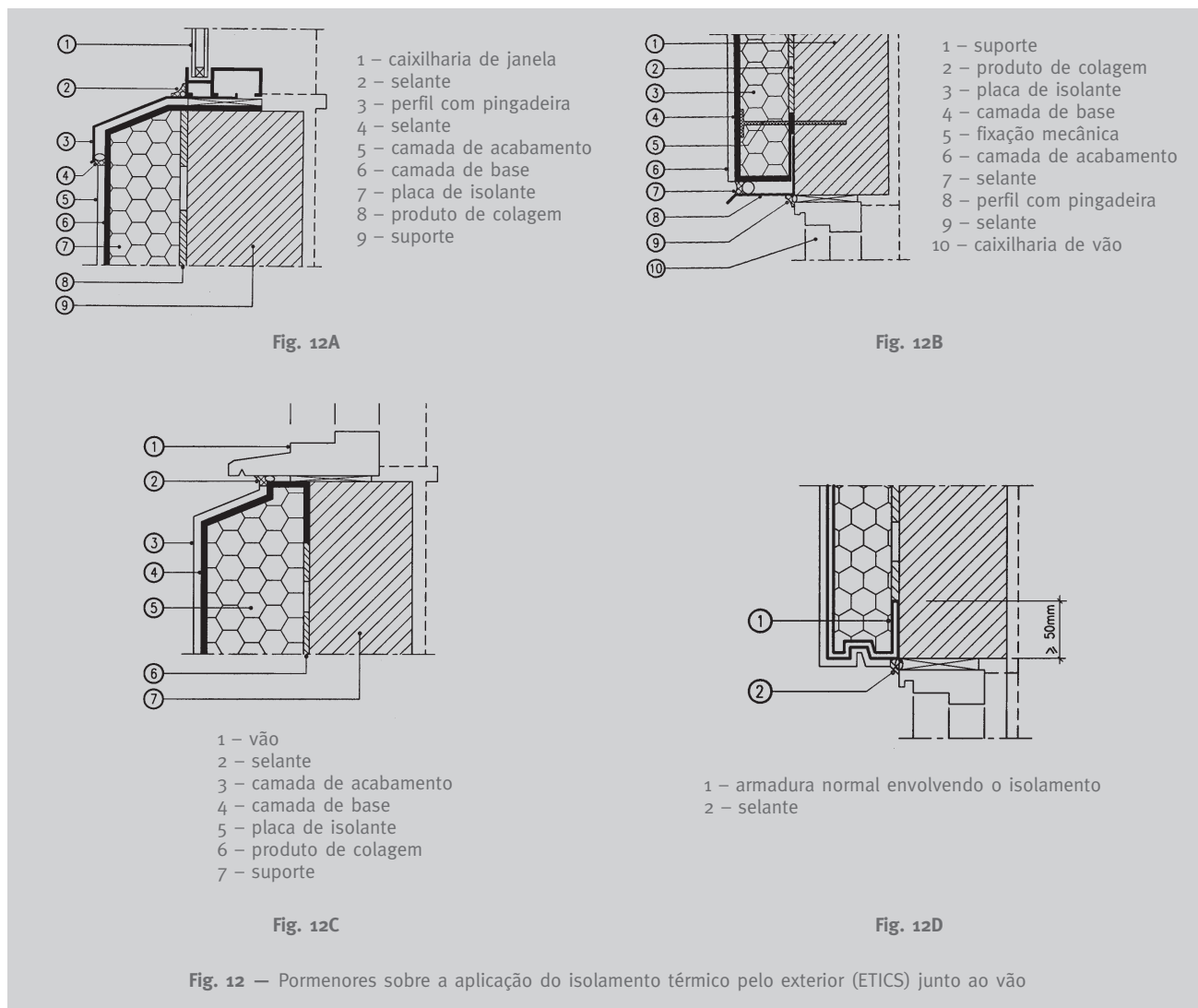
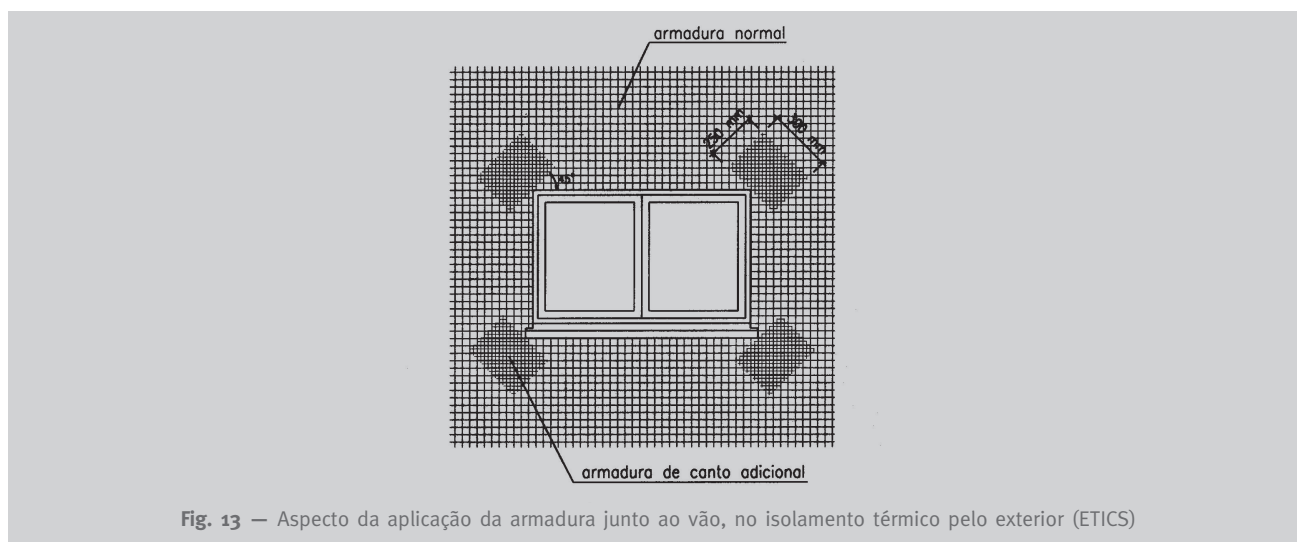


Fig. 10B – Pormenor de uma janela da fachada

Nas figuras 11 a 13 são apresentados pormenores técnicos sobre a aplicação do isolamento térmico pelo exterior (ETICS).





Por forma a poder ter-se uma melhor percepção sobre o custo-benefício deste tipo de medida de reabilitação energética, é de seguida apresentado um exemplo de aplicação de uma das soluções referidas, bem como a respectiva análise técnico-económica.

Exemplo 1: Aplicação num edifício de habitação de isolamento térmico, pelo exterior, de paredes simples de tijolo furado 22 cm, em poliestireno expandido moldado (EPS), em placas, do tipo ETICS e com revestimento delgado, para os concelhos de Lisboa (zona climática I₁), do Porto (zona climática I₂) e de Bragança (zona climática I₃), admitindo que tem apenas aquecimento ambiente, realizado por radiadores eléctricos (BTN³ tarifa eléctrica simples ou Bi-Horária), ou por caldeira a Gás Natural, a Propano ou a Gasóleo.

No quadro seguinte é apresentado o custo total da aplicação da medida e a economia de energia em relação à situação inicial (sem isolamento térmico), para diversas espessuras do isolante térmico. A negrito estão indicados os valores das economias de energia para as espessuras correspondentes aos valores de U de referência do RCCTE.

Quadro 2 – Custo e economia de energia da aplicação de diversas espessuras do isolante térmico, para os Concelhos de Lisboa, Porto e Bragança

Espessura do isolante térmico [mm]	Custo total * [Euro/m ²]	Economia de Energia** [MJ/m ² .ano]		
		Lisboa (I ₁)	Porto (I ₂)	Bragança (I ₃)
40	34,19	179,93	243,43	430,92
50	34,93	189,01	255,72	452,67
60	35,67	195,35	264,30	467,86
70	36,41	199,25	269,58	477,21
80	37,15	202,80	274,37	485,69
90	37,89	205,7	278,30	492,64
100	38,63	208,14	281,6	498,48

* Incluindo andaime para a sua aplicação.

** Utilizando a metodologia dos graus-dias, para a temperatura base de 20°C e considerando o rendimento do sistema de aquecimento de 100 %.

³ BTN – Baixa Tensão Normal

Pretendeu-se determinar o limite máximo do acréscimo marginal de 1 cm sobre as espessuras de isolamento, considerando um período de retorno do investimento razoável (8 anos). Para cada zona climática e forma de energia, os valores em questão estão representados no gráfico da fig. 14.

Este estudo foi realizado assumindo o custo médio de cada forma de energia. Para o caso da Electricidade, foi considerado quer o custo da tarifa simples, quer o custo médio ponderado do kWh para tarifa bi-horária.

Esta análise foi efectuada tomando os seguintes valores de conversão energética:

Poder Calorífico Inferior – PCI:

Gás Natural	10,5 kWh/m ³
Propano	12,9 kWh/kg
Gasóleo	9,95 kWh/litro

Rendimento:

Radiadores Eléctricos	100 %
Caldeira a Gás	90 %
Caldeira a Gasóleo	80 %

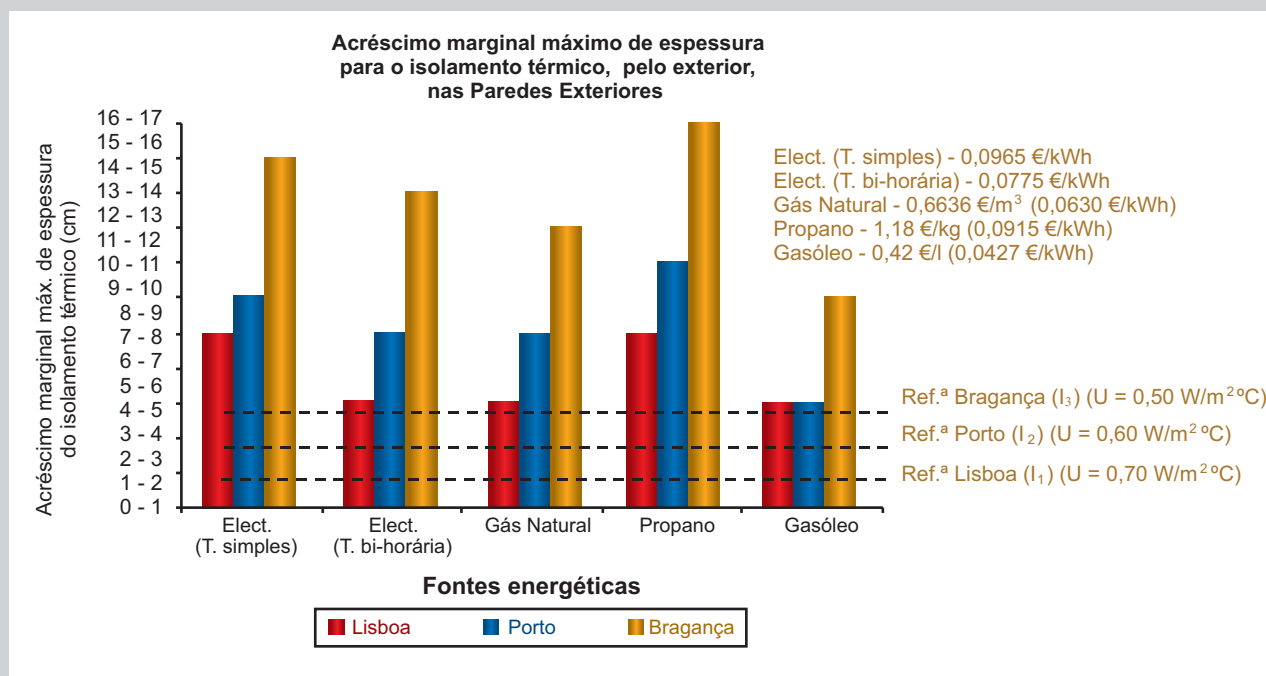


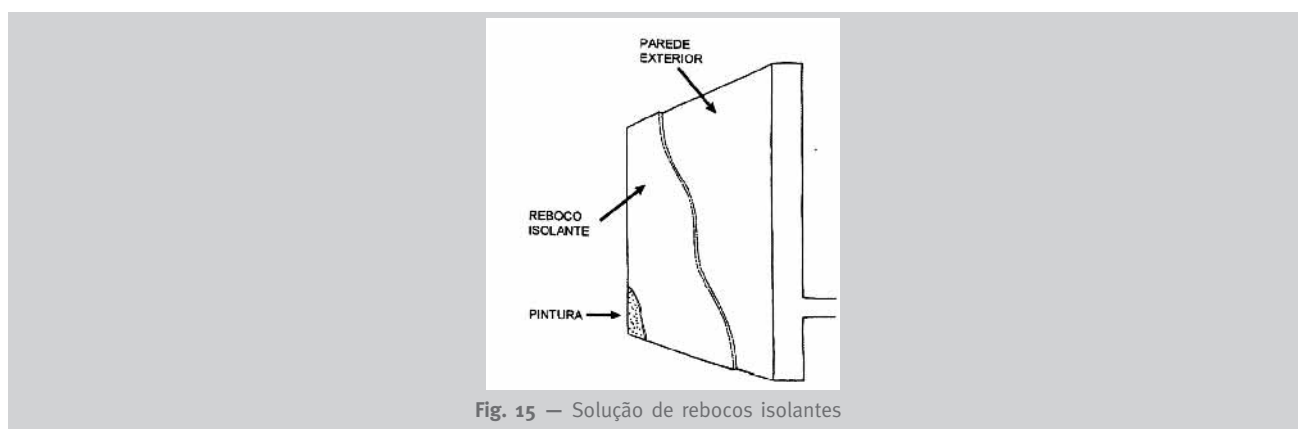
Fig. 14 – Acréscimo marginal máximo da espessura de isolante térmico utilizando as diferentes fontes energéticas (Electricidade, Gás Natural, Propano e Gasóleo), segundo o tarifário de 2004 e em relação ao necessário para satisfazer os valores de U de referência

Da observação da fig. 14, pode-se concluir que, admitindo um aquecimento contínuo por forma a garantir uma temperatura de 20°C durante todo o Inverno, o acréscimo marginal máximo de 1 cm da espessura de isolante para o qual o retorno do investimento é inferior a 8 anos varia consoante a zona climática e a fonte energética em análise, podendo alcançar valores ainda significativos. Por exemplo, na zona I₃ é ainda economicamente viável utilizar espessuras de isolamento da ordem dos 14 cm, caso o aquecimento seja feito a propano, o que representa um acréscimo de 8 cm face ao valor de referência para esta zona climática. No entanto, o aquecimento não é geralmente contínuo, 24h/dia, durante todo o inverno, o que justifica valores mais próximos da espessura de isolamento necessária para satisfazer os valores de U de referência. Para outras fontes de energia para aquecimento, as espessuras economicamente rentáveis são também algo mais reduzidas, mas sempre superiores às correspondentes aos valores de U de referência do RCCTE.

- **Revestimentos isolantes – por exemplo, revestimentos prefabricados isolantes descontínuos e rebocos isolantes.**

Os sistemas de isolamento térmico por elementos descontínuos prefabricados (“vêtures”) são obtidos a partir de elementos previamente produzidos em fábrica, constituídos por um material isolante em placa (quase sempre poliestireno expandido) e por um revestimento (de natureza metálica, mineral ou orgânica). Em virtude de o isolante e o revestimento serem prefabricados, a aplicação em obra destes sistemas é feita numa única operação, apresentando, no entanto, algumas dificuldades de adaptação a pontos singulares das fachadas, como por exemplo, os vãos. Relativamente aos sistemas de isolamento térmico por revestimentos de elementos descontínuos com isolante na caixa de ar, dispensam da existência da estrutura de fixação intermédia e da lâmina de ar entre o revestimento e o isolante e em relação aos sistemas por revestimento sobre o isolante (ETICS), dispensam a execução de camadas sucessivas, que obrigam à manutenção da totalidade dos andaimes em obra durante mais tempo.

