

EDUCAÇÃO e TECNOLOGIA



Revista do Instituto Politécnico da Guarda

EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

Propriedade

Instituto Politécnico da Guarda

Director

João Bento Raimundo

Redacção

Serviços Centrais do IPG - Quinta do Zambito

6300 Guarda

tel. 222634 * telecópia 222690

Composição

Gabinete Editorial do IPG

Execução Gráfica e Impressão

Secção de Reprografia do IPG

Periodicidade

Semestral

Tragem

1.000 ex.

Depósito Legal

nº 17.981/87

PARA ALÉM DA MEMÓRIA ...

Mercê de um esforço determinado, orientado desde o início por princípios de valorização do potencial humano e regional, foi possível, ao longo dos últimos seis anos, dotar a região com a realidade que é actualmente o Instituto Politécnico da Guarda.

Concretizámos igualmente a abertura do Pólo de Seia deste Instituto; para além do seu alcance cultural e social, ficou bem evidenciado que, quando há diálogo, empenho colectivo, preocupação pelos interesses da comunidade, o progresso resulta no tempo presente e imprime perspectivas de futuro. Partilhamos assim da opinião de João de Araújo Correia, *"não é preciso que os homens sejam anjos. Mas o tempo que a mesquinhez desperdiça em mesquinhas, se fosse aproveitado, cinquenta por cento que fosse, em elevadas missões, faria de meio fruste um grande meio e, de meio grande, um meio sublime"*.

O Instituto Politécnico da Guarda — com toda a sua estrutura humana, técnica e administrativa — protagonizou a mudança, integrou-se na comunidade regional, assumiu-se como motor de desenvolvimento nas suas múltiplas facetas; caracterizou nesta interligação real, permanente, o símbolo do Portugal moderno e do papel de grande responsabilidade que incumbe ao ensino superior politécnico. Tal responsabilidade passa também por uma actividade editorial que seja incentivo constante a novos trabalhos, à reflexão e à investigação. É esse o desafio que a nossa Revista deixa em cada edição, entrelaçando-se na obra que está consubstanciada neste Instituto Politécnico.

Como escreveu o Padre António Vieira, *"as razões próprias nascem do entendimento, as alheias vão pegadas à memória, e os homens não se convencem pela memória, senão pelo entendimento"*.

João Raimundo
Presidente da Comissão Instaladora
do Instituto Politécnico da Guarda

ISOLAMENTO TÉRMICO NA INDÚSTRIA

Figueiredo Ramos*

RESUMO

Este artigo abordará um tema cuja importância no meio da conservação de energia, é relevante: o isolamento térmico industrial.

Dá-se relevo não só à economia de energia oriunda da aplicação do isolamento térmico, nos diversos sectores da Indústria, mas também a outros benefícios, incluindo a viabilidade económica do processo em questão. Procurar-se-á também, ainda que muito sucintamente, falar do problema da ocorrência da condensação que, por vezes, aparece devido ao uso do isolamento térmico.

I - INTRODUÇÃO

Com a subida em flecha do petróleo e seus derivados e tendo em conta a preocupante escassez daquele, ter-se-á que assegurar uma correcta utilização da energia na Indústria, uma vez que é aqui que se verifica um maior consumo de energia.

A gestão racional da energia reflecte-se significativamente nos custos de produção, tornando assim competitiva a nossa Indústria. De facto, a racionalização do uso de energia pode e deve assumir um carácter cada vez mais prioritário, sendo um dos seus primeiros objectivos atingir a curto prazo poupanças significativas com um investimento inicial mínimo.

A aplicação e o uso mais eficiente de isolamento térmico, quer em naves industriais, quer em equipamentos e processos energéticos, é, a par de outras, uma das principais áreas de

* Assistente da ESTG.

actuação na Indústria, para se obter significativa economia de energia de uma forma duradoura.

Neste artigo, procurar-se-á dar relevo não só à economia de energia oriunda da aplicação do isolamento térmico, mas também a outros benefícios, incluindo a viabilidade económica do processo em questão. Procurar-se-á, também, ainda que de forma sucinta, falar do problema da ocorrência da condensação que, por vezes, aparece devido ao uso do isolamento térmico.

II - FUNÇÃO E DIMENSIONAMENTO CORRECTO DO ISOLAMENTO TÉRMICO

O isolamento térmico requerido na Indústria é usado basicamente pelas seguintes quatro razões:

- protecção de pessoas e equipamentos;
- controlo do processo;
- prevenção da ocorrência da condensação;
- economia de energia.

Assim, com a protecção das pessoas e dos equipamentos visa-se evitar o sofrimento de danos que possam perigar não só a sua saúde mas a continuação estável no processo industrial. Por sua vez, a condensação terá de ser impedida no meio industrial para que não se verifique a progressiva destruição dos vários sectores da Indústria.

O processo industrial terá de ser controlado, pois só assim se verificará o aumento da sua eficiência e a economia de energia pressupõe consequentemente uma economia de dinheiro. Numa época em que o dinheiro está cada vez mais caro, não se poderá ficar alheio à poupança que a Indústria terá se se fizer um correcto dimensionamento do isolamento térmico usado.

A instalação eficiente de um isolamento térmico pode e deve assumir um papel importante na racionalização do uso de energia, quer nos processos industriais (tubos, superfícies livres, etc.), quer em edifícios (telhados, paredes, etc.).

