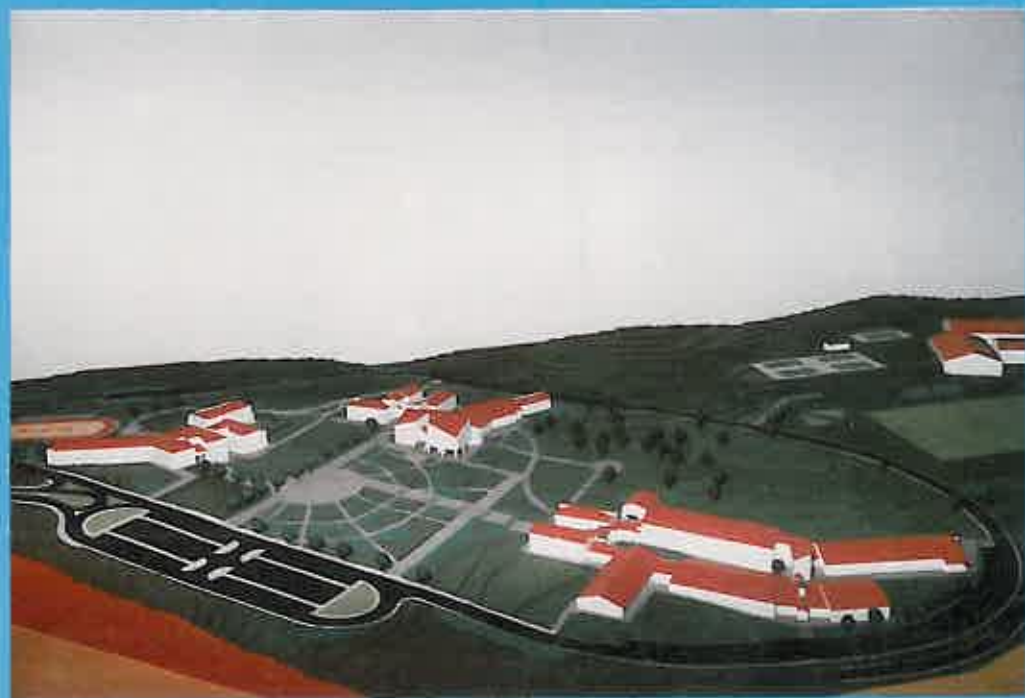


EDUCAÇÃO

e

TECNOLOGIA



Revista do Instituto Politécnico da Guarda

"EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA"

Revista do Instituto Politécnico da Guarda

DIRECTOR: João Bento Raimundo

REDACÇÃO: Rua Comandante Salvador do Nascimento
Telef. 21634 6300 GUARDA

PROPRIEDADE: Instituto Politécnico da Guarda

EXECUÇÃO GRÁFICA: Secção de Reprografia do IPG

Depósito Legal N.º 17.891/87

Reprodução total ou parcial proibida

Nº 5 / Setembro / 89

ABERTURA PARA O MUNDO ...

"Português que viva apenas para Portugal, como acho queria o Velho do Restelo, não tem significado algum nem vale a pena existir no mundo; temos de viver para o universo, ou seremos inúteis".

Agostinho da Silva

Sempre defendemos a formação integral do indivíduo. Tal significa, para nós, em termos globais, o crescimento perante conhecimentos gerais e específicos; o acordar das potencialidades de cada um; a afirmação do indivíduo perante ele próprio, em primeiro lugar, perante os outros e o mundo, depois; o, já tantas vezes referido, saber, saber fazer, saber ser; enfim, um caminhar efectivo para a realização e para a felicidade.

O presente número, o quinto, de "Educação e Tecnologia", enquanto "um espaço aberto", objectivo — génese da sua existência e da sua afirmação — na linha do que atrás referimos, inclui já a participação de professores de Instituições ligadas ao Instituto Politécnico da Guarda pelo Programa Erasmus. Isto constitui um sinal evidente da cooperação que, a vários níveis, há alguns meses atrás, foi acordada em protocolos com Bayonne, Brighton, Coventry, Créteil, Pau e Salamanca.

Este aprofundamento de relações entre instituições europeias de ensino superior veio favorecer a vivência do espírito comunitário e imprimir nos alunos a consciencialização do conceito da nova Europa da cultura e dos cidadãos.

Defendemos e prosseguimos um caminho de abertura para o mundo das coisas, das pessoas e do saber, numa perspectiva integradora em que a verdadeira dimensão do humano se procure, se veja e se consubstancie na efectiva comunhão do universal.

João Bento Raimundo

Presidente da C. I. do
Instituto Politécnico da Guarda

TÉRMICA DE EDIFÍCIOS

GANHOS SOLARES

José António Furtado F. Gomes*

RESUMO: Atendendo às condições favoráveis do nosso país no que diz respeito à radiação solar e aos períodos médios de insolação, é particularmente importante a contribuição destes factores para o conforto interior de um edifício durante o Inverno, ou como parâmetros a ter em conta na protecção do mesmo, durante o período de Verão. Por este facto será abordado neste artigo um método simplificado para a determinação dos ganhos solares de uma habitação, quer através de paredes opacas, quer através de paredes envidraçadas.