A solução de rebocos isolantes justifica entretanto uma observação. Esta solução consiste em revestimentos constituídos por argamassas que incorporam grânulos dum isolante térmico (por exemplo, de poliestireno expandido) de diâmetro muito pequeno por forma a reduzir a sua condutibilidade térmica em relação à das argamassas de rebocos tradicionais. Esta solução, é em geral 2 ou 3 vezes menos eficiente que as outras soluções de reabilitação térmica, embora seja de mais fácil aplicação. Assim, esta solução não é por isso em geral suficiente para garantir por si só o nível de isolamento térmico adequado às paredes a reabilitar e não dispensará, na maior parte dos casos, a aplicação de outras medidas em simultâneo. Este facto leva a que os rebocos isolantes sejam considerados apenas soluções de complemento de isolamento térmico.



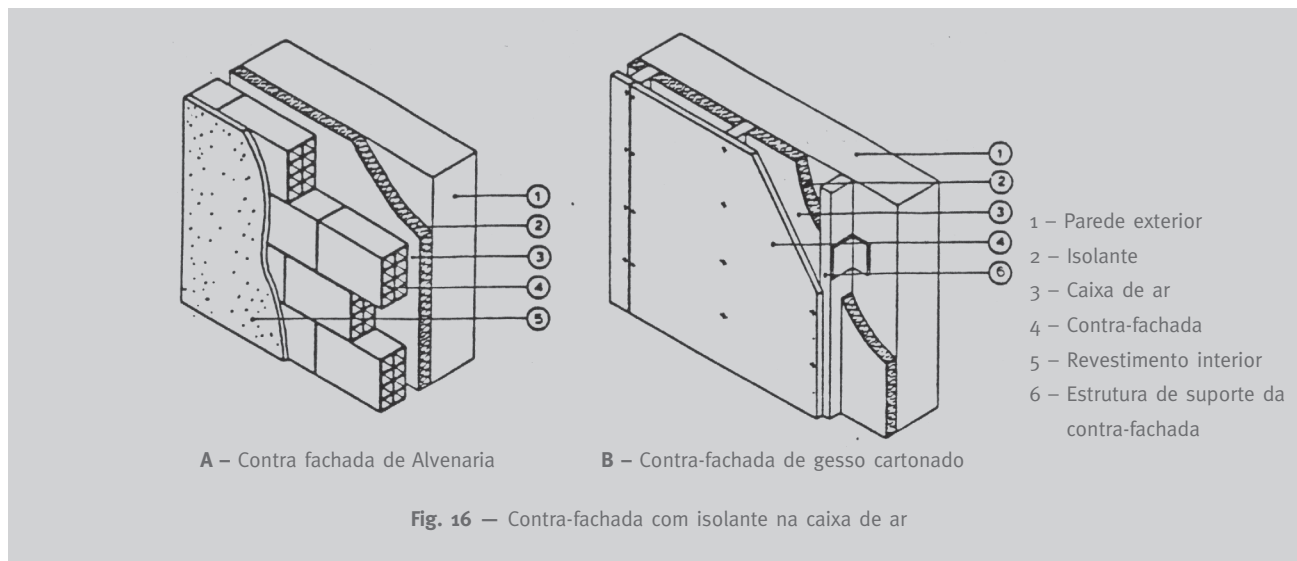
b) Soluções de isolamento térmico interior

Para este tipo de isolamento existem diversas soluções, nomeadamente painéis isolantes prefabricados ou a execução de uma contra-fachada⁴ no lado interior da parede a reabilitar [1].

Em relação aos painéis isolantes prefabricados, a solução mais correntemente utilizada realiza-se através de painéis com a altura do andar que associam um paramento de gesso cartonado e uma camada de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido moldado (EPS) ou extrudido (XPS), coladas no tardo (parte de trás) das placas de paramento. Estes painéis podem ser colados directamente contra o paramento interior da parede a reabilitar ou ser-lhe fixados através duma estrutura de apoio, que define uma caixa de ar intermédia.

No segundo tipo de soluções, baseadas na execução de uma contra-fachada no lado interior da parede a reabilitar, duas soluções têm sido mais utilizadas: um pano de alvenaria leve (contra-fachada de alvenaria) ou um forro de placas de gesso cartonado com a respectiva estrutura de apoio fixada à parede, em que o isolante térmico é aplicado desligado da placa de gesso cartonado (contra-fachada de gesso cartonado) (ver fig. 16).

⁴ Pano de alvenaria ou forro contínuo (constituído por placas de gesso cartonado ou de outro material, em regra fixadas contra uma estrutura secundária).



Exemplo 2: Aplicação num edifício de habitação de isolamento térmico, pelo interior, de paredes simples de tijolo furado 22 cm, através de placas de poliestireno expandido moldado (EPS) e com revestimento em placas de gesso cartonado, para os concelhos de Lisboa (zona climática I₁), do Porto (zona climática I₂) e de Bragança (zona climática I₃), admitindo que tem apenas aquecimento ambiente, realizado por radiadores eléctricos (BTN tarifa eléctrica simples ou Bi-Horária), ou por caldeira a Gás Natural, a Propano ou a Gasóleo.

No quadro seguinte é apresentado o custo total da aplicação da medida e a economia de energia em relação à situação inicial (sem isolamento térmico), para diversas espessuras do isolante. A negrito estão indicados os valores das economias de energia para as espessuras correspondentes aos valores de U de referência do RCCTE⁵.

Quadro 3 – Custo e economia de energia da aplicação de diversas espessuras do isolante térmico, para os Concelhos de Lisboa, Porto e Bragança

Espessura do isolante térmico [mm]	Custo total * [Euro/m ²]	Economia de Energia* [M]/m ² .ano]		
		Lisboa (I ₁)	Porto (I ₂)	Bragança (I ₃)
30	34,10	144,2	195,1	345,36
40	34,84	156,28	211,44	374,28
50	35,58	165,81	224,33	397,1
60	36,32	172,73	233,69	413,68
70	37,06	177,49	240,13	425,07
80	37,80	181,64	245,75	435,02
90	38,54	185,1	250,42	443,30

* Utilizando a metodologia dos graus-dias, para a temperatura base de 20°C e considerando o rendimento do sistema de aquecimento de 100 %.

⁵ O valor da espessura do isolamento da parede exterior com isolamento pelo interior é inferior ao valor apresentado no Exemplo 1 (parede exterior com isolamento pelo exterior) devido ao facto do revestimento (gesso cartonado) apresentar λ (W/m°C) inferior ao da parede com isolamento térmico pelo exterior, que apresentava um revestimento delgado. No entanto, as perdas de calor através as paredes exteriores com isolamento pelo interior sofrem uma penalização, devido às pontes térmicas na ligação das lajes, para além de outros problemas que esta solução acarreta e que já foram anteriormente mencionados.

Foi aqui também efectuada uma análise semelhante à realizada para a solução de isolamento térmico pelo exterior. Para cada zona climática e forma de energia os valores máximos para os acréscimos marginais de 1 cm obtidos estão representados na fig. 17.

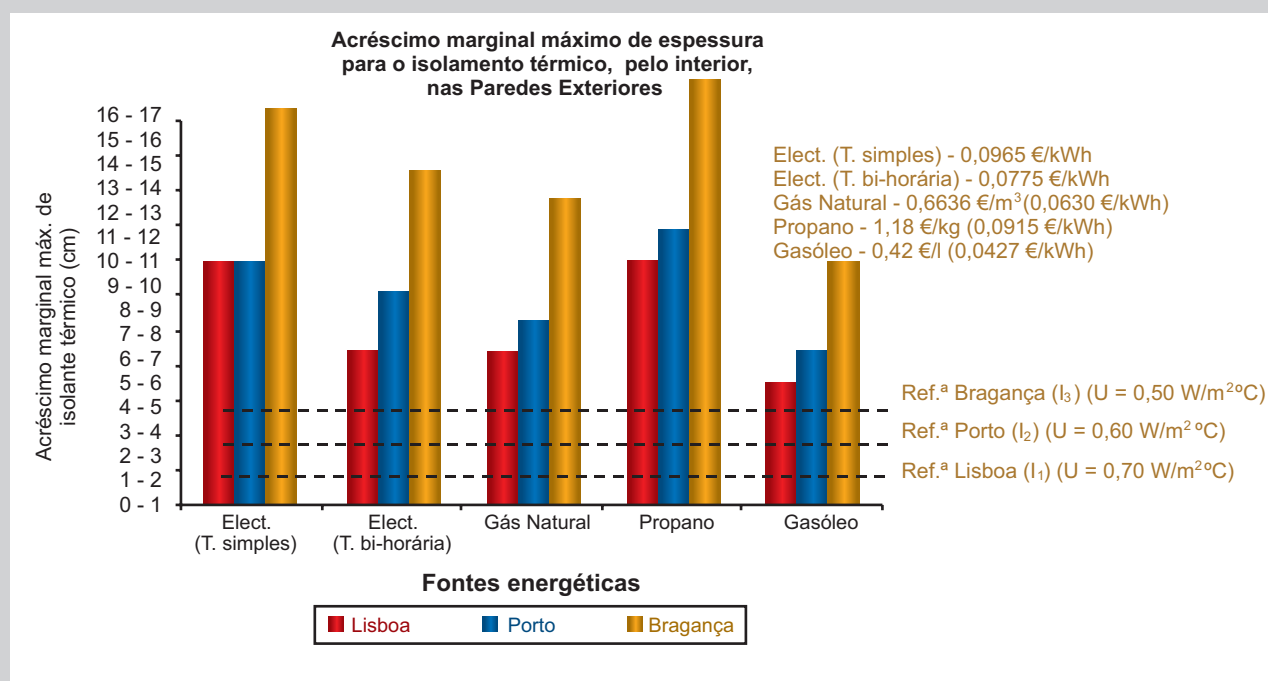


Fig. 17 – Acréscimo marginal máximo de espessura de isolante térmico utilizando as diferentes fontes energéticas (Electricidade, Gás Natural, Propano e Gasóleo), segundo o tarifário de 2004 e em relação ao necessário para satisfazer os valores de U de referência

As conclusões são em tudo semelhantes às obtidas para o exemplo anterior, i.e., o acréscimo marginal máximo de 1 cm da espessura de isolamento que apresenta um “pay-back” inferior a 8 anos, pode alcançar valores significativos (nalguns casos da ordem dos 11 cm), consoante a zona climática e a fonte energética em análise, admitindo um aquecimento contínuo por forma a garantir uma temperatura de 20°C durante todo o Inverno.

c) Soluções de isolamento térmico na caixa de ar de paredes duplas

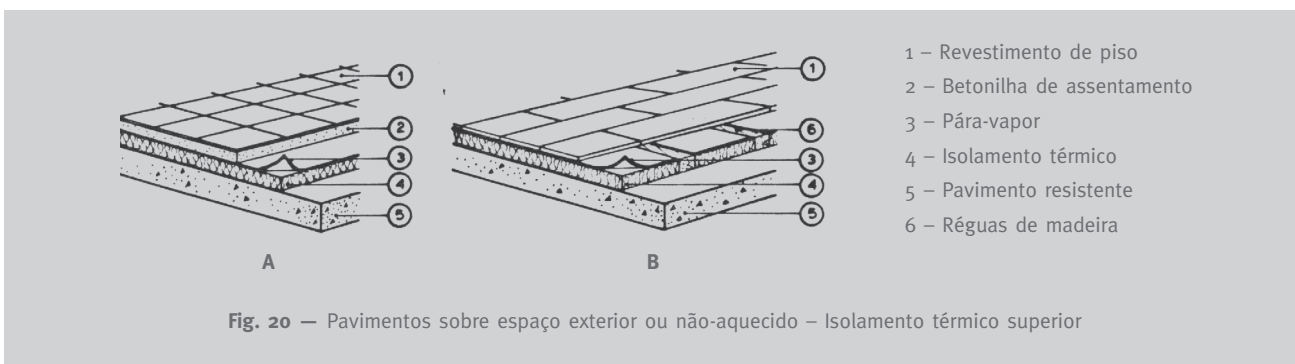
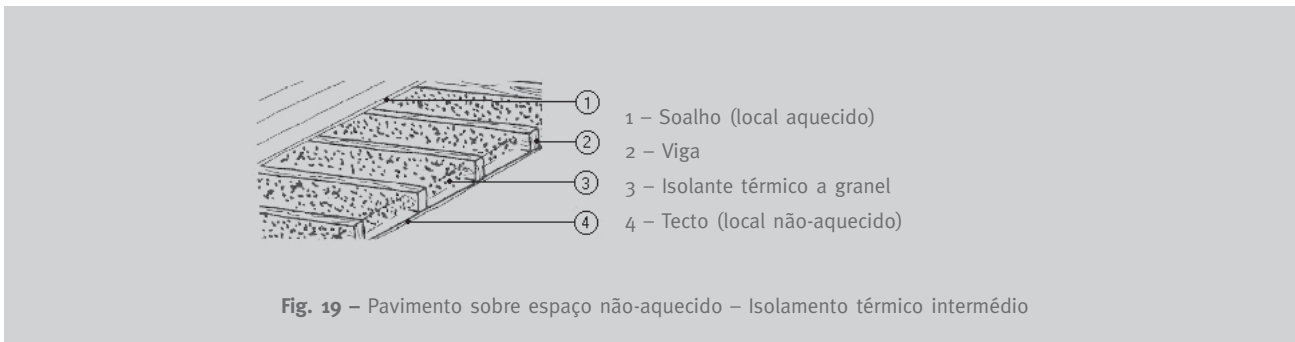
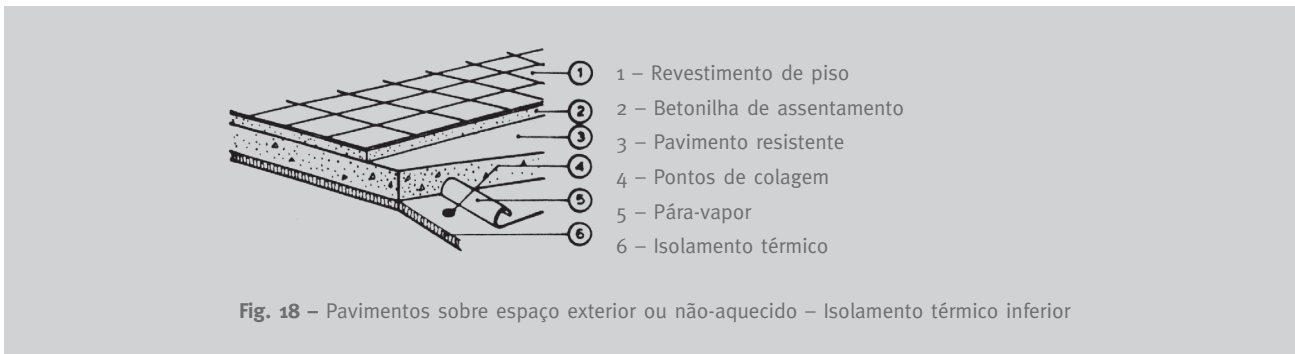
O reforço do isolamento térmico das paredes duplas é possível de ser realizado por incorporação de materiais isolantes soltos ou de espumas injectadas na caixa de ar, permitindo manter o aspecto exterior e interior das mesmas e reduzir ao mínimo as operações de reposição dos respectivos paramentos, que ficam limitadas à vedação dos furos de injeção.

