



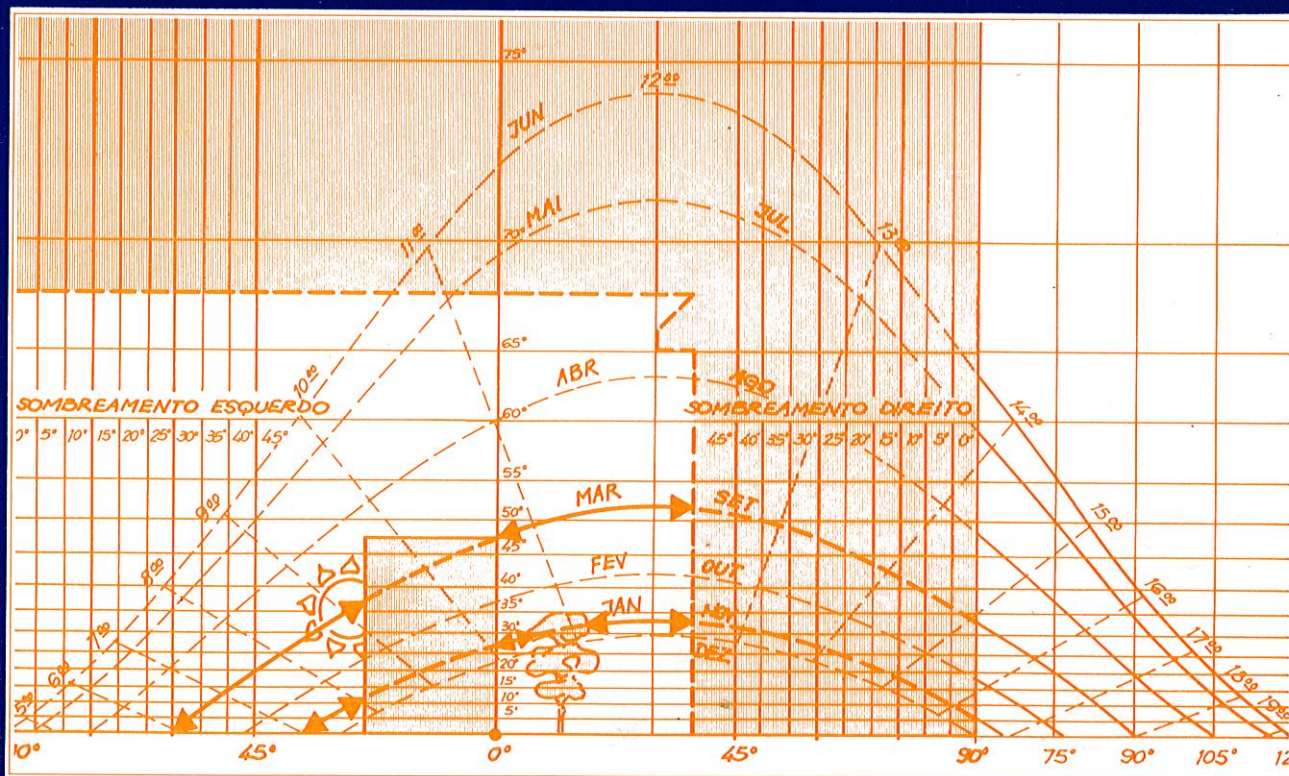
# DIRECÇÃO-GERAL DE ENERGIA



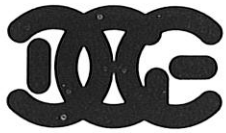
## ENERGIA SOLAR PASSIVA 2

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO DO CONTRIBUTO DE ENERGIA SOLAR  
PASSIVA PARA AQUECIMENTO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO PERMANENTE

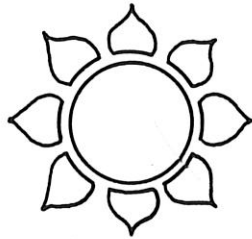
Instrumento de trabalho para arquitectos e engenheiros



FRANCISCO MOITA  
ARQUITECTO



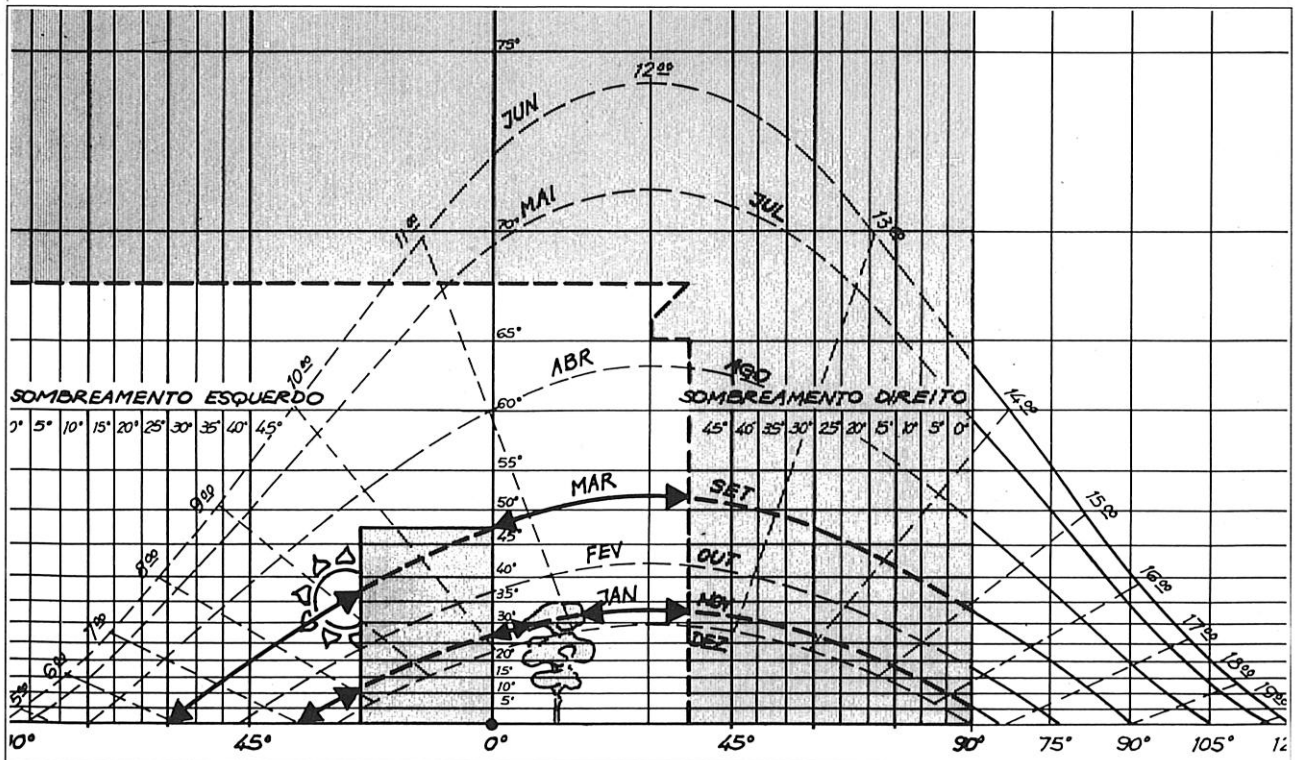
# DIRECÇÃO-GERAL DE ENERGIA



## ENERGIA SOLAR PASSIVA **2**

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO DO CONTRIBUTO DE ENERGIA SOLAR PASSIVA PARA AQUECIMENTO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO PERMANENTE

Instrumento de trabalho para arquitectos e engenheiros



FRANCISCO MOITA  
ARQUITECTO



ÍNDICE

INTRODUÇÃO .....	5
I — APRESENTAÇÃO DO MÉTODO:	
0.0 — Generalidades .....	9
1.0 — Coeficiente global de perdas .....	13
2.0 — Estimativa do perfil das necessidades térmicas .....	17
3.0 — Estimativa do perfil do contributo térmico solar e do aqueci- mento suplementar necessário .....	19
4.0 — Massa de acumulação térmica .....	27
II — EXEMPLOS:	
1 — Escola rural .....	35
2 — Casa rural (recuperação) .....	47
3 — Habitação social .....	63
III — APÊNDICE A:	
1.1 — Factor tampão .....	77
2.1 — Contributos térmicos internos .....	83
3.1 — Correção do factor de conversão solar .....	87
4.1 — Quantificação da massa térmica primária e secundária .....	103
IV — APÊNDICE B:	
1 — Dados físicos .....	109
2 — Dados climáticos .....	119
BIBLIOGRAFIA .....	151



## INTRODUÇÃO

O presente método para o cálculo do contributo de energia solar passiva no aquecimento de edifícios baseia-se, nas suas linhas fundamentais, no conhecido método de quantificação de energia solar passiva desenvolvido no Los Alamos Scientific Laboratory, em Santa Fé, Novo México (EUA), em 1980, sob a direcção de J. Douglas Balcomb.

Simulações em computador feitas numa base de hora a hora analisam um sem-número de resultados referentes a balanços térmicos de vários sistemas solares passivos sujeitos a diversas variáveis, específicas de diferentes localidades e sistemas construtivos (radiação solar captada, coeficiente de perdas térmicas, áreas de captação, graus-dia de aquecimento, etc.), cuja correlação é traduzida pela equação da relação carga solar.

Baseados neste estudo, diversos países europeus interessados em controlar cada vez mais os balanços térmicos nos edifícios de habitação, independentemente da existência de normas de aplicação obrigatória, adoptaram, entretanto, através dos seus organismos oficiais, a recomendação de métodos de cálculo mais ou menos simplificados e com pequenas variantes entre si, que constituem uma efectiva ajuda ao projectista de sistemas solares passivos.

Uma primeira adaptação deste estudo às condições climáticas portuguesas foi, aliás, já realizada no nosso país, com a colaboração do próprio autor<sup>1</sup>.

Também a Comunidade Económica Europeia, à qual Portugal aderiu recentemente, nos seus vários concursos de arquitectura solar passiva, participados, aliás, por vasto número de arquitectos dos países membros, recomenda um método simplificado de cálculo, sujeito, evidentemente, a adaptações de região para região.

---

<sup>1</sup> Fonte 5.

6	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
—		

- 6 Em Portugal, talvez o único país da Europa onde não vigoram normas obrigatórias de conforto térmico e a grande maioria dos edifícios é projectada completamente à margem das mais elementares regras de qualidade térmica, urge, por motivos óbvios, alterar a situação, desenvolvendo o estudo desses métodos e promovendo a sua aplicação.
- 7 Apresentados no volume 1 os princípios básicos dos processos térmicos no edifício, as técnicas de aproveitamento solar passivo mais relevantes e as regras de construção a aplicar nos edifícios com vista à sua optimização térmica, importa agora descrever um método simplificado de quantificação para sistemas solares passivos, a que o leitor, mesmo sem conhecimentos muito aprofundados, possa recorrer num acto de consulta prática e expedita.
- 8 Longe de querer garantir resultados absolutamente rigorosos, mas permitindo, contudo, valores suficientemente precisos, este método apresenta, antes de mais, as seguintes grandes vantagens:
- 9 — Permite ao projectista compreender o comportamento técnico-térmico do edifício e controlar os factores que o influenciam, nomeadamente modificar um vão envidraçado a sul, redimensionar o isolamento de um paramento exterior ou alterar a massa de acumulação térmica de um pavimento, tornando-se desta forma numa verdadeira ferramenta de trabalho para a execução do projecto;
- 10 — Ajuda a evidenciar junto do leigo ou do céptico como o contributo solar passivo é uma realidade quantificável e conseqüentemente o seu valor está na directa dependência de uma arquitectura específica, a arquitectura solar, e assim, sem emoções, a ganhar adeptos para a sua causa.
- 11 Se virmos postas em prática estas intenções, teremos alcançado um dos principais objectivos deste trabalho.

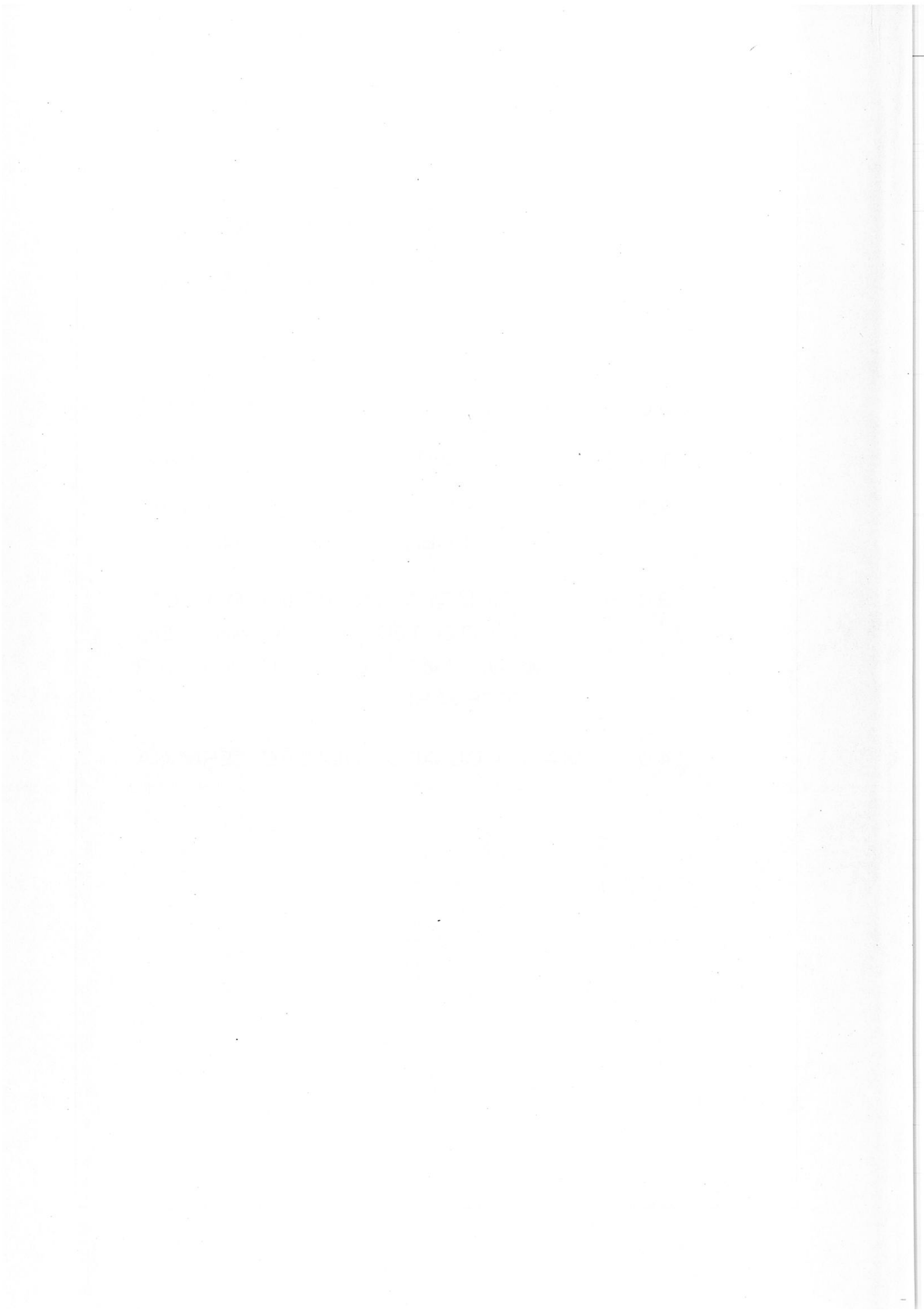
*Francisco Moita*

Lisboa, Maio de 1986

# APRESENTAÇÃO DO MÉTODO

- 0.0 ————— GENERALIDADES
- 1.0 ——— COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS
- 2.0 ————— ESTIMATIVA DO PERFIL DAS  
NECESSIDADES TÉRMICAS
- 3.0 ——— ESTIMATIVA DO PERFIL DO CON-  
TRIBUTO TÉRMICO SOLAR E DO  
AQUECIMENTO SUPLEMENTAR  
NECESSÁRIO
- 4.0 — MASSA DE ACUMULAÇÃO TÉRMICA





ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	GENERALIDADES	9
		0.0

## 0.0 — Generalidades

Este método simplificado de avaliação do contributo de energia solar passiva no comportamento térmico do edifício desenvolve-se pelo simples preenchimento de vários quadros em branco, que agrupam de forma sistemática os valores dos elementos intervenientes no processo. 12

Durante o preenchimento dos três primeiros quadros podemos considerar cinco etapas principais, cuja obtenção dos respectivos valores é determinante no processo de quantificação do contributo solar, a saber <sup>2</sup>: 13

- 1) Cálculo do coeficiente global de perdas térmicas (final do quadro 1.0); 14
- 2) Cálculo do perfil das necessidades térmicas (perdas térmicas mensais menos contributos térmicos internos — final do quadro 2.0);
- 3) Cálculo dos ganhos solares mensais (quadro 3.0);
- 4) Cálculo da relação carga solar (quadro 3.0);
- 5) Leitura do contributo solar de aquecimento (consulta das tabelas 3 a 6) e determinação do aquecimento suplementar necessário (final do quadro 3.0).

Com o preenchimento do último quadro (4.0), que quantifica a massa de acumulação térmica primária e secundária, teremos em vista dois objectivos principais, para melhor aferimento do projecto: 15

- 1) Cálculo da massa de acumulação térmica mínima necessária; 16
- 2) Cálculo da variação da temperatura no interior do edifício num dia de Inverno de céu limpo.

<sup>2</sup> São apresentados ainda no apêndice A mais dois quadros e processos de cálculo de outros elementos que, não sendo de cumprimento obrigatório, são fundamentais para aprofundamento da matéria e obtenção de resultados menos aleatórios em situações solares pouco ortodoxas.

10	<b>GENERALIDADES</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
0.0		

- 17 A validade do presente método assenta ainda na confirmação dos seguintes pressupostos que lhe são inerentes, sem a verificação dos quais o processo de cálculo, tornando-se bastante mais complexo, garante resultados menos precisos:
- 18 1) Os vãos de ganhos solares (ganhos directos e indirectos):
- Têm uma perfeita orientação a sul, sendo, no entanto, admitidos pequenos desvios até 15° para este ou para oeste;
  - Não estão sombreados por nenhum objecto (vegetação, outros edifícios, sombreadores, etc.) durante os meses de aquecimento;
  - São de vidro simples e estão ordenados verticalmente, possuindo uma transmissão solar de pelo menos 0,85;
- 19 2) O edifício deve dispor de suficiente massa de acumulação térmica (segundo os casos, de 400 kg a 700 kg de tijolo ou betão, ou 150 l de água por metro quadrado de captação solar) eficazmente distribuída<sup>3</sup>;
- 20 3) Verificando-se o ponto anterior, só são considerados meses de aquecimento os que tiverem mais de 50°-dia de aquecimento, excluindo-se assim os meses da estação quente.
- 21 Antes de começar o programa de cálculo propriamente dito convém preencher uma ficha identificadora do projecto, contendo os dados mais relevantes e informativos, elaborada segundo o critério e a fantasia de cada um. No quadro 0.0 apresentamos um exemplo.

<sup>3</sup> Para tipos de construção muito maciça usados em alguns edifícios tradicionais a aplicação deste método pode conduzir a resultados finais distantes da realidade.