A redução das perdas de calor pelo isolamento é uma maneira prática de conseguir substanciais economias de energia, havendo por isso o cuidado de calcular o dimensionamento correcto do isolante a aplicar em vários casos. Em diversas situações, por exemplo, nos equipamentos industriais que operam à base de calor, há numerosas perdas de calor por radiação, que são evitáveis, considerando para isso e para efeito

de isolamento térmico, todo o material e todas as situações:

(i) perdas que se dão pelas tubagens e também pelas paredes dos equipamentos aquecidos;

(ii) à medida que a temperatura da superfície aquecida aumenta, aumentam também as perdas de calor;

(iii) instalações isoladas, podendo o isolamento térmico usado ser incorrecto.

Nesta última situação poderá acontecer, por exemplo, que o isolamento térmico esteja subdimensionado. Por vezes, faz-se também o sobredimensionamento do isolamento sem que haja necessidade! Para cada aplicação, existe uma espessura óptima de isolamento que depende não só de considerações de carácter térmico, mas também de limitações de índole económica.

A figura II.1. mostra graficamente a determinação da espessura económica do isolamento - E.E.I. - observando-se dois processos de representação, (a) e (b), obtida de uma relação existente entre os custos de isolamento e do calor perdido, e da espessura do isolamento. Desta figura, poder-se-á ver que:

(i) quando aumenta a espessura do isolamento, os seus custos de instalação aumentam;

(ii) com o aumento da espessura do isolamento, baixa a quantidade de calor perdido;

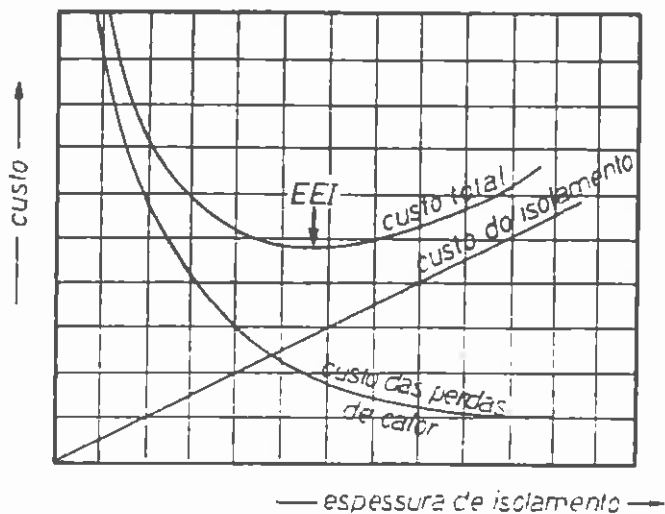
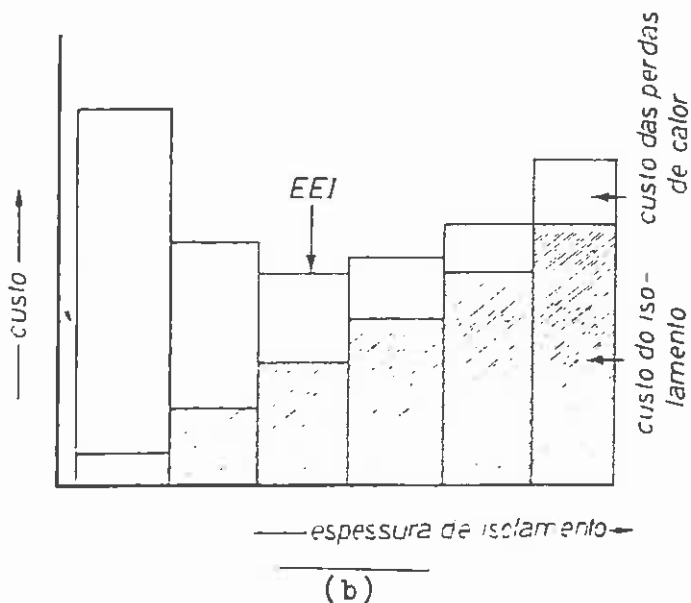


Fig. II.1.

(a)



Obtém-se, assim, que da soma dos valores da instalação e do custo da perda de calor, tem-se o custo do total gasto. O ponto cujo custo total é mínimo, dá a espessura económica do isolamento E.E.I., isto é, o ponto que dá esta espessura é aquele onde se verifica um mínimo no custo total.

A tabela II.1 dá informações e classifica os materiais isolantes em função das suas aplicações e temperatura de utilização.

III - PROPRIEDADES A EXIGIR DE UM ISOLANTE TÉRMICO

Para se obter um bom isolamento térmico require-se, além do cálculo da espessura económica do isolante, que este tenha as seguintes características:

(I) baixo coeficiente de condutibilidade térmica, o que permite obter elevada resistência térmica com uma espessura pequena de material;

(II) baixa absorção de humidade; a humidade é um factor fundamental na deterioração, provocando corrosão ou modificações de aspecto, para além de elevar o coeficiente de condutibilidade térmica;

(iii) impermeável ao ar; o ar carregado de vapor, poderá condensar se encontrar a temperatura conveniente, embebendo o isolante, resultando assim o aumento da transmissão de calor e deterioração do material isolante;

(iv) resistente ao fogo;

(v) inodoro;

(vi) fácil de colocar;

(vii) baixo preço;

(viii) inatacável por roedores e insectos;

(ix) baixo peso;

(x) elevado módulo de ruptura à flexão, a fim de resistir aos esforços a que ficar sujeito;

(xi) longa vida.