1. OBJECTIVO

O objectivo principal deste artigo é fornecer um conjunto de elementos práticos e de fácil aplicação, que permitam avaliar os ganhos solares passivos de uma habitação ou edifícios em geral, quer através de superfícies transparentes, quer através de superfícies opacas. Como é óbvio estes ganhos conduzem a uma economia na energia despendida em aquecimento durante o período de Inverno, ou acarretam ganhos adicionais em refrigeração em período de Verão, sendo de realçar o aspecto importante de que se reveste a superfície e a orientação dos envidraçados dentro do conjunto arquitectónico que é a envolvente do edifício. Por outro lado, caso não se atenda ao fenómeno dos ganhos solares, as potências dos aparelhos a utilizar serão por certo subavaliadas no caso da refrigeração, ou sobreavaliadas no caso do aquecimento.

* Assistente na E.S.T.G.

O método descrito tem por base o estudo e investigação realizados em França, estando descrito em diversas publicações [1] e [2] do CSTB (Centre Scientifique e Technique du Batiment), onde se apresenta como um método simplificado para o cálculo das economias em aquecimento, devidas fundamentalmente aos sistemas solares activos e passivos. Durante a elaboração do presente trabalho houve no entanto a preocupação de uniformizar a notação utilizada nos diversos elementos consultados, estabelecer uma sequência na apresentação nos diversos conceitos e expressões em consonância com o cálculo, e finalmente apresentar paralelamente ao desenvolvimento do método, dados climáticos da base para a zona da Guarda.

Fundamentalmente os dados necessários para a determinação dos ganhos solares são de dois tipos. Os primeiros referem-se às condições climáticas do local de implantação do edifício e os segundos às características do próprio edifício.

- . Condições climáticas do local de implantação do edifício:
 - Radiação solar;
 - Temperatura exterior de cálculo;
 - Graus-dia de aquecimento.
- . Características do edifício:
 - Inércia térmica da construção;
 - Características da envolvente do edifício (definição do coeficiente volumétrico de perdas térmicas - G);
 - Características solares da construção (sombreamento, orientação e factor solar dos vãos envidraçados);
 - Volume e área habitável;
 - Tipo de aquecimento utilizado.

Conhecidos os ganhos solares de um edifício podem-se estabelecer factores de qualidade e conforto.

- . Factor de cobertura solar (F) como a relação entre os ganhos solares em relação às perdas totais anuais.
- . Factor definidor dos gastos anuais de aquecimento (B) como o conjunto das perdas anuais totais (após consideração dos ganhos internos), reduzidas dos ganhos solares passivos. Traduz implicitamente a economia de energia conseguida com os ganhos solares.

2. PERDAS TÉRMICAS ANUAIS DE UMA HABITAÇÃO

Para se efectuar o apuramento do valor das perdas anuais de uma habitação, o qual por sua vez está relacionado com a potência da instalação de aquecimento, recorre-se à seguinte expressão:

$$D = G \cdot V \cdot (t_b - t_e) \quad (1)$$

onde:

D (W) - Perdas anuais de uma habitação.

G (W/m³ °C) - Coeficiente volumétrico de perdas térmicas do edifício (soma das diversas perdas a dividir pelo volume habitável do edifício). Para se ter em conta as perdas devidas à abertura de janelas, deverá majorar-se o valor G, calculado segundo às regras Th-677 da quantidade seguinte:

0.06 - Para aquecimento colectivo sem regulação.

0.03 - Para aquecimento colectivo com regulação, aquecimento misto e aquecimento individual de um imóvel colectivo.

0.00 - Para aquecimento individual em construção individual.

V (m³) - Volume habitável do edifício.

te (°C) - Temperatura exterior de cálculo. O seu valor encontra-se estabelecido em [5] para os diversos concelhos do país. Para o concelho da Guarda assume o valor de - 4,5 °C.

tb (°C) - Temperatura de base do ambiente interior. Geralmente para o cálculo da potência da instalação toma-se um dos valores $t_i=18$ °C ou $t_i=15$ °C, consoante a utilização prevista para o interior do edifício, podendo eventualmente assumir valores distintos.

A tabela seguinte, extraída de [6], fornece diversas temperaturas de base do ambiente interior, consoante o fim a que se destina.

Edifício ou local	Temp. mínima seca (°C)
Destinado à habitação, ensino, comércio, trabalho sedentário e cultura.	18
Salas de actos, ginásios e locais de trabalho ligeiro.	15
Locais de trabalho pesado.	12
Locais de armazenamento geral.	10

No fundo, a expressão (1) traduz a potência de uma instalação de aquecimento em regime permanente, num dia sem insolação e com temperatura exterior igual à temperatura de cálculo. Devido a este facto a expressão (1) poderá ser utilizada

para avaliar de uma forma grosseira os gastos de aquecimento na estação fria.