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	GENERALIDADES	11
		0.0

<b>QUADRO 0.0 GENERALIDADES</b>	PROJ. Nº
---------------------------------	----------

<b>1 IDENTIDADE</b>
---------------------

1 tipologia do edifício \_\_\_\_\_

2 edifício            novo   
           recuperado

3 ano da construção  | 5 área  (2)

4 nº de habitantes  (1) | 6 volume  (3)

<b>2 LOCALIZAÇÃO</b>
----------------------

1 morada \_\_\_\_\_

2 localidade

3 latitude  (4)

4 longitude

5 altitude  (5)

6 próxima localidade

<b>3 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL</b>
-----------------------------------

1 tipo de urbe \_\_\_\_\_

2 natureza da paisagem \_\_\_\_\_

3 direcção e inclinação do terreno \_\_\_\_\_

4 obs. \_\_\_\_\_

<b>4 CLIMA</b>
----------------

1 classificação \_\_\_\_\_

	inverno	verão
2 ventos dominantes (direcção)		
3 características do tempo (seco, chuva, etc.)		
4 humidade relativa (baixa, média, alta)		
5 precipitação (máxima e média)		

6 graus dias de aquecimento anual (base 18°C)  (6)



ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS	13
		1.0

## 1.0 — Coeficiente global de perdas

O primeiro passo do programa consiste em calcular no quadro 1.0 o coeficiente global de perdas ( $Q_g$ ) do edifício, que resulta da soma das perdas totais dos diversos elementos da envolvente por transmissão directa ( $Q_t$ ) e das perdas originadas pela ventilação ( $Q_v$ ), traduzido pela fórmula

$$Q_g = Q_t + Q_v \text{ (em W/K)}$$

Em primeiro lugar acham-se as áreas dos diversos elementos da envolvente (paredes, portas, janelas, etc.), que se multiplicam pelos respectivos valores  $k$ . Pela soma destas perdas parciais obtém-se o valor das perdas totais do edifício por transmissão directa através da envolvente <sup>4</sup>.

Deve atender-se ao facto de certos elementos, como os vãos envidraçados, disporem geralmente de isolamentos suplementares nocturnos (persianas, portadas, cortinas, etc.), que originam valores  $k$  diferentes para o período da noite. Assim, o quadro a preencher deve ser concebido de forma a conter os respectivos valores e suas médias, que são calculadas considerando o tempo médio dos períodos diurno e nocturno na estação fria, mais exactamente através da seguinte expressão:

$$K_{\text{médio}} = \frac{k_{\text{dia}} \times \text{número de horas dia} + k_{\text{noite}} \times \text{número de horas noite}}{24}$$

Também se consideram factores de redução das perdas térmicas quando os elementos limítrofes do edifício estão separados do exterior por zonas tampão. Nestes casos (por exemplo, um telhado com sótão ou pavimento sobre uma cave), em que as perdas são evidentemente mais reduzidas, evitando cálculos mais complicados, podem aplicar-se simplesmente os valores empíricos indicados no quadro 1.0 <sup>5</sup>.

<sup>4</sup> V. § 186, vol. 1.

<sup>5</sup> Para calcular mais rigorosamente o valor do factor tampão, v. apêndice A, n.º 1.1.

14	COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS	ENERGIA SOLAR
1.0		PASSIVA — 2

<b>QUADRO 1.0</b> COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS	PROJ. Nº
---	----------

**I. PERDAS POR TRANSMISSÃO**

ELEMENTOS DO EDIFÍCIO	LARG. (m)	ALT. (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VALOR k (W / m <sup>2</sup> K)	FACTOR DE REDUÇÃO	PERDAS TÉRMICAS (W / K)	
1 paredes							
janelas							
2 a sul				dia	média	—	7
				noite			
3 a norte, este, oeste				dia	média	—	
				noite			
4 portas					—		
coberturas							
5 telhado					0.8		
6 terraço					—		
pavimentos							
7 sobre o solo					0.7		
8 sobre a cave					0.6		
9 paredes da cave					0.7		
10 pavimento da cave					0.7		
11 parede de trombe					—		8
12							

	9
--	---

**II. PERDAS POR VENTILAÇÃO**

VOLUME (m <sup>3</sup> )	x	CALOR ESPECÍFICO DO AR (Wh / m <sup>3</sup> K)	x	TAXA DE RENOV. DE AR = ( / h)	
		0.34			10

**III. COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS**

(9) + (10) =  (11)

(11) x  $\frac{24 \text{ (horas)}}{1000}$  =  (12)  
(kWh / K-dia)

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS	15
		1.0

Uma percentagem muito considerável das perdas térmicas num edifício produz-se por meio das infiltrações de ar através das juntas de portas, das janelas e até de outros elementos construtivos, mesmo em edifícios relativamente bem calafetados <sup>6</sup>. 26

Por razões de ordem higiénica e fisiológica não devem ser toleradas taxas de renovação de ar inferiores a 0,5 vezes o volume total interior da habitação. Sendo contudo difícil a quantificação rigorosa dos caudais de renovação de ar (ventilação e infiltrações), podemos considerar como típicos os seguintes valores: 27

Tipo de edifício	Taxa de renovação de ar (por hora)
Cuidadosamente calafetado .....	0,5/0,75
Bem calafetado .....	0,75/1
Não calafetado .....	1/1,5 *
Degradado, sem calafetação .....	1,5/2 *

\* Situações mais correntes no nosso país. 28

O produto do volume interno da habitação pelo calor específico do ar e pela taxa de renovação dá-nos o valor das perdas térmicas por ventilação (resultado 10), cuja soma com o das perdas térmicas por transmissão directa (resultado 9) traduz o valor das perdas térmicas totais (resultado 11). 29

Multiplicando este valor pelo factor 24/100 obtém-se o resultado final de perdas térmicas globais em kilowatts-hora por grau-dia de aquecimento (kWh/K.dia) (resultado 12). 30

<sup>6</sup> V. §§ 125 e 126, vol. 1.





ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	ESTIMATIVA DO PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS	17
		2.0

## 2.0 — Estimativa do perfil das necessidades térmicas

Baseado no resultado final do quadro 1.0, o quadro 2.0 avalia um perfil das necessidades térmicas para cada mês do ano, sem considerar ainda os possíveis contributos solares passivos. 31

Em primeiro lugar acha-se o número de graus-dia de aquecimento para cada mês (coluna 17), resultante do produto do número de dias desse mês pela diferença entre a temperatura interior da habitação ( $18^{\circ}\text{C}$ ) e a temperatura exterior média mensal (coluna 15)<sup>7</sup>. 32

Evidentemente que os valores negativos resultantes de uma temperatura exterior média mensal superior à da atmosfera interior de aquecimento (coluna 13) não devem ser considerados, não entrando, portanto, no cômputo geral<sup>8</sup>. 33

Os valores das perdas térmicas mensais (coluna 18) são obtidos pelo produto do coeficiente global de perdas (resultado 12 do quadro 1.0) pelos graus-dia de aquecimento mensal, também calculados anteriormente. 34

As perdas térmicas mensais não representam já necessariamente o perfil das necessidades térmicas do edifício, dado que os contributos térmicos internos ainda não foram quantificados. 35

<sup>7</sup> V. apêndice B, n.º 2.

<sup>8</sup> Os valores positivos indicam os meses de aquecimento; os valores negativos indicam teoricamente os meses nos quais se deve recorrer ao sombreamento dos vãos envidraçados.

20	<b>ESTIMATIVA DO PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E DO AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
3.0		

**TABELA 1** FACTOR DE CONVERSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR DO PLANO HORIZONTAL PARA VERTICAL A SUL (P. VIDRO SIMPLES)

LAT. MESES	37°	38°	39°	40°	41°	42°
janeiro	1.371	1.414	1.456	1.500	1.541	1.583
fevereiro	1.092	1.126	1.163	1.198	1.231	1.271
março	0.740	0.771	0.801	0.831	0.856	0.887
abril	0.479	0.497	0.516	0.535	0.557	0.580
maio	0.346	0.357	0.366	0.381	0.395	0.411
junho	0.303	0.313	0.321	0.331	0.341	0.352
julho	0.318	0.329	0.340	0.349	0.358	0.370
agosto	0.403	0.418	0.433	0.450	0.467	0.484
setembro	0.607	0.628	0.654	0.679	0.705	0.728
outubro	0.924	0.945	0.989	1.024	1.058	1.093
novembro	1.259	1.299	1.371	1.380	1.420	1.460
dezembro	1.443	1.486	1.530	1.573	1.613	1.662

**TABELA 1A** FACTOR DE CONVERSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR DO PLANO HORIZONTAL PARA VERTICAL A SUL (P. VIDRO DUPLO)

LAT. MESES	37°	38°	39°	40°	41°	42°
janeiro	1.130	1.166	1.200	1.237	1.270	1.305
fevereiro	0.900	0.928	0.959	0.988	1.015	1.048
março	0.610	0.636	0.660	0.685	0.706	0.731
abril	0.395	0.410	0.425	0.441	0.459	0.478
maio	0.285	0.294	0.302	0.314	0.326	0.339
junho	0.250	0.258	0.265	0.273	0.281	0.290
julho	0.262	0.271	0.280	0.288	0.295	0.305
agosto	0.332	0.345	0.357	0.371	0.385	0.399
setembro	0.500	0.518	0.539	0.560	0.581	0.600
outubro	0.762	0.779	0.815	0.844	0.872	0.901
novembro	1.038	1.071	1.130	1.138	1.171	1.204
dezembro	1.190	1.225	1.261	1.297	1.330	1.370

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	ESTIMATIVA DO PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E DO AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO	21
		3.0

O valor da coluna seguinte (coluna 31) refere-se à totalidade da superfície dos vãos colectores solares existentes na fachada sul do edifício (incluindo paredes de Trombe ou estufas, quando estas comuniquem directamente com o interior).

42

**TABELA 2** COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DE MATERIAIS E TINTAS

1	MATERIAIS	COEF. ABS. (%)
	ASFALTO	0,93
	ARDÓSIA	0,89
	LINÓLEO CASTANHO AVERMELHADO	0,84
	BETÃO BRUTO	0,60
	TIJOLO REFRACTÁRIO	0,55
	ALUMÍNIO ANODIZADO	0,54
	COBRE POLIDO	0,40
	ALUMÍNIO POLIDO	0,20
	GESSO	0,07
2	TINTAS DE ÓLEO	
	PRETO	0,90
	VERMELHO	0,74
	CINZENTO CLARO	0,62
	AMARELO PALHA	0,45
	CRÉME	0,32
	ÓXIDO DE CHUMBO / ÓXIDO DE ZINCO	0,29
	BRANCO CHUMBO	0,25
3	TINTAS DE CELULOSE	
	PRETO	0,94
	AZUL ESCURO	0,91
	AZUL CÉU	0,88
	VERDE ESCURO	0,88
	AZUL TURQUESA	0,84
	CASTANHO	0,79
	VERDE	0,79
	VERMELHO ESCURO	0,57
	VERMELHO VIVO	0,44
	LARANJA	0,41
	AMARELO	0,33
	BRANCO	0,12

22	<b>ESTIMATIVA DO PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E DO AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
3.0		

43 Do quociente dos valores agora obtidos (coluna 32) pelos valores do perfil mensal de necessidades térmicas calculados no final do quadro 2.0 (coluna 21) resultam os valores da relação carga solar (RCS) (coluna 33) <sup>14</sup>.

<b>QUADRO 3.0 PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO</b>								PROJ. Nº	
$\textcircled{23} \times \textcircled{29} \times \textcircled{30} \times \textcircled{31} = \textcircled{32} \quad \textcircled{33} \quad \textcircled{34} \quad \textcircled{35}$									
MESES	RADIAÇÃO GLOBAL EM PLANO HORIZONTAL (Kwh/m <sup>2</sup> )	FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR	FACTOR DE ABSORÇÃO (0.90; 0.95)	SUPERFÍCIE COLECTORA (m <sup>2</sup> )	RADIAÇÃO SOLAR ABSORVIDA (KWh)	RELAÇÃO CARGA SOLAR (RCS)	CONTRIB. SOLAR DE AQUECIM. (CSA) %	AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO (ASN) (KWh)	
janeiro									
fevereiro									
março									
abril									
maio									
junho									
julho									
agosto									
setembro									
outubro									
novembro									
dezembro									
ANO									(36)
									(37)
$\textcircled{33} = \textcircled{32} \div \textcircled{21}$					$\textcircled{37} = 1 - \frac{\textcircled{36}}{\textcircled{22}}$				
$\textcircled{34} = \textcircled{33} \rightarrow (\text{TABELAS 3.1.6})$									
$\textcircled{35} = (1 - \textcircled{34}) \times \textcircled{21}$									

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	ESTIMATIVA DO PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E DO AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO	23
		3.0

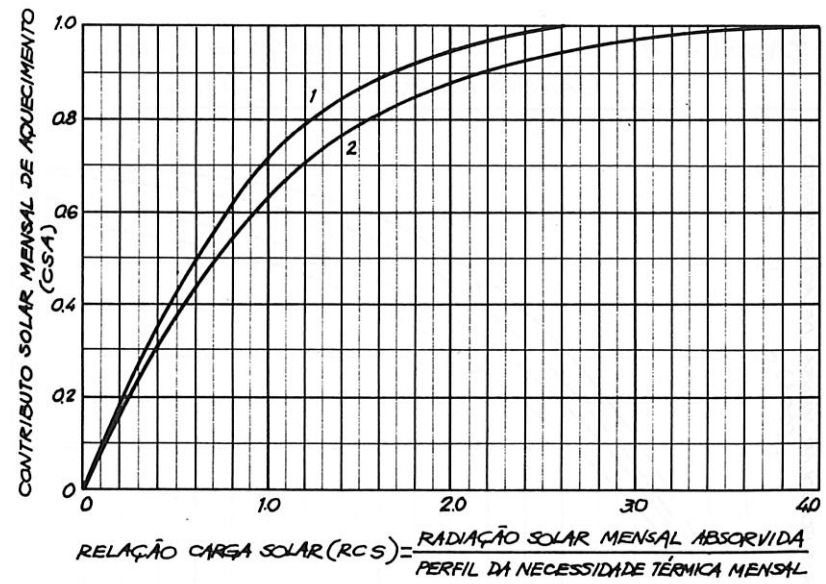
O valor da radiação solar absorvida no interior do edifício (coluna 32) é obtido pelo produto das quatro primeiras colunas deste quadro (colunas 23, 29, 30 e 31).

44

Com base no valor da relação carga solar, e recorrendo às tabelas 3, 4, 5 e 6, podemos agora estabelecer (leitura no eixo das ordenadas) o valor, em percentagem, do contributo solar de aquecimento (CSA) (coluna 34).

45

**TABELA 3** *CONTRIBUTO SOLAR MENSAL DE AQUECIMENTO  
GANHO DIRECTO (JANELAS)*



<p><b>PRESSUPOSTOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VIDRO SIMPL. VERTICAL A SUL</li> <li>- ISOLAMENTO NOCTURNO (0.63 W/m<sup>2</sup>K)</li> </ul>	<p><b>CURVA 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- COM ISOLAMENTO NOCTURNO DO VIDRO (0.63 W/m<sup>2</sup>K)</li> </ul> <p><b>CURVA 2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SEM ISOLAMENTO NOCTURNO (3.0 W/m<sup>2</sup>K)</li> </ul> <p>OUTROS VALORES <i>k</i> PODEM SER INTERPOLADOS</p>
--	---

<sup>14</sup> O valor da relação carga solar, sendo definido pela razão de duas variáveis (radiação solar absorvida e perfil das necessidades térmicas), é sempre um valor relativo, não contendo, por isso, uma dimensão absoluta.

24	<b>ESTIMATIVA DO PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E DO AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
3.0		

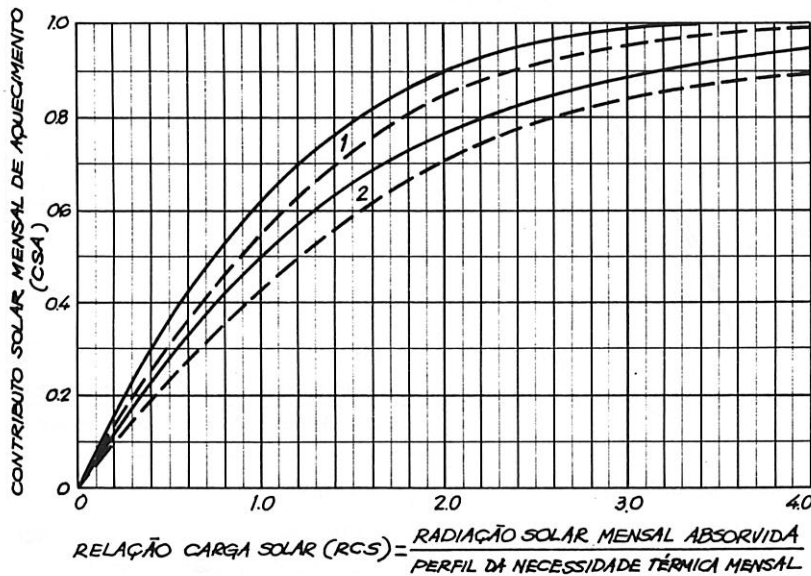
46 Na presença de sistemas solares passivos combinados (por exemplo, ganhos directos + ganhos indirectos), o contributo solar de aquecimento (CSA) correspondente à percentagem de radiação absorvida por cada sistema deve calcular-se através da média proporcional dos valores consultados nas respectivas tabelas.