De qualquer forma, esta solução pode apresentar algumas limitações importantes, como por exemplo, a caixa de ar poder ter uma espessura pequena ou apresentar-se preenchida com argamassa ou detritos, que em qualquer dos casos pode dificultar a aplicação homogénea do isolante térmico ao longo da parede, pelo que a qualidade da execução deverá ser assegurada por aplicadores especializados. A formulação da espuma de poliuretano deverá ser criteriosa, por forma a obter as características desejadas. Por outro lado, a pressão de injeção deverá ser controlada para evitar a ocorrência de deformações na parede e garantir o completo preenchimento da caixa de ar. O número e a distribuição dos furos de injeção também deverá ser adequado e deverão ser realizados furos adicionais ou observação endoscópica para verificar esse preenchimento. No caso dos isolantes a granel (soltos), para além do já referido, a sua aplicação deverá ser realizada de forma a evitar assentamentos, que poderão originar espaços vazios, constituindo pontes térmicas ou falta de isolante.

3.3 Pavimentos

A intervenção ao nível dos pavimentos é fundamental quando estes estão em contacto directo com o exterior ou com espaços interiores não-aquecidos (garagem, cave não-habitável, etc). Para o reforço do isolamento térmico dos pavimentos existem três grandes opções, dependentes da localização desse isolamento [1]:

- isolamento térmico inferior (fig. 18);
- isolamento térmico intermédio (limitado ao caso de pavimentos com vazios - fig. 19);
- isolamento térmico superior (fig. 20).



Desde que o espaço subjacente ao pavimento seja acessível, as soluções de isolamento térmico inferior são claramente preferíveis, porque para além de ser mais eficiente do ponto de vista térmico, são também de mais fácil e rápida aplicação e também de menor custo. Por outro lado, há que ter em atenção que as soluções de isolamento térmico superior, além de menos eficientes, reduzem o pé-direito do espaço habitável. De notar, que também na aplicação do isolamento térmico inferior também terá que se verificar se não haverá nenhum condicionalismo devido à redução do pé-direito do espaço subjacente.

Exemplo 3: Aplicação num edifício de habitação de isolamento térmico inferior à laje de pavimento (sobre a garagem e arrecadações) em lã mineral (MW), em placas, fixado directamente ao pavimento, e com um acabamento contínuo, por exemplo, em placas de gesso cartonado, para os concelhos de Lisboa (zona climática I₁), do Porto (zona climática I₂) e de Bragança (zona climática I₃), admitindo que tem apenas aquecimento ambiente, realizado por radiadores eléctricos (BTN tarifa eléctrica simples ou Bi-Horária), ou por caldeira a Gás Natural, a Propano ou a Gasóleo.

No quadro seguinte é apresentado o custo total da aplicação da medida e a economia de energia em relação à situação inicial (sem isolamento térmico), para diversas espessuras do isolante térmico. A negrito estão indicados os valores das economias de energia para as espessuras correspondentes aos valores de U de referência do RCCTE.

Quadro 4 – Custo e economia de energia da aplicação de diversas espessuras do isolante térmico, para os Concelhos de Lisboa, Porto e Bragança

Espessura do isolante térmico [mm]	Custo total * [Euro/m ²]	Economia de Energia* [MJ/m ² .ano]		
		Lisboa (I ₁)	Porto (I ₂)	Bragança (I ₃)
20	13,98	102,82	139,1	246,24
30	14,52	125,88	170,31	301,49
40	15,06	138,80	187,79	332,42
50	15,6	148,43	200,82	355,49
60	16,14	154,22	208,66	369,36
70	16,68	159,68	216,03	382,42
80	17,22	163,50	221,20	391,57

* Utilizando a metodologia dos graus-dias, para a temperatura base de 20°C e considerando o rendimento do sistema de aquecimento de 100 %.

Utilizando a mesma metodologia dos exemplos anteriores, foi efectuada neste caso a análise para a aplicação de isolante térmico sob a laje de pavimento (sobre a garagem e arrecadações), estando os valores obtidos para os acréscimos marginais representados na fig. 21.

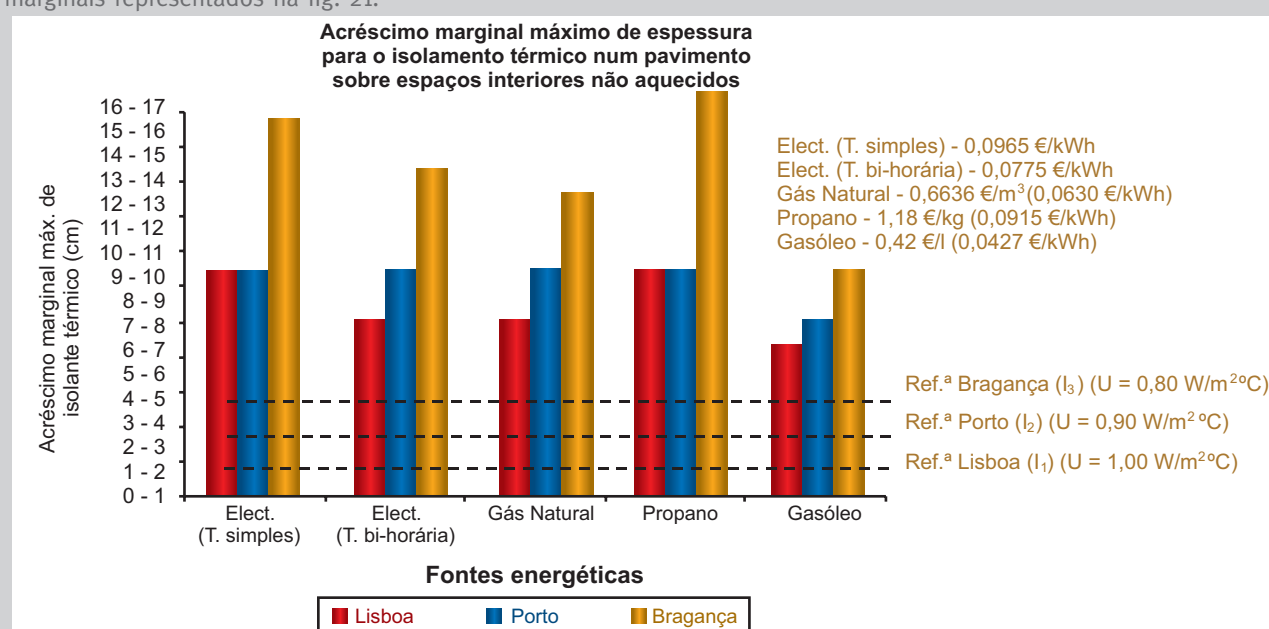


Fig. 21 – Acréscimo marginal máximo de espessura de isolante térmico utilizando as diferentes fontes energéticas (Electricidade, Gás Natural, Propano e Gasóleo), segundo o tarifário de 2004 e em relação ao necessário para satisfazer os valores de U de referência

Da observação da fig. 21 e assumindo um aquecimento contínuo por forma a garantir uma temperatura de 20°C durante todo o Inverno, pode-se concluir que, para as formas de energia e zonas climáticas em análise, o acréscimo marginal máximo de 1 cm de isolamento para o qual o “pay-back” é inferior a 8 anos, pode, também aqui, alcançar valores bastante significativos.

3.4. Cobertura

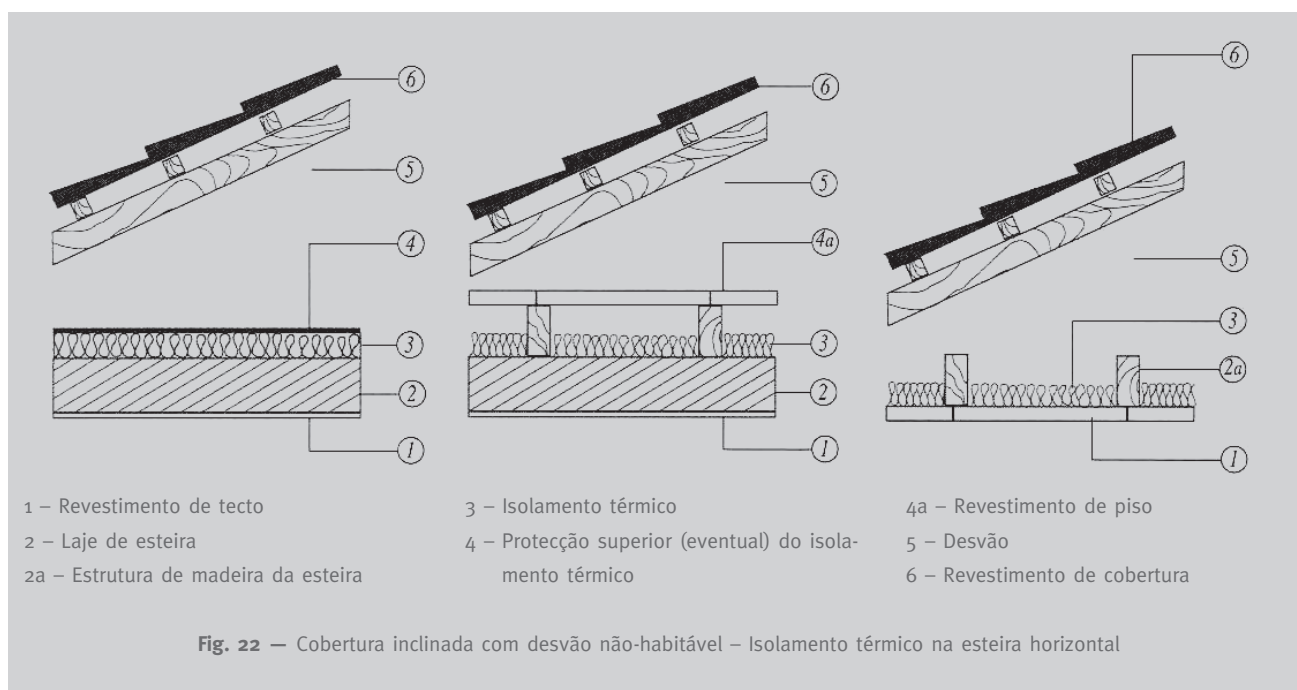
A cobertura é o elemento construtivo do edifício que está sujeito às maiores amplitudes térmicas. O isolamento térmico de uma cobertura é considerada uma intervenção de eficiência energética prioritária, face aos benefícios imediatos em termos da diminuição das necessidades energéticas, e por se tratar de uma das medidas mais simples e menos dispendiosa. Além disso, uma intervenção numa cobertura, realizada para resolver um problema de impermeabilização, facilmente poderá ser “alargada” para incluir a aplicação de isolamento térmico nessa mesma cobertura, sendo o sobrecusto desta solução praticamente equivalente ao custo do material.

3.4.1. Coberturas Inclinadas

Em relação às coberturas inclinadas consideram-se dois procedimentos de reforço de isolamento que se diferenciam pelo elemento da cobertura no qual se aplica o isolante térmico: isolamento da esteira horizontal (caso o desvão não seja habitável) e isolamento das vertentes (caso o desvão seja habitável) [1].

* Isolamento da esteira horizontal

Sempre que possível, isto é, quando o espaço debaixo da cobertura não é utilizado para habitação ou lazer (desvão não habitável), é preferível aplicar a camada de isolamento térmico sobre a esteira horizontal, eventualmente protegida superiormente, se o desvão for acessível, e assegurar uma franca ventilação do desvão. Este tipo de soluções é mais económico, quando comparado com o isolamento das vertentes, pois a quantidade de isolante utilizada é menor e a sua aplicação é em geral mais fácil, e por outro lado, haverá um menor consumo de energia para aquecimento durante a estação fria, pois o desvão não necessita ser aquecido. Na estação quente também haverá um melhor desempenho térmico devido à dissipação do calor permitida pela ventilação do desvão.



As soluções de isolamento térmico aplicado sob a esteira são menos aconselháveis que as anteriores, em particular quando existe laje de esteira, por não protegerem a estrutura contra as variações térmicas de origem climática e favorecerem as condensações internas.

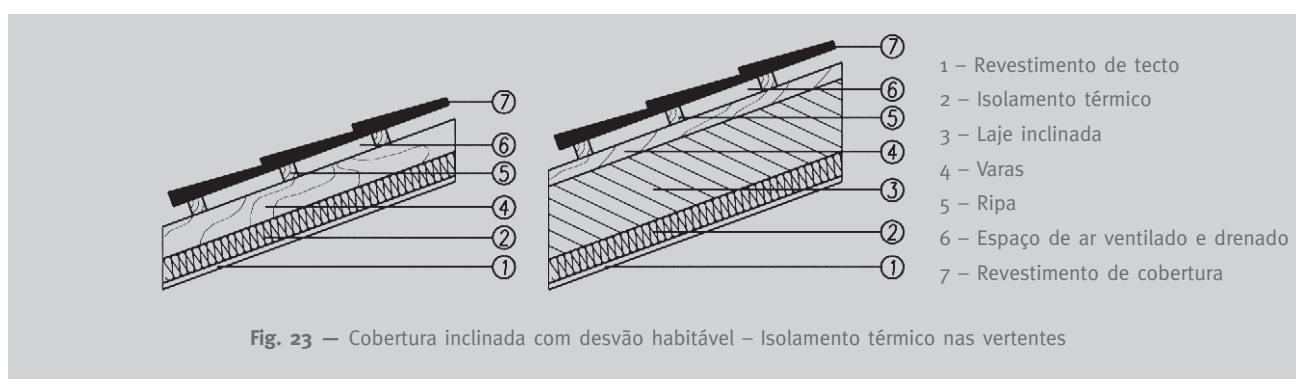
*** Isolamento das vertentes**

As soluções de isolamento térmico aplicado segundo as vertentes das coberturas devem ser apenas reservadas para as situações em que o desvão seja habitável. Entre as soluções possíveis, o isolamento térmico sobre a estrutura da cobertura (vertentes) é do ponto de vista energético preferível, sobretudo quando existe uma estrutura de laje. Na sua aplicação deve ser assegurada a existência de uma lâmina de ar ventilada, entre o revestimento exterior da cobertura (ex: telha) e o isolante térmico, para evitar a degradação dos materiais.

Como há o risco de penetração da água da chuva batida pelo vento através das juntas daquele revestimento, nessas soluções, quando o isolante térmico é colocado imediatamente sob o revestimento descontínuo da cobertura, recomenda-se nesse caso a protecção superior do isolante com uma camada que impeça a passagem da água no estado líquido e a consequente molhagem do isolante, sem contudo criar uma barreira ao vapor do lado exterior do mesmo, que originaria nele condensações internas.

Membranas de material plástico microperfuradas (com orifícios de dimensões suficientemente reduzidas para impedir a passagem de água no estado líquido mas permitindo a passagem do vapor de água) constituem soluções adequadas para uma tal barreira. Outras soluções possíveis consistem na dupla protecção da camada de isolamento térmico em ambas as suas faces com membranas de material plástico ou de papel “kraft” actuando com barreiras de controlo da permeabilidade ao vapor de água, ou, no caso de coberturas de telhado tradicionais com telhas de canudo, na disposição de uma solução denominada de “subtelha” sob o revestimento de telhas, constituída por chapas onduladas metálicas ou de outros materiais cujas ondas se ajustem às das telhas, que permitirá recolher a água da chuva eventualmente infiltrada através das juntas entre telhas.

Caso não seja possível remover o revestimento exterior da cobertura, as soluções de isolamento térmico ficam limitadas à sua aplicação na face inferior da estrutura da cobertura.



Exemplo 4: Aplicação num edifício de habitação de isolante térmico na cobertura inclinada (desvão não habitado), sobre a esteira horizontal, em poliestireno expandido moldado (EPS) em placas, para os concelhos de Lisboa (zona climática I₁), do Porto (zona climática I₂) e de Bragança (zona climática I₃), admitindo que tem apenas aquecimento ambiente, realizado por radiadores eléctricos (BTN tarifa eléctrica simples ou Bi-Horária), ou por caldeira a Gás Natural, a Propano ou a Gasóleo.

No quadro seguinte é apresentado o custo total da aplicação da medida e a economia de energia em relação à situação inicial (sem isolamento térmico), para diversas espessuras do isolante. A negrito estão indicados os valores das economias de energia para as espessuras correspondentes aos valores de U de referência do RCCTE.