Integrando a equação anterior (1) durante as 24 horas de um dia, considerando t_m a temperatura exterior média desse dia, obtém-se:

$$D_{24h} = G \cdot V \cdot (t_b - t_m), \text{ com } t_b > t_m \quad (2)$$

Efectuando uma nova integração para todo o período de aquecimento de um ano ter-se-á

$$D = G \cdot V \cdot 24 \cdot \int (t_b - t_e) \quad (3)$$

ou ainda de um modo mais simplificado

$$D = G \cdot V \cdot 24 \cdot G_d \quad (4)$$

sendo:

G_d (°C) - Número de Graus-dia de aquecimento.

$$G_d = \sum_{i=1}^k (t_b - t_e) \text{ com } t_e < t_b \quad (5)$$

Trata-se do somatório alargado a todos os dias do ano, em que a temperatura exterior média é inferior a uma temperatura interior de base, do diferencial destas temperaturas. O seu valor encontra-se estabelecido para os diversos concelhos do país através da regras de qualidade térmica de edifícios [5], tal como sucede com a temperatura exterior de cálculo. No concelho da Guarda assume os valores de 1810° C, para uma temperatura de base de 15° C e 2449° C para uma temperatura de base de 18° C, ambos considerados como os mais adequados à satisfação das exigências do conforto térmico.

Mensalmente este valor poderá ser calculado de um modo mais simplificado pela expressão seguinte,

$$G_d = (t_b - t_M) \cdot n \quad (6)$$

onde:

t_M (° C) - Temperatura média mensal.

n (dias) - Número de dias do mês.

3. NECESSIDADE DE AQUECIMENTO DE UMA HABITAÇÃO

Os ganhos de calor de um determinado local dependem fundamentalmente das condições climatéricas da zona onde se localiza o edifício e da produção de calor inerente às actividades exercidas no interior do mesmo pelos seus ocupantes.

Assim podemos considerar dois tipos de ganhos de calor distintos.

- . Ganhos internos dependentes da ocupação interior.
- . Ganhos solares, dependentes da radiação solar.

As perdas diminuídas dos ganhos internos e dos ganhos solares, isto é, a necessidade de aquecimento para a habitação ou edifício, é dada pela fórmula

$$B = D - A_i \cdot \mu_i - A_s \cdot \mu_s \quad (7)$$

em que:

B (W) - Coeficiente das necessidades de aquecimento anual de uma habitação.

A_i (W) - Ganhos internos.

μ_i (%) - Rendimento na recuperação dos ganhos internos.

A_s (W) - Ganhos solares.

μ_s (%) - Rendimento na recuperação dos ganhos solares.

4. GANHOS DE CALOR DE UMA HABITAÇÃO

4.1. Ganhos Internos

4.1.1. Quantificação do Valor

Se considerarmos que a produção de calor inerente à utilização das habitações é igual a 100 W por dia e por metro quadrado de superfície habitável, ou seja 4,17 W/m².h, os ganhos internos podem ser determinados em função da área habitável e do número de horas do período de aquecimento.

$$A_i = 4,17 \cdot A_h \cdot N \quad (8)$$

onde:

A_i (W) - Ganhos internos.

A_h (m²) - Área habitável.

N (horas) - Número de horas do período de aquecimento.

Este valor é fornecido na maioria dos regulamentos europeus como um dado climático de base. No zonamento climático do território nacional apresentado em [5], são consideradas três zonas climáticas de Inverno e três de Verão. O concelho da Guarda está incluído na zona climática de inverno I3, para a qual se indicam os seguintes valores médios de base [4].

Zona climática de Inverno I3:

Graus-dia-Gd: 2050 °C

Nº horas aquecimento - N: 5400 h

Radiação global útil - Ra: 570000 W.h/m²

Por outro lado, se considerarmos que o pé-direito médio para uma habitação é da ordem dos 2,70 a 2,80 metros, pode-se também considerar o valor de 1,5 W/m³/h para ganhos internos, obtendo-se então uma expressão equivalente à anterior, em que:

$$A_i = 1,5 \cdot V \cdot N \quad (9)$$

4.1.2. Rendimento na Recuperação dos Ganhos Internos

Para o rendimento na recuperação dos ganhos internos, μ_i , suponho que todas as regulações estão correctas, tomam-se os valores:

0.85 em aquecimento individual, misto ou colectivo com regulação e controle,

0.80 em aquecimento colectivo sem regulação e controle.

No entanto outros valores para o rendimento poderão ser considerados, dependendo unicamente do sistema de regulação utilizado.

4.2. Ganhos Solares

4.2.1. Quantificação do Valor

Os ganhos solares são definidos como sendo o produto da superfície transparente equivalente sul pela radiação recebida numa superfície orientada a sul.

$$As = Ss \cdot Ra \quad (10)$$

As (W) - Ganhos solares

Ra (Wh / m²) - Radiação solar útil, recebida anualmente por uma parede vertical voltada a sul.

Ss (m²) - Superfície transparente equivalente sul. Trata-se de uma superfície fictícia, vertical, exposta a sul, totalmente transparente e sem sombreamento, a qual conduz aos mesmos ganhos solares que as paredes da habitação considerada, sejam elas opacas ou transparentes.

Na prática estes ganhos correspondem a quase 6° C na meia estação e são praticamente nulos na estação fria.