Exemplo:

47 Área de ganho directo — 70 %;  
Área de ganho indirecto — 30 %.

$$CSA = \frac{70 \times \text{valor da tabela 3} + 30 \times \text{valor da tabela 4}}{100}$$

**TABELA 4** CONTRIBUTO SOLAR MENSAL DE AQUECIMENTO  
GANHO INDIRECTO (PAREDE MACIÇA)



<p><b>PRESSUPOSTOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VIDRO VERTICAL A SUL</li> <li>- MASSA TÉRMICA SUFICIENTE</li> <li>- PAREDE (30CM DE BETÃO):</li> <li>    — COM VENTILAÇÃO</li> <li>    - - - SEM VENTILAÇÃO</li> <li>- ISOLAMENTO NOCTURNO (0.63 W/m<sup>2</sup>K)</li> </ul>	<p><b>CURVA 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- COM ISOLAMENTO NOCTURNO DO VIDRO (0.63 W/m<sup>2</sup>K)</li> </ul> <p><b>CURVA 2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SEM ISOLAMENTO NOCTURNO (3.0 W/m<sup>2</sup>K)</li> </ul> <p>OUTROS VALORES <i>k</i> PODEM SER INTERPOLADOS</p>
--	---

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	ESTIMATIVA DO PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E DO AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO	25
		3.0

Na última coluna chegamos finalmente ao apuramento do aquecimento suplementar necessário (coluna 35), por aplicação da seguinte igualdade:

48

$$ASN = (1 - CSA) \times PNT$$

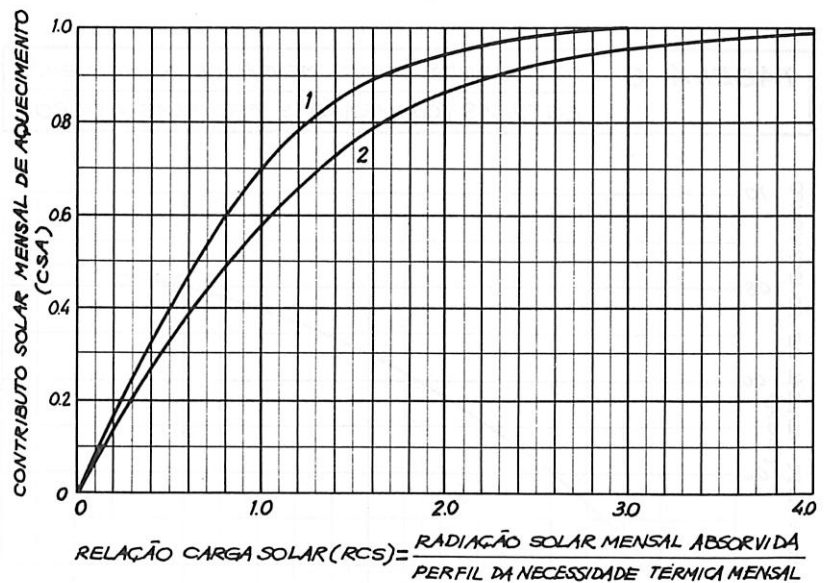
em que:

ASN = aquecimento suplementar necessário (coluna 35);

CSA = contributo solar de aquecimento (coluna 34);

PNT = perfil de necessidades térmicas (coluna 21);

**TABELA 5** *CONTRIBUTO SOLAR MENSAL DE AQUECIMENTO GANHO INDIRECTO ( PAREDE DE ÁGUA )*



**PRESSUPOSTOS :**

- VIDRO VERTICAL A SUL
- MASSA TÉRMICA SUFICIENTE
- ISOLAMENTO NOCTURNO (0.63 W/m<sup>2</sup>K)

**CURVA 1 :**

- COM ISOLAMENTO NOCTURNO DO VIDRO (0.63 W/m<sup>2</sup>K)

**CURVA 2 :**

- SEM ISOLAMENTO NOCTURNO (3.0 W/m<sup>2</sup>K)

OUTROS VALORES *k* PODEM SER INTERPOLADOS

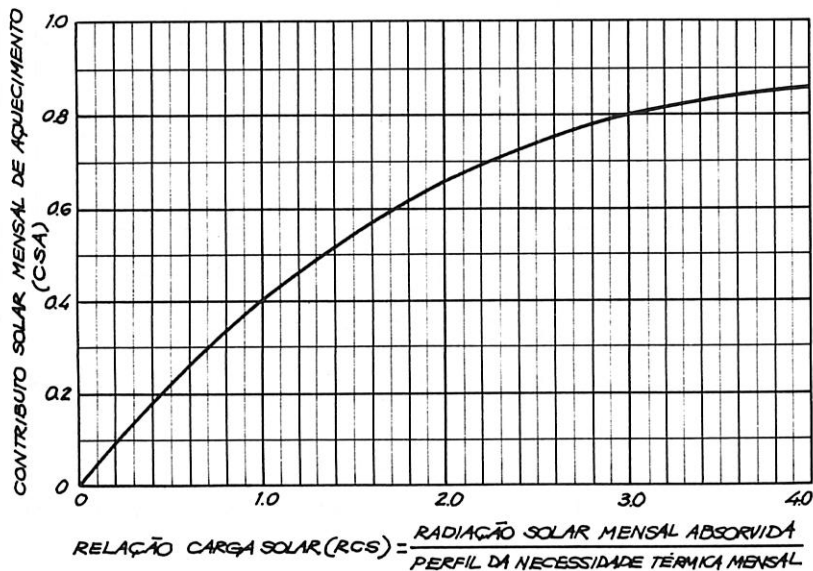


26	<b>ESTIMATIVA DO PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E DO AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
3.0		

49 A aplicação de todo este método de cálculo permite determinar, respeitando as normas mínimas de conforto térmico, um resultado suficientemente preciso, não só sobre a energia necessária para o aquecimento suplementar, como também, uma vez determinada a sua fonte energética, sobre o valor dos respectivos custos.

50 O projecto de uma casa solar elaborado desta forma, para além de permitir uma mais aprofundada compreensão de todos os elementos intervenientes no processo térmico, fornece ainda uma visão crítica sobre a justificação de eventuais aumentos de custos de construção que tenham por finalidade decréscimos nos custos de energia de aquecimento suplementar.

**TABELA 6** *CONTRIBUTO SOLAR MENSAL DE AQUECIMENTO  
ESTUFAS (OU VARANDAS FECHADAS A VIDRO)*



**PRESSUPOSTOS:**

- ESTUFA SITUADA NA FACHADA SUL DO EDIFÍCIO COM VIDRO VERTICAL

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	MASSA DE ACUMULAÇÃO TÉRMICA	27
		4.0

#### 4.0 — Massa de acumulação térmica

Os compartimentos sujeitos a ganhos directos devem possuir, através de uma construção pesada da sua envolvente, uma suficiente capacidade de armazenamento térmico, a fim de se evitarem exageradas amplitudes térmicas interiores diurnas <sup>15</sup>. 51

Sistemas construtivos leves (paredes de tijolo perfurado, soalho sobre caixa de ar, tectos de madeira, etc.) originam, pela falta de massa de acumulação térmica, desconfortáveis períodos de sobreaquecimento, que só podem ser ultrapassados mediante ventilação forçada, com as consequentes perdas térmicas do edifício. 52

A estimativa da massa de acumulação térmica de um projecto solar passivo impõe-se, pois, como corolário, a fim de se assegurar a coerência e funcionamento do sistema. 53

O quadro 4.0 pretende quantificar a capacidade de armazenamento térmico dos compartimentos com ganho directo (massa térmica primária), dos com ganho indirecto (massa térmica secundária) e daqueles que, apesar de interiores, comuniquem imediatamente com os de ganho directo (massa térmica secundária) <sup>16</sup>. 54

Como forma prática podemos adoptar a seguinte regra empírica para o cálculo da capacidade mínima de armazenamento térmico para a massa primária exigida num projecto: 55

Multiplica-se o valor absoluto do contributo solar de aquecimento anual (quadro 3, resultado 37) pela área de vãos de ganhos solares (projectão vertical) e pela constante de 4,0 Wh/K. Este valor deve ser inferior ao resultado 47 do quadro 4.0 <sup>17</sup>. 56

<sup>15</sup> V. §§ 129 e 130, vol. 1.

<sup>16</sup> V. apêndice A, n.º 4.1.

<sup>17</sup> 4,0 Wh/K é o equivalente à acumulação térmica de 3 l de água ou 15 kg de parede maciça, o valor tido teoricamente como necessário por cada metro quadrado de vão envidraçado e por cada 1% de contributo térmico solar de aquecimento (fonte 15).

QUADRO 4.0 MASSA DE ACUMULAÇÃO TÉRMICA PROJ. Nº

$$\textcircled{38} \times \textcircled{39} \times \textcircled{40} \times \textcircled{41} = \textcircled{42} \times \textcircled{43} = \textcircled{44} \quad \textcircled{45}$$

POSICÃO	ELEMENTO CONSTRUTIVO DE ACUMULAÇÃO	MATERIAL	DENSIDADE (kg/m³)	ESPESURA (m)	ÁREA (m²)	FRAÇÃO DA SUPERFÍCIE INSOLADA	MASSA INSOLADA (kg)	CALOR ESPECÍFICO (Wh/kgK)	CAPACIDADE TÉRMICA PRIMÁRIA (Wh/K)	CAPACIDADE TÉRMICA SECUNDÁRIA (Wh/K)
1										
2										
3										
4										
5										
6										

$$\textcircled{45} = \textcircled{38} \times \textcircled{39} \times \textcircled{40} \times (1 - \textcircled{41}) \times \textcircled{43} \times 0.5$$

		→ $\textcircled{46}$
		+ $\textcircled{47}$
		= $\textcircled{48}$

QUADRO 4.0 (CONTINUAÇÃO)


$$④⑤ = ③⑧ \times ③⑨ \times ④⑩ \times (1 - ④①) \times ④③ \times 0.5$$

		→	④⑥
			+ ④⑦
			→
			= ④⑧

30	<b>MASSA DE ACUMULAÇÃO TÉRMICA</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
4.0		

57 Para se determinar a variação de temperatura no interior de um edifício num dia de Inverno de céu limpo podemos aplicar a seguinte regra:

58 Multiplica-se o valor máximo da radiação solar em plano vertical nesse dia ( $\text{Wh/m}^2$ ) pela soma da área dos vãos de ganhos directos e um terço da área envidraçada de paredes de *Trombe* ventiladas. Do quociente do valor obtido pelo valor final do quadro 4 (capacidade de armazenamento térmico total, resultado 48) resulta o valor da amplitude térmica no interior do edifício. Para resultados superiores a  $6^\circ \text{C}$  deve aumentar-se a massa de acumulação térmica ou reduzir-se a área de vãos de ganho directo <sup>18</sup> e <sup>19</sup>.

<sup>18</sup> Fonte 5.

<sup>19</sup> O valor máximo da radiação solar em questão deve reportar-se teoricamente ao dia 21 de Dezembro (solstício de Inverno). Para o Sul de Portugal (latitudes  $37^\circ$ ,  $38^\circ$  e  $39^\circ \text{N.}$ ), o valor máximo da radiação solar em plano horizontal é de 2840 e em plano vertical é de 3910; para o Norte do País, (latitudes  $40^\circ$ ,  $41^\circ$  e  $42^\circ \text{N.}$ ), estes valores são 2420 em plano horizontal e 3620 em plano vertical (fonte 14).

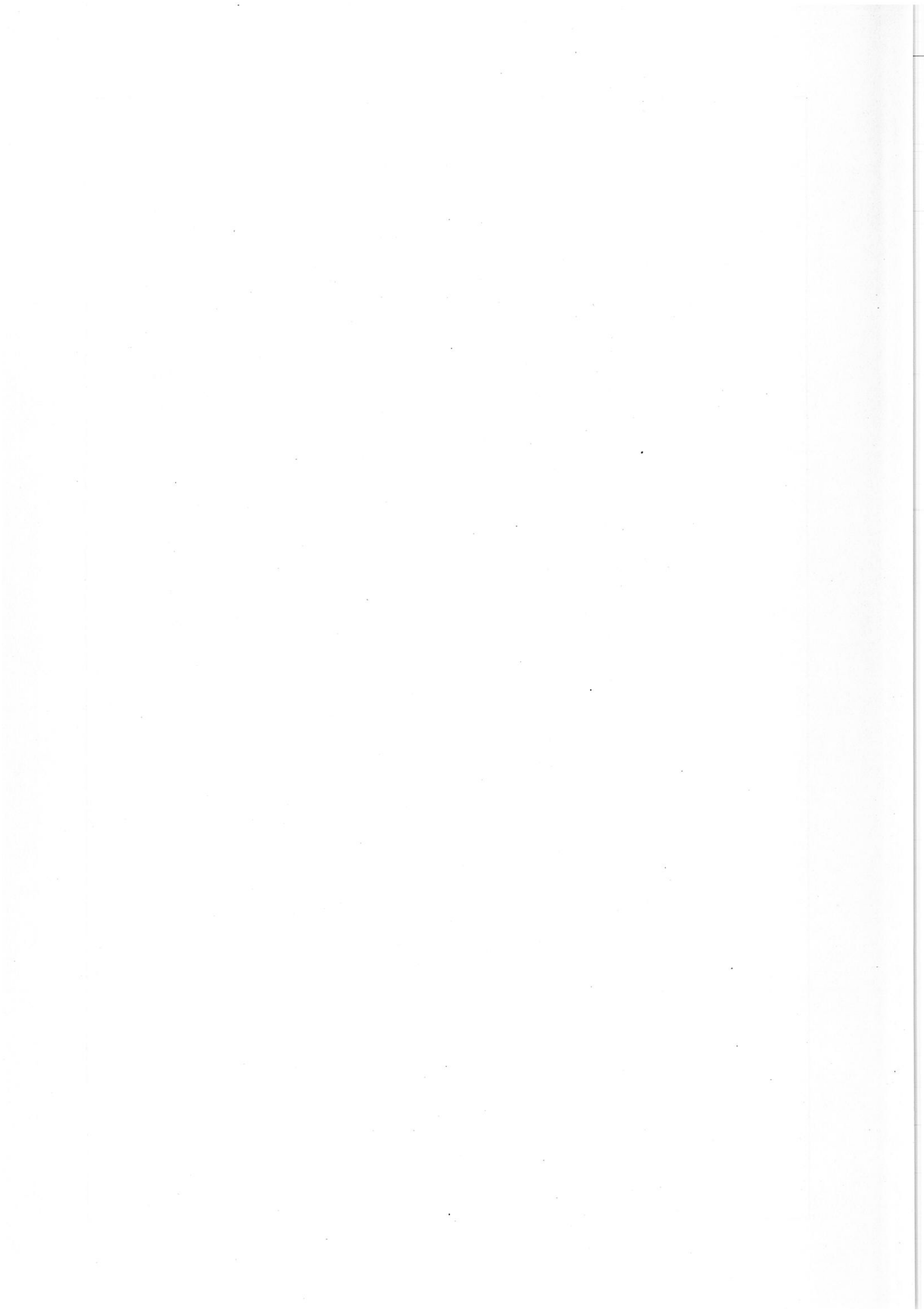
## EXEMPLOS

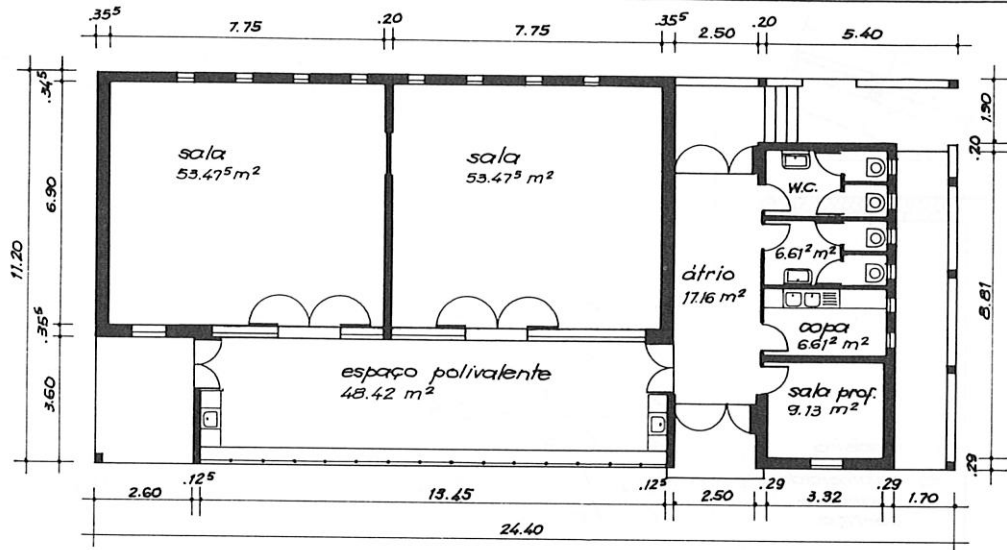
- 1 — ESCOLA RURAL
- 2 — CASA RURAL  
(RECUPERAÇÃO)
- 3 — HABITAÇÃO SOCIAL



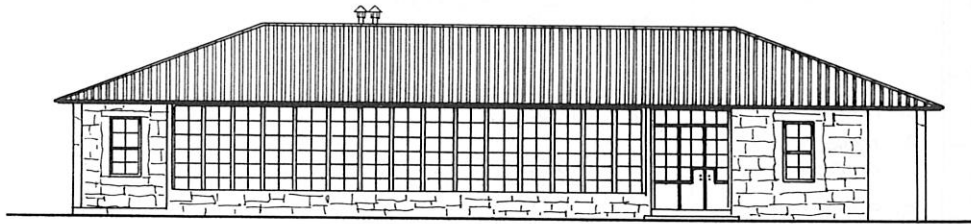
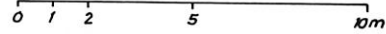
1 ————— ESCOLA RURAL



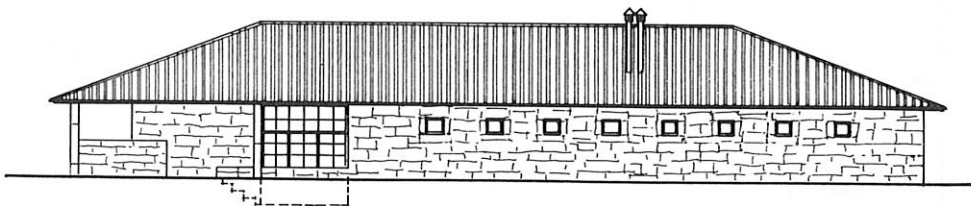




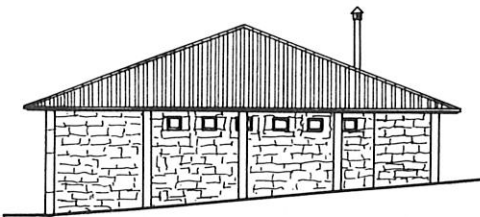
PLANTA



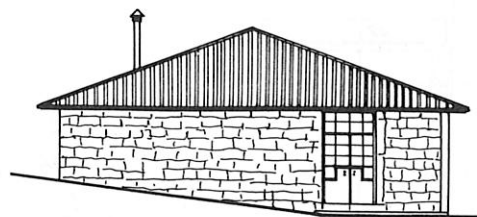
ALÇADO SUL



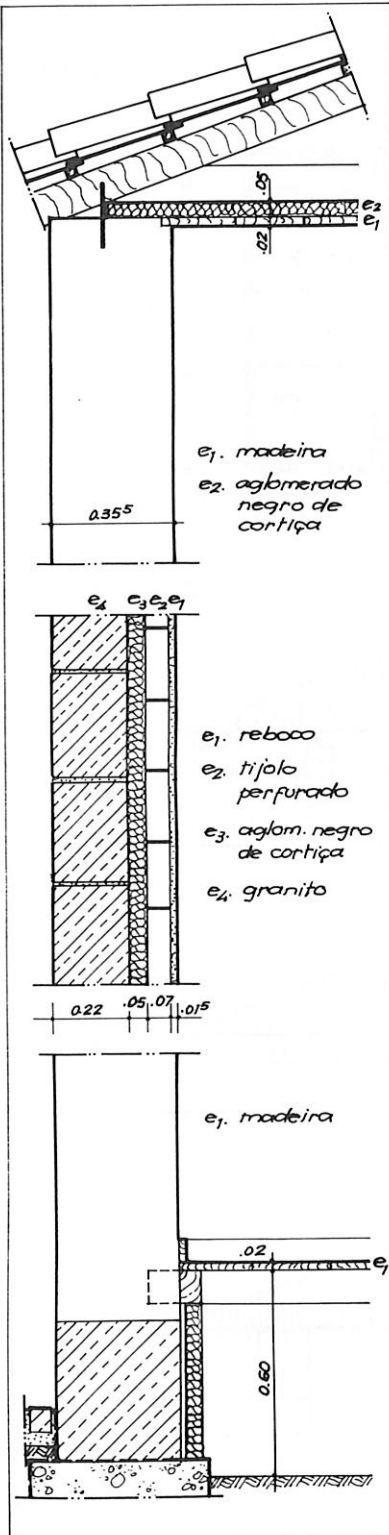
ALÇADO NORTE



ALÇADO NASCENTE



ALÇADO POENTE



$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.02}{0.17} = 0.12$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.05}{0.06} = 0.83$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.14$$