Quadro 5 – Custo e economia de energia da aplicação de diversas espessuras do isolante térmico, para os Concelhos de Lisboa, Porto e Bragança

Espessura do isolante térmico [mm]	Custo total * [Euro/m ²]	Economia de Energia* [M]/m ² .ano]		
		Lisboa (I ₁)	Porto (I ₂)	Bragança (I ₃)
60	6,98	303,31	410,36	726,41
70	7,72	311,03	420,8	744,9
80	8,46	315,90	427,39	756,56
90	9,2	319,79	432,65	765,87
100	9,94	323,87	438,18	775,66
110	10,68	325,64	440,54	779,89
120	11,42	327,9	443,63	785,31

* Utilizando a metodologia dos graus-dias, para a temperatura base de 20°C e considerando o rendimento do sistema de aquecimento de 100 %.

Utilizando a mesma metodologia dos exemplos anteriores, foi efectuada neste caso a análise para a aplicação de isolante térmico sobre a esteira horizontal de uma cobertura inclinada (desvão não habitado), estando os valores obtidos representados na fig. 24.

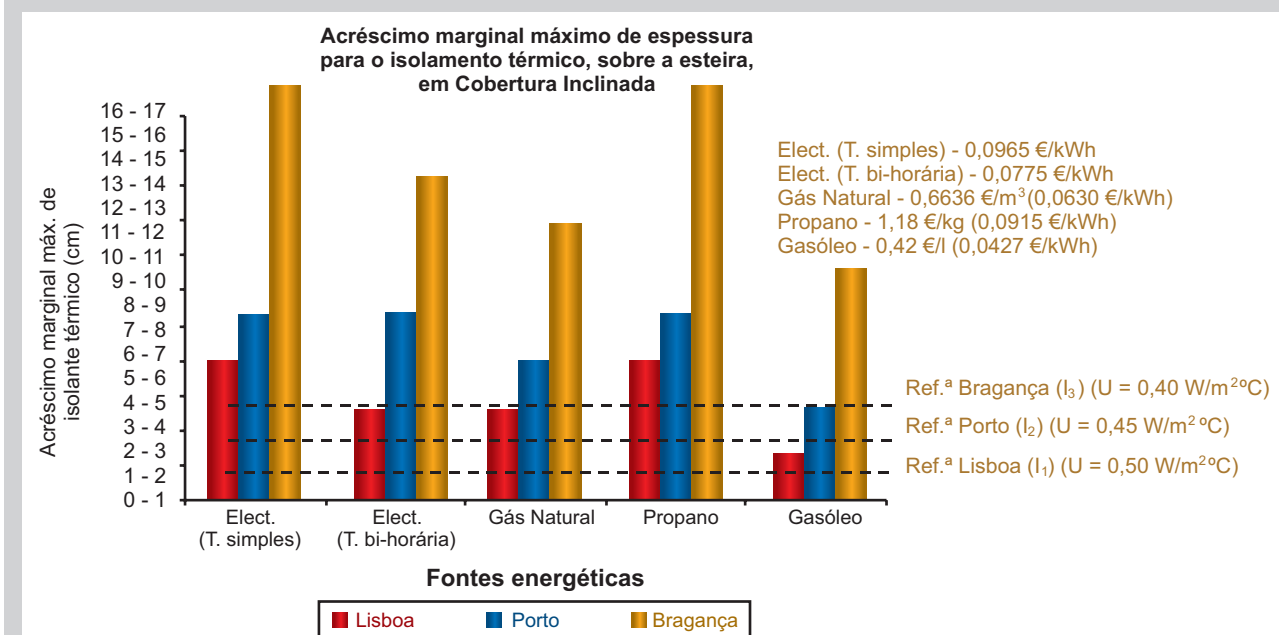


Fig. 24 – Acréscimo marginal máximo de espessura de isolante térmico utilizando as diferentes fontes energéticas (Electricidade, Gás Natural, Propano e Gasóleo), segundo o tarifário de 2004 e em relação ao necessário para satisfazer os valores de U de referência

Da observação da fig. 24, pode-se concluir que, também neste caso, o acréscimo marginal máximo de 1 cm de espessura de isolamento para o qual o retorno do investimento é inferior a 8 anos, pode alcançar valores razoáveis.

Se a forma de energia utilizada for o Gasóleo, pode-se concluir que só existirá benefício no acréscimo de espessura do isolamento térmico na zona climática I₃ e se o custo do gasóleo se encontrar na metade superior da gama de custos estudada neste exemplo.

3.4.2. Coberturas Horizontais (em Terraço)

Antes de se proceder à reabilitação da cobertura é fundamental o reconhecimento prévio do seu estado de conservação (da camada superior, da impermeabilização, do isolante térmico, caso exista, e do próprio suporte), por forma a poder ser tomada a decisão mais adequada em relação ao tipo de solução a adoptar.

Se a cobertura apresentar manifestações patológicas, devidas a infiltrações ou a condensações de água, a fendilhações, a descolamentos ou outras degradações, será necessário primeiramente proceder à sua correcção e à eliminação das suas causas.

De notar, que no caso da presença de água (devida a infiltrações ou a condensações), os trabalhos de reabilitação não devem ser executados sem que antes seja assegurada a secagem dos elementos afectados. No caso particular da presença de água num isolante térmico, em geral, será necessário proceder à sua remoção e substituição.

Basicamente, para o reforço do isolamento térmico das coberturas horizontais, existem três grandes opções, caracterizadas pela posição relativa do isolante térmico a aplicar em cada uma delas:

- isolamento térmico superior;
- isolamento térmico intermédio;
- isolamento térmico inferior.

De entre as opções possíveis, a mais aconselhável é aquela em que o isolamento térmico é aplicado em posição superior, acima da camada de forma (figs. 25 a 30).

Basicamente, existem dois tipos de soluções de aplicação do isolamento térmico em posição superior:

- cobertura invertida (vd. 3.4.2.1)
- isolante térmico suporte de impermeabilização (vd. 3.4.2.2)

De entre estes dois tipos de soluções, a melhor opção é a de “cobertura invertida”, pois permite aumentar a vida útil da impermeabilização ao protegê-la de amplitudes térmicas significativas, além de que, aquando a sua aplicação em reabilitação, permite aproveitar a impermeabilização já existente, caso esta ainda se encontre em bom estado.

No que se refere às soluções em que o isolamento térmico se localiza em posição intermédia (entre a esteira horizontal e a camada de forma) embora possíveis, exigem a reconstrução total das camadas sobrejacentes à laje de esteira, requerendo especiais cuidados de concepção e execução para evitar que ocorram fenómenos de choque térmico nas camadas acima do isolante térmico e a sua consequente degradação.

Em relação à aplicação dum isolante térmico em posição inferior à laje de esteira apenas se aceita quando integrado num tecto-falso desligado da esteira e, mesmo assim, tem a desvantagem de não proteger termicamente a estrutura. A directa aplicação desse isolante na face inferior da laje de esteira deve ser totalmente evitada porque, além de ser termicamente menos eficiente, como acima mencionado, aumenta o risco de deformações de origem térmica da estrutura do edifício e a consequente degradação.

Quanto ao nível de isolamento térmico a conferir na reabilitação térmica de coberturas horizontais, este não deverá ser inferior ao mínimo exigido pelo novo RCCTE. No entanto, recomenda-se uma resistência térmica adicional, com base na análise económica referida no Exemplo 5.

Seguidamente, são apresentadas algumas soluções possíveis de reabilitação térmica de coberturas em terraço [3].

3.4.2.1. Cobertura invertida

Neste tipo de solução, o isolamento térmico, sob a forma de placas, é aplicado sobre a impermeabilização (com eventual interposição de uma camada de separação), e protegido superiormente pela aplicação duma protecção pesada, que as impede de se deslocarem sob acção do vento ou de flutuações de água, que entretanto se possa ter acumulado acidentalmente na cobertura, e que as protege da radiação solar, cuja componente ultravioleta provoca a sua degradação.

Actualmente as placas de poliestireno expandido extrudido (XPS) são o isolante térmico mais adequado para realizar uma solução de cobertura invertida.

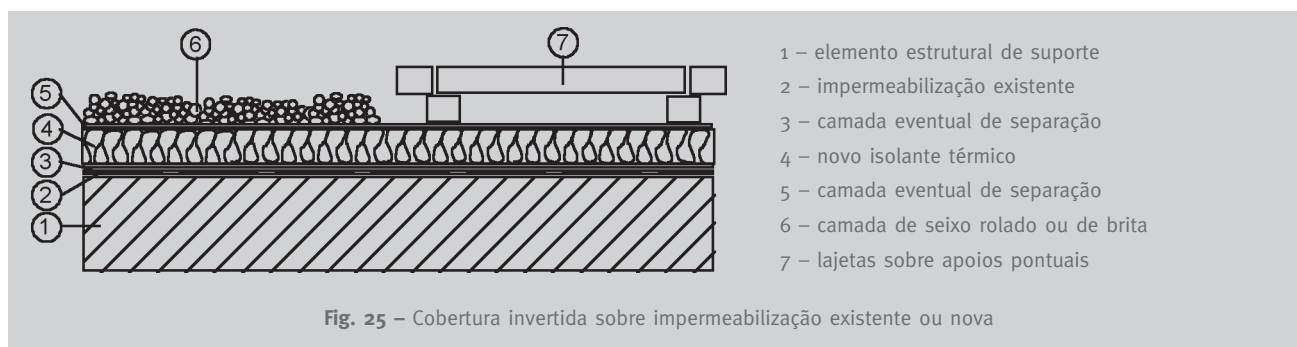
A compatibilidade entre o XPS e o revestimento de impermeabilização pode ser verificada junto dos fabricantes do isolante térmico ou da impermeabilização.

i) Cobertura invertida sobre impermeabilização existente ou nova

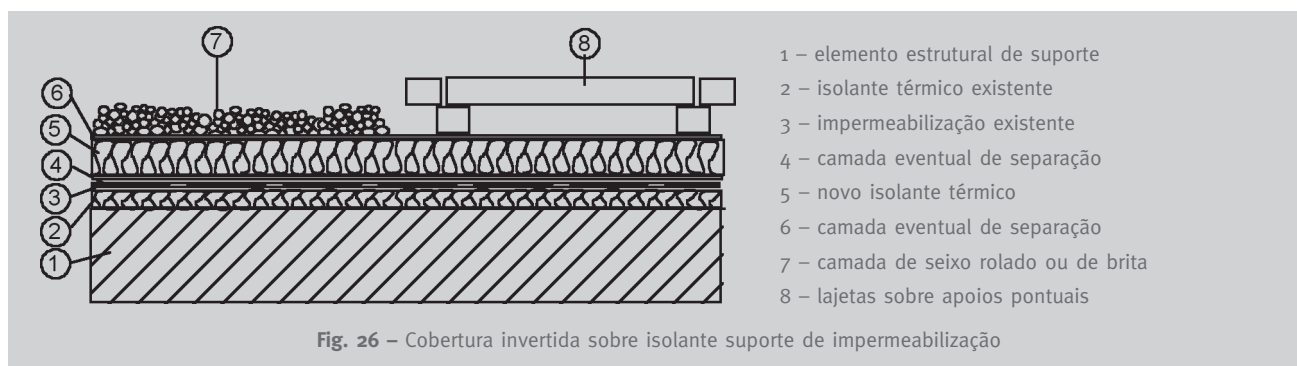
Considera-se neste exemplo (fig. 25) uma situação em que a impermeabilização existente dispunha de uma protecção móvel (seixo, brita, lajetas) ou de um revestimento de impermeabilização autoprotégido (com areão, partículas de xisto ou cerâmicas ou folhas de alumínio ou cobre).

No caso da manutenção da impermeabilização existente, a protecção móvel tem de ser removida, podendo, em geral, ser reaproveitada. Nas soluções de impermeabilização autoprotégidas aconselha-se o varrimento prévio da protecção (sem danificar a impermeabilização) e a aplicação de uma camada de separação/regularização (manta geotêxtil) sobre essa impermeabilização (fig. 25).

Se a impermeabilização existente for removida, os trabalhos de reabilitação são basicamente idênticos aos de uma aplicação nova.



ii) Cobertura invertida sobre isolante suporte de impermeabilização



No caso de se manter uma solução existente de isolamento térmico (em geral de pequena espessura) a cobertura invertida realizará um complemento desse isolamento (fig. 26). A eventual necessidade de substituição do revestimento de impermeabilização poderá implicar também a remoção do isolante térmico, a menos que aquela impermeabilização seja do tipo independente, ou seja, que a impermeabilização existente possa ser removida sem danificar o isolante térmico existente.

De qualquer modo a manutenção do isolante térmico dependerá do seu estado de conservação, nomeadamente da resistência mecânica que apresenta e do respectivo teor de água, o qual pode ser elevado em consequência de eventuais infiltrações ou de condensações que possam ter ocorrido.

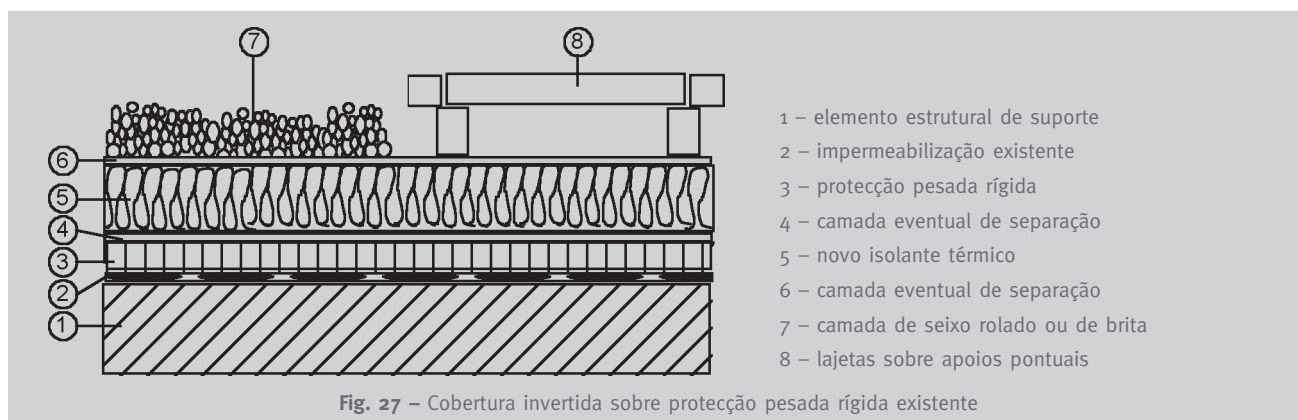
A compatibilidade da nova solução de isolamento térmico (placas de XPS) com a impermeabilização existente deve ser verificada e, eventualmente, deve ser aplicada uma camada de separação (manta de geotêxtil).

iii) Cobertura invertida sobre protecção pesada rígida (betonilha, ladrilhos ou mosaicos)

Nesta solução (fig. 27) a manutenção da protecção pesada existente, dependerá da avaliação do estado de conservação, quer da protecção, quer da impermeabilização existente. Devido às dificuldades de se proceder a esta avaliação, em caso de dúvida será preferível optar pela remoção dos elementos existentes (protecção e impermeabilização) e realizar uma solução nova.

No caso da manutenção da protecção pesada existente, poderá ser necessário interpor uma camada de regularização/separação entre esta e o novo isolante térmico, normalmente realizada por uma manta de geotêxtil.