4.2.2. Radiação Solar

Para o território nacional o valor da radiação solar poderá ser obtido através do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, o qual dispõe de sete estações actinométricas onde regista valores da radiação global e difusa em superfície horizontal. Sendo a estação mais próxima da Guarda a das Penhas Douradas, podem-se considerar os valores aí registados como aplicáveis à zona da Guarda. O quadro seguinte teve como base os valores apresentados em [14], indicando-se para os diferentes meses do ano os valores médios e máximos da radiação solar em superfície horizontal.

Mês	Rsh (Wh/m ² dia)	
	Média	Máxima
Janeiro	1400	2600
Fevereiro	2000	3400
Março	2800	5100
Abril	3900	6200
Mai	4800	7200
Junho	5200	7200
Julho	5800	7100
Agosto	5100	6200
Setembro	3600	4500
Outubro	2400	3600
Novembro	1600	2448
Dezembro	1400	2136

No entanto nem toda a radiação recebida é útil, isto é, só durante um período limitado do ano a radiação poderá ser aproveitada para aquecimento dos edifícios.

A expressão seguinte estabelece um critério simples para o cálculo da radiação útil recebida numa parede vertical orientada a sul.

$$R_{ai} = R_{sv} \cdot n \cdot \delta \quad (11)$$

Onde:

R_{ai} (Wh/m²) - Energia útil recebida no mês i .

Por definição o valor da radiação global útil recebida numa superfície vertical orientada a sul, é o valor da energia acumulada durante o período de aquecimento (R_a). Tal como se indica em 4.1.1. o seu valor médio para a zona climática I3, onde se insere a região da Guarda, é de 570000 Wh/m².

R_{sv} (Wh/m²) - Energia total recebida numa superfície vertical voltada a sul (média diária mensal do mês i)

n (dias) - Número de dias do mês i .

δ (%) - Rendimento. O seu valor está relacionado com a temperatura média mensal da seguinte forma.

$T \text{ média mensal} < 5^\circ$	$\delta = 95\%$
$5^\circ \leq T \text{ média mensal} < 10^\circ$	$\delta = 75\%$
$10^\circ \leq T \text{ média mensal} < 15^\circ$	$\delta = 20\%$
$T \text{ média mensal} \geq 15^\circ$	$\delta = 0\%$

4.2.3. Superfície Transparente Equivalente Sul

A superfície transparente equivalente sul caracteriza a envolvente do edifício em termos solares e traduz de certo modo a área efectiva de captação de energia. O seu processo de cálculo será visto no ponto 5.

4.2.4. Rendimento na Recuperação dos Ganhos Solares

O rendimento da recuperação dos ganhos solares μ_s depende do tipo de aquecimento utilizado, da inércia da construção e da relação entre os ganhos solares e as perdas térmicas do edifício.

O seu valor é dado pela fórmula:

$$\mu_s = a \cdot \left[1 + b \cdot \left[\frac{A_s}{D - A_i \cdot \mu_i} \right]^c \right]^{-1} \quad (12)$$

a - Coeficiente que depende do tipo de aquecimento utilizado e assume os seguintes valores:

a = 0.75 para aquecimento individual, misto ou colectivo com regulação.

a = 0.70 para aquecimento colectivo sem regulação.

b e c - Coeficientes que dependem da inércia da construção, assumindo os valores indicados no quadro seguinte consoante os diversos tipos de inércia térmica do edifício.

Inércia	b	c
Forte	0.6	1.7
Média	1.0	1.2
Fraca	1.4	1.0
Muito fraca	2.5	1.0

É evidente que a capacidade de armazenamento de calor que os locais da construção apresentam, depende da massa dos elementos que os confinam e do tipo de revestimentos que possuem, daí que o coeficiente b seja inversamente proporcional à inércia térmica, contrariamente ao que se verifica com o coeficiente c .

A menos que se faça uma avaliação mais correcta da relação entre a área pesada equivalente e a superfície do pavimento, pode-se correlacionar a inércia térmica com a tipologia dos edifícios correntes de acordo com o seguinte.

1. *Inércia térmica muito fraca* - Edifícios pré-fabricados leves, com pavimentos sobre caixa de ar, isolados ou em banda e sem empenas pesadas.
2. *Inércia térmica fraca* - Edifícios pré-fabricados leves, com pavimentos pesados ou empenas pesadas. Edifícios de construção pesada (tradicional ou pré-fabricada) com divisórias leves e revestimentos de pavimentos e tectos isolantes.
3. *Inércia térmica média* - Edifícios de construção pesada (tradicional ou pré-fabricada) com pavimento em betão incluindo lage esteira, e sem revestimentos isolantes em paredes e tectos ou em que apenas uma das condições anteriores se verifica, existindo nesse caso paredes divisórias pesadas com uma área significativa.
4. *Inércia térmica forte* - Edifícios de construção pesada, em que mais de metade dos seus elementos constituintes tenham massa superior a 400 kg/m².

4.2.5. Factor de Cobertura Solar Passiva

A expressão (7) pode ainda ser considerada sob a forma:

$$B = D' \cdot (1 - F) \quad (13)$$

em que:

D' (W) - Perdas corrigidas dos ganhos internos.

$$D' = D - A_i \cdot \mu_i \quad (14)$$

F (%) - Factor de cobertura solar passiva. Traduz a percentagem das perdas anuais cobertas pelos ganhos solares. Este factor depende da inércia da construção, e da relação entre os ganhos solares e as perdas térmicas é no fundo um parâmetro definidor da qualidade e conforto de uma habitação.