$$\frac{1}{k} = 0.12 + 0.83 + 0.14 = 1.09$$

$$k_{(\text{tecto})} = \underline{0.92} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.015}{0.45} = 0.033$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.07}{0.55} = 0.12$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.05}{0.06} = 0.83$$

$$\frac{e_4}{\lambda_4} = \frac{0.22}{3.50} = 0.06$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.17$$

$$\frac{1}{k} = 0.033 + 0.12 + 0.83 + 0.06 + 0.17 = 1.21$$

$$k_{(\text{paredes})} = \underline{0.82} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.02}{0.14} = 0.14$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.22$$

$$\frac{1}{k} = 0.14 + 0.35 = 0.49$$

$$k_{(\text{pavimento})} = \underline{2.04} \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.015}{0.70} = 0.021$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.03}{0.70} = 0.042$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.06}{0.70} = 0.085$$

$$\frac{e_4}{\lambda_4} = \frac{0.30}{0.70} = 0.428$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.35$$

$$\frac{1}{k} = 0.021 + 0.042 + 0.085 + 0.428 + 0.35 = 0.926$$

$$k_{(\text{pavimento})} = \frac{1.07}{0.926} \text{ W/m}^2\text{K}$$

38	ESCOLA RURAL	ENERGIA SOLAR
1		PASSIVA — 2

QUADRO 0.0 GENERALIDADES		PROJ. Nº															
		1															
1	IDENTIDADE																
1	tipologia do edifício	ESCOLA RURAL															
2	edifício <u>  novo  </u>	<input checked="" type="checkbox"/>															
	<u>  recuperado  </u>	<input type="checkbox"/>															
3	ano da construção	1986															
5	área	270 m <sup>2</sup>															
4	nº de habitantes	<input type="text"/> 1															
6	volume	730 m <sup>3</sup>															
2	LOCALIZAÇÃO																
1	morada																
2	localidade	(ALFARAZES) GUARDA															
3	latitude	40° 30' N.															
4	longitude	7° 20' 0.															
5	altitude	1000m															
6	próxima localidade	<input type="text"/>															
3	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL																
1	tipo de urbe	RURAL SERRANA															
2	natureza da paisagem	SERRANA COM ARBORIZAÇÃO															
3	direcção e inclinação do terreno	10% A SUL															
4	obs.	SEM SOMBREAMENTOS EXTERIORES															
4	CLIMA																
1	classificação																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>inverno</th> <th>verão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2 ventos dominantes (direcção)</td> <td>SUL</td> <td>N - NO</td> </tr> <tr> <td>3 características do tempo (seco, chuva, etc.)</td> <td>NEVE</td> <td>SECO</td> </tr> <tr> <td>4 humidade relativa (baixa, média, alta)</td> <td>85% H.R.</td> <td>55% H.R.</td> </tr> <tr> <td>5 precipitação (máxima e média)</td> <td>1.50 mm</td> <td>5 mm</td> </tr> </tbody> </table>		inverno	verão	2 ventos dominantes (direcção)	SUL	N - NO	3 características do tempo (seco, chuva, etc.)	NEVE	SECO	4 humidade relativa (baixa, média, alta)	85% H.R.	55% H.R.	5 precipitação (máxima e média)	1.50 mm	5 mm
	inverno	verão															
2 ventos dominantes (direcção)	SUL	N - NO															
3 características do tempo (seco, chuva, etc.)	NEVE	SECO															
4 humidade relativa (baixa, média, alta)	85% H.R.	55% H.R.															
5 precipitação (máxima e média)	1.50 mm	5 mm															
6	graus dias de aquecimento anual (base 18°C)	2500															

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	ESCOLA RURAL	39
		1

<b>QUADRO 1.0</b> COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS	PROJ. Nº 1
---	---------------

I. PERDAS POR TRANSMISSÃO

ELEMENTOS DO EDIFÍCIO	LARG. (m)	ALT. (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VALOR k (W / m <sup>2</sup> K)	FACTOR DE REDUÇÃO	PERDAS TÉRMICAS (W / K)	
1 paredes			153.1	0.82		125.5	
janelas							
2 a sul			38.0	dia 5.2	média 5.2	—	197.6
				noite 5.2			
3 a norte, este, oeste			12.9	dia 2.6	média 2.6	—	33.5
				noite 2.6			
4 portas			5.5	4.0	—	22.0	
coberturas							
5 telhado			210.0	0.92	—	193.2	
6 terraço					—		
pavimentos							
7 sobre o solo			210.0	(média) 1.58	—	331.8	
8 sobre a cave					0.6		
9 paredes da cave					0.7		
10 pavimento da cave					0.7		
11 parede de trombe					—		
12							

903.6 (9)

II. PERDAS POR VENTILAÇÃO

VOLUME (m <sup>3</sup> )	x	CALOR ESPECÍFICO DO AR (Wh / m <sup>3</sup> K)	x	TAXA DE RENOV. DE AR (C / h)	=	223.4 (10)
730		0.34		0.9		

III. COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS (9) + (10) = 1127.0 (11)

(11) x  $\frac{24 \text{ (horas)}}{1000}$  = 27.0 (12)  
(kWh / K-dia)

40	ESCOLA RURAL	ENERGIA SOLAR
1		PASSIVA — 2

**QUADRO 2.0** PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS (mensal e anual) PROJ. Nº 1

$$\textcircled{13} - \textcircled{14} = \textcircled{15} \times \textcircled{16} = \textcircled{17} \quad | \quad \textcircled{18} - \textcircled{20} = \textcircled{21}$$

MESES	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>e</sub> (°C)	* ΔT (K)	DIAS DO MÊS	GRAUS* DIAS AQUECIM.	⑫ × ⑰ PERDAS TÉRMICAS	CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS	PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS (KWh)
janeiro	18	5.0	13.0	31	403.0	10 881.0	1 140.8	9 740.2
fevereiro	18	5.0	13.0	28	364.0	9 828.0	1 030.4	8 797.6
março	18	7.5	10.5	31	325.5	8 788.5	1 140.8	7 647.7
abril	18	10.0	8.0	30	240.0	6 480.0	1 104.0	5 376.0
maio	18	12.5	5.5	31	170.5	4 603.5	1 140.8	3 462.7
junho	18	17.5	0.5	30	-	-	-	-
julho	18	17.5	0.5	31	-	-	-	-
agosto	18	17.5	0.5	31	-	-	-	-
setembro	18	17.5	0.5	30	-	-	-	-
outubro	18	10.0	8.0	31	248.0	6 696.0	1 140.8	5 555.2
novembro	18	7.5	10.0	30	315.0	8 505.0	1 104.0	7 401.0
dezembro	18	5.0	13.0	31	403.0	10 881.0	1 140.8	9 740.2
ANO					2 469.0	66 663.0	8 942.4	57 720.6

\* não preencher valores negativos  
 ⊙ não preencher valores inferiores a 50

**QUADRO 3.0** PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO

PROJ. Nº  
1

$$\textcircled{23} \times \textcircled{29} \times \textcircled{30} \times \textcircled{31} = \textcircled{32} \quad \textcircled{33} \quad \textcircled{34} \quad \textcircled{35}$$

MESES	RADIAÇÃO GLOBAL EM PLANO HORIZONTAL (KWh/m <sup>2</sup> )	FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR	FACTOR DE ABSORÇÃO (0.90; 0.95)	SUPERFÍCIE COLECTORA (m <sup>2</sup> )	RADIAÇÃO SOLAR ABSORVIDA (KWh)	RELAÇÃO CARGA SOLAR (RCS)	CONTRIB. SOLAR DE AQUECIM. (CSA) %	AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO (ASN) (KWh)
janeiro	56	1.500	0.95	30.4	2 425.9	0.25	19	7 889.6
fevereiro	80	1.198	0.95	30.4	2 767.9	0.31	24	6 686.2
março	120	0.831	0.95	30.4	2 879.9	0.38	28	5 506.4
abril	165	0.535	0.95	30.4	2 549.4	0.47	35	3 494.4
maio	205	0.381	0.95	30.4	2 255.7	0.65	46	1 869.9
junho	-	-	-	-	-	-	-	-
julho	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
setembro	-	-	-	-	-	-	-	-
outubro	104	1.024	0.95	30.4	3 075.6	0.55	41	3 277.8
novembro	66	1.380	0.95	30.4	2 630.4	0.36	27	5 402.8
dezembro	56	1.573	0.95	30.4	2 544.0	0.26	20	7 792.2
ANO					21 128.8		27.4	41 919.3

36

37

$$\textcircled{33} = \textcircled{32} \div \textcircled{21}$$

$$\textcircled{34} = \textcircled{33} \rightarrow \text{(TABELAS 3.1.6)}$$

$$\textcircled{35} = (1 - \textcircled{34}) \times \textcircled{21}$$

$$\textcircled{37} = 1 - \frac{\textcircled{36}}{\textcircled{22}}$$



<b>QUADRO 4.0 MASSA DE ACUMULAÇÃO TÉRMICA</b>	PROJ. Nº <b>1</b>
---	----------------------

$$\textcircled{38} \times \textcircled{39} \times \textcircled{40} \times \textcircled{41} = \textcircled{42} \times \textcircled{43} = \textcircled{44} \quad \textcircled{45}$$

POSICÃO	ELEMENTO CONSTRUTIVO DE ACUMULAÇÃO	MATERIAL	DENSIDADE (Kg/m³)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	FRACÇÃO DA SUPERFÍCIE INSOLADA	MASSA INSOLADA (Kg)	CALOR ESPECÍFICO (Wh/RgK)	CAPACIDADE TÉRMICA PRIMÁRIA (Wh/K)	CAPACIDADE TÉRMICA SECUNDÁRIA (Wh/K)
1	PAVIMENTO	TIJO. + ENROC.	1800	0.40	48.5	1	34 920	0.278	9 707.8	—
	PAREDES	GRANITO	2800	0.22	14.8	1	9 116.8	0.278	2 534.4	—
	TECTO	MADEIRA	600	0.02	48.5	0	—	0.584	—	169.9
2	PAVIMENTO	TIJO. + ENROC.	1800	0.40	17.2	0.50	6 192	0.278	1 721	860
	PAREDES	GRANITO	2800	0.22	18.5	0.20	2 279	0.278	633	1 266
	TECTO	MADEIRA	600	0.02	17.2	0	—	0.584	—	60
3	PAVIMENTO	TIJO. + ENROC.	1800	0.40	9.2	0.50	3 312	0.278	920	460
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.20	9.0	0.60	1 188	0.278	330	110
	TECTO	MADEIRA	600	0.02	9.2	0	—	0.584	—	32
4	PAVIMENTO	MADEIRA	600	0.02	107.0	0.30	385	0.584	224	261.3
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.07	37.3	0.75	2 165	0.278	602	100.3
	PAREDES	CIMENTO	1800	0.10	37.3	0.50	3 357	0.278	933	466.5
	TECTO	MADEIRA	600	0.02	107.0	0	—	0.584	—	374.9
5										
6										

$$\textcircled{45} = \textcircled{38} \times \textcircled{39} \times \textcircled{40} \times (1 - \textcircled{41}) \times \textcircled{43} \times 0.5$$

17 605.2	4 160.9	→	Ⓞ46
		+	Ⓞ47
21 766.1		=	Ⓞ48

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	ESCOLA RURAL	43
		1

### Comentário

A variação da temperatura interior no edifício num dia de Inverno de céu limpo é: 59

$$30,4\text{m}^2 \times 3620\text{ Wh/m}^2 = 11\ 0048\text{Wh} : 21\ 766\text{Wh/K} = \text{ca. } 5\text{K}$$

A capacidade mínima de armazenamento térmico da massa primária admitida no projecto seria:

$$30,4 \times 4\text{ Wh/K} \times 27,4 = \text{ca. } 3344\text{ Wh/K}$$

O aquecimento suplementar necessário anual (resultado 36) é calculado como se o edifício tivesse ocupação permanente, isto é, para uma temperatura interior de 18°C durante as vinte e quatro horas do dia. Na verdade, porque se trata de uma escola (edifício de ocupação não permanente), só é necessário manter a temperatura de 18°C durante o tempo de ocupação (ca. de seis horas diárias). Excluindo ainda os fins-de-semana (sábados e domingos), os dias feriados e o tempo de férias (Natal, Carnaval e Páscoa), teremos uma redução do ASN anual da ordem dos 85 %! 60

Construída segundo princípios de integração ecológica numa das regiões mais frias do País, e recorrendo às tecnologias solares passivas de custos não elevados, esta escola rural constitui um importante passo na linha promissora do aproveitamento solar passivo, assegurando balanços térmicos muito superiores às suas congéneres tradicionais, que estão longe de satisfazer as mais elementares regras de qualidade térmica<sup>20</sup>. 61

<sup>20</sup> Fontes 8 e 12.



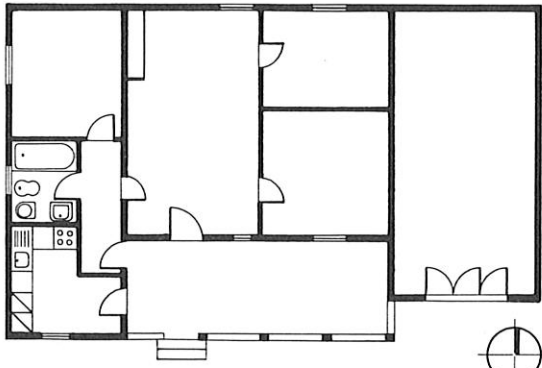
2

CASA RURAL  
(RECUPERAÇÃO)

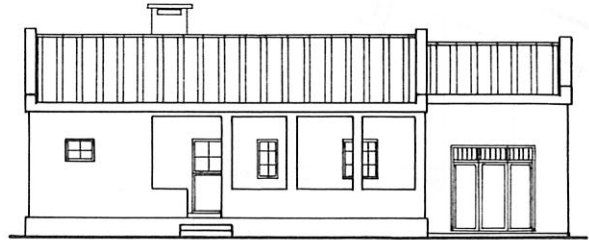


ANTES ...

A



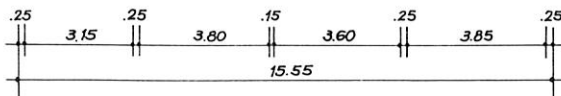
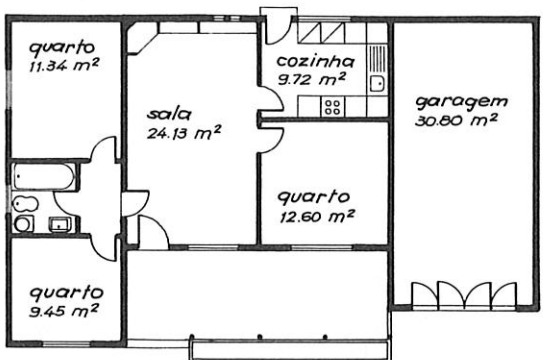
PLANTA



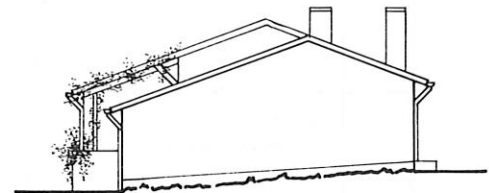
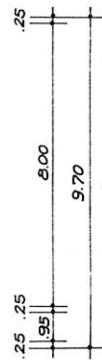
ALÇADO SUL

... E DEPOIS !

B



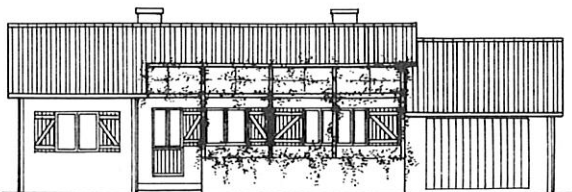
PLANTA



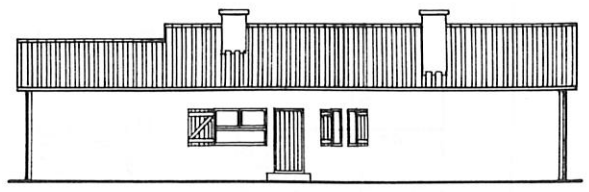
ALÇADO NASCENTE



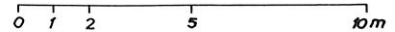
ALÇADO POENTE

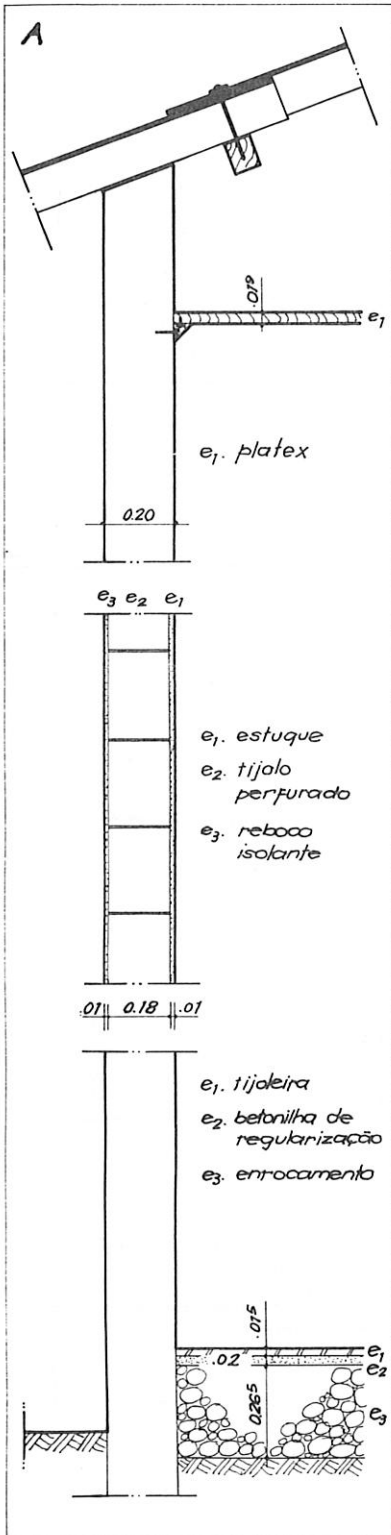


ALÇADO SUL



ALÇADO NORTE





$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.019}{0.14} = 0.136$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.14$$

$$\frac{1}{k} = 0.136 + 0.14 = 0.276$$

$$k_{(\text{tecto})} = \underline{3.60 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.01}{0.45} = 0.02$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.18}{0.55} = 0.33$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.01}{0.45} = 0.02$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.17$$

$$\frac{1}{k} = 0.02 + 0.33 + 0.02 + 0.17 = 0.54$$

$$k_{(\text{paredes})} = \underline{1.85 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.015}{0.70} = 0.021$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.02}{0.70} = 0.029$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.265}{0.70} = 0.379$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.35$$

$$\frac{1}{k} = 0.021 + 0.029 + 0.379 + 0.35 = 0.779$$

$$k_{(\text{pavimento})} = \underline{1.28 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

<b>QUADRO 0.0 GENERALIDADES</b>	PROJ. Nº <b>2A-2B</b>
---------------------------------	--------------------------

1	<b>IDENTIDADE</b>
---	-------------------

1	tipologia do edifício	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR RURAL				
2	edifício	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black;">novo</td> <td style="width: 5%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">recuperado</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	novo	<input type="checkbox"/>	recuperado	<input checked="" type="checkbox"/>
novo	<input type="checkbox"/>					
recuperado	<input checked="" type="checkbox"/>					
3	ano da construção	1971				
4	nº de habitantes	3				
5	área	86 m <sup>2</sup>				
6	volume	210 m <sup>3</sup>				

2	<b>LOCALIZAÇÃO</b>
---	--------------------

1	morada	
2	localidade	V. DA PINTA
3	latitude	39° 20' N.
4	longitude	8° 40' O.
5	altitude	75 m
6	próxima localidade	CARTAXO
		5 KM E.