Tipo	Faixa de temperatura °C	Condutividade térmica, mW/m . °C	Densidade, kg/m ³	Aplicação
1 Superisolante evacuado	-240 a 1.100	0,0015-0,72	Variável	Muitas
2 Espuma de uretano	-180 a 150	16-20	25-48	Tubos quentes e frios
3 Espuma de uretano	-170 a 110	16-20	32	Tanques
4 Bloco de vidro celular	-200 a 200	29-108	110-150	Tanques e tubos
5 Manta de fibra de vidro para revestimento	-80 a 290	22-78	10-50	Tubos e conexões
6 Manta de fibra de vidro	-170 a 230	25-86	10-50	Tanques e equipamentos
7 Contorno pré-moldado de fibra de vidro	- 50 a 230	32-55	10-50	Tubulações
8 Folha de elastômero	- 40 a 100	36-39	70-100	Tanques
9 Placa de fibra de vidro	60 a 370	30-55	10-50	Tubos e conexões
10 Contorno pré-moldado de elastômero	- 40 a 100	36-39	70-100	Tubos e conexões

11	Manta de fibra de vidro com barreira contra condensação	- 5 a 70	29-45	10-32	Linhas de refrigeração
12	Jaqueta de fibra de vidro sem barreira contra condensação	até 250	29-45	24-48	Tubulações quentes
13	Prancha de fibra de vidro	20 a 450	33-52	25-100	Caldeiras, tanques, trocadores de calor
14	Prancha e bloco de vidro celular	20 a 500	29-108	110-150	Tubulações quentes
15	Prancha e bloco de espuma de uretano	100 a 150	16-20	24-65	Tubulações
16	Contorno pré-moldado de fibra mineral	até 650	35-91	125-160	Tubulações quentes
17	Manta de fibra mineral	até 750	37-81	125	Tubulações quentes
18	Bloco de lã mineral	450 a 1.000	52-130	175-290	Tubulações quentes
19	Prancha de bloco de silicato de cálcio	230 a 1.000	32-85	100-160	Tubulações, caldeiras, revestimento de chaminés
20	Bloco de fibra mineral	até 1.100	52-130	210	Tanques e caldeiras

Tabela II.1.

IV - ISOLAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

Cada edifício industrial (incluindo naves) possui os seus problemas e condições críticas próprias, ocorrendo em geral e para um edifício não isolado termicamente, perdas de calor nas diversas partes específicas, nomeadamente:

- pelo tecto (25%)
- pelas paredes (35%)
- pelo pavimento (15%)
- pelas janelas (10%)
- por infiltração de ar e ventilação (15%)

Estes sectores terão de ser devidamente isolados termicamente, pois só assim se poderão minimizar as perdas de calor.

Referir-se-á que existem normas legais de construção em diversos países ocidentais, que assentam em diversos critérios, distinguindo-se as seguintes variantes fundamentais:

- estabelecimento de valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica por unidade de área U , ($W.m^{-2}.K^{-1}$) das diferentes superfícies dos edifícios, ou de valores mínimos para as respectivas resistências térmicas, $R = 1/U$, ($m^2 k/W$).

- estabelecimento de valores máximos para o coeficiente U , referidos à globalidade da superfície exterior da construção.

Estas normas são aplicáveis apenas a novos edifícios, o que leva a que estes países criem incentivos de natureza financeira ou fiscal por forma a cobrir parcialmente os custos com o isolamento de edifícios já existentes.

Em Portugal, tendo em atenção as condições do país, principalmente o aspecto do clima, poder-se-á fazer uma aproximação às normas vigentes nos países atrás citados, uma vez que não existe muita informação própria sobre este tema, embora ultimamente tenha saído alguma regulamentação para este assunto.

IV.1 - TECTO

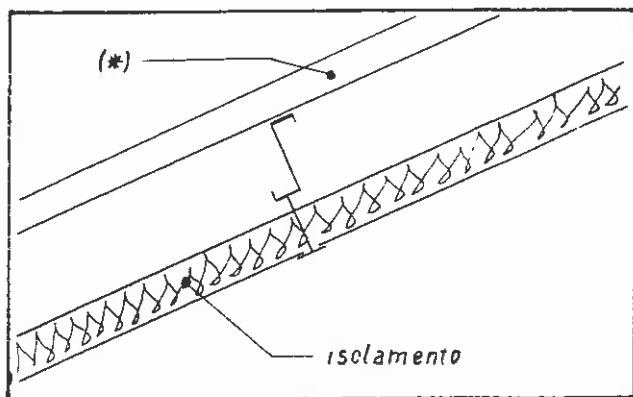
Uma das mais importantes fontes de perdas de calor de um edifício não isolado é o tecto; sabe-se ainda que as temperaturas ao nível do tecto são mais altas do que as verificadas nas restantes partes do edifício. Por isso, deverá projectar-se e instalar-se um isolamento térmico para o tecto a fim de se obter uma poupança quanto à economia de energia, pois está provado que os custos do isolamento do tecto são baixos, ou por outra, é mais fácil e barato isolar termicamente o tecto do que outra parte do edifício.