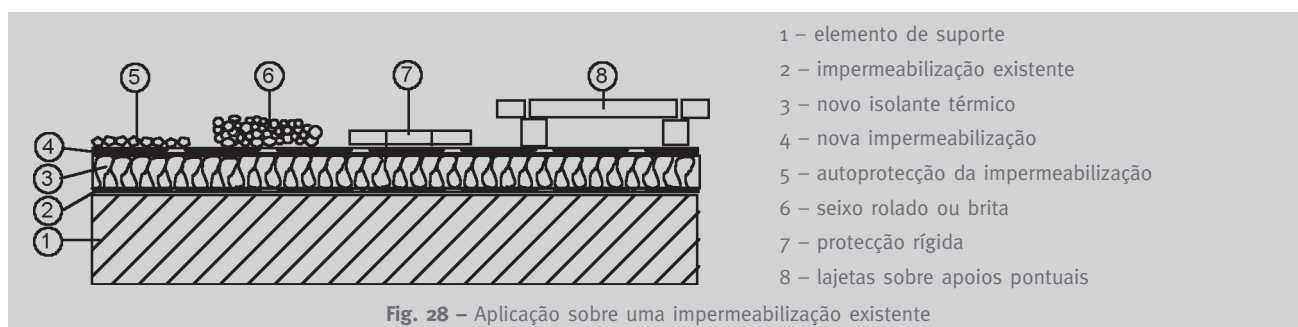
3.4.2.2. Isolante térmico suporte de impermeabilização



Nesta solução o isolante térmico constitui o suporte do revestimento de impermeabilização. As placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB), de lã mineral (MW) e, ainda, de poliestireno expandido moldado (EPS) e de espuma rígida de poliuretano (PUR) constituem algumas das opções de isolantes térmicos a aplicar nesta solução.

Em particular as soluções que recorrem a espumas sintéticas (EPS e PUR) exigem a realização de disposições complementares específicas, de modo a minimizarem-se os riscos de ocorrência de degradações nos revestimentos de impermeabilização.

i) Aplicação sobre impermeabilização existente

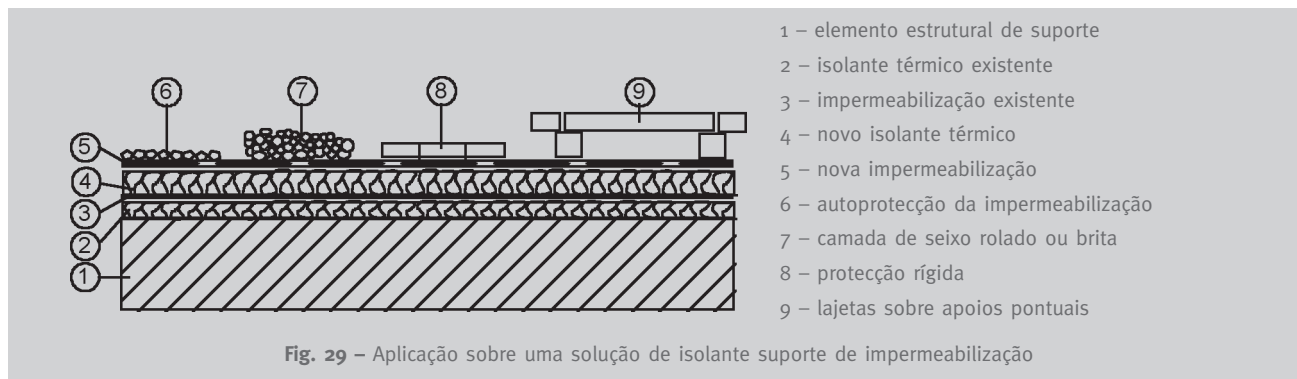


O isolante térmico pode ser simplesmente apoiado (fig. 28) sem fixação, sobre a impermeabilização existente o que implica a realização de uma protecção pesada que contrarie as acções de sucção devidas à acção do vento. Caso contrário terá de ser necessário fixar o isolante térmico e a nova impermeabilização. Duas opções se colocam: a colagem em toda a superfície ou a fixação, sendo a escolha de uma delas condicionada por aspectos técnicos ou económicos. No caso de o isolante térmico ser apenas fixado mecanicamente, a impermeabilização deve ser totalmente colada sobre este.

A impermeabilização existente, mesmo que degradada, pode ser mantida. Todavia, se as degradações apresentadas dificultarem, quer a aplicação do isolante quer a realização de uma barreira pára-vapor justificada pelas condições higrométricas dos espaços subjacentes à cobertura, impõe-se a remoção daquela impermeabilização.

ii) Aplicação sobre uma solução de isolante térmico suporte de impermeabilização

As precauções a tomar com esta solução (fig. 29) são idênticas às já referidas na alínea anterior e em 3.3.2.iii).



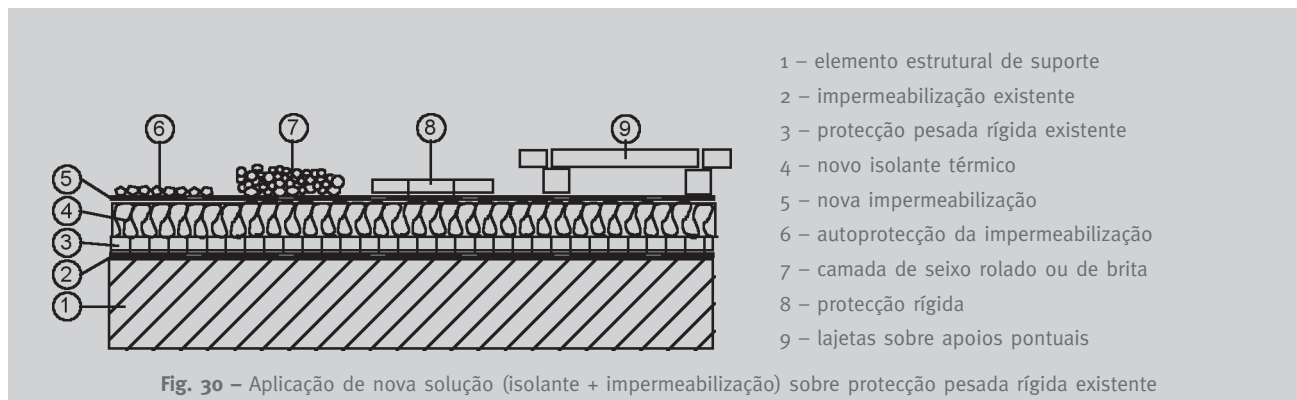
Convém, no entanto, salientar a necessidade de se assegurar uma boa fixação do novo sistema, no caso de se prever uma nova solução de impermeabilização autoprotégida. A aderência intercadas (suporte/isolante e impermeabilização/isolante) da solução existente é sempre difícil de verificar e de garantir. Por esse facto é aconselhável o recurso a uma fixação mecânica, pelo menos do novo isolante ao suporte estrutural. A nova impermeabilização poderá em seguida ser totalmente aderida ao isolante.

iii) Aplicação sobre protecção pesada rígida (betonilha, ladrilhos ou mosaicos)

Os cuidados a ter com a execução desta solução (fig. 30) são idênticos aos já referidos para a opção por cobertura invertida sobre protecção pesada rígida (vd. 3.4.2.iii).

No caso de se prever a realização de uma protecção pesada, o isolante térmico deve ser, preferencialmente, aplicado sem ligação à protecção rígida existente, com eventual interposição de uma camada de separação/regularização (manta de geotêxtil).

A colagem do isolante térmico à protecção existente (requerida no caso de revestimentos de impermeabilização autoprotégidos) só pode ser aceitável se aquela protecção não evidenciar sinais de degradação e se a sua superfície não apresentar irregularidades significativas.



O exemplo 5 apresenta o estudo de uma situação de reabilitação energética de uma cobertura horizontal (em terraço), por forma a poder ter-se uma percepção do custo-benefício desta medida.

Exemplo 5: Aplicação de isolamento térmico numa cobertura horizontal de um edifício de habitação, tipo isolante suporte de impermeabilização, em poliestireno expandido moldado (EPS) em placas e impermeabilização, para os concelhos de Lisboa (zona climática I₁), do Porto (zona climática I₂) e de Bragança (zona climática I₃), admitindo que tem apenas aquecimento ambiente, realizado por radiadores eléctricos (BTN tarifa eléctrica simples ou Bi-Horária), ou por caldeira a Gás Natural, a Propano ou a Gasóleo.

No quadro seguinte é apresentado o custo total da aplicação da medida e a economia de energia em relação à situação inicial (sem isolamento térmico), para diversas espessuras do isolante térmico. A negrito estão indicados os valores das economias de energia para as espessuras correspondentes aos valores de U de referência do RCCTE.

Quadro 6 – Custo e economia de energia da aplicação de diversas espessuras do isolante térmico, para os Concelhos de Lisboa, Porto e Bragança

Espessura do isolante térmico [mm]	Custo total * [Euro/m ²]	Economia de Energia* [MJ/m ² .ano]		
		Lisboa (I ₁)	Porto (I ₂)	Bragança (I ₃)
50	19,01	257,37	348,2	616,39
60	19,75	262,18	354,72	627,91
70	20,49	267,82	362,34	641,41
80	21,23	271,34	367,11	649,86
90	21,97	274,2	370,98	656,70
100	22,71	277,6	375,58	664,85
110	23,45	278,57	376,89	667,16

* Utilizando a metodologia dos graus-dias, para a temperatura base de 20°C e considerando o rendimento do sistema de aquecimento de 100 %.

À semelhança dos exemplos anteriores, foi aqui também efectuada uma análise, neste caso para o isolamento térmico de uma cobertura horizontal, tipo isolante suporte de impermeabilização, estando os valores obtidos dos acréscimos marginais representados na fig. 31.

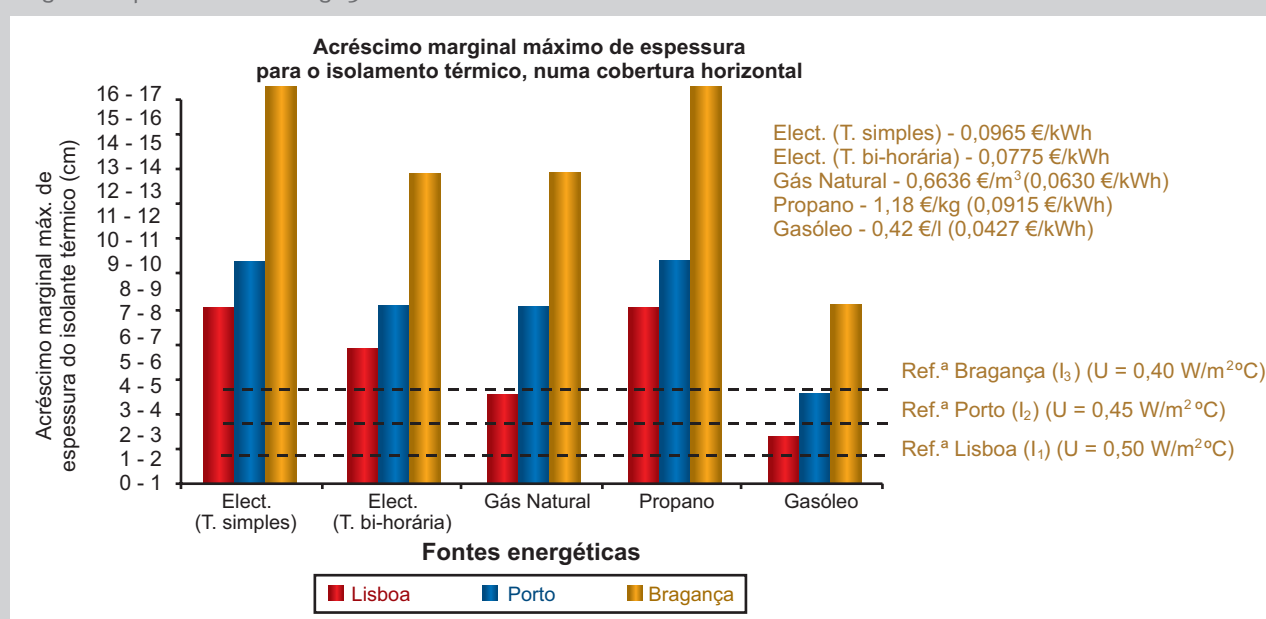


Fig. 31 – Acréscimo marginal máximo de espessura de isolante térmico utilizando as diferentes fontes energéticas (Electricidade, Gás Natural, Propano e Gasóleo), segundo o tarifário de 2004 e em relação ao necessário para satisfazer os valores de U de referência

Da observação da fig. 31, pode verificar-se que, também aqui, os valores para o acréscimo marginal de 1 cm da espessura de isolamento que apresentam viabilidade económica, assumem, para a maior parte das situações em análise, valores significativamente superiores aos que correspondem aos valores de U de referência do RCCTE.

Assim, e da análise dos exemplos apresentados, pode concluir-se que, de um modo geral, as espessuras de isolamento correspondentes aos valores de U de referência do RCCTE são geralmente inferiores aos limites máximos para os quais existe viabilidade económica, sendo por isso aconselhável a utilização de níveis de isolamento mais elevados, sobretudo para certos tipos de fontes energéticas para aquecimento mais dispendiosas, garantindo-se deste modo menores necessidades energéticas e menores custos globais de funcionamento dos edifícios.

Relembra-se que os valores dos gráficos dos exemplos anteriormente apresentados, referem-se apenas ao limite máximo do acréscimo marginal de 1 cm sobre as espessuras de isolamento térmico, nos quais apenas está reflectido o custo adicional do isolamento e não o custo total da medida, uma vez que o custo de base (colocação do isolamento) é um pressuposto obrigatório para cumprir o RCCTE.

Se for efectuada uma análise custo-benefício, verifica-se que a aplicação de isolamento térmico nas coberturas (inclinadas ou horizontais) é sempre mais favorável do que a aplicação nas paredes exteriores. Esta situação pode ser comprovada comparando os quadros seguintes, que se referem à aplicação de isolamento térmico numa parede exterior (quadro 7) e numa cobertura inclinada (quadro 8), para a cidade do Porto (zona climática I₂).

Quadro 7 – Análise custo-benefício da aplicação de 80 e 90 mm de poliestireno expandido moldado (EPS) pelo exterior, na parede exterior referida no Exemplo 1:

Espessura (mm)	Consumo (MJ/m ² ano)	Custo (Euro/m ²)	Economia Energia	Período de Retorno (anos)				
				Elect. (T. simples)	Elect. (T. bi-horária)	Gás Natural	Propano	Gasóleo
s/ isol.	333,85	-	-	-	-	-	-	-
80	59,48	37,15	274,37	5,05	6,29	6,96	4,80	9,13
90	55,55	37,89	278,30	5,08	6,33	7,00	4,82	9,18

Quadro 8 – Análise custo-benefício da aplicação de 80 e 90 mm de poliestireno expandido moldado (EPS) sobre a esteira, na cobertura inclinada referida no Exemplo 4:

Espessura (mm)	Consumo (MJ/m ² ano)	Custo (Euro/m ²)	Economia Energia	Período de Retorno (anos)				
				Elect. (T. simples)	Elect. (T. bi-horária)	Gás Natural	Propano	Gasóleo
s/ isol.	486,86	-	-	-	-	-	-	-
80	59,48	8,46	427,39	0,74	0,92	1,02	0,70	1,34
90	54,21	9,2	432,65	0,79	0,99	1,09	0,75	1,43

É de notar que os custos apresentados referem-se a valores típicos por metro quadrado, pelo que o isolamento térmico de coberturas (inclinadas ou horizontais) requer também um investimento global inferior ao verificado para as paredes exteriores, pois a sua área é, em geral, inferior, tornando ainda mais atraente a sua implementação.

3.5. Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica

Na concretização das soluções de isolamento térmico anteriormente mencionadas são seguidamente indicados os principais isolantes térmicos utilizados.