3	<b>CARACTERÍSTICAS DO LOCAL</b>
---	---------------------------------

1	tipo de urbe	DISPERSA - RURAL
2	natureza da paisagem	AGRÍCOLA - S/VEGETAÇÃO
3	direcção e inclinação do terreno	5% A SUL
4	obs.	SEM SOMBREAMENTOS EXTERIORES

4	<b>CLIMA</b>
---	--------------

1	classificação																					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;"></th> <th style="width: 45%;"></th> <th style="width: 25%; text-align: center;">inverno</th> <th style="width: 25%; text-align: center;">verão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="padding: 2px 5px;">ventos dominantes (direcção)</td> <td style="text-align: center;">S - SO</td> <td style="text-align: center;">N - NO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="padding: 2px 5px;">características do tempo (seco, chuva, etc.)</td> <td style="text-align: center;">CHUVA</td> <td style="text-align: center;">VENTO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="padding: 2px 5px;">humidade relativa (baixa, média, alta)</td> <td style="text-align: center;">75% H.R.</td> <td style="text-align: center;">60% H.R.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="padding: 2px 5px;">precipitação (máxima e média)</td> <td style="text-align: center;">75 mm</td> <td style="text-align: center;">2 mm</td> </tr> </tbody> </table>			inverno	verão	2	ventos dominantes (direcção)	S - SO	N - NO	3	características do tempo (seco, chuva, etc.)	CHUVA	VENTO	4	humidade relativa (baixa, média, alta)	75% H.R.	60% H.R.	5	precipitação (máxima e média)	75 mm	2 mm
		inverno	verão																			
2	ventos dominantes (direcção)	S - SO	N - NO																			
3	características do tempo (seco, chuva, etc.)	CHUVA	VENTO																			
4	humidade relativa (baixa, média, alta)	75% H.R.	60% H.R.																			
5	precipitação (máxima e média)	75 mm	2 mm																			
6	graus dias de aquecimento anual (base 18°C)	1250																				



50	CASA RURAL	ENERGIA SOLAR
2		PASSIVA — 2

<b>QUADRO 1.0</b> COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS	PROJ. Nº 2A
---	----------------

**I. PERDAS POR TRANSMISSÃO**

ELEMENTOS DO EDIFÍCIO	LARG. (m)	ALT. (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VALOR k (W / m <sup>2</sup> K)	FACTOR DE REDUÇÃO	PERDAS TÉRMICAS (W / K)	
1 paredes			91.85	1.85	—	169.92	
janelas							
2 a sul			2.98	dia 5.2	média 4.3	—	12.81
				noite 3.6			
3 a norte, este, oeste			3.81	dia 5.2	média 4.3	—	16.38
				noite 3.6			
4 portas			5.00	4.0	—	20.00	
coberturas							
5 telhado			84.00	3.6	—	302.40	
6 terraço					—		
pavimentos							
7 sobre o solo			84.00	1.3	0.7	76.44	
8 sobre a cave					0.6		
9 paredes da cave					0.7		
10 pavimento da cave					0.7		
11 parede de trombe					—		
12							

7

8

597.95

9

**II. PERDAS POR VENTILAÇÃO**

VOLUME (m <sup>3</sup> )	x	CALOR ESPECÍFICO DO AR (Wh / m <sup>3</sup> K)	x	TAXA DE RENOV. DE AR ( / h)	
210		0.34		1.5	107.10

10

**III. COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS**      9 + 10 = 705.05      11

11 x  $\frac{24 \text{ (horas)}}{1000}$  = 16.92 (kWh / K-dia)      12

QUADRO 2.0 PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS (mensal e anual)

PROJ. Nº  
2A

$$\textcircled{13} - \textcircled{14} = \textcircled{15} \times \textcircled{16} = \textcircled{17} \quad | \quad \textcircled{18} - \textcircled{20} = \textcircled{21}$$

MESES	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>e</sub> (°C)	* ΔT (K)	DIAS DO MÊS	GRAUS* DIAS AQUECIM.	⑫ × ⑰ PERDAS TÉRMICAS	CONTRIBUOS TÉRMICOS INTERNOS	PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS (KWH)
janeiro	18	9.5	8.5	31	263.5	4 458.4	511.5	3 946.9
fevereiro	18	10.0	8.0	28	224.0	3 790.1	462.0	3 328.1
março	18	12.5	5.5	31	170.5	2 884.9	511.5	2 373.4
abril	18	15.0	3.0	30	90.0	1 522.8	495.0	1 027.8
maio	18	17.5	0.5	31	-	-	-	-
junho	18	20.0	-	30	-	-	-	-
julho	18	22.5	-	31	-	-	-	-
agosto	18	22.5	-	31	-	-	-	-
setembro	18	20.0	-	30	-	-	-	-
outubro	18	17.5	0.5	31	-	-	-	-
novembro	18	12.5	5.5	30	165.0	2 791.8	495.0	2 296.8
dezembro	18	10.0	8.0	31	248.0	4 196.2	511.5	3 684.7
ANO					1 161.0	19 644.2	2 986.5	16 657.7

\* não preencher valores negativos

⊙ não preencher valores inferiores a 50

②②

52	CASA RURAL	ENERGIA SOLAR
2		PASSIVA — 2

**QUADRO 3.0** PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO PROJ. Nº 2A

$$\textcircled{23} \times \textcircled{29} \times \textcircled{30} \times \textcircled{31} = \textcircled{32} \quad \textcircled{33} \quad \textcircled{34} \quad \textcircled{35}$$

MESES	RADIAÇÃO GLOBAL EM PLANO HORIZONTAL (KWh/m <sup>2</sup> )	FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR	FACTOR DE ABSORÇÃO (0.90; 0.95)	SUPERFÍCIE COLECTORA (m <sup>2</sup> )	RADIAÇÃO SOLAR ABSORVIDA (KWh)	RELAÇÃO CARGA SOLAR (RCS)	CONTRIB. SOLAR DE AQUECIMENTO (CSA) %	AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO (ASN) (KWh)
janeiro	65.0	1.456	0.9	2.38	202.7	0.05	5	3749.6
fevereiro	85.0	1.163	0.9	2.38	211.7	0.06	6	3128.4
março	127.5	0.801	0.9	2.38	218.7	0.09	7	2207.3
abril	170.0	0.516	0.9	2.38	187.9	0.18	16	863.4
maio	-	-	-	-	-	-	-	-
junho	-	-	-	-	-	-	-	-
julho	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
setembro	-	-	-	-	-	-	-	-
outubro	-	-	-	-	-	-	-	-
novembro	73	1.371	0.9	2.38	214.4	0.09	7	2136.0
dezembro	60	1.530	0.9	2.38	196.6	0.05	5	3500.5
ANO					1232.0		6	15585.2

36

37

$$\textcircled{33} = \textcircled{32} \div \textcircled{21}$$

$$\textcircled{34} = \textcircled{33} \rightarrow \text{TABELAS 3.16}$$

$$\textcircled{35} = (1 - \textcircled{34}) \times \textcircled{21}$$

$$\textcircled{37} = 1 - \frac{\textcircled{36}}{\textcircled{22}}$$

QUADRO 4.0 MASSA DE ACUMULAÇÃO TÉRMICA

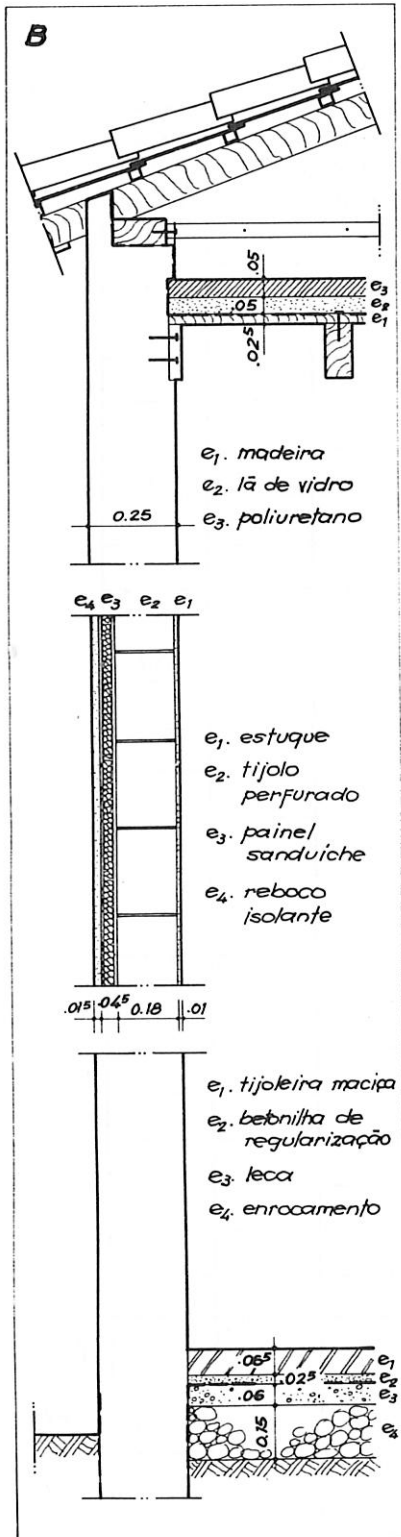
PROJ. Nº  
2A

$$\textcircled{38} \times \textcircled{39} \times \textcircled{40} \times \textcircled{41} = \textcircled{42} \times \textcircled{43} = \textcircled{44} \quad \textcircled{45}$$

POSICÃO	ELEMENTO CONSTRUTIVO DE ACUMULAÇÃO	MATERIAL	DENSIDADE (Kg/m³)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	FRAÇÃO DA SUPERFÍCIE INSOLADA	MASSA INSOLADA (Kg)	CALOR ESPECÍFICO (Wh/KgK)	CAPACIDADE TÉRMICA PRIMÁRIA (Wh/K)	CAPACIDADE TÉRMICA SECUNDÁRIA (Wh/K)
1	PAVIMENTO	TIJO.+ BETON.	1600	0.05	7.7	0.1	61.0	0.278	17.1	77.0
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	27.4	0.1	361.0	0.26	94.0	423.0
2	PAVIMENTO	TIJO.+ BETON.	1600	0.05	24.2	0.05	96.8	0.278	26.9	255.6
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	44.1	0.05	291.0	0.26	75.7	719.2
3	PAVIMENTO	TIJO.+ BETON.	1600	0.05	12.6	0.1	1008.0	0.278	28.0	126.1
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	31.7	0.1	418.4	0.26	108.8	489.5
4										
5										
6										

$$\textcircled{45} = \textcircled{38} \times \textcircled{39} \times \textcircled{40} \times (1 - \textcircled{41}) \times \textcircled{43} \times 0.5$$

350	2090.4	→	Ⓞ46
		+	Ⓞ47
2440.4		=	Ⓞ48



$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.025}{0.14} = 0.179$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.05}{0.04} = 1.25$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.05}{0.04} = 1.25$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.14$$

$$\frac{1}{k} = 0.179 + 1.25 + 1.25 + 0.14 = 2.819$$

$$k_{(\text{tecto})} = 0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.01}{0.45} = 0.02$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.18}{0.55} = 0.33$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.045}{0.046} = 0.98$$

$$\frac{e_4}{\lambda_4} = \frac{0.015}{0.2} = 0.075$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.17$$

$$\frac{1}{k} = 0.02 + 0.33 + 0.98 + 0.075 + 0.17 = 1.575$$

$$k_{(\text{paredes})} = 0.63 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.065}{0.70} = 0.093$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.025}{0.70} = 0.036$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.06}{0.15} = 0.4$$

$$\frac{e_4}{\lambda_4} = \frac{0.15}{0.70} = 0.214$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.35$$

$$\frac{1}{k} = 0.093 + 0.036 + 0.4 + 0.214 + 0.35 = 1.093$$

$$k_{(\text{pavimento})} = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	CASA RURAL (RECUPERAÇÃO)	55
		2

**QUADRO 1.0** COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS PROJ. Nº  
2B

I. PERDAS POR TRANSMISSÃO							
ELEMENTOS DO EDIFÍCIO	LARG. (m)	ALT. (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VALOR k (W / m <sup>2</sup> K)		FACTOR DE REDUÇÃO	PERDAS TÉRMICAS (W / K)
1 paredes			91.00	0.63		—	57.33
janelas							
2 a sul			5.90	dia 5.2	média 3.4	—	20.06
				noite 2.1			
3 a norte, este, oeste			3.70	dia 2.6	média 1.9	—	7.03
				noite 1.4			
4 portas			3.00	2.5		—	7.50
coberturas							
5 telhado			84.00	0.35		—	29.40
6 terraço						—	
pavimentos							
7 sobre o solo			84.00	0.9		0.7	52.90
8 sobre a cave						0.6	
9 paredes da cave						0.7	
10 pavimento da cave						0.7	
11 parede de trombe						—	
12							
							174.22
II. PERDAS POR VENTILAÇÃO							
VOLUME (m <sup>3</sup> )	x	CALOR ESPECÍFICO DO AR (Wh / m <sup>3</sup> K)	x	TAXA DE RENOV. DE AR ( / h)	=		
210		0.34		1.0		71.40	
III. COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS							
							(9) + (10) = 245.62
							(11) x $\frac{24 \text{ (horas)}}{1000} = 5.90$ (kWh / K.dia)

56	CASA RURAL (RECUPERAÇÃO)	ENERGIA SOLAR
2		PASSIVA — 2

**QUADRO 2.0** PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS (mensal e anual) PROJ. Nº 2B

$$\textcircled{13} - \textcircled{14} = \textcircled{15} \times \textcircled{16} = \textcircled{17} \quad | \quad \textcircled{18} - \textcircled{20} = \textcircled{21}$$

MESES	$T_i$ (°C)	$T_e$ (°C)	* $\Delta T$ (K)	DIAS DO MÊS	GRAUS* DIAS AQUECIM. ⊙	⓫ x ⓬ PERDAS TÉRMICAS	CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS	PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS (KWH)
janeiro	18	9.5	8.5	31	263.5	1 554.7	511.5	1 043.2
fevereiro	18	10.0	8.0	28	224.0	1 321.6	462.0	859.6
março	18	12.5	5.5	31	170.5	1 006.0	511.5	494.5
abril	18	15.0	3.0	30	90.0	531.0	495.0	36.0
maio	18	17.5	0.5	31	-	-	-	-
junho	18	20.0	-	30	-	-	-	-
julho	18	22.5	-	31	-	-	-	-
agosto	18	22.5	-	31	-	-	-	-
setembro	18	20.0	-	30	-	-	-	-
outubro	18	17.5	0.5	31	-	-	-	-
novembro	18	12.5	5.5	30	165.0	973.5	495.0	478.5
dezembro	18	10.0	8.0	31	248.0	1 463.2	511.5	951.7
ANO					1161.0	6 850.0	2 986.5	3 863.5

Ⓜ

\* não preencher valores negativos  
 ⊙ não preencher valores inferiores a 50

**QUADRO 3.0** PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO PROJ. N.º  
2B

$$\textcircled{23} \times \textcircled{29} \times \textcircled{30} \times \textcircled{31} = \textcircled{32} \quad \textcircled{33} \quad \textcircled{34} \quad \textcircled{35}$$

MESES	RADIAÇÃO GLOBAL EM PLANO HORIZONTAL (KWh/m²)	FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR	FACTOR DE ABSORÇÃO (0.90; 0.95)	SUPERFÍCIE COLECTORA (m²)	RADIAÇÃO SOLAR ABSORVIDA (KWh)	RELAÇÃO CARGA SOLAR (RCS)	CONTRIB. SOLAR DE AQUECIM. (CSA) %	AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO (ASN) (KWh)
janeiro	65.0	1.456	0.9	4.72	402.0	0.38	29	740.6
fevereiro	85.0	1.163	0.9	4.72	419.9	0.48	40	515.4
março	127.5	0.801	0.9	4.72	433.8	0.87	60	197.8
abril	170.0	0.516	0.9	4.72	372.6	10.00	100	-
maio	-	-	-	-	-	-	-	-
junho	-	-	-	-	-	-	-	-
julho	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
setembro	-	-	-	-	-	-	-	-
outubro	-	-	-	-	-	-	-	-
novembro	73.0	1.371	0.9	4.72	425.1	0.88	61	186.6
dezembro	60.0	1.530	0.9	4.72	390.0	0.40	32	647.5
ANO					2443.4		40	2287.9

36

37

$$\textcircled{33} = \textcircled{32} \div \textcircled{21}$$

$$\textcircled{34} = \textcircled{33} \rightarrow \text{(TABELAS 3A6)}$$

$$\textcircled{35} = (1 - \textcircled{34}) \times \textcircled{21}$$

$$\textcircled{37} = 1 - \frac{\textcircled{36}}{\textcircled{22}}$$



<b>QUADRO 4.0 MASSA DE ACUMULAÇÃO TÉRMICA</b>	PROJ. Nº <b>2 B</b>
---	------------------------

$$\textcircled{38} \times \textcircled{39} \times \textcircled{40} \times \textcircled{41} = \textcircled{42} \times \textcircled{43} = \textcircled{44} \quad \textcircled{45}$$

POSICÃO	ELEMENTO CONSTRUTIVO DE ACUMULAÇÃO	MATERIAL	DENSIDADE (Kg/m³)	ESPESURA (m)	ÁREA (m²)	FRACÇÃO DA SUPERFÍCIE INSOLADA	MASSA INSOLADA (Kg)	CALOR ESPECÍFICO (Wh/KgK)	CAPACIDADE TÉRMICA PRIMÁRIA (Wh/K)	CAPACIDADE TÉRMICA SECUNDÁRIA (Wh/K)
QUARTO	1 PAVIMENTO	TIJ. MACIÇA + BET.	1800	0.09	9.45	0.5	765.5	0.278	212.8	106.0
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	26.7	0.4	1409.8	0.26	366.5	274.0
	TECTO	MADEIRA	600	0.03	9.45	0	—	0.584	—	50.0
SALA	2 PAVIMENTO	TIJ. MACIÇA + BET.	1800	0.09	24.13	0.5	1954.5	0.278	543.3	271.0
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	41.7	0.3	1651.3	0.26	429.3	500.9
	TECTO	MADEIRA	600	0.03	24.1	0	—	0.584	—	126.0
QUARTO	3 PAVIMENTO	TIJ. MACIÇA + BET.	1800	0.09	12.6	0.5	1020.6	0.278	283.7	141.9
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	30.9	0.4	1631.5	0.26	424.2	318.1
	TECTO	MADEIRA	600	0.03	12.6	0	—	0.584	—	66.0
4										
5										
6										

$$\textcircled{45} = \textcircled{38} \times \textcircled{39} \times \textcircled{40} \times (1 - \textcircled{41}) \times \textcircled{43} \times 0.5$$