Quanto ao retorno do investimento, verifica-se após pouco tempo, compensando assim este tipo de investimento.

Quanto à ventilação do tecto como meio de evitar a condensação, poder-se-á aproveitar a ventilação natural, insuflando o ar quente e provavelmente saturado para o exterior, por meio de algum ventilador ou simplesmente por intermédio de uma chaminé. Para o caso em que a ventilação natural não se dê, utilizar-se-á uma ventilação forçada, embora esta seja pouco utilizada.

Há numerosos métodos de isolar termicamente um tecto e também uma gama bastante elevada de materiais usados como isolantes.

A figura IV.1 (a) e (b), mostra alguns exemplos que se verificam na prática, sendo estes os mais utilizados no isolamento térmico dos tectos.



(a)

(*) - chapa
metálica

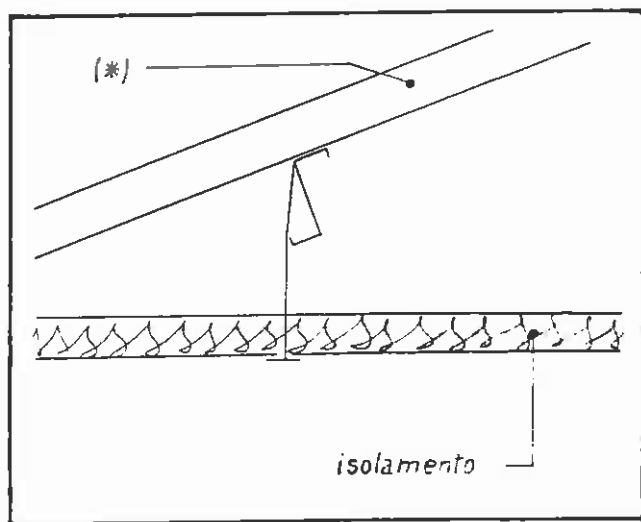


Fig. IV.1. (b)

IV.2 - PAREDES

Sendo as paredes uma das partes do edifício onde se perdem grandes quantidades de energia sob a forma de calor, ter-se-á que ter em atenção o isolamento térmico destas, com o objectivo de aproveitar parte desta energia. O isolamento das paredes pode ser subdividido em três categorias:

- (i) -isolamento de paredes já existentes sem cavidade;
- (ii) -isolamento de paredes já existentes com cavidade;
- (iii) -isolamento de paredes de novos edifícios.

Cada uma destas categorias, acontece na prática, tendo-se, assim, o cuidado de se referir a elas com alguma especificação.

(i) - Existem, na Indústria, edifícios em cuja concepção não atenderam aos aspectos do isolamento térmico das suas paredes, não se preocupando em deixar pelo menos uma cavidade no interior destas, onde pudesse existir uma mínima resistência térmica do ar. Estes casos permitem que a perda de calor através desta parte do edifício seja extremamente elevada, devido sobretudo à fraca resistência térmica por parte da parede ao fluxo de calor, em comparação com uma parede isolada.

À parte destas perdas consideráveis de calor, outro dos problemas que surgem é o da condensação existente no interior do edifício, principalmente nas paredes, pondo em risco a vida destas. Um dos métodos para eliminar este tipo de problemas na Indústria é a aplicação de espuma de poliuretano e poliestereno expandido; com o fim de proteger este isolante, cobre-se com cimento depois da sua aplicação, permitindo também assim uma resistência ao fogo.

Para além deste isolante, existem também outros com larga aplicação como são os casos da fibra de vidro e da fibra mineral. A barreira anti-vapor também é imprescindível para alguns casos, sendo vital aquando do uso da lã mineral, evitando e protegendo assim os efeitos da condensação.

(ii) - Numa boa parte dos edifícios já existentes, teve-se em atenção o princípio da cavidade das paredes, principalmente as que dizem respeito à Indústria. Esta cavidade foi, durante algum tempo, um meio de isolar termicamente as paredes, mas caiu presentemente em desuso, pois a sua eficiência é baixa. Esta cavidade consiste num espaço entre a parede interna e a externa, onde se encontra ar em repouso. É habitual e aconselhável preencher a dita cavidade com um isolante térmico, fazendo com

que a resistência térmica da parede aumente, dificultando, assim, a saída de calor. Com o propósito de isolar a parede, é usual a aplicação no "vácuo" da cavidade, de três tipos de material:

- lã mineral
- poliestereno expandido
- espuma de poliuretano

A escolha entre qualquer destes métodos, sob o ponto de vista da eficiência e custos, não é difícil, devido sobretudo a que os coeficientes de condutibilidade térmica destes materiais são baixos e sensivelmente iguais. O que pode fazer com que se opte por um dos métodos em detrimento de outro é a existência destes materiais no mercado e o custo de mão-de-obra especializada que cada um dos métodos requer.

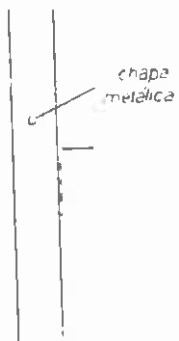
Qualquer destes materiais é impermeável à água e nenhum, se correctamente instalado, mostra algum problema; não são propensos a deterioração quando usados e têm uma vida longa.