Quadro 9 – Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica [1]

Elementos opacos	Constituição	Isolamento térmico		Placas					(1)	Material a granel				(2)	
		Localização	Solução	EPS	XPS	PUR	MW	ICB	MW	Grânulos				(3)	
										EPS	VA	LWA	MW	PUR	
Paredes de fachada	Simples	Exterior	Revestimento delgado ou espesso sobre o isolante	•			•								
			Revestimento independente com isolante no espaço de ar	•	•	•	•								
			Reboco isolante							•	•	•			
		Interior	Painéis isolantes	•	•	•	•								
			Contra-fachada com isolante no espaço de ar	•	•	•	•								
	Duplas	Intermédio	Preenchimento total da caixa de ar							•	•	•	•	•	
Pavimentos	—	Exterior	Revestimento sobre o isolante (4)	•		•	•								
			Tecto falso com isolante na caixa de ar	•	•	•	•	•	•						
Coberturas	Horizontais	Exterior	Suporte isolante de impermeabilização	•		•	•	•							
			Cobertura «invertida»	• ⁽⁵⁾	•										
	Inclinadas	Na esteira horizontal	Sobre a esteira	•	•	•	•	•	•		•	•			
			Sobre a estrutura resistente	•	•	•	•	•	•						
		Nas vertentes	Sob a estrutura resistente	•	•	•	•	•	•						

Símbolos dos isolantes térmicos:

EPS – poliestireno expandido moldado

XPS – espuma de poliestireno extrudido

PUR – espuma rígida de poliuretano

MW – lã mineral

ICB – aglomerado negro de cortiça

VA – vermiculite expandida (em grânulos)

LWA – argila expandida (em grânulos)

1 – Mantas

2 – Espuma “in situ”

3 – Fibras

4 – ETICS – “External thermal insulating composite systems with rendering”.

5 – EPS de massa volúmica elevada

3.6. Marcação CE e homologação de produtos e sistemas de isolamento térmico de edifícios

A partir de Maio de 2003, os fabricantes de isolantes térmicos utilizados em edifícios passaram a ter que declarar as características relevantes dos seus produtos. Esta declaração constituiu a base para a denominada “marcação CE dos isolantes térmicos”, a qual atesta a conformidade desses produtos com as correspondentes normas europeias. As normas dos diversos isolantes térmicos foram desenvolvidas com base num referencial comum, assim como os procedimentos de declaração das características e do sistema de comprovação da qualidade, o qual inclui obrigatoriamente o controlo da produção.

Deste modo, a marcação CE representa um passo em frente na consistência da caracterização de todos os isolantes térmicos e na quantificação das suas características, em particular da resistência/ condutibilidade térmica, factor essencial para a correcta avaliação do nível de isolamento térmico da envolvente opaca dos edifícios.

Em termos de produtos inovadores de isolamento térmico, os procedimentos de apreciação técnica, independente e idónea, realizada, quer a nível nacional (homologação), quer a nível europeu (aprovação técnica europeia - ETA), são um outro instrumento que contribui para uma correcta avaliação e quantificação do seu desempenho, em particular, no domínio térmico. De referir que a aprovação técnica europeia é exigida para a marcação CE desses produtos inovadores.

Cabe ao LNEC a responsabilidade de proceder à realização dos estudos de homologação em Portugal e representar o nosso país na EOTA - Organização Europeia para a Aprovação Técnica na Construção, pelo que é o organismo nacional competente para a emissão de aprovações técnicas europeias.

3.7. Vãos envidraçados

A reabilitação térmica nos vãos envidraçados visa por um lado reforçar o isolamento térmico do edifício, a redução das infiltrações de ar não-controladas e a melhoria da ventilação natural, e por outro, o aumento da captação de ganhos solares no Inverno e o reforço da protecção da radiação solar durante o Verão. Todas estas medidas contribuirão não só para a redução das necessidades de consumo de energia como também para a melhoria das condições de conforto e de qualidade do ar no interior dos edifícios.

Seguidamente, apresentam-se algumas alternativas para a reabilitação dos vãos envidraçados, tendo em conta os vários objectivos expressos [4].

Isolamento térmico do vão envidraçado:

— Quando a caixilharia se encontrar em bom estado de conservação, pode ser ponderada a substituição do vidro simples por um vidro duplo, caso o caixilho assim o permita. Uma solução de referência a considerar na apreciação de potenciais acções de reabilitação deve ser a solução de janela de alumínio com vidro duplo prevista no novo RCCTE. A espessura da lâmina de ar do vidro deve ser tanto maior quanto possível, preferencialmente de 16 mm.

De mencionar que a adopção de vidros duplos, para além de reduzir as perdas térmicas e as necessidades de aquecimento, diminui a possibilidade de ocorrência de fenómenos de condensação e melhora o conforto térmico e acústico, bem como a qualidade de construção.

Actualmente, existem no mercado diversos tipos de vidro especiais, nomeadamente vidros de baixa emissividade ⁶ e vidros com lâminas preenchidas com gases raros, como o argon, SF₆ ou krypton, que reduzem ainda mais as perdas térmicas.

Salienta-se que, actualmente, num clima como o Português e na generalidade das situações, o investimento em vidros com características de isolamento térmico reforçado dificilmente é rentabilizado em termos económicos. Por exemplo, o custo dos vidros duplos de baixa emissividade é actualmente cerca do dobro de um vidro duplo normal. No entanto, à semelhança do que se verificou em relação ao vidro duplo, cujo custo se foi aproximando do custo do vidro simples, é esperado que haja a mesma tendência no mercado e que o custo dos vidros com características de isolamento térmico reforçado se torne cada vez mais atractivo em relação ao vidro duplo normal, aumentando portanto o seu potencial para adopção mais corrente nos edifícios.

— No caso de ser absolutamente necessário manter a caixilharia original voltada para o exterior, pode ser ponderada a instalação de uma segunda janela pelo interior, afastada da primeira cerca de 10 cm para também assegurar um maior isolamento acústico.

— Se as caixilharias se encontrarem degradadas a um ponto tal que a sua reparação não seja viável, deverá ser ponderada a aplicação de janelas novas. Por exemplo, em alternativa às caixilharias metálicas, podem ser utilizadas caixi-

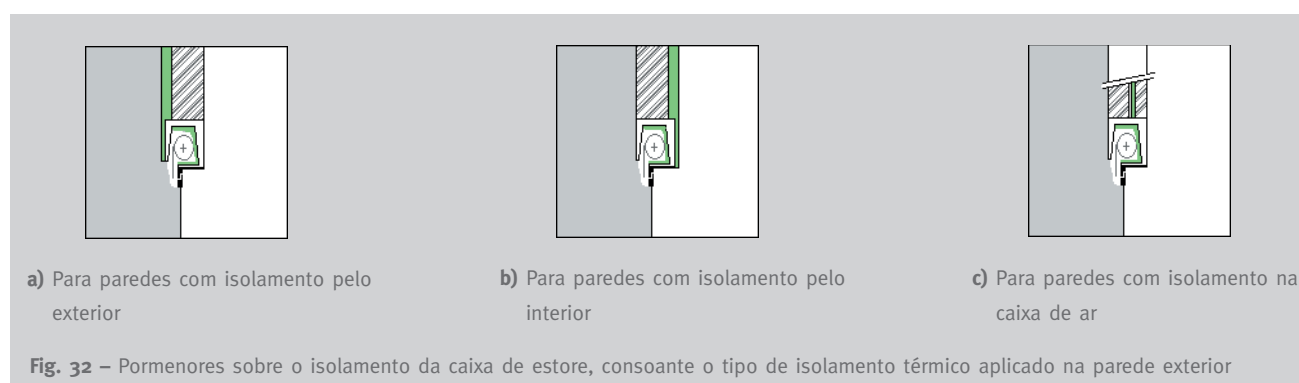
⁶ Os vidros de baixa emissividade têm um isolamento variável consoante a sua emissividade, podendo encontrar-se, por exemplo, $U = 3,7$ W/m²°C (janela de correr com vidro duplo e 16 mm de lâmina de ar, $e=0,4$) a $U = 3,0$ W/m²°C (janela giratória com vidro duplo e 16 mm de lâmina de ar, $e=0,05$).

lharias de madeira, devendo existir a preocupação em especificar madeira de boa qualidade e seca, para que estas não venham a empenar, o que poderia implicar um aumento indesejável das taxas de infiltração. Este aspecto é da maior importância, em qualquer caixilharia, devendo haver cuidado em especificar (e verificar em obra) a vedação de todas as uniões entre a caixilharia e as suas estruturas de suporte. Refira-se que as caixilharias têm de dispor de borrachas de vedação (ou equivalente) entre as suas partes móveis, para redução da sua permeabilidade ⁷ ao ar, em particular nas fachadas expostas a ventos dominantes fortes ou nos últimos pisos de edifícios mais altos. Outras alternativas à normal caixilharia de alumínio são as caixilharias de PVC ⁸, ou em alternativa, caixilharia de alumínio com corte térmico, associadas a vidros duplos (por forma a reduzir as necessidades de aquecimento).

- É frequente em diversos edifícios a existência de uma quadrícula nos envidraçados. Caso sejam aplicados vidros duplos e seja imprescindível a existência dessa quadrícula, esta deve ser aplicada no lado exterior e na face exterior do vidro duplo, devendo ser evitada a aplicação de quadrículas no espaço de ar entre as folhas de vidros. Efectivamente, os perfis das quadrículas estabelecem uma ponte térmica entre as duas folhas de vidro reduzindo a eficácia do isolamento térmico proporcionado pela lâmina de ar. Nestes casos também deve ser evitada a subdivisão da folha com perfis, pois isso conduz à aplicação de vidros duplos de pequenas dimensões cujo desempenho térmico fica muito aquém do esperado, devido à ponte térmica estabelecida pelo intercalar metálico dos vidros duplos.
- No caso dos edifícios de habitação e sempre que os locais tenham em geral ocupação nocturna importante, as protecções solares devem assegurar boa estanquidade quando fechadas, permitindo a formação de um espaço de ar muito fracamente ventilado entre a protecção e a janela, já que nessas condições as perdas térmicas através dos vãos se reduzem significativamente; são exemplos de protecções solares desse tipo os estores exteriores enroláveis, não-projectáveis, de réguas horizontais e as portadas cegas.

Outro aspecto que se pode revelar interessante para este tipo de edifícios, é a redução da permeabilidade ao ar dos dispositivos de oclusão. Assim, nos sistemas com persianas exteriores enroláveis, pode ser compensador substituir as calhas existentes por outras que incorporem perfis de vedação.

Outra medida importante é o isolamento térmico das caixas de estore (ver fig. 32).



Apesar de na reabilitação, devido às dimensões das caixas de estores existentes, o isolamento térmico poder ser difícil de aplicar, deverá sempre tentar-se encontrar uma solução que minimize as perdas através deste elemento, de preferência uma solução do tipo a) ou b) da figura 32, que minimize a ponte térmica correspondente.

Ponte térmica associada aos elementos de contorno do vão:

- Como princípio geral deve tentar-se que a janela fique complanar com o isolante térmico da parede. Nestes casos, a cantaria do vão também deve ser interrompida junto do isolante térmico (ver figs. 33 e 34).

⁷ NP 2333: 1988 - Métodos de ensaio de janelas. Ensaio de permeabilidade ao ar.

⁸ União europeia para a aprovação técnica na construção (UEAtc) - Directivas Comuns UEAtc para Homologação de Janelas. Lisboa, LNEC, 1976. Tradução 641

- Nas situações em que as paredes não têm isolante térmico, as janelas devem ser colocadas a meio ou junto do paramento interior.
- Os elementos de contorno do vão de pedra ou outros materiais com uma “elevada” condutibilidade térmica devem ser interrompidos junto da caixilharia e do isolante térmico da parede (ver fig. 34).

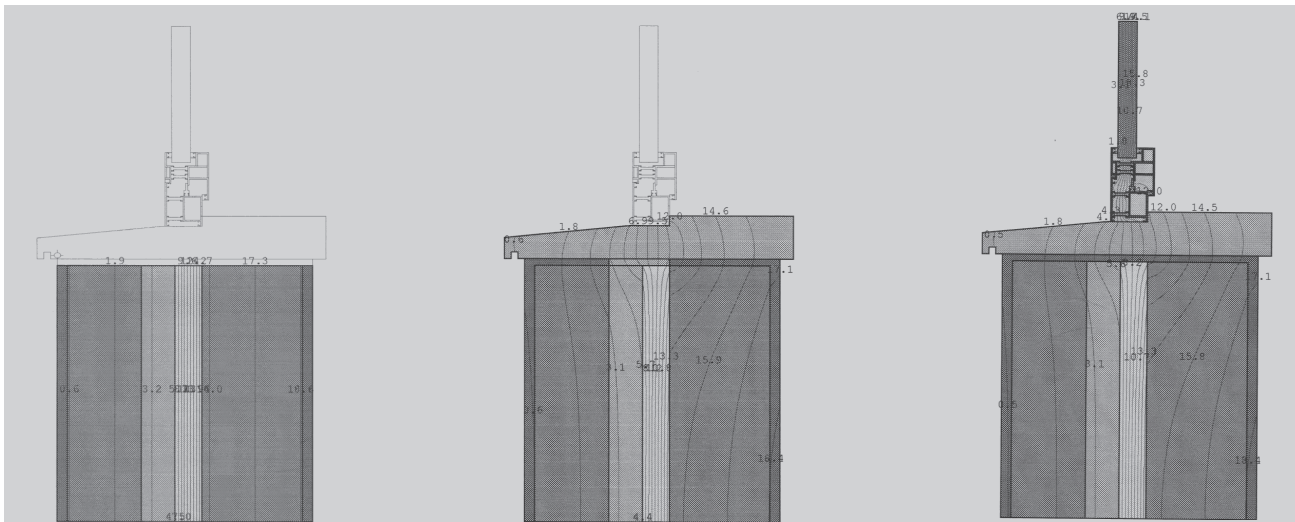


Fig. 33 – Ponte térmica introduzida pela pedra de peito

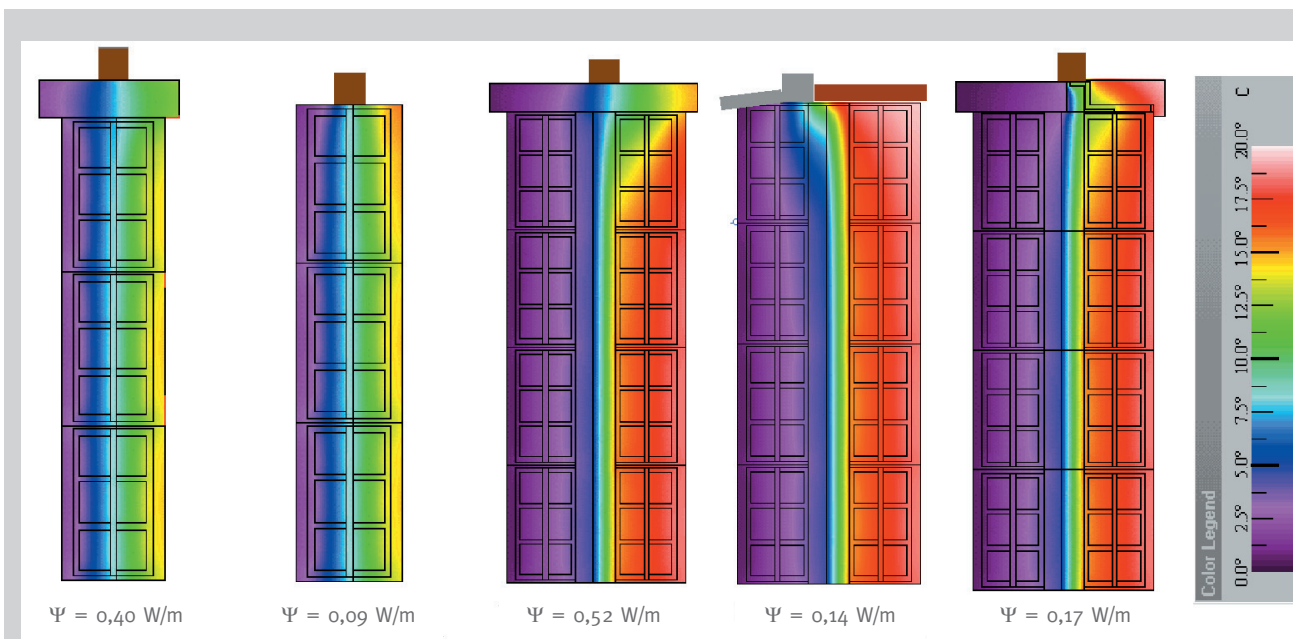


Fig. 34 – Pormenor sobre como evitar a ponte térmica no contorno de vão, em que Ψ é o coeficiente de perdas lineares

Permeabilidade ao ar:

- Caso a caixilharia se encontre em bom estado, a permeabilidade ao ar da caixilharia pode ser reduzida através da afinação de caixilhos, com ajustamentos eventuais das respectivas posições, da interposição de perfis vedantes nas juntas móveis e/ou pela substituição de materiais vedantes envelhecidos das juntas vidro-caixilho.