2259.0	1853.9	→	④⑥
		+	④⑦
4 112.9		=	④⑧

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	CASA RURAL (RECUPERAÇÃO)	59
		2

### Comentário

A variação da temperatura interior no edifício num dia de Inverno de céu limpo é: 62

$$a) 2,38 \text{ m}^2 \times 3910 \text{ Wh/m}^2 = 9305 \text{ Wh} : 2440 \text{ Wh/K} = \text{ca. } 3,8 \text{ K};$$

$$b) 4,72 \times 3910 = 18\ 455 : 4112 = \text{ca. } 4,5 \text{ K}.$$

A capacidade mínima de armazenamento térmico da massa primária admitida nos projectos seria:

$$a) 2,38 \times 4 \text{ Wh/K} \times 6 = 57 \text{ Wh/K};$$

$$b) 4,72 \times 4 \times 40 = 755 \text{ Wh/K}.$$

Uma comparação entre os valores  $k$  dos projectos A e B é suficientemente elucidativa sobre a substancial redução de perdas térmicas (ca. de três vezes!) que, através de um tratamento mais cuidado da envolvente, se verifica na versão B (quadros 1 e 2). 63

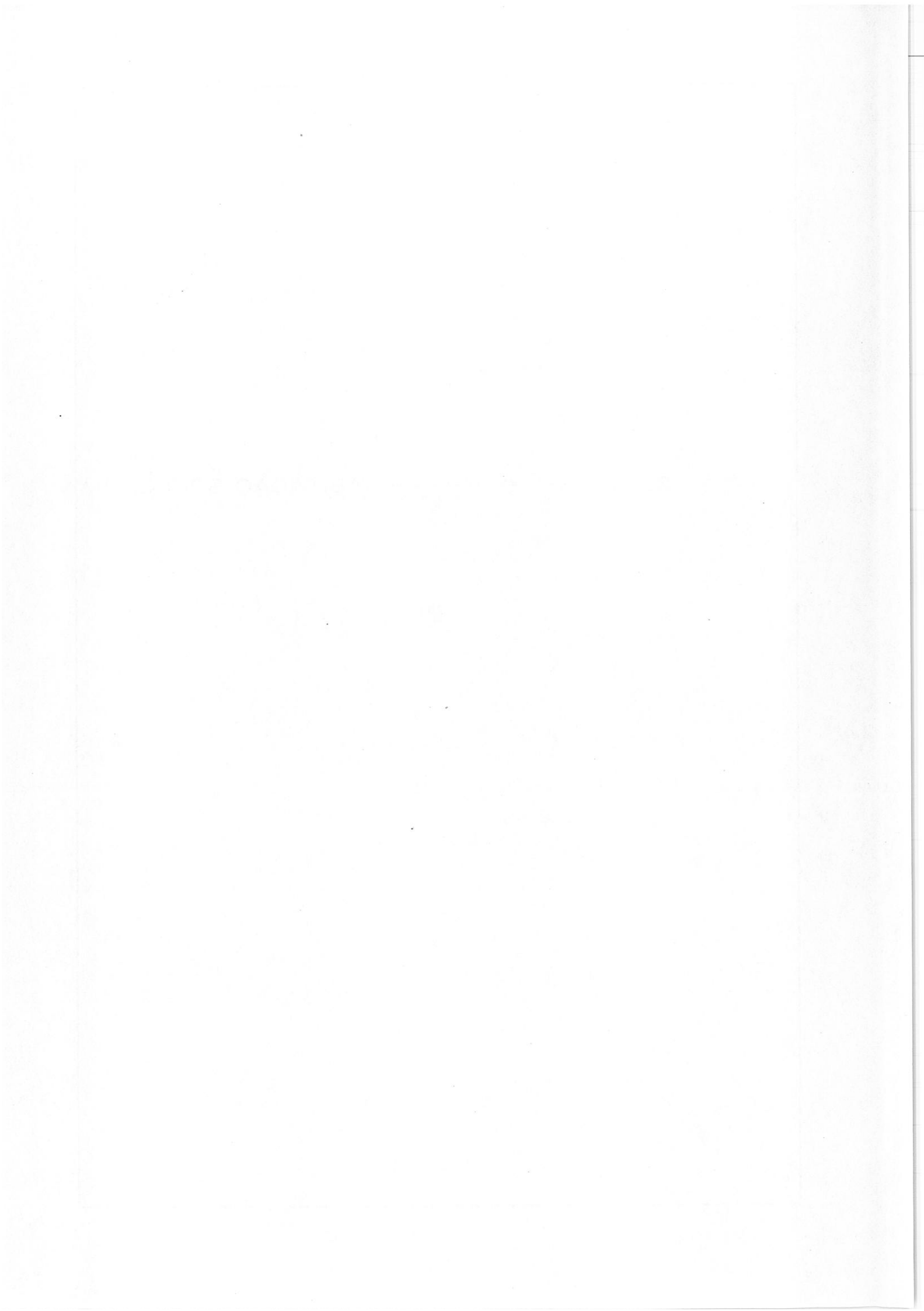
O subdimensionamento dos vãos envidraçados a sul na versão A (baseado na concepção por de mais errónea de assim reduzir as perdas térmicas...) conduz a contributos solares de aquecimento da ordem dos 6%, resultado que em nossa opinião ainda é optimista (quadro 3). 64

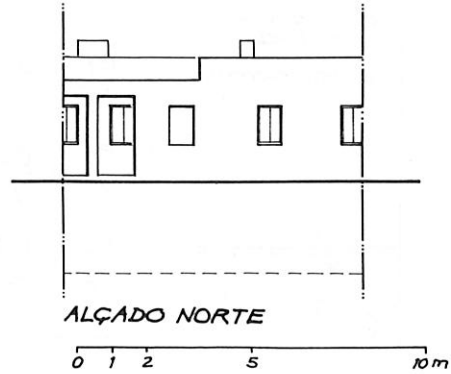
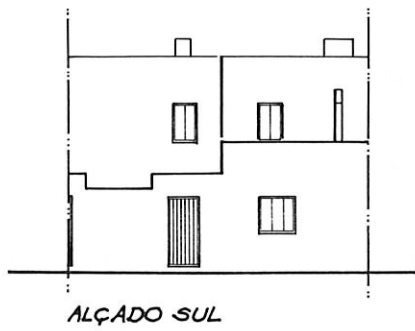
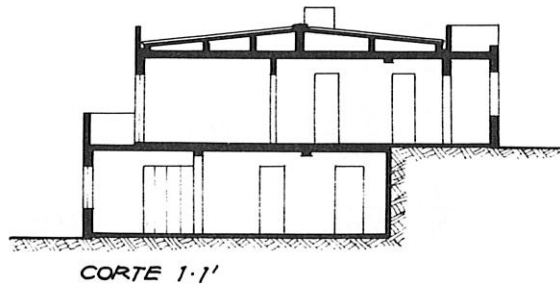
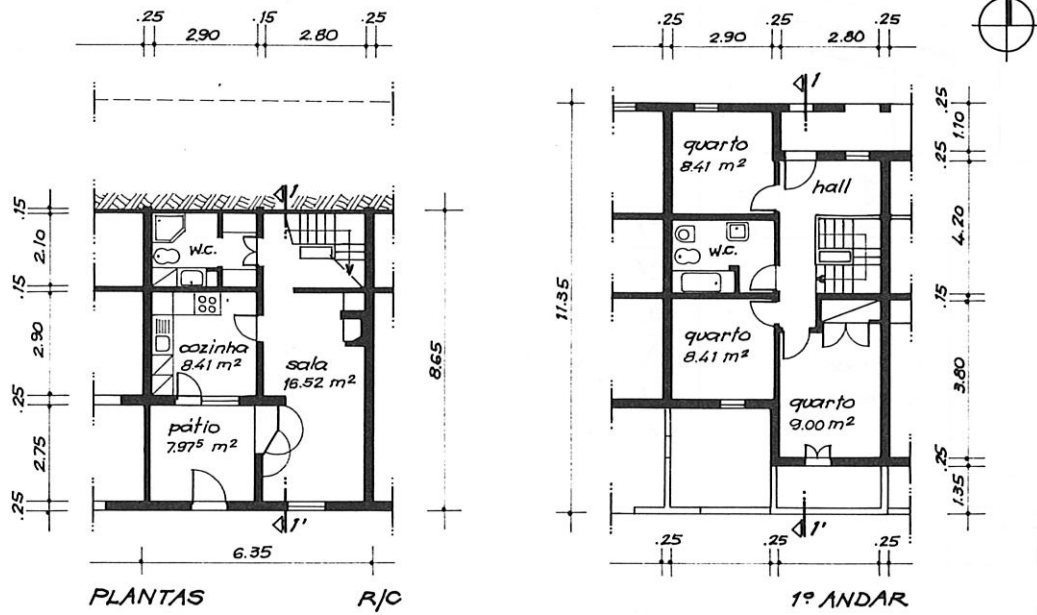
A reduzida necessidade da massa de acumulação térmica primária justifica-se, evidentemente, pela quase nula fenestração do projecto a sul (2,3 m<sup>2</sup>!).

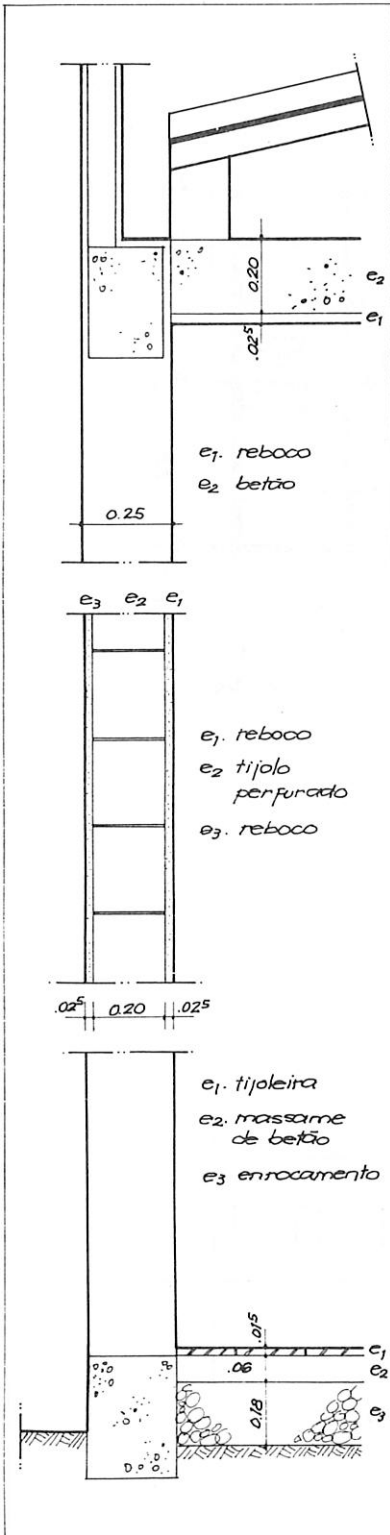
A versão B, recorrendo a concepções solares passivas de custos pouco elevados (dimensão adequada dos vãos a sul, redução dos vãos a norte e aplicação de vidro duplo, isolamento da envolvente, beiral do telhado como sombreador de Verão, uso de trepadeira de folha caduca), constitui em nossa opinião uma alternativa simples, mas racional e eficaz, a formas de construção aberrantes e antiarquitectónicas, infelizmente tão abundantes no nosso país. 65



3 ————— HABITAÇÃO SOCIAL







$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.025}{0.45} = 0.06$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.20}{0.70} = 0.29$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.14$$

$$\frac{1}{k} = 0.06 + 0.29 + 0.14 = 0.49$$

$$k_{(\text{tecto})} = \underline{2.00} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.025}{0.45} = 0.06$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.20}{0.55} = 0.36$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.025}{0.20} = 0.125$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.17$$

$$\frac{1}{k} = 0.06 + 0.36 + 0.125 + 0.17 = 0.715$$

$$k_{(\text{paredes})} = \underline{1.39} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.015}{0.70} = 0.021$$

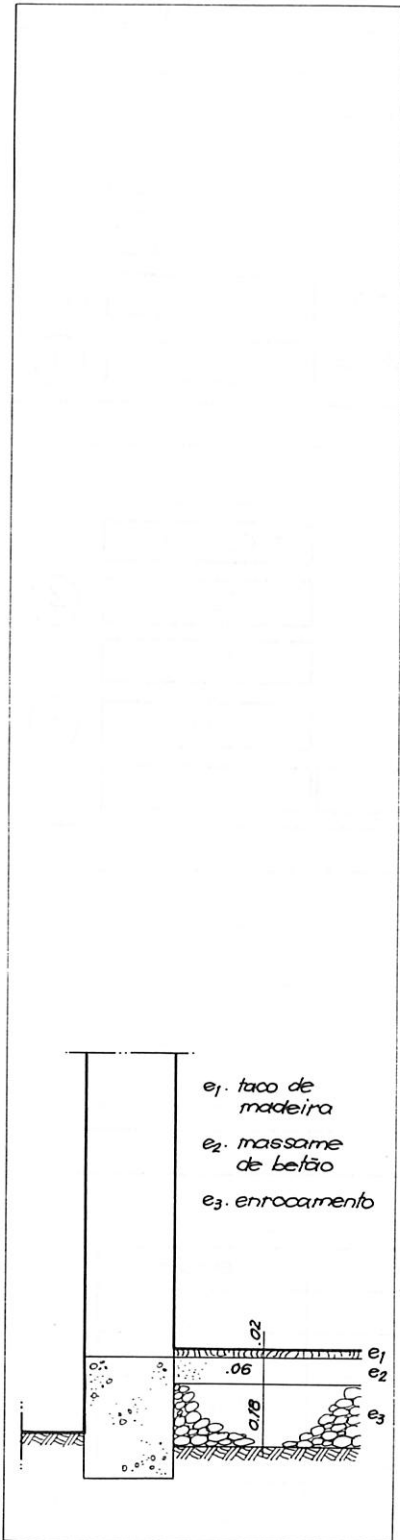
$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.06}{0.70} = 0.085$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.18}{0.70} = 0.25$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.35$$

$$\frac{1}{k} = 0.021 + 0.085 + 0.25 + 0.35 = 0.706$$

$$k_{(\text{pavimento})} = \underline{1.41} \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$\frac{e_1}{\lambda_1} = \frac{0.02}{0.14} = 0.143$$

$$\frac{e_2}{\lambda_2} = \frac{0.06}{0.70} = 0.085$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{0.18}{0.70} = 0.25$$

$$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0.35$$

$$\frac{1}{k} = 0.143 + 0.085 + 0.25 + 0.35 = 0.84$$

$$k_{(\text{pavimento})} = \frac{1.20}{0.84} \text{ W/m}^2\text{K}$$



66	HABITAÇÃO SOCIAL	ENERGIA SOLAR
3		PASSIVA — 2

QUADRO 0.0 GENERALIDADES		PROJ. N.º
		3
<b>1 IDENTIDADE</b>		
1	tipologia do edifício <u>HABITAÇÃO SOCIAL EM BANDA</u>	
2	edifício <u>  novo  </u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>  recuperado  </u> <input type="checkbox"/>	
3	ano da construção <u>1985</u>	5 área <u>100 m<sup>2</sup></u> (2)
4	n.º de habitantes <u>4</u> (1)	6 volume <u>235 m<sup>3</sup></u> (3)
<b>2 LOCALIZAÇÃO</b>		
1	morada _____	
2	localidade <u>(ROSSIO)</u> <u>ALCOUTIM</u>	
3	latitude <u>37° 25' N.</u>	(4)
4	longitude <u>7° 25' O.</u>	
5	altitude <u>50 m</u>	(5)
6	próxima localidade _____	
<b>3 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL</b>		
1	tipo de urbe <u>ZONA DE EXPANSÃO URBANA</u>	
2	natureza da paisagem <u>AGRICOLA</u>	
3	d direcção e inclinação do terreno <u>15% A SUL</u>	
4	obs. <u>SEM SOMBREAMENTOS EXTERIORES</u>	
<b>4 CLIMA</b>		
1	classificação _____	
		inverno      verão
2	ventos dominantes (d direcção)	0      N - NO
3	características do tempo (seco, chuva, etc.)	VENTO
4	humidade relativa (baixa, média, alta)	75% H.R.      55% H.R.
5	precipitação (máxima e média)	50 mm      2 mm
6	graus dias de aquecimento anual (base 18°C)	<u>1100</u> (6)

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	HABITAÇÃO SOCIAL	67
		3

QUADRO 1.0 COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS							PROJ. Nº 3	
I. PERDAS POR TRANSMISSÃO								
ELEMENTOS DO EDIFÍCIO	LARG. (m)	ALT. (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VALOR k (W / m <sup>2</sup> K)		FACTOR DE REDUÇÃO	PERDAS TÉRMICAS (W / K)	
1 paredes			41.40	1.39		—	57.50	
janelas								
2 a sul			3.63	dia 5.5	média	—	15.60	
				noite 3.5	4.3			
3 a norte, este, oeste			1.32	dia 5.5	média	—	5.70	
				noite 3.5	4.3			
4 portas			6.00	4.0		—	24.00	
coberturas								
5 telhado			41.20	2.0		—	82.40	
6 terraço						—		
pavimentos								
7 sobre o solo			51.00	(médio) 1.26		0.7	44.90	
8 sobre a cave						0.6		
9 paredes da cave						0.7		
10 pavimento da cave						0.7		
11 parede de trombe						—		
12								
							230.10	
II. PERDAS POR VENTILAÇÃO								
VOLUME (m <sup>3</sup> )	x	CALOR ESPECÍFICO DO AR (Wh / m <sup>3</sup> K)	x	TAXA DE RENOV. DE AR ( / h)	=			
235		0.34		1.1		87.80		
III. COEFICIENTE GLOBAL DE PERDAS TÉRMICAS							(9) + (10) =	317.90
							(11) x $\frac{24 \text{ (horas)}}{1000}$ =	7.60 (kWh / K-dia)

68	HABITAÇÃO SOCIAL	ENERGIA SOLAR
3		PASSIVA — 2

QUADRO 2.0 PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS (mensal e anual)								PROJ. Nº 3
$(13) - (14) = (15) \times (16) = (17) \quad   \quad (18) - (20) = (21)$								
MESES	$T_i$ (°C)	$T_e$ (°C)	* $\Delta T$ (K)	DIAS DO MÊS	GRAUS DIAS AQUECIM.*	(12) x (17) PERDAS TÉRMICAS	CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS	PERFIL DAS NECESSIDADES TÉRMICAS (KWh)
janeiro	18	10.0	8.0	31	248.0	1 884.8	682.0	1 202.8
fevereiro	18	10.0	8.0	28	224.0	1 702.4	616.0	1 086.4
março	18	12.5	5.5	31	170.5	1 295.8	682.0	613.8
abril	18	15.0	3.0	30	90.0	684.0	660.0	24.0
maio	18	17.5	0.5	31	-	-	-	-
junho	18	22.5	-	30	-	-	-	-
julho	18	25.0	-	31	-	-	-	-
agosto	18	25.0	-	31	-	-	-	-
setembro	18	22.5	-	30	-	-	-	-
outubro	18	17.5	0.5	31	-	-	-	-
novembro	18	12.5	5.5	30	165.0	1 254.0	660.0	594.0
dezembro	18	10.0	8.0	31	248.0	1 848.0	682.0	1 202.8
ANO					1 145.5	8 705.8	3 982.0	4 723.8