O ábaco seguinte, foi extraído de [5] e permite calcular o valor de F de um modo directo, como função da inércia térmica e da relação.

$$X = \frac{A_s}{D'} = \frac{S_s \cdot R_a}{D'} \quad (15)$$

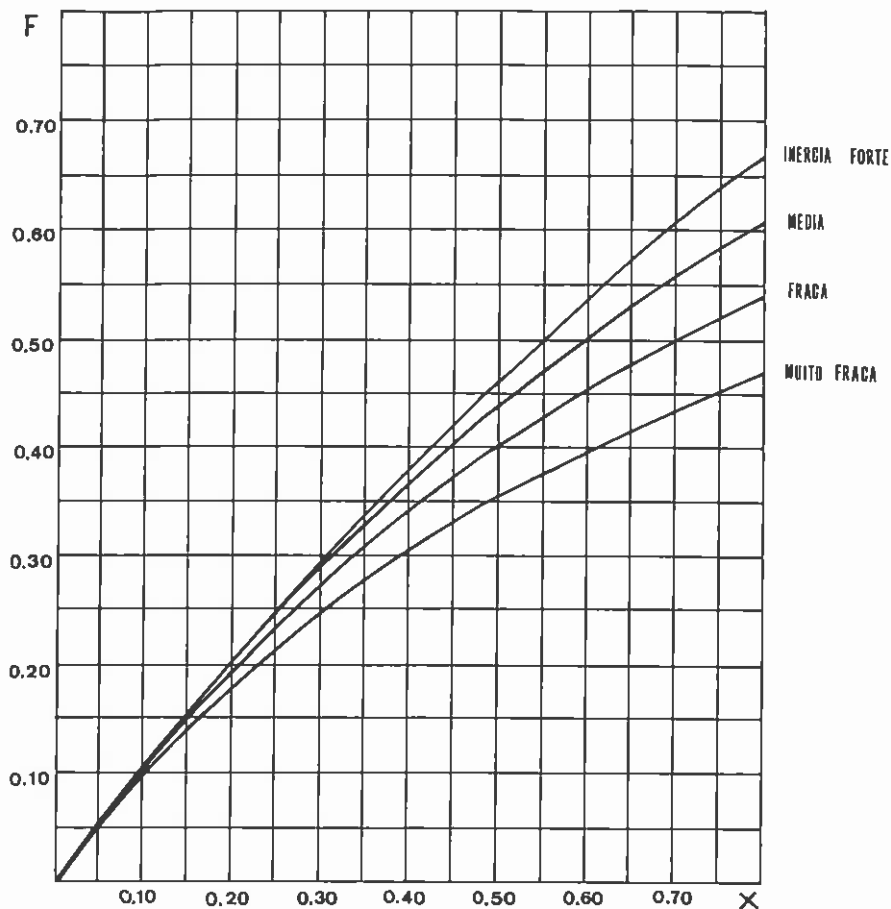


Figura 1

4.2.6. Potência do Sistema de Aquecimento

Depois de calculado o coeficiente das necessidades de aquecimento (B), passa-se para os consumos, dividindo pelo rendimento μ da fonte produtora de calor utilizada no aquecimento de uma habitação.

$$P = \mu \cdot B \quad (16)$$

P (W) - Consumo do sistema produtor de calor.

A economia verificada no consumo do aquecimento central devido aos ganhos solares passivos, poderá ser dada percentualmente pela expressão seguinte.

$$E = \frac{D' \cdot F}{P} \quad (17)$$

5. CARACTERÍSTICAS SOLARES DA CONSTRUÇÃO. SUPERFÍCIE EQUIVALENTE SUL

5.1. Noção Geral

A superfície transparente equivalente sul pode-se decompor em duas parcelas fundamentais. Uma relativa às paredes opacas e outra relativa às superfícies envidraçadas.

$$S_s = S_v + S_p \quad (18)$$

Onde:

$S_s(m^2)$ - superfície equivalente sul total.

$S_v(m^2)$ - superfície equivalente sul das paredes envidraçadas.

$S_p(m^2)$ - superfície equivalente sul das paredes opacas.

De um modo genérico pode-se definir a superfície transparente equivalente sul, como sendo o produto da superfície dos envidraçados e das paredes opacas por um conjunto de factores que minoram essa área, os quais traduzem de certo modo, as condições específicas de posição, orientação, etc, dessas superfícies.

$$S_s = \sum (A_v \cdot S' + A_p \cdot \frac{\alpha \cdot K}{h_e}) \cdot f \cdot C_1 \quad (19)$$

onde:

\sum - Representa a soma dos diversos termos, em que cada um representa uma superfície com as mesmas condições de exposição e insolação.

$A_v(m^2)$ - Superfície de envidraçados.

$A_p(m^2)$ - Superfície de paredes opacas.

S' - Factor solar.

f - Coeficiente de sombreamento.