- Para reduzir a permeabilidade ao ar da caixilharia também pode ser ponderada a aplicação de uma segunda janela, essa de baixa permeabilidade ao ar e que será a principal responsável por reduzir as infiltrações incontroláveis de ar.
- De acordo com alguns ensaios efectuados, para minimizar as infiltrações de ar exterior para o edifício também deve ser tratada com particular cuidado a caixa de estore, pois as infiltrações por este componente podem ser iguais ou superiores às existentes pelas janelas.

Em geral, verifica-se que as janelas giratórias apresentam cerca de metade da permeabilidade ao ar das janelas de correr e sob esse ponto de vista são mais eficientes.

Chama-se a atenção que estas medidas visam minimizar as infiltrações não controladas de ar. Nos edifícios onde, no decurso das intervenções de reabilitação, são drasticamente reduzidas as infiltrações de ar pela caixilharia, deve ser garantida a existência de dispositivos adequados que permitam a admissão de ar novo em quantidade suficiente para assegurar os caudais mínimos de ventilação dos espaços.

Assim, para que estas medidas de conservação de energia não comprometam a qualidade ar interior, é necessário que o edifício já esteja, ou seja dotado de sistema de ventilação natural ou mecânica adequado.

Aconselha-se que, nestes casos de reabilitação térmica de vãos envidraçados, sejam seguidas as disposições da norma NP 1037-1: 2002 (Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural).

Ganhos solares:

- Nos vãos que não disponham de dispositivos de protecção solar, deve ser ponderada preferencialmente a aplicação de protecções exteriores. Caso seja possível a aplicação de persianas ou portadas de baixa permeabilidade ao ar, isso também contribui para um aumento do isolamento térmico do vão envidraçado;
- Nos vãos expostos no quadrante Sul, pode ser igualmente benéfica a aplicação de palas ou lâminas, as quais além de reduzirem os ganhos solares também podem contribuir para alterar a estética exterior do edifício. Os dispositivos de protecção interiores são menos recomendáveis dado serem menos eficazes na redução dos ganhos solares, podendo no entanto ser importantes no controlo da luz natural.

Dois exemplos de medidas solares passivas, que visam o aumento da captação dos ganhos solares no Inverno são, por um lado, o aumento da área dos vãos envidraçados nas fachadas viradas a Sul, e por outro, a implementação de espaços tipo “estufa” ou “solário” ligados a envidraçados pré-existentes, aumentando geralmente a área útil disponível. Contudo, estas soluções, para além de nem sempre serem possíveis, podem originar problemas de sobre-aquecimento no interior dos edifícios. Assim, quando estas soluções forem adoptadas, será sempre necessário prever a possibilidade de abertura dos vãos envidraçados, de modo a permitir corrigir por ventilação, os eventuais excessos de ganhos solares nos períodos quentes e, além disso, aplicar dispositivos de sombreamento ou protecções solares reguláveis e eficientes.

Para além das medidas de reabilitação térmica dos vãos envidraçados, a serem aplicadas em obras de reabilitação dos edifícios, os respectivos utentes devem ser instruídos no sentido de adquirirem hábitos conducentes à conservação de energia, tais como:

- abertura das janelas para ventilação sempre que favorável (no Verão, durante a noite, quando a temperatura exterior desce abaixo da do ar interior; e no Inverno, quando se dá a situação inversa),
- abertura completa das janelas para ventilação por períodos curtos (em vez da abertura parcial das mesmas durante um longo período);
- oclusão dos vãos nos períodos nocturnos de Inverno, ou quando se verificarem ganhos solares excessivos.

3.8. Melhoria da eficiência da iluminação natural

Em termos energéticos e de conforto visual, a luz natural é a forma mais racional de iluminar um espaço. A preocupação de optimização do recurso à iluminação natural deve estar presente desde o início do desenvolvimento do projecto do edifício, cujos espaços devem ser localizados, organizados e orientados em consonância com esse objectivo e ser dotados de vãos de iluminação adequadamente posicionados e dimensionados, tendo em conta as funções previstas para esses espaços e as actividades que neles irão ser realizadas. Por exemplo, é impossível iluminar naturalmente espaços com uma profundidade tipicamente superior a duas vezes o pé-direito. Nestes casos, há que prever mais do que uma abertura, escolhendo-se as localizações adequadas para que todas as zonas recebam luz natural (iluminação bidireccional).

No caso dos edifícios de habitação, os espaços dos fogos onde se verifique a permanência de pessoas, em especial durante o período diurno, devem dispor-se de forma a que os respectivos vãos de iluminação se orientem para os quadrantes que recebem directamente o Sol (Sul, Nascente e Poente), enquanto que os restantes espaços, tais como espaços de circulação, arrumos, garagens e de um modo geral espaços de serviços, se devem localizar, de preferência, a Norte.

A utilização de tectos brancos e paredes de cor clara facilita a reflectividade, melhorando as condições gerais de iluminação.

O recurso à iluminação zenital através de clarabóias, lanternins, poços de luz, etc., que permitem obter uma distribuição mais uniforme da iluminação natural nos espaços e, no segundo caso, garantir acesso de espaços interiores a esse tipo de iluminação, é uma medida interessante.

De mencionar que, em termos térmicos, a área de envidraçados deve ser ponderada, por forma a minimizar o consumo de energia para aquecimento, arrefecimento e iluminação.

Chama-se a atenção que a optimização da área envidraçada para um edifício requer a simulação em regime dinâmico do comportamento termo-energético do edifício, incluindo a modelação da iluminação interior. A título exemplificativo, no caso dos edifícios residenciais, para o clima médio Português, admitindo uma boa qualidade da envolvente, tendo em conta o aproveitamento solar na estação de aquecimento e as economias de energia associadas ao aproveitamento da iluminação natural, são considerados como valores mais adequados para a dimensão dos vãos envidraçados com vidros duplos e com dispositivos de sombreamento, os valores indicados no quadro seguinte [4].

Quadro 10 – Valores óptimos das percentagens de envidraçados das fachadas para edifícios residenciais

Orientação	Aquecimento	Aquecimento e arrefecimento
Norte	20%	15%
Sul	40%	30%
Este/Oeste	25%	20%

Esta tabela, aplicável sobretudo para a concepção de edifícios novos, deverá ser utilizada apenas como referência no caso da reabilitação, tendo no entanto em atenção a particularidade de cada edifício a reabilitar, dado que a alteração da área e orientação dos envidraçados é uma questão sensível, que terá que ser abordada caso a caso, tendo em consideração todos os condicionamentos.

Todos os envidraçados devem ser protegidos da incidência directa do Sol, de modo a minimizar, quer os problemas de desconforto visual causados por contrastes excessivos da iluminação ou por efeitos de encandeamento, quer os de desconforto térmico devidos ao sobreaquecimento dos espaços interiores na estação quente.

A exposição Sul está deste ponto de vista numa situação muito favorável quando comparada com as restantes exposições, porque é a única que permite tirar partido positivo das diferentes alturas do Sol nas estações fria e quente; nesta última estação, em que o Sol está mais alto, é relativamente fácil evitar a incidência directa da radiação solar com palas

horizontais de sombreamento exterior, sem que essas palas obstruam uma tal incidência durante a estação fria, quando a altura do Sol atinge os valores mais baixos. No entanto, na reabilitação esta solução poderá não ser viável, pelo que terá que ser analisada caso a caso.

No caso dos vãos virados a Nascente e sobretudo a Poente, cujo sombreamento é bastante mais difícil de conseguir do que nos vãos virados a Sul, o recurso para esse efeito a vegetação de folha caduca – que permite criar condições diferenciadas de sombreamento no Inverno e no Verão, no sentido duma maior adequação às necessidades – pode revelar-se uma medida interessante, embora em áreas urbanas seja muitas vezes de difícil concretização.

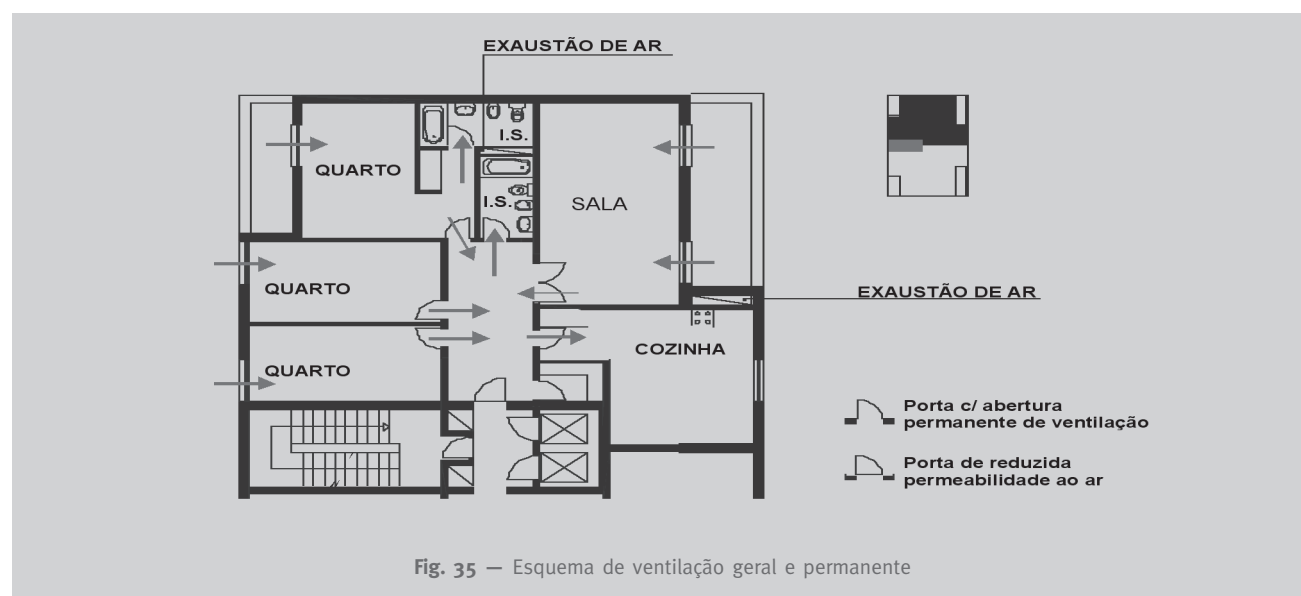
As medidas visando a melhoria das condições de iluminação natural de edifícios existentes não podem ser dissociadas das atrás referidas para a reabilitação térmica dos vãos envidraçados (vd. 3.7) e devem ser estudadas em conjunto com elas.

3.9. Melhoria da eficiência da ventilação natural

A ventilação natural em edifícios de habitação deverá ser geral e permanente, com entrada de ar pelos compartimentos principais (sala e quartos) e saída pelos compartimentos de serviço (cozinhas, instalações sanitárias e dispensas). A solução de ventilação autónoma para cada divisão não é a mais adequada.

Assim, devem ser implementadas soluções que permitam uma adequada ventilação natural e cujo o procedimento de ventilação deve contemplar:

- aberturas de admissão de ar nos compartimentos principais (as janelas não devem permitir infiltrações de ar excessivas);
- passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço;
- aberturas de evacuação de ar dos compartimentos de serviço, ligadas a condutas individuais ou colectivas de evacuação de ar para o exterior;
- limitação da permeabilidade ao ar da envolvente exterior, nomeadamente em janelas e caixas de estore.



Caso a ventilação natural se revele insuficiente, deve optar-se por instalar um sistema mecânico de extracção devidamente dimensionado e tendo também em atenção os aspectos acústicos.

Na estação quente, a ventilação natural à noite é desejável, pelo que deverão ser previstos os meios que a possibilitem, nomeadamente aberturas que, simultaneamente, garantam a segurança do edifício e o conforto acústico.

A renovação de ar, a uma taxa adequada⁹, é fundamental para uma boa qualidade do ar no interior do edifício e para assegurar o correcto funcionamento dos equipamentos de aquecimento e/ou de preparação das AQS por combustão. No entanto, acima desse valor, a renovação de ar representa um ónus para as necessidades energéticas do edifício, quer de aquecimento no Inverno, quer de arrefecimento no Verão, se ocorrer durante as horas mais quentes do dia.

As trocas de ar com o exterior que não correspondam às verificadas pelas aberturas de ventilação devem ser evitadas, pois podem induzir circulações de ar indesejáveis que perturbem o normal sentido de circulação.

As aberturas de admissão de ar nos compartimentos principais devem ser correctamente localizadas, para evitar correntes de ar e de modo a que não possam ser inadvertidamente obstruídas por móveis ou por elementos decorativos. A fig. 36 apresenta alguns exemplos de aberturas de admissão de ar em paredes de fachada e os posicionamentos mais aconselháveis.

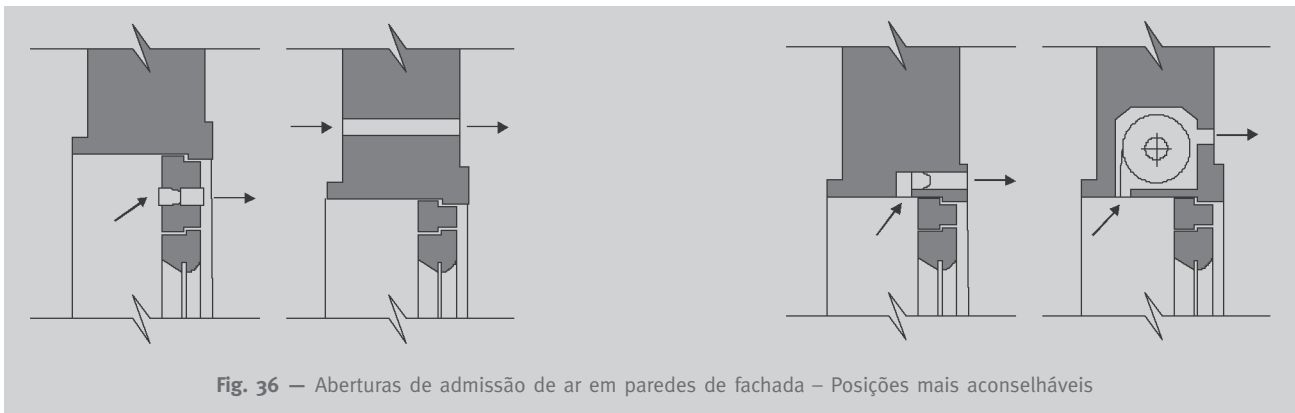


Fig. 36 — Aberturas de admissão de ar em paredes de fachada — Posições mais aconselháveis

As entradas de ar podem ser de secção constante (não-reguláveis) ou de secção variável, devendo as primeiras utilizar-se apenas em fachadas pouco expostas ao vento. As entradas de ar de secção variável podem ser accionadas manualmente (reguláveis) ou por acção do vento (auto-reguláveis). Em edifícios localizados em zonas ruidosas, devem instalar-se entradas de ar com protecção acústica.