\* não preencher valores negativos  
 ◉ não preencher valores inferiores a 50

(22)

**QUADRO 3.0** PERFIL DO CONTRIBUTO TÉRMICO SOLAR E AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO

PROJ. Nº  
3

$$\textcircled{23} \times \textcircled{29} \times \textcircled{30} \times \textcircled{31} = \textcircled{32} \quad \textcircled{33} \quad \textcircled{34} \quad \textcircled{35}$$

MESES	RADIAÇÃO GLOBAL EM PLANO HORIZONTAL (Kwh/m <sup>2</sup> )	FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR	FACTOR DE ABSORÇÃO (a <sub>90</sub> ; a <sub>95</sub> )	SUPERFÍCIE COLECTORA (m <sup>2</sup> )	RADIAÇÃO SOLAR ABSORVIDA (Kwh)	RELAÇÃO CARGA SOLAR (RCS)	CONTRIB. SOLAR DE AQUECIMENTO (CSA) %	AQUECIMENTO SUPLEMENTAR NECESSÁRIO (ASN) (Kwh)
janeiro	70	1.371	0.9	2.90	250.5	0.21	19	974.3
fevereiro	90	1.092	0.9	2.90	256.0	0.24	23	836.5
março	135	0.740	0.9	2.90	260.7	0.42	36	392.9
abril	182	0.479	0.9	2.90	227.5	9.48	100	-
maio	-	-	-	-	-	-	-	-
junho	-	-	-	-	-	-	-	-
julho	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
setembro	-	-	-	-	-	-	-	-
outubro	-	-	-	-	-	-	-	-
novembro	80	1.259	0.9	2.90	262.9	0.44	40	356.4
dezembro	65	1.443	0.9	2.90	244.8	0.20	18	986.3
ANO					1502.9		25	3546.4

36

37

$$\textcircled{33} = \textcircled{32} \div \textcircled{21}$$

$$\textcircled{34} = \textcircled{33} \rightarrow \text{(TABELAS 3 A 6)}$$

$$\textcircled{35} = (1 - \textcircled{34}) \times \textcircled{21}$$

$$\textcircled{37} = 1 - \frac{\textcircled{36}}{\textcircled{22}}$$

70	HABITAÇÃO SOCIAL	ENERGIA SOLAR
3		PASSIVA — 2

**QUADRO 4.0 MASSA DE ACUMULAÇÃO TÉRMICA** PROJ. Nº 3

$$(38) \times (39) \times (40) \times (41) = (42) \times (43) = (44) \quad (45)$$

POSICÃO	ELEMENTO CONSTRUTIVO DE ACUMULAÇÃO	MATERIAL	DENSIDADE (kg/m³)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	FRAÇÃO DA SUPERFÍCIE INSOLADA	MASSA INSOLADA (Kg)	CALOR ESPECÍFICO (Wh/kgK)	CAPACIDADE TÉRMICA PRIMÁRIA (Wh/K)	CAPACIDADE TÉRMICA SECUNDÁRIA (Wh/K)
1 COZINHA	PAVIMENTO	TIJO. + BETONI.	1450	0.07	8.4	0.3	256.0	0.278	71.2	83.5
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	22.9	0.3	906.0	0.26	235.0	275.0
	TECTO	LAJE BETÃO	1700	0.09	8.4	0	—	0.278	—	178.0
2 SALA	PAVIMENTO	TACO MADEIRA	600	0.02	16.5	0.2	396.0	0.584	23.0	46.0
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	33.0	0.2	871.2	0.26	226.5	553.0
	TECTO	LAJE BETÃO	1700	0.09	16.5	0	—	0.278	—	351.0
3 QUARTO	PAVIMENTO	TACO MADEIRA	600	0.02	8.4	0.4	40.0	0.584	23.0	17.0
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	24.9	0.4	1314.7	0.26	341.8	256.3
	TECTO	LAJE BETÃO	1700	0.09	8.4	0	—	0.278	—	178.8
4 QUARTO	PAVIMENTO	TACO MADEIRA	600	0.02	9.0	0.4	43.2	0.584	25.2	18.9
	PAREDES	TIJOLO	1100	0.12	25.5	0.4	1346.4	0.26	350.0	262.0
	TECTO	LAJE BETÃO	1700	0.09	9.0	0	—	0.278	—	191.4
5										
6										

$$(45) = (38) \times (39) \times (40) \times (1 - (41)) \times (43) \times 0.5$$

1295.7	2310.9	→ (46)
	-----	+ (47)
3 606.0		= (48)

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	HABITAÇÃO SOCIAL	71
		3

### Comentário

A variação da temperatura interior no edifício num dia de Inverno de céu limpo é: 66

$$2,9 \text{ m}^2 \times 3910 \text{ Wh/m}^2 = 11339 \text{ Wh} : 3606 \text{ Wh/K} = \text{ca. } 3,2 \text{ K}$$

A capacidade mínima de armazenamento térmico da massa primária admitida no projecto seria:

$$2,9 \times 4 \text{ Wh/K} \times 25 = 290 \text{ Wh/K}$$

Mesmo sob condições favoráveis do ponto de vista térmico, de implantação do edifício no terreno (enterrado no solo e limitado lateralmente), o que origina naturalmente uma redução das perdas térmicas, os valores  $k$  da envolvente são para um edifício deste tipo demasiado elevados, não satisfazendo as normas de conforto térmico <sup>21</sup>. 67

Apesar de o edifício se situar numa das zonas climáticas mais amenas do País, seria desejável uma maior área de envidraçados a sul, com o correspondente aumento dos contributos solares de aquecimento (por exemplo, de 25 % para 40 %). 68

A falta de tratamento adequado da cobertura (laje sem isolamento térmico) e a ausência de elementos sombreadores para a estação quente deixam antever notórios períodos de desconforto térmico motivados por exagerado sobreaquecimento do espaço interior durante o período de Verão. 69

<sup>21</sup> Fonte 10.



# APÊNDICE A

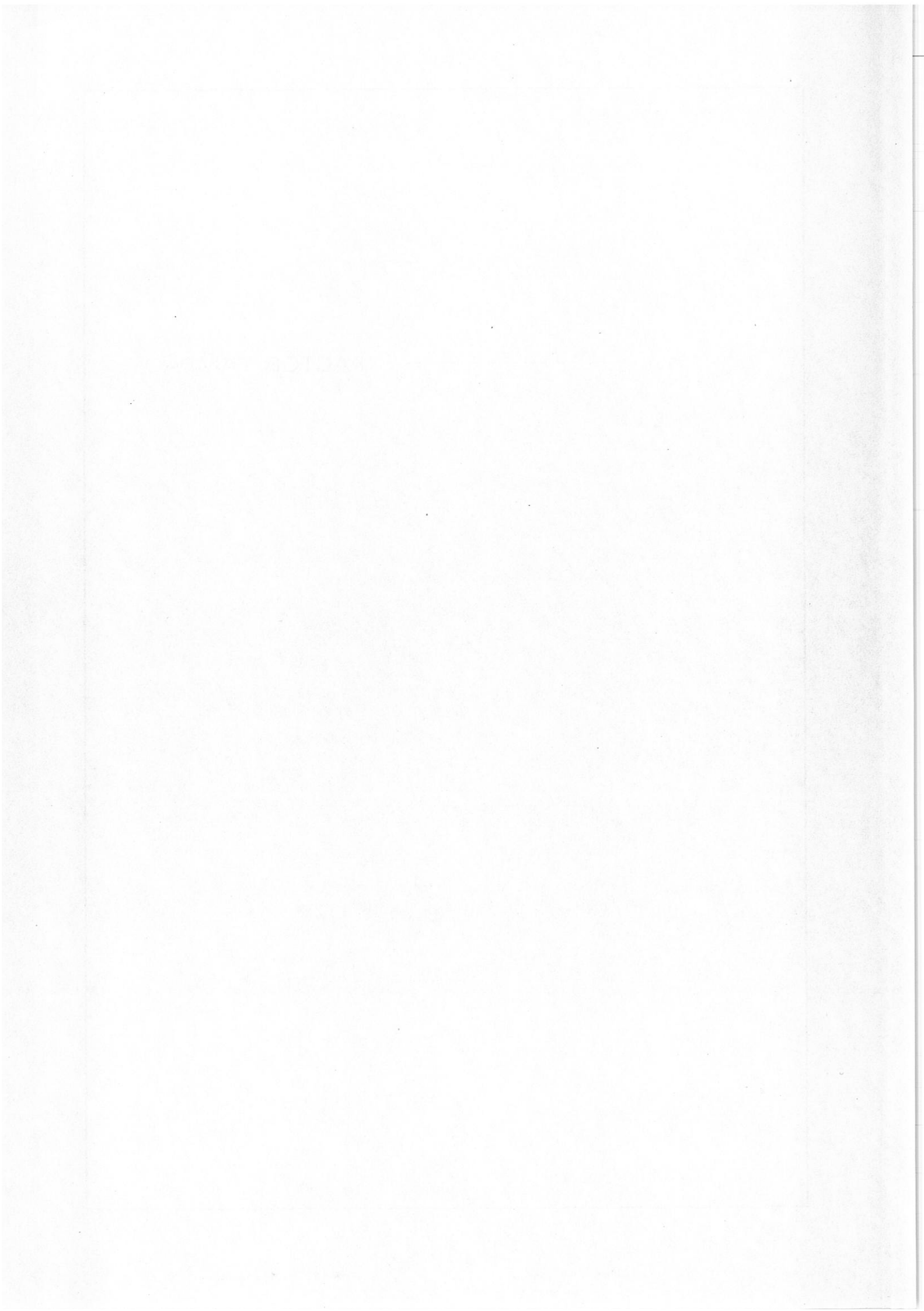
- 1.1 ————— FACTOR TAMPÃO
- 2.1 — CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS
- 3.1 ————— CORRECÇÃO DO FACTOR DE  
CONVERSÃO SOLAR
- 4.1 — MASSA TÉRMICA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA



# ANNOUNCEMENT

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
ADMINISTRATIVE SERVICES CENTER  
100 UNIVERSITY AVENUE, SUITE 100  
BERKELEY, CALIFORNIA 94720-1000  
TEL: (415) 495-1000 FAX: (415) 495-1001

1.1 ————— FACTOR TAMPÃO



ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	FACTOR TAMPÃO	77
		1.1

### 1.1 — Factor tampão

Para se evitar o uso de valores aleatórios em casos mais complexos, o factor tampão de uma zona existente entre uma parte aquecida e o exterior pode ser calculado de uma forma precisa através da seguinte igualdade: 70

$$\text{Factor tampão} = \frac{T_i - T_t}{T_i - T_e}$$

No caso de a zona tampão possuir isolamento nocturno (por exemplo, o caso de estufas), ter-se-ão de calcular os factores diurno e nocturno. 71

Pela aplicação da seguinte fórmula calculam-se em primeiro lugar a temperatura da zona tampão e, no caso de haver isolamento nocturno, as temperaturas para os períodos do dia e da noite: 72

$$T_t = \frac{T_i \cdot (k_{it} \cdot A_{it} + V_t \cdot 0,34 \cdot TX_{rait}) + T_e \cdot (k_{et} \cdot A_{et} + V_t \cdot 0,34 \cdot TX_{raet})}{(k_{it} \cdot A_{it} + V_t \cdot 0,34 \cdot TX_{rait}) + (k_{et} \cdot A_{et} + V_t \cdot 0,34 \cdot TX_{raet})} \quad 73$$

em que <sup>22</sup>:

- $T_i$  = temperatura média interior durante o dia;
- $T_t$  = temperatura da zona tampão;
- $T_e$  = temperatura média exterior durante o período de aquecimento;
- $k_{it}, A_{it}$  = valor  $k$  e área do elemento entre o interior e a zona tampão;
- $k_{et}, A_{et}$  = valor  $k$  e área do elemento entre o exterior e a zona tampão;
- $V_t$  = volume da zona tampão;
- $TX_{rait}$  = taxa de renovação de ar interior-tampão;
- $TX_{raet}$  = taxa de renovação de ar exterior-tampão;

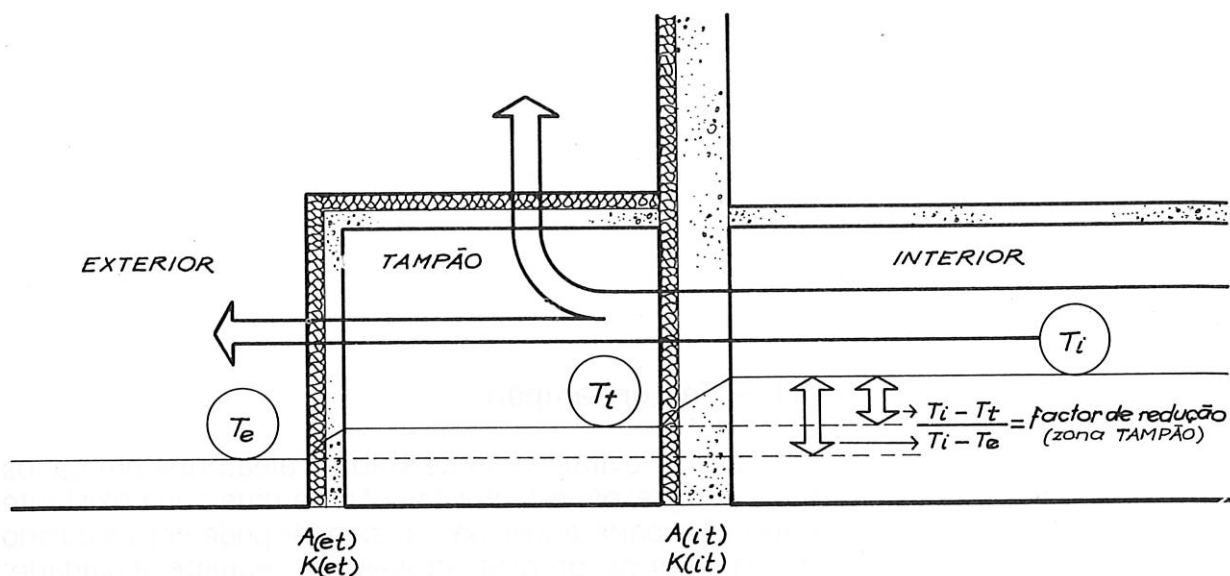


Fig. 1 — Representação esquemática da zona tampão

## 74 Exemplo (estufa):

Pressupostos:

$$T_i = \left( \frac{18 + 24}{2} \right) = 21^\circ\text{C};$$

$$T_e = 7^\circ\text{C};$$

$$k_{it} = \text{dia: } 3,6 \text{ Wh/m}^2\text{K}; \text{ noite: } 0,65 \text{ Wh/m}^2\text{K};$$

$$A_{it} = 12 \text{ m}^2;$$

$$k_{et} = 2,5 \text{ Wh/m}^2\text{K};$$

$$A_{et} = 25 \text{ m}^2;$$

$$V_t = 36 \text{ m}^3;$$

$$Tx_{rait} = \text{dia: } 0,0; \text{ noite: } 0,0;$$

$$Tx_{raet} = \text{dia: } 0,5; \text{ noite: } 0,0^{23};$$

$$T_i \text{ dia} = \frac{21 \cdot 3,6 \cdot 12 + 7 (2,5 \cdot 25 + 36 \cdot 0,34 \cdot 0,5)}{3,6 \cdot 12 + (2,5 \cdot 25 + 36 \cdot 0,34 \cdot 0,5)} = 12,4^\circ\text{C};$$

$$T_i \text{ noite} = \frac{18 \cdot 0,65 \cdot 12 + 7 (2,5 \cdot 25)}{0,65 \cdot 12 + (2,5 \cdot 25)} = 8,2^\circ\text{C};$$

<sup>23</sup> Por ser insignificante, considerámos nula a taxa de renovação do ar interior-tampão.

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	FACTOR TAMPÃO	79
		1.1

$$\text{Factor tampão dia} = \frac{21 - 12,4}{21 - 7} = 0,61;$$

$$\text{Factor tampão noite} = \frac{18 - 8,2}{18 - 7} = 0,89;$$

$$\text{Factor tampão média diária} = \frac{14h \cdot 0,89 + 10h \cdot 0,61}{24h} = 0,77$$

Assim, o factor tampão aparece sempre como um factor de redução para a diferença de temperatura entre um espaço aquecido e o exterior, com a ajuda do qual em edifícios com zonas temperadas só se quantificam as perdas térmicas das zonas aquecidas.



2.1 — CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS	83
		2.1

## 2.1 — Contributos térmicos internos

Contributos térmicos internos são todos aqueles que resultam automaticamente da presença de habitantes, sendo produzidos pela iluminação, aquecimento de água, preparação de alimentos, etc., ou até mesmo pelo próprio corpo humano. 76

É de referir que estas fontes térmicas interiores, ao contrário, por exemplo, dos aparelhos para aquecimento, não podem ser doseadas, aquecendo sempre o meio ambiente mesmo quando já existe sobreaquecimento. 77

Segue-se um exemplo de quantificação destes contributos: 78

### 1) Calor produzido pelo corpo humano:

Segundo os vários estados <sup>24</sup>:

- a) Dormir — 70 W;
- b) Repouso — 115 W;
- c) Actividade média — 290 W;
- d) Actividade ligeira [média de b) e c)] — ~ 200 W;

Média diária por adulto:

$\frac{1}{3}$ = Oito horas a dormir —	
8 h × 70 W = . . . . .	560 Wh
$\frac{1}{3}$ = Oito horas de actividade ligeira — 8 h ×	
× 200 W = . . . . .	1600 Wh
$\frac{1}{3}$ = oito horas de ausência da habitação . . . . .	—
<i>Total</i> [1]) . . . . .	<u>2160 Wh/d.p.</u>

### 2) Calor produzido por fontes térmicas domésticas por pessoa:

- a) Iluminação — 250 Wh/d a 750 Wh/d — média . . . . . 500 Wh/d

<sup>24</sup> V. fig. 69.5, vol. 1.