(iii) - Hoje em dia, praticamente todas as construções dão especial atenção ao isolamento térmico, tendo em conta a sua eficiência. Procura-se sempre obter um valor do coeficiente global de transferência de calor U , o mais baixo possível e o efeito do vácuo da cavidade da parede é aproveitado ao máximo dimensionando-a conforme o tipo de isolamento requerido.

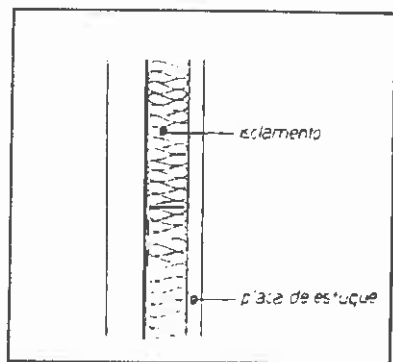
A parede é isolada durante a operação de construção, permitindo assim uma eficiência maior em relação às paredes posteriormente isoladas; esta eficiência depende essencialmente da resistência ao fluxo de calor através das paredes e do impedimento dos efeitos preocupantes da condensação. Todos os isolantes atrás referenciados para o caso de paredes já existentes, poderão ser utilizados para este caso, realçando a lã mineral e o poliestereno expandido como os mais utilizados.

A seguir mostram-se várias figuras - IV.2., IV. 3.

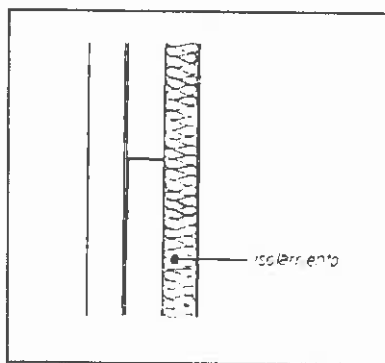
Estas figuras representam esquematicamente várias situações, podendo ser nalguns casos estruturas já existentes com ou sem cavidade, e estruturas feitas a partir de projectos recentes e por isso supondo a existência de um dimensionamento correcto do isolamento.



(a)

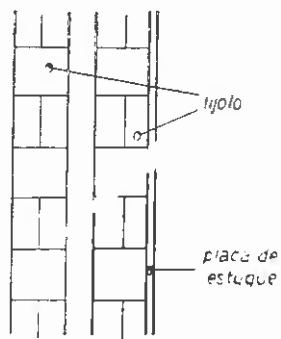


(b)

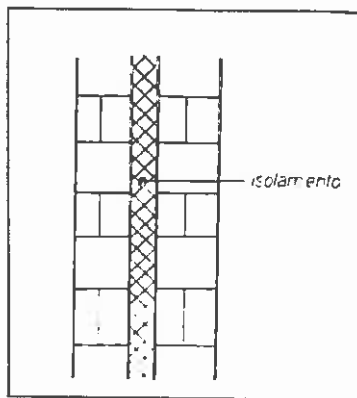


(c)

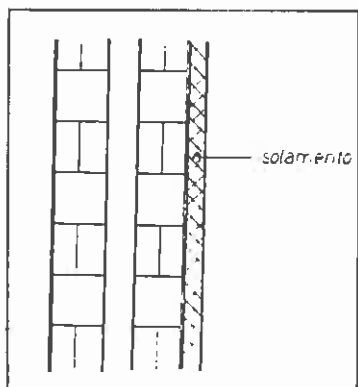
Fig. IV.2.



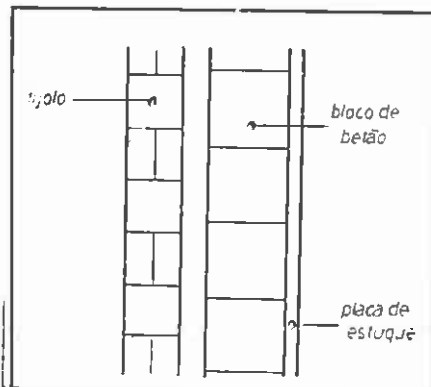
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig .IV.3.

IV.3 - PORTAS

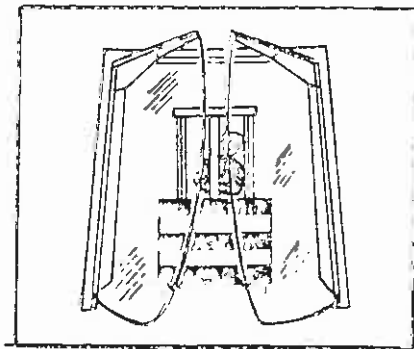
Um pormenor associado ao isolamento térmico, que atrai a atenção, refere-se ao calor perdido por aberturas de grande dimensão destinadas à passagem de produtos, veículos, etc..

Para que se verifique uma economia de energia nestes pontos, ter-se-á que isolá-los.

Existem muitos tipos de portas, construídas com diversos materiais (metal, madeira, etc.) e que, de uma forma ou de outra, desempenham um papel no isolamento térmico. Mas as que merecem maior atenção são as portas de lamelas flexíveis e vai-vém, devido não só à boa visibilidade através delas e ao melhor acesso, como também a uma maior poupança que se verifica na redução do calor perdido, do interior do edifício.