C_1 - Coeficiente de orientação e inclinação.

α - Factor de absorção de radiação solar pelas paredes opacas.

- Para paredes claras $\alpha = 0.6$,

- Para terraços $\alpha = 0.8$

- Para telhados com desvão $\alpha = 0.5$

Em relação à radiação solar, e para ter em conta a radiação de grande comprimento de onda, apenas uma fracção dessa radiação é considerada no cálculo das perdas térmicas. Em rigor a minoração varia com a natureza das paredes, sendo mais baixa para as superfícies vidradas do que para as paredes opacas. Como os ganhos solares através das vidraças são muito superiores aos

ganhos verificados através das paredes opacas, é necessário uma maior exactidão no cálculo das primeiras em relação às segundas. Por este facto é necessário, para que o cálculo correspondente às paredes opacas não venha afectado de um erro exagerado, que se efectue uma minoração do coeficiente de absorção α . Para uma maior simplificação nos cálculos será tomado o valor médio $\alpha = 0,3$ (paredes de cor clara).

K ($W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$) - Coeficiente de transmissão térmica superficial da parede.

$1/h_e$ ($m^2\text{ }^\circ\text{C}/W$) - Resistência superficial exterior.

Assume os seguintes valores:

Para paredes $1/h_e = 0.06$

Para telhados $1/h_e = 0.05$

5.2. Cálculo da Superfície Transparente Equivalente Sul das Paredes Envidraçadas

Para a determinação da área da superfície equivalente sul das superfícies envidraçadas intervêm diversos factores, sendo o valor dado pela expressão seguinte:

$$S_v = \sum A_v \cdot S' \cdot f \cdot C_1 \quad (20)$$

Os factores a considerar constituem as características solares de construção e serão referidos em seguida de um modo mais detalhado.

5.2.1. Factor Solar S'

Este factor representa a relação entre o fluxo que penetra no envidraçado em relação à energia incidente.

$$S' = \frac{E_p}{E_i} \quad (21)$$

O factor solar variará entre 0.43 e 0.64, dependendo do tipo de caixilharia, do vidro utilizado e da posição dessa mesma caixilharia em relação à face exterior da parede. Os valores da tabela seguinte [4] tomam já em conta a existência de cortinados, de uma certa área de caixilharia e da sombra provocada pelas ombreiras e padieira do vão (caixilharia colocada na face interna ou externa da parede).

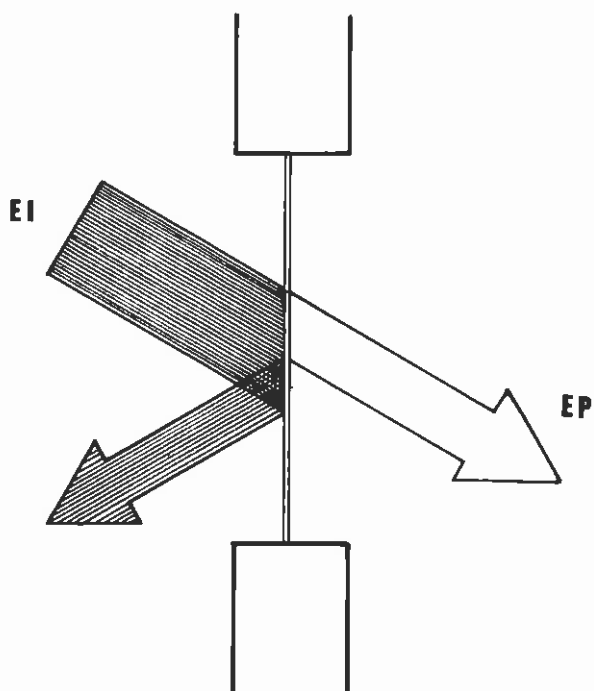


Figura 2

Caixilharía	Vidro	Posição	S'
Em madeira	Simples	interior	0.51
		exterior	0.56
	Duplo	interior	0.43
		exterior	0.48
Metálica	Simples	interior	0.58
		exterior	0.64
	Duplo	interior	0.50
		exterior	0.55

O quadro seguinte [3] fornece as características de alguns tipos de protecção solar em vãos envidraçados correntes.

Protecção Solar				
	Posição	Tipo	Cor	Factor solar %
A	Exterior	Portadas de madeira		4-10
		Persiana de madeira		9-10
Persiana metálica			10	
Estore veneziano de madeira			9-13	
Estore veneziano metálico			12-14	
Estore de lona opaco			7-14	
Estore de lona pouco transparente			17-19	
		Estore de lona transparente		23-25
	Interior	Cortina opaca	clara ou média	34-45
			escura	57-66
		Cortina pouco transparente	clara ou média	36-47
			escura	59
		Cortina transparente	clara ou média	39-50
		Estores de lâminas	média ou escura	56-73
			clara	45
B	Interior (complemento ao pára-sol)	Cortina opaca	clara	14
		Cortina pouco transparente	clara	12
		Cortina transparente	clara	13
		Estores de lâmina	clara	17
Sem protecção interior complementar				25

Onde: A - Vãos sem pára-sol

B - Vãos com pára-sol (vão vertical, orientado a sul e protegido do sol pelo menos seis meses no ano).