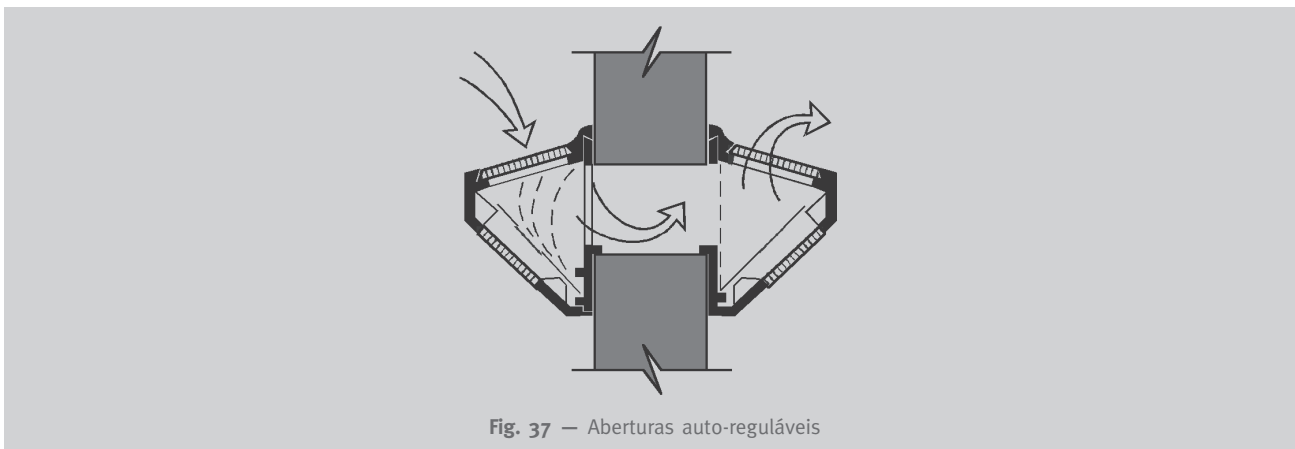


Fig. 37 — Aberturas auto-reguláveis

As passagens de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço, fundamentais para o bom funcionamento da ventilação, podem ser realizadas através do aumento das folgas na parte inferior ou nas partes laterais das portas interiores ou através da instalação de grelhas. De notar que a primeira solução é mais fácil de implementar e tecnicamente mais recomendável, sendo contudo, necessário garantir que a posterior aplicação de tapetes e alcatifas não venha a diminuir a área de ventilação.

⁹ EN 12207:1999 - Windows and doors. Air permeability. Classification.

Nas cozinhas, as aberturas de evacuação de ar devem ser localizadas sobre o fogão dentro da embocadura da chaminé, permitindo em simultâneo a exaustão do ar viciado da habitação e a exaustão dos fumos provenientes da preparação dos alimentos.

O estado de conservação das condutas de evacuação deve ser verificado e se necessário estas devem ser reparadas ou então serem construídas condutas novas, colectivas ou individuais, dependendo do espaço disponível e da existência ou não de alinhamento vertical das cozinhas dos diferentes pisos. No caso de se optar por condutas de evacuação colectivas, não deverão ser instalados exaustores de fumos individuais com ventilador incorporado, pois o seu funcionamento poderá provocar a inversão de tiragem nos pisos superiores servidos pela mesma conduta. A ventilação mecânica pode ser uma solução alternativa, com ventiladores colectivos no topo das prumadas, quer para a cozinha, quer para as instalações sanitárias.

Nas instalações sanitárias, as aberturas de evacuação de ar devem ser localizadas a pelo menos 2 m acima do pavimento e tão distantes quanto possível da porta de acesso a estes compartimentos, de forma a que o ar que entra através da porta proceda ao varrimento de todo o compartimento, evitando-se assim a ocorrência de zonas de estagnação. As aberturas poderão ser de secção constante ou variável. A evacuação de ar é efectuada por meio de condutas individuais ou colectivas, que devem desenvolver-se na vertical (admitindo-se pequenos desvios de verticalidade, desde que se respeitem certas regras). Se as condutas forem colectivas, devem respeitar-se escrupulosamente os requisitos da NP 1037 ou da regulamentação nacional aplicável.

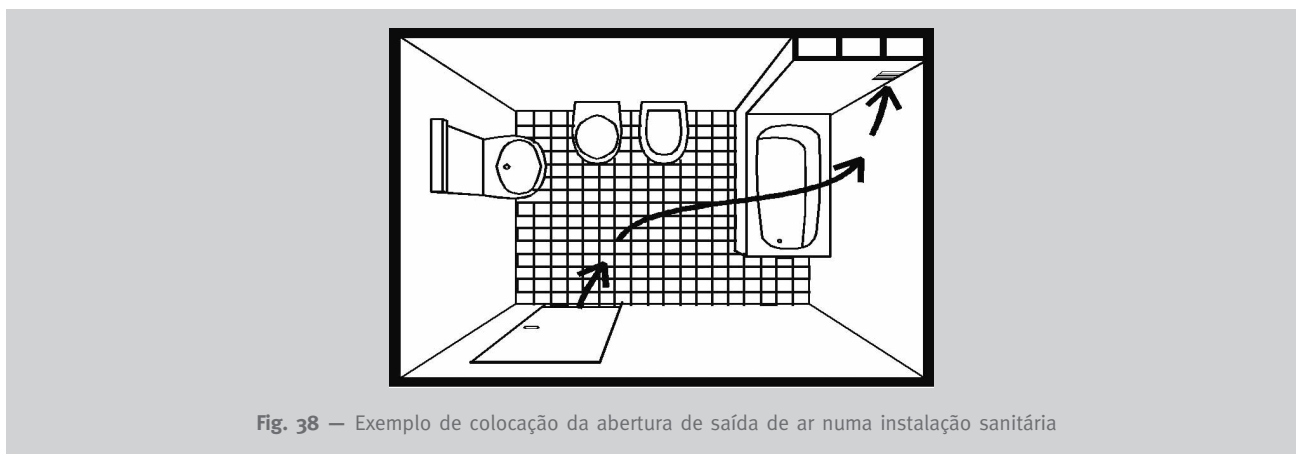


Fig. 38 — Exemplo de colocação da abertura de saída de ar numa instalação sanitária

A abertura exterior das condutas de exaustão de ar deve ser equipada com um ventilador estático, destinado a criar uma depressão que se adiciona à tiragem térmica, reduzindo deste modo o risco de eventuais inversões do sentido da tiragem das condutas nos pisos superiores (provocadas por depressões existentes ao nível das aberturas de entrada de ar nos compartimentos principais).

A acção do vento nas coberturas pode criar, junto de obstáculos, zonas de sobrepressão que dificultem ou inviabilizem o funcionamento das condutas de evacuação, caso as aberturas daquelas se encontrem nesses locais. Assim, as condutas de evacuação devem ser posicionadas por forma a que as aberturas se encontrem suficientemente afastadas da zona de influência desses obstáculos, cumprindo os requisitos da NP 1037 ou da legislação nacional aplicável.

A fim de limitar reduções de tiragem resultantes de excessivos arrefecimentos nas condutas de evacuação, as suas paredes devem ser termicamente isoladas nas zonas de adjacência a paredes exteriores desprovidas de isolamento térmico, nos troços situados no desvão dos telhados e nos troços emergentes das coberturas.

Um sistema de ventilação mal projectado e instalado pode conduzir à passagem de ar poluído e de odores dos compartimentos de serviço para os compartimentos principais, à inversão da tiragem e à transmissão de ruídos, pelo que este tipo de intervenção deve ser efectuada por técnicos especializados.

Na reabilitação de edifícios de habitação, a instalação de um sistema de ventilação mecânica controlado, para além de exigir espaço para a colocação de condutas, é uma intervenção potencialmente mais dispendiosa (obras importantes e o custo das condutas e ventilador), pelo que este procedimento não é aqui abordado, para além das pequenas referências anteriores. Convém ainda referir, para o caso das instalações sanitárias, a possibilidade de instalar um extractor eléctrico numa janela ou numa parede.

3.10. Outras medidas solares passivas

Para além das medidas solares passivas já anteriormente descritas, existem outras medidas de aplicação não tão generalizada, mas nem por isso menos eficazes, que são possíveis de aplicar na reabilitação de edifícios:

- Criação de sistemas de arrefecimento evaporativo:
 - Através da “colocação” de plantas (arbustos ou árvores) junto (ou em contacto com) da envolvente do edifício;
 - Através da criação de espelhos de água ou fontes com repuxo junto das fachadas (ou outros processos relacionados com água).
- Redução dos ganhos solares utilizando cores claras nas fachadas e na cobertura:
 - Pintando paredes e, se possível, coberturas com cores claras.
- Melhoria do arrefecimento passivo e da ventilação natural:
 - Criando correntes de ar naturais através da remoção de paredes interiores ou criando aberturas adequadas em fachadas ou em paredes interiores;
 - Criação de aberturas na cobertura por cima da caixa de escadas (efeito chaminé).

4. CONCLUSÕES

O processo de reabilitação/recuperação do parque imobiliário existente envolve, em geral, recursos que representam entre 25 a 30% dos referentes ao esforço despendido nas novas construções. Por outro lado, é de todo o interesse que esta intervenção contribua para a requalificação dos espaços urbanos, através do desenvolvimento de acções de intervenção coerentes visando potenciar os valores socio-económicos, ambientais e funcionais, com a finalidade de melhorar significativamente, a qualidade de vida das populações através da melhoria da qualidade das edificações e respectivas infra-estruturas de apoio.

Como ficou demonstrado neste documento, a reabilitação energética constitui uma das vertentes com maior interesse entre o conjunto de medidas de reabilitação de edifícios. O conhecimento tão exaustivo quanto possível das medidas de reabilitação energética e dos seus condicionalismos técnicos e funcionais constituem elementos relevantes para que se possam tomar as opções mais correctas e melhor fundamentadas.

Na reabilitação energética deverão ser consideradas intervenções que conduzam não apenas a reduções dos consumos/faturas energéticas, mas também a melhorias acústicas, de conforto, e da qualidade da construção, entre outras.

As soluções existentes para a intervenção nos diferentes elementos da envolvente que foram apresentadas ao longo deste documento devem ser sempre analisadas caso a caso, de modo que os benefícios ao nível da redução dos consumos de energia, do conforto térmico e da qualidade do ambiente interior, sejam enquadráveis da melhor forma com as principais características construtivas e arquitectónicas de cada edifício.

Chama-se a atenção para o facto das grandes reabilitações de edifícios serem abrangidas pelos requisitos impostos pelo RCCTE, devendo, no final da reabilitação, obedecer aos mesmos requisitos que um edifício novo. Por grandes reabilitações, entendem-se as intervenções na envolvente ou nas instalações cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício (sem terreno). Assim, e de uma forma sintética, as intervenções na óptica da eficiência energética a aplicar na envolvente dos edifícios residenciais a reabilitar, podem realizar-se através de:

- reforço da sua protecção térmica;
- controlo das infiltrações de ar, garantindo no entanto um mínimo de renovação do ar, por forma a assegurar uma boa qualidade do ar interior e o correcto funcionamento dos equipamentos de aquecimento por combustão;
- recurso a tecnologias solares passivas.

Genericamente, pode-se referir que o reforço da protecção térmica pode concretizar-se através do aumento do isolamento térmico dos elementos da envolvente (paredes exteriores, pavimentos sobre espaços exteriores ou não-aquecidos, coberturas e vãos envidraçados) e controlando os ganhos solares através dos vãos envidraçados, dotando-os com protecções solares adequadas por forma a otimizar esses ganhos em relação às necessidades de aquecimento e de arrefecimento do edifício, respectivamente no Inverno e no Verão.

O controlo das infiltrações de ar passa pela reparação e eventual substituição da caixilharia exterior, bem como de outras medidas complementares, mas com garantia de mínimos de renovação de ar.

A ventilação natural em edifícios de habitação deverá ser geral e permanente, com entrada de ar pelos compartimentos principais e saída pelos compartimentos de serviço. A renovação de ar deve ser efectuada a uma taxa adequada, por forma a garantir a boa qualidade do ar interior e o correcto funcionamento dos equipamentos de aquecimento e/ou de preparação das AQS por combustão, não devendo ultrapassar os valores recomendados. As aberturas de admissão de ar, a passagem de ar dos compartimentos principais para os de serviço, as aberturas e as condutas de exaustão de ar, devem estar correctamente localizadas e dimensionadas, cumprindo escrupulosamente a norma NP 1037 e a regulamentação nacional aplicável. O estado de conservação das condutas de evacuação deve ser verificado e se necessário estas devem ser reparadas. Se não for possível a sua reparação, poderão recuperar-se os volumes que estas ocupam e construir condutas novas, eventualmente recorrendo a extracção mecânica.

Em termos de hierarquização das medidas de eficiência energética do ponto de vista da análise custo-benefício, as mais favoráveis são as que incidem nas coberturas, seguidas das que se referem aos pavimentos sobre espaços exteriores e, finalmente, as respeitantes às paredes exteriores.

No que se refere às medidas de eficiência energética nos vãos envidraçados, deverá ter-se em conta que estes têm um peso significativo no balanço térmico global dos edifícios, podendo ser responsáveis por cerca de 35 a 40% das perdas térmicas totais dos edifícios residenciais, no Inverno. De referir também, que nesta estação, os vãos envidraçados podem originar situações de desconforto nos ocupantes dos edifícios que permaneçam na sua proximidade. Assim, a adopção de vidros com melhor qualidade térmica melhora também o conforto térmico, devido ao facto de reduzirem assimetrias radiativas, sobretudo no Inverno e conduzirem a uma atenuação importante do nível de ruído exterior que penetra no espaço, melhorando assim o conforto acústico. No âmbito das medidas de eficiência energética nos vãos envidraçados é possível integrar soluções que podem ser consideradas medidas solares passivas.

Outras medidas solares passivas podem ser aplicadas a edifícios residenciais existentes, tais como, a criação de sistemas de arrefecimento evaporativo, a redução dos ganhos solares utilizando cores claras nas fachadas e na cobertura e a melhoria do arrefecimento passivo e da ventilação natural.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Paiva, J. V. (LNEC) – Comunicação “Medidas de Reabilitação Energética em Edifícios” ao Workshop sobre “Reabilitação Energética de Edifícios em Zonas Urbanas”. Lisboa, Março 2000.
- [2] ADENE – Agência para Energia, DI.Tec – Politecnico di Milano, ICAEN- Intitut Català d’Energia, Universidade de Atenas, LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil – “Energy Rehabilitation Methodology for Buildings located in Urban Areas”, Abril 2000.
- [3] Pina, C. A., Lopes, J. G. – “Reabilitação do Sistema de Impermeabilização e da Qualidade Térmica de Coberturas em Terraço. Uma operação, dois benefícios”. LNEC, Lisboa, 2003.
- [4] Pinto, A. “Conservação e reabilitação de edifícios recentes – Reabilitação Térmica e Energética dos Vãos envidraçados da Envolvente dos Edifícios”. LNEC, Lisboa, 2002.
- [5] NP 1037-1: 2002 – Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural.
- [6] Viegas, J. C. (LNEC) – “Ventilação Natural de Edifícios de Habitação”, 1995.
- [7] Pina, C. A., Paiva, J. V. – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios – ITE 28”. LNEC, Lisboa, 1990.
- [8] Rego-Teixeira, A., Duarte, R. S., Leandro, S., Brotas, L., Brandão, M.A. – “Reabilitação Energética de Edifícios Multifamiliares em Bairros Históricos”, 1998.
- [9] AREALIMA – Agência Regional de Energia e Ambiente do Vale do Lima, ADENE- Agência para Energia, Ao Sol – Energias Renováveis, Lda. – “Eficiência Energética em Solares”, 2000.

Brochura editada no âmbito da Iniciativa Pública “Eficiência Energética nos Edifícios” (P3E), promovida pela Direcção Geral de Geologia e Energia e executada por: Agência para a Energia, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Português da Qualidade. A P3E é financiada pelo Programa de Incentivos à Modernização da Economia (PRIME).

Para mais informações: www.p3e-portugal.com ou ADENE - Agência para a Energia (tel.: 214 722 800)

Iniciativa executada por



AGÊNCIA PARA A ENERGIA



Instituto Português da Qualidade