Assim, com efeito, a introdução nestas situações de portas de lamelas flexíveis (cortina suspensa de tiras transparentes) e vai-vém (portas de isolante transparente), poderá conduzir a poupanças da ordem dos 50%. Quanto à instalação, as lamelas estão sobrepostas, a uma dada dimensão menor que a largura delas, podendo afirmar-se que, após centenas de passagens, a porta está sempre fechada. No cômputo geral, poder-se-á dizer que estas portas não só facilitam o trabalho como aumentam o rendimento e economizam energia. Como aplicações são ideais para fábricas, armazéns, câmaras frigoríficas, etc.. De realçar que, nas câmaras frigoríficas, estas portas permitem uma resistência à entrada de calor.

A figura IV.4. define bem estes dois tipos de portas, notando-se bem a eficiência aquando da passagem por elas.



(a)

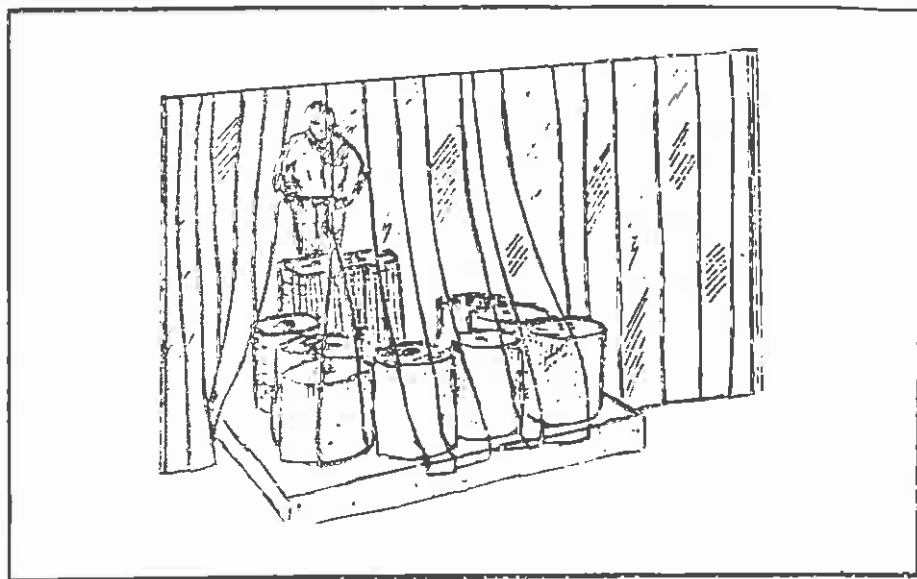


Fig. IV.4.

(b)

IV.4 - PAVIMENTO

O isolamento térmico dos pavimentos de edifícios industriais é quase tão importante como o é o dos tectos e das paredes. Principalmente nos dias de Inverno, quando o solo está a temperaturas muito baixas e considerando que a temperatura ideal de trabalho no interior do edifício é de cerca de 18 °C, se o pavimento não está isolado ou está inadequadamente isolado, verificar-se-ão perdas de calor significativas através deste, sobretudo se as áreas envolvidas forem grandes. Para além disto, há o problema do desconforto de um pavimento frio.

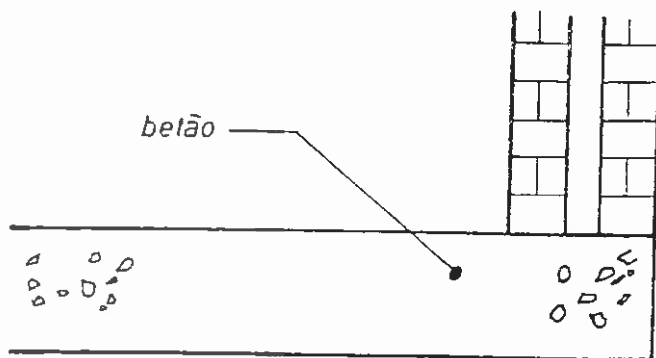
Quanto a materiais isolantes, o poliestereno expandido é pouco utilizado no isolamento desta parte do edifício, pois é facilmente comprimido quando usado para espessuras acima de 25 mm. A solução alternativa, é o emprego de material de PVC rígido e específico, ou lã mineral, protegida de lado por placas metálicas ou outras.

Tudo isto é aplicado no isolamento de estruturas novas, onde este é efectuado aquando da construção. Para pavimentos já existentes pouco pode ser feito, excepto cobri-los, na sua parte superior, com placas cobertas de cortiça, tapetes espessos de feltro, etc.. Para o isolamento de pavimentos suspensos, (caso dos

soalhos correspondentes aos andares de um edifício industrial), utiliza-se a técnica usada nos tectos, aplicando-se como isolante lã de vidro, lã mineral, poliestireno expandido, entre outros. Note-se que estes pavimentos são bons agentes de transmissão de calor.

Quanto ao problema da condensação, ela terá de ser evitada, bastando para isso introduzir uma barreira anti-vapor, quando da aplicação do isolamento. Assim, evitar-se-á também a introdução de água do solo pelo pavimento.

A figura IV.5. apresenta esquematicamente um exemplo de um caso prático cuja estrutura base de betão é isolada termicamente com poliestireno expandido.