De acordo com [3] a protecção dos vãos classifica-se em BOA, MÉDIA ou FRACA consoante os valores da protecção solar são respectivamente inferiores a 15, compreendidos entre 15 e 20, ou superiores a 20.

5.2.2. Coeficiente de Sombreamento f.

Trata-se de um coeficiente que indica o maior ou o menor grau de insolação em função dos elementos arquitectónicos

salientes que eventualmente existam nas fachadas. O seu valor será no máximo igual a 1.

Este coeficiente deverá ser calculado andar por andar através da fórmula.

$$f = f_1 \cdot f_2 \quad (22)$$

f_1 - Factor que corresponde aos painéis ligados à fachada (varanda, pára-sol, etc.).

O seu valor é dado pela fórmula.

$$f_1 = 1 - 0.5 \cdot \frac{P}{H} - 0.5 \cdot \frac{P}{L} - 0.4 \cdot \frac{h^2}{p \cdot H} \quad (23)$$

onde p , h , L e H correspondem às dimensões representadas na figura. Se a fórmula conduzir a um valor negativo, torna-se f_1 igual a zero.

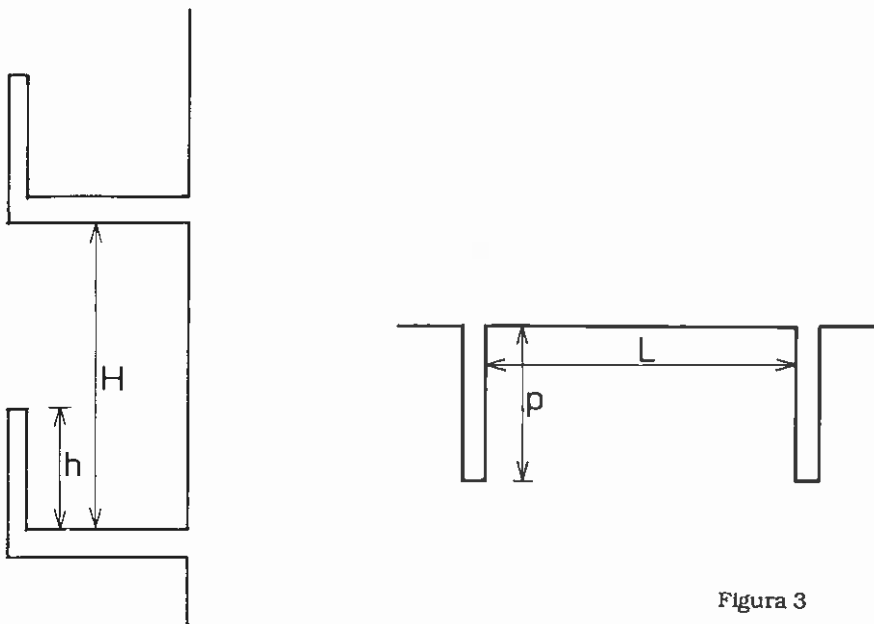


Figura 3

Caso se desconheçam as dimensões referidas, pode-se tomar para f_1 os seguintes valores médios:

Varandas:	0.55
Pára-sol:	0.35

f_2 - Este factor corresponde aos edificios e saliências vizinhas.

O valor de f_2 necessita de um cálculo complexo. No entanto para paredes verticais em que o contorno do obstáculo é horizontal e paralelo à parede, a tabela seguinte indica valores de

f_2 como função do ângulo sob o qual é visto esse obstáculo num plano perpendicular à parede.

Ângulo Φ	f_2
$< 7^\circ$	1.0
$7^\circ \leq \Phi \leq 14^\circ$	0.9
$15^\circ \leq \Phi \leq 18^\circ$	0.8
$19^\circ \leq \Phi \leq 23^\circ$	0.7
$24^\circ \leq \Phi \leq 27^\circ$	0.6
$28^\circ \leq \Phi \leq 32^\circ$	0.5
$33^\circ \leq \Phi \leq 38^\circ$	0.4
$39^\circ \leq \Phi \leq 44^\circ$	0.3
$45^\circ \leq \Phi \leq 52^\circ$	0.2
$53^\circ \leq \Phi \leq 65^\circ$	0.1
$\Phi \geq 65^\circ$	0.0

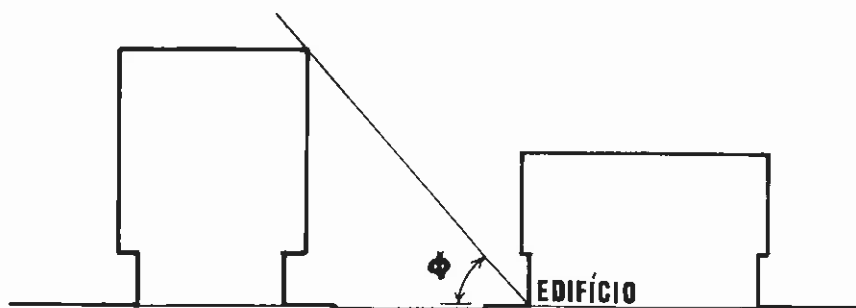


Figura 4

5.2.3. C1 - Coeficiente de Orientação

Trata-se da quantidade entre a energia solar recebida anualmente na parede considerada, em relação à que é recebida por uma parede vertical orientada a sul.