(a)

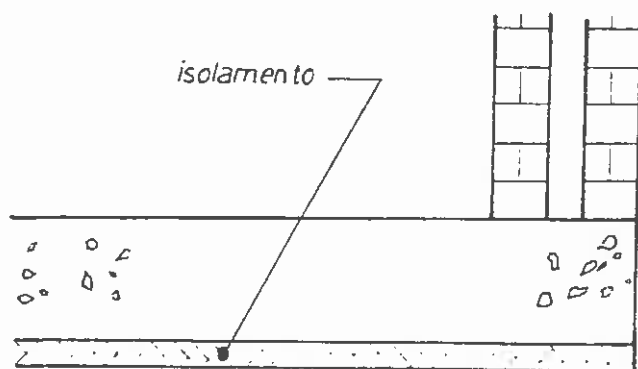


Fig. IV.5.

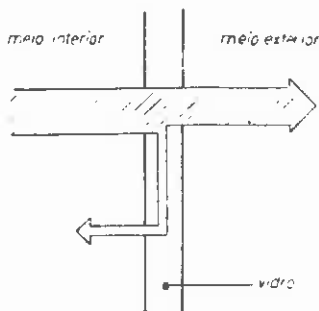
(b)

IV.5 - SUPERFÍCIES ENVIDRAÇADAS

Devido a uma percentagem significativa de perdas de calor nas áreas vidradas de um edifício industrial, estas deveriam ser reduzidas ao mínimo; mas devido a vários factores, incluindo a questão do conforto a que naturalmente não fica alheio o problema da luz natural no interior do edifício, torna-se necessária a existência de algumas destas superfícies, incluindo necessariamente as janelas. Ter-se-á então que ter em conta o isolamento térmico das superfícies envidraçadas, para se obter um razoável aproveitamento da energia que se perde através delas. De nada vale baixar o coeficiente de transmissão de uma parede exterior, se houver nela janelas cujo tratamento térmico não foi feito.

O duplo vidro é o sistema mais eficiente para isolar termicamente estas superfícies e pela figura IV.6. poder-se-á observar a diferença existente na economia de energia entre a superfície vidrada de aplicação comum (vidro simples) e o duplo vidro. Neste caso realça-se a cavidade existente entre os dois vidros, local onde a resistência térmica do ar impede uma maior saída do fluxo de calor. Na verdade, esta caixa de ar entre os dois vidros, é responsável pela eficiência térmica do vidro duplo.

A aplicação deste sistema do vidro duplo nem sempre é viável, pois embora ofereça uma boa eficiência em relação ao vidro simples, o preço do investimento pode não se coadunar com o caso a considerar. Isto acontece quando a diferença de temperaturas entre o interior e o exterior do edifício é baixa, o que corresponde também a baixa perda de calor. Este tipo de isolamento é tanto mais eficiente, quanto maior for esta diferença de temperatura, o que leva a concluir que, para climas mais frios, esta eficiência é maior. Quanto à largura óptima do espaço entre os dois vidros, é usual tomar um valor entre 12 a 20 mm, sendo tanto maior esta espessura quanto maior for a agressividade do clima.



(B)

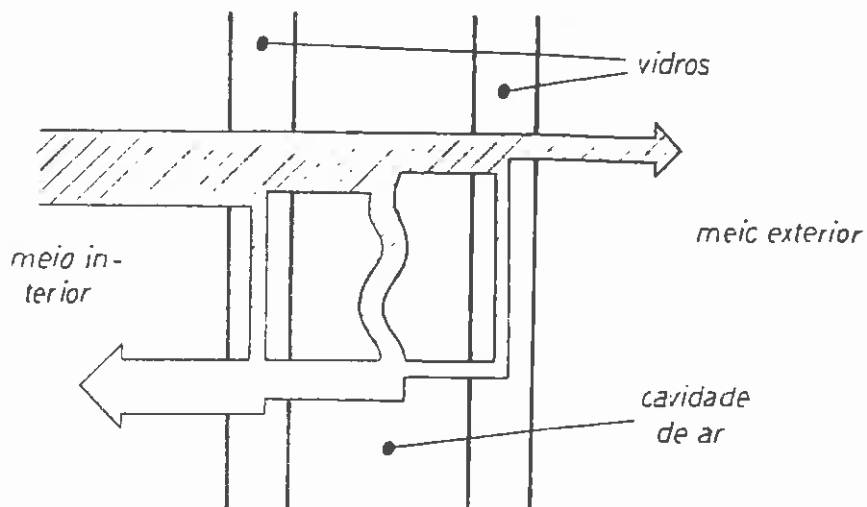


Fig. IV.6. (b)

A figura IV.7. mostra graficamente como o valor do coeficiente global de transmissão de calor U , varia com a distância entre dois vidros, notando-se que, abaixo do valor de 12 mm, a transmissão de calor torna-se progressivamente maior, até que se aproxima do caso de vidro simples. Para espessura superior a 20 mm, o calor transmitido é praticamente constante, devido a que, quanto maior for a distância entre os vidros, mais se nota uma zona turbulenta entre estes, fazendo assim com que a resistência térmica nesta zona seja praticamente nula.