A tabela seguinte [4] fornece o valor de C1 como função da inclinação e orientação da parede.

Inclinação	ORIENTAÇÃO								
		SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE	N
	S	e	e	e	e	e	e	e	N
	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO		
mais de 82° (vertical)	1.00	0.93	0.84	0.71	0.54	0.39	0.29	0.23	0.22
de 68 a 82°	1.13	1.06	0.96	0.82	0.61	0.44	0.33	0.24	0.22
de 68 a 82°	1.19	1.12	1.04	0.89	0.67	0.49	0.36	0.27	0.23
de 68 a 82°	1.19	1.13	1.04	0.91	0.72	0.53	0.42	0.33	0.28
de 68 a 82°	1.13	1.07	1.10	0.90	0.76	0.61	0.52	0.45	0.40
de 68 a 82°	0.99	0.96	0.93	0.86	0.79	0.71	0.65	0.60	0.57
menos de 6° (horizontal)	0.81								

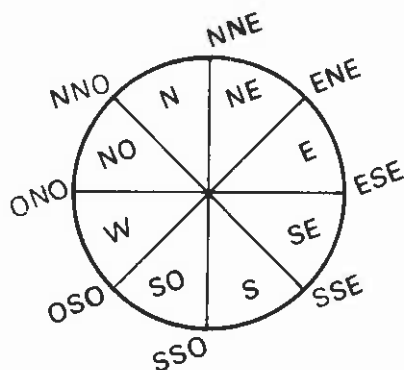


Figura 5

5.3. Cálculo da Superfície Transparente Equivalente Sul das Paredes Opacas

Nas paredes opacas, além de se ponderar a área com o factor de insolação f de exposição $C1$ já referidos, fazem-se ainda intervir a absorção média da parede, o coeficiente de transmissão superficial e a resistência superficial exterior.

$$\text{Assim} \quad S_p = 0,3 \cdot A_p \cdot K \cdot \frac{1}{h_e} \cdot f \cdot C1 \quad (24)$$

Os ganhos solares através de paredes opacas são muito pequenos, podendo em muitos dos casos ser desprezados. No entanto a sua quantificação poderá ser feita da seguinte forma para paredes de cor escura e com um grau de exposição elevado ($f \geq 0.7$):

$Sp = 0,003 \cdot V$ - Habitação individual independente.

$Sp = 0,002 \cdot V$ - Habitação individual geminada.

$Sp = 0,002 \cdot V$ - Habitação colectiva último piso.

$Sp = 0,001 \cdot V$ - Habitação colectiva piso intermédio.

V (m³) - volume habitável do edifício.

BIBLIOGRAFIA

- (1) - Jacques Anquez, Maurice Croisset et Jacques Le Quère, Calcul simplifié des économies de chauffage apportées par l'énergie solaire, CSTB, Paris, cahier 1704, Mai 1981
- (2) - Jacques Anquez, Maurice Croisset et Jacques Le Quère, L'incidence des caractéristiques solaires d'un logement sur ses besoins de chauffage, GSTB, Paris, cahier 1596, Octobre 1979.
- (3) - Eng. Vitor Abrantes, Apreciação da qualidade térmica de projectos de habitação, boletim n.º 7 do gabinete de construções civis, FEUP, Porto, Novembro de 1977.
- (4) - Eng. Vasco Manuel A. P. Freitas, Quantificação do coeficiente volumétrico das necessidades de aquecimento - B - em função das características da envolvente, Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica, aula teórico-prática, FEUP, Porto 1985.
- (5) - CSOPT e CEGENE, Regras de qualidade térmica de edifícios, Porto, Junho 1985.
- (6) - Norma básica de la edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en los edificios, Madrid, Julio 1979.
- (7) - Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction. Règle th-k77, CSTB DTU, Paris, Mai 1982.
- (8) - Martin Mc Phillips, Vivendas com energia solar passiva, Ediciones G. Gill, SA de CV, Mexico D. F. 1985.
- (9) - Thierry Cabirol, Albert Pelisson, Daniel Roux, O aquecedor solar de água, Edições CETOP, 1980.
- (10) - Emílio Cometta, Energia solar - utilização e empregos práticos, Hemus Livraria Editora Limitada, 1977.
- (11) - Josep M. Milian i Rovira, Manuel de Calefacción, Editorial da Gaya Ciência, SA, 1981.
- (12) - Ennio Cruz da Costa, Física aplicada à construção - conforto térmico, Editora Bluchen LDA, 1974.
- (13) - Francisco Moita, Energia solar passiva 1, DGE, INCM, 1987.
- (14) - Eng. Vitor Abrantes, Dados climáticos de base para a Guarda, Projecto Merec-Guarda, Janeiro 1985.
- (15) - Maurice Croisset, Humedad y temperatura en los edificios, condensaciones y confort térmico de verano y de invierno, Editores Técnicos Asociados SA, Barcelona 1970.