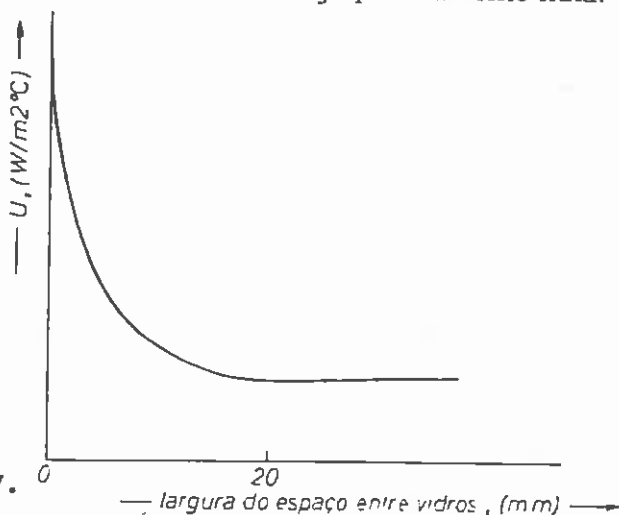


Fig. IV.7.

A figura IV.8. exemplifica bem esta situação e, associando-a à figura anterior, poder-se-á dizer que é anti-económico optar por uma dimensão, entre vidros, superior a 20 mm.

Quanto à condensação, o sistema de duplo vidro reduz em muito o risco da sua existência mas mesmo assim ela existe neste tipo de sistema, podendo ocorrer tanto na superfície do vidro como na armação deste, principalmente se for de metal. A condensação sobre o vidro é mais perturbadora por causa da relativamente larga área da superfície, interferindo também com a visão do exterior. Este fenómeno só é prejudicial se houver persistência da condensação, pois acontece a progressiva deterioração do material.

Para todas as superfícies vidradas de sistema duplo, (principalmente sistemas verticais), uma medida simples e económica para evitar a condensação entre estes dois vidros, é a introdução, no plano inferior da armação, de uma abertura para a atmosfera. Este método tem a desvantagem de permitir que saia, através desta abertura, uma quantidade de calor que se perde para o meio circundante.

Um outro método é o uso de um tubo em que, no seu interior, se encontram pequenos grãos, cuja função é secar o ar existente na cavidade, local onde o tubo é instalado. Este método é menos económico, mas a sua eficiência é muito superior à do método atrás referido.

Como simples referência, diga-se que os sistemas de triplo vidro e múltiplos vidros podem ter uma eficiência superior ao vidro duplo, sendo, por vezes, utilizados em casos muito específicos, mas são extremamente caros, não compensando na maioria das aplicações.

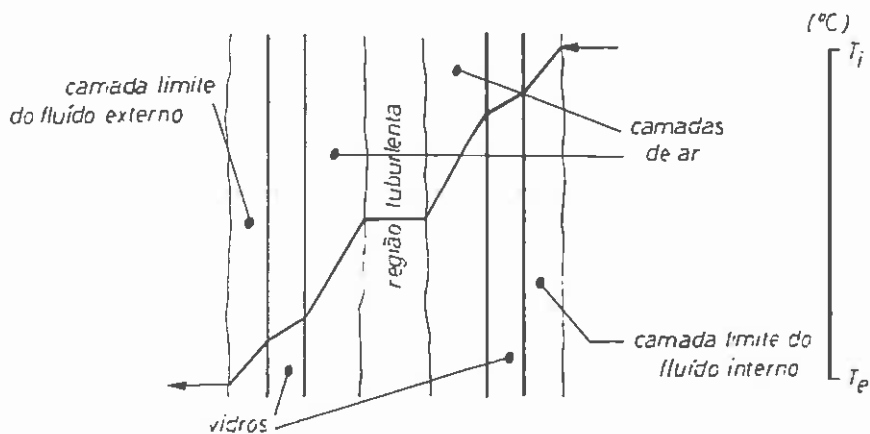


Fig. IV.8.

NOTA: Para o presente artigo ficar completo, isto é, para se debruçar sobre tudo o que foi proposto na nota introdutória, dever-se-ia acrescentar ainda uma 2ª parte, do ISOLAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS.

Devido à falta de espaço na Revista e pelo facto de o presente artigo ser longo e vasto, a 2ª parte sairá logo que possível, num próximo número da Revista.

Bibliografia

- 1-HOLMAN, J. P. *Heat Transfer*, Professor of Mechanical Engineering Southern Methodist University, 1976.
- 2-KARLEKAR, B. V. E DESMOND, R.M. *Heat Transfer*, Second Edition, Professor of Mechanical Engineering, Rochester institute of Technology, 1977.
- 3-DIANANT, R. M. E. *Insulation Deskbook*, Dip. Chim. E., M. Inst. F., e. Eng., 1977.
- 4-ARIBA, C. C. H. e ARICS, D. J. M. *Thermal Insulation of Building*, Departement of the Environment, Directorate of Research and Information, 1971.
- 5-IRWIN, W. T. *Industrial Insulation*, Manager of Technical Services, Insulation Group, Certain Teed corp., Valley Forge, P. A., 1980.
- 6-GALLOWAY, P. *Industrial Buildings*, Technical Services and Market Development Manager, ICI Purlboard Product Dept., 1975.
- 7-SHEARS, J. D. *Improving Roof and Floor Insulation*, Market Development Manager, Vencel Resil LTD, 1975.
- 8-BUILDING RESEARCH STATION DIGEST Condensation, Watford, 1973.
- 9-BUILDING RESEARCH STATION DIGEST Double glazing and double windows, Watford, 1972.
- 10-ASSOCIATION OF U.K. MANUFACTURERS OF MINERAL INSULATING FIBRES, Insulation Fact Sheet, 1982, U.K.