84	<b>CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS</b>	<b>ENERGIA SOLAR</b>
2.1		<b>PASSIVA — 2</b>

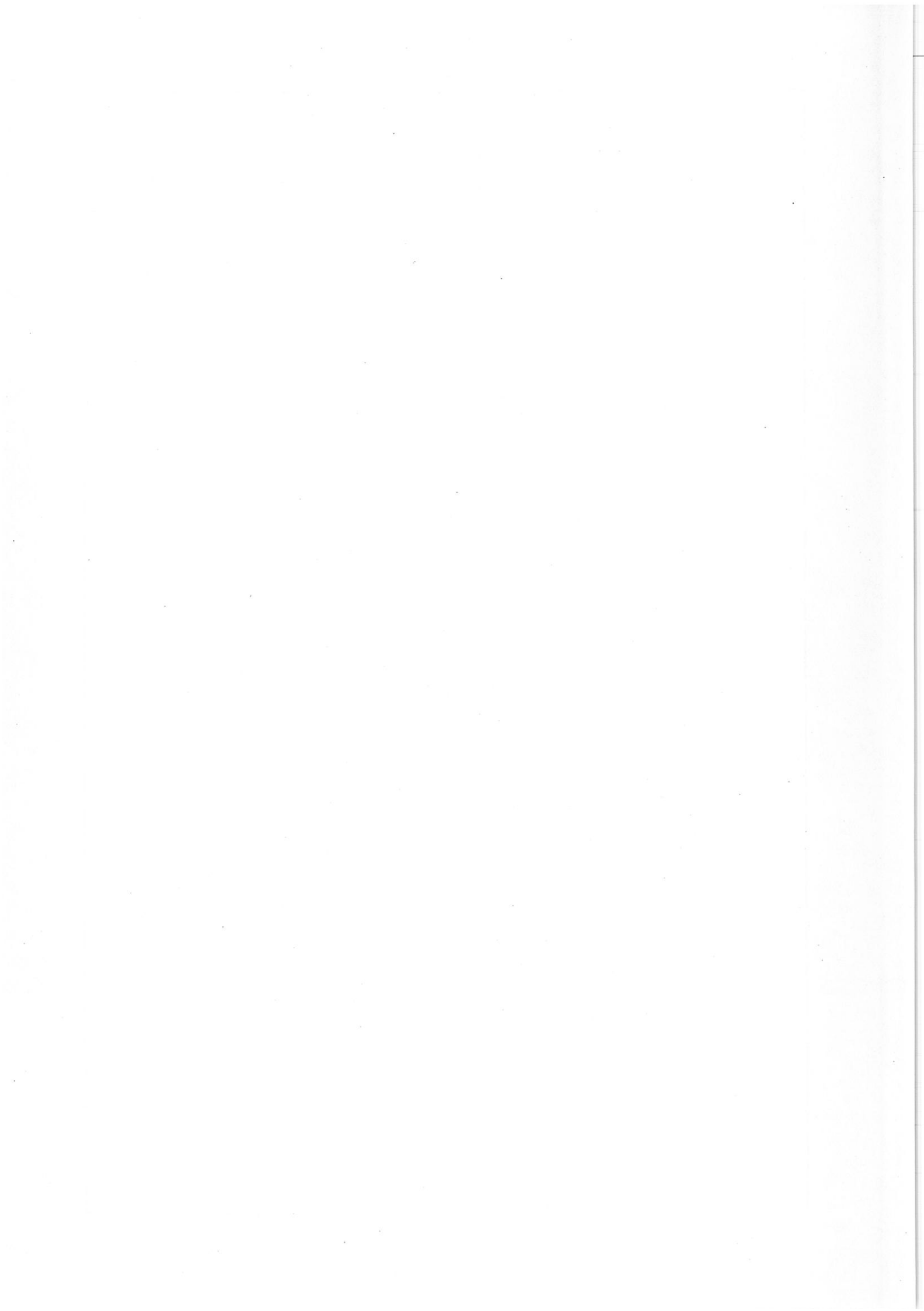
- b) Aquecimento de águas —  
250 Wh/d a 1250 Wh/d —  
média . . . . . 750 Wh/d
  - c) Cozinha — 500 Wh/d a  
1500 Wh/d — média . . . 1000 Wh/d
  - d) Electrodomésticos (má-  
quina de lavar, torradei-  
ra, frigorífico, arca frigo-  
rífica, etc.) — 500 Wh/d a  
1500 Wh/d — média . . . 1000 Wh/d
- Total [2]) . . . . 3250 Wh/d.p.

Total [1] + 2]) = 5,410 Wh/d.p. ~ 5,5 kWh/dia • pessoa.

79 A fim de informarmos convenientemente a coluna respeitante aos contributos térmicos internos (coluna 20, quadro 2.0), podemos recorrer ainda ao preenchimento do quadro 2.1:

<b>QUADRO 2.1 CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS</b>				PROJ. Nº
$\textcircled{19} \quad \times \quad \textcircled{1} \quad \times \quad \textcircled{16} \quad = \quad \textcircled{20}$				
MESES	CONTRIBUTOS TÉRMICOS POR DIA E PESSOA (kWh/dia .p.)	NÚMERO DE PESSOAS POR HABITAÇÃO (crianças=0.5)	DIAS DO MÊS	CONTRIBUTOS TÉRMICOS INTERNOS (kWh)
janeiro			31	
fevereiro			28	
março			31	
abril			30	
maio			31	
junho			30	
julho			31	
agosto			31	
setembro			30	
outubro			31	
novembro			30	
dezembro			31	
ANO				

3.1 ————— CORRECÇÃO DO FACTOR DE  
CONVERSÃO SOLAR



ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	CORRECÇÃO DO FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR	87
		3.1

### 3.1 — Correção do factor de conversão solar

No caso de não se verificarem os pressupostos de validade referentes aos vãos envidraçados orientados a sul e descritos inicialmente, o cálculo do factor de correção solar processa-se de forma bastante mais complexa, sobre a qual damos seguidamente uma breve noção. 80

Para se obter um valor tão preciso quanto possível da radiação solar absorvida no interior do edifício, tomam-se em linha de conta vários outros factores de influência, tais como: 81

- a) Orientação e inclinação das superfícies colectoras; 82
- b) Sombreamento;
- c) Reflexão do solo e meio envolvente;
- d) Fracção de vidro nas janelas;
- e) Factor de transparência solar dos vidros.

Com a ajuda do quadro 3.1 podemos obter, pelo produto de todos os factores acima referidos, o valor final de correção solar, que se inscreverá na coluna 29 dos quadros 3.1 e 3.0, que não deve ser inferior a 0,45 nos meses de aquecimento, sob pena de obrigar à revisão e modificação das condições gerais do projecto <sup>25</sup>. 83

a) *Orientação e inclinação das superfícies colectoras.* — Na primeira coluna (24) inscreve-se o valor de conversão da radiação para um plano com uma determinada inclinação e orientação e que é o produto dos valores consultados nas tabelas 1, 7 e 8. 84

<sup>25</sup> Quando existirem vários grupos de vãos envidraçados com orientações e inclinações idênticas deve preencher-se um quadro para cada grupo, calculando-se no final a média proporcional dos valores obtidos.

88	<b>CORRECÇÃO DO FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
3.1		

85 Exemplo:

Cálculo do valor de conversão da radiação solar do plano horizontal para um plano com azimute 30° sul e inclinação de 75° para a latitude N. de 39° nos meses de Janeiro e Março:

Tabela 1 — 1,456 e 0,801;

Tabela 7 — 0,89 e 0,95;

Tabela 8 — 1,10 e 1,17.

Factor de correcção orientação/inclinação:

Para Jan. —  $1,456 \times 0,89 \times 1,10 = 1,425$ ;

Para Mar. —  $0,801 \times 0,95 \times 1,17 = 0,837$ .

<b>QUADRO 3.1 CORRECÇÃO DO FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR</b>						PROJ. Nº
GRUPO DE JANELAS: _____ ORIENTAÇÃO: _____ INCLINAÇÃO: _____						
<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px 10px;">24</span> × <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px 10px;">25</span> × <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px 10px;">26</span> × <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px 10px;">27</span> × <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px 10px;">28</span> = <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px 10px;">29</span>						
MESES	FACTORES DE CORRECÇÃO PARA:					FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR
	ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO	SOMBREAMENTO	REFLEXÃO	FRACÇÃO DE VIDRO DOS VÃOS	FACTOR DE TRANSPARÊNCIA DO VIDRO	
janeiro						
fevereiro						
março						
abril						
maio						
junho						
julho						
agosto						
setembro						
outubro						
novembro						
dezembro						

**TABELA 7** FACTOR DE CONVERSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR DO PLANO VERTICAL A SUL PARA O PL. VERTICAL COM OS SEQUINTEZ AZIMUTES SUL

LATITUDES	L.N. 37°					L.N. 39°					L.N. 41°				
AZIMUTES SUL MESES	15°	30°	45°	60°	90°	15°	30°	45°	60°	90°	15°	30°	45°	60°	90°
janeyro	0.97	0.89	0.79	0.69	0.49	0.97	0.89	0.79	0.68	0.47	0.97	0.89	0.78	0.67	0.45
fevereiro	0.98	0.92	0.84	0.76	0.58	0.97	0.91	0.83	0.74	0.56	0.97	0.90	0.82	0.72	0.53
março	0.99	0.96	0.93	0.88	0.74	0.99	0.95	0.91	0.85	0.71	0.98	0.94	0.89	0.83	0.67
abril	1.02	1.05	1.07	1.08	1.01	1.01	1.03	1.05	1.04	0.96	1.01	1.02	1.02	1.01	0.91
maio	1.04	1.13	1.21	1.27	1.27	1.04	1.11	1.18	1.22	1.21	1.03	1.09	1.15	1.18	1.15
junho	1.05	1.17	1.27	1.35	1.39	1.05	1.15	1.24	1.31	1.33	1.04	1.13	1.21	1.27	1.27
julho	1.05	1.16	1.26	1.33	1.36	1.05	1.14	1.23	1.29	1.30	1.04	1.12	1.19	1.25	1.24
agosto	1.03	1.09	1.13	1.16	1.12	1.02	1.07	1.11	1.13	1.07	1.02	1.05	1.09	1.10	1.03
setembro	1.00	0.99	0.98	0.96	0.85	1.00	0.98	0.96	0.93	0.80	0.99	0.97	0.94	0.90	0.76
outubro	0.98	0.93	0.87	0.80	0.64	0.98	0.93	0.86	0.78	0.61	0.98	0.92	0.84	0.76	0.58
novembro	0.97	0.90	0.80	0.71	0.51	0.97	0.89	0.79	0.69	0.49	0.97	0.89	0.79	0.68	0.47
dezembro	0.97	0.89	0.79	0.68	0.47	0.97	0.89	0.78	0.67	0.45	0.97	0.89	0.77	0.66	0.44

NOTA: OS VALORES PARA AS LATITUDES N. 38°, 40° E 42° PODEM SER INTERPOLADOS



90	<b>CORRECÇÃO DO FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
3.1		

**TABELA 8A** FACTOR DE CONVERSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR, DO PLANO VERTICAL PARA PLANOS INCLINADOS (45°, 60° E 75°) COM O MESMO AZIMUTE SUL

<b>LAT. N. 37°</b>																
AZIMUTES SUL	0°				30°				60°				90°			
	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°
INCLINAÇÃO MESES																
Janeiro	1.10	1.12	1.09	1.00	1.15	1.16	1.11	1.00	1.23	1.20	1.12	1.00	1.32	1.23	1.11	1.00
fevereiro	1.20	1.19	1.12	1.00	1.24	1.22	1.14	1.00	1.29	1.24	1.14	1.00	1.34	1.24	1.12	1.00
março	1.37	1.31	1.18	1.00	1.37	1.30	1.17	1.00	1.36	1.28	1.15	1.00	1.38	1.26	1.13	1.00
abril	1.64	1.48	1.26	1.00	1.54	1.41	1.22	1.00	1.45	1.33	1.17	1.00	1.42	1.29	1.15	1.00
maio	1.92	1.66	1.35	1.00	1.71	1.50	1.26	1.00	1.53	1.37	1.19	1.00	1.46	1.32	1.16	1.00
junho	2.05	1.75	1.38	1.00	1.78	1.55	1.27	1.00	1.56	1.38	1.20	1.00	1.48	1.33	1.16	1.00
julho	2.01	1.72	1.37	1.00	1.76	1.53	1.27	1.00	1.55	1.38	1.19	1.00	1.48	1.32	1.16	1.00
agosto	1.78	1.57	1.30	1.00	1.62	1.46	1.24	1.00	1.49	1.35	1.18	1.00	1.44	1.30	1.15	1.00
setembro	1.48	1.38	1.21	1.00	1.44	1.34	1.19	1.00	1.40	1.30	1.16	1.00	1.40	1.27	1.14	1.00
outubro	1.26	1.23	1.14	1.00	1.29	1.25	1.15	1.00	1.32	1.25	1.14	1.00	1.36	1.25	1.13	1.00
novembro	1.12	1.14	1.10	1.00	1.17	1.17	1.11	1.00	1.24	1.20	1.12	1.00	1.32	1.23	1.12	1.00
dezembro	1.08	1.11	1.08	1.00	1.13	1.14	1.10	1.00	1.22	1.20	1.12	1.00	1.31	1.23	1.11	1.00

NOTA: OS VALORES PARA OS AZIMUTES 15°, 45° E 75° PODEM SER INTERPOLADOS

<b>LAT. N. 38°</b>																
AZIMUTES SUL	0°				30°				60°				90°			
	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°
INCLINAÇÃO MESES																
Janeiro	1.09	1.12	1.09	1.00	1.14	1.15	1.10	1.00	1.23	1.20	1.12	1.00	1.31	1.23	1.11	1.00
fevereiro	1.18	1.18	1.12	1.00	1.23	1.21	1.13	1.00	1.28	1.23	1.13	1.00	1.34	1.24	1.12	1.00
março	1.35	1.29	1.18	1.00	1.36	1.29	1.17	1.00	1.36	1.27	1.17	1.00	1.38	1.26	1.13	1.00
abril	1.62	1.46	1.26	1.00	1.53	1.40	1.21	1.00	1.44	1.32	1.17	1.00	1.42	1.29	1.15	1.00
maio	1.89	1.64	1.34	1.00	1.69	1.49	1.25	1.00	1.52	1.36	1.19	1.00	1.46	1.31	1.16	1.00
junho	2.01	1.72	1.37	1.00	1.76	1.53	1.27	1.00	1.55	1.38	1.19	1.00	1.48	1.32	1.16	1.00
julho	1.99	1.70	1.36	1.00	1.75	1.52	1.27	1.00	1.54	1.38	1.19	1.00	1.47	1.32	1.16	1.00
agosto	1.75	1.55	1.29	1.00	1.61	1.44	1.23	1.00	1.48	1.34	1.18	1.00	1.44	1.30	1.15	1.00
setembro	1.46	1.36	1.20	1.00	1.43	1.34	1.19	1.00	1.39	1.29	1.16	1.00	1.40	1.27	1.14	1.00
outubro	1.24	1.22	1.14	1.00	1.29	1.25	1.15	1.00	1.31	1.25	1.14	1.00	1.36	1.25	1.13	1.00
novembro	1.11	1.13	1.09	1.00	1.16	1.16	1.11	1.00	1.24	1.20	1.12	1.00	1.32	1.23	1.12	1.00
dezembro	1.07	1.10	1.08	1.00	1.12	1.14	1.09	1.00	1.20	1.19	1.11	1.00	1.31	1.22	1.11	1.00

**TABELA 8B** FACTOR DE CONVERSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR DO PLANO VERTICAL PARA PLANOS INCLINADOS (45°, 60° E 75°) COM O MESMO AZIMUTE SUL

**LAT. N. 39°**

AZIMUTES SUL	0°				30°				60°				90°			
	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°
INCLINAÇÃO MESES																
Janeiro	1.08	1.11	1.08	1.00	1.13	1.14	1.10	1.00	1.22	1.20	1.12	1.00	1.31	1.23	1.11	1.00
fevereiro	1.17	1.17	1.11	1.00	1.22	1.20	1.13	1.00	1.27	1.23	1.13	1.00	1.34	1.24	1.12	1.00
março	1.34	1.28	1.17	1.00	1.34	1.28	1.17	1.00	1.35	1.27	1.15	1.00	1.37	1.26	1.13	1.00
abril	1.60	1.45	1.25	1.00	1.52	1.39	1.21	1.00	1.43	1.32	1.17	1.00	1.42	1.29	1.15	1.00
maio	1.86	1.62	1.33	1.00	1.67	1.49	1.25	1.00	1.51	1.36	1.19	1.00	1.45	1.31	1.16	1.00
junho	1.99	1.70	1.36	1.00	1.75	1.52	1.27	1.00	1.54	1.38	1.19	1.00	1.47	1.32	1.16	1.00
julho	1.96	1.68	1.35	1.00	1.73	1.52	1.26	1.00	1.53	1.37	1.19	1.00	1.47	1.32	1.16	1.00
agosto	1.73	1.54	1.29	1.00	1.59	1.43	1.23	1.00	1.47	1.34	1.18	1.00	1.44	1.30	1.15	1.00
setembro	1.43	1.35	1.20	1.00	1.41	1.33	1.19	1.00	1.38	1.29	1.16	1.00	1.39	1.27	1.14	1.00
outubro	1.23	1.21	1.13	1.00	1.27	1.23	1.14	1.00	1.30	1.24	1.14	1.00	1.35	1.25	1.13	1.00
novembro	1.10	1.12	1.09	1.00	1.15	1.16	1.11	1.00	1.23	1.20	1.12	1.00	1.32	1.23	1.11	1.00
dezembro	1.06	1.09	1.07	1.00	1.11	1.13	1.09	1.00	1.21	1.19	1.11	1.00	1.30	1.22	1.11	1.00

NOTA: OS VALORES PARA OS AZIMUTES 15°, 45° E 75° PODEM SER INTERPOLADOS

**LAT. N. 40°**

AZIMUTES SUL	0°				30°				60°				90°			
	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°
INCLINAÇÃO MESES																
Janeiro	1.07	1.10	1.08	1.00	1.12	1.14	1.09	1.00	1.20	1.19	1.11	1.00	1.31	1.22	1.11	1.00
fevereiro	1.16	1.16	1.11	1.00	1.21	1.20	1.12	1.00	1.27	1.20	1.13	1.00	1.33	1.24	1.12	1.00
março	1.32	1.27	1.16	1.00	1.33	1.28	1.16	1.00	1.34	1.26	1.15	1.00	1.37	1.26	1.13	1.00
abril	1.57	1.44	1.24	1.00	1.50	1.38	1.21	1.00	1.43	1.31	1.17	1.00	1.41	1.28	1.15	1.00
maio	1.83	1.61	1.32	1.00	1.66	1.48	1.25	1.00	1.49	1.35	1.18	1.00	1.45	1.31	1.16	1.00
junho	1.96	1.68	1.35	1.00	1.73	1.52	1.26	1.00	1.53	1.37	1.19	1.00	1.47	1.32	1.16	1.00
julho	1.92	1.66	1.35	1.00	1.71	1.50	1.26	1.00	1.53	1.37	1.19	1.00	1.46	1.32	1.16	1.00
agosto	1.70	1.52	1.28	1.00	1.58	1.43	1.23	1.00	1.46	1.34	1.18	1.00	1.43	1.30	1.15	1.00
setembro	1.41	1.34	1.19	1.00	1.40	1.32	1.18	1.00	1.38	1.28	1.16	1.00	1.39	1.27	1.14	1.00
outubro	1.21	1.20	1.13	1.00	1.25	1.23	1.14	1.00	1.30	1.24	1.14	1.00	1.35	1.22	1.12	1.00
novembro	1.09	1.12	1.09	1.00	1.14	1.15	1.10	1.00	1.23	1.20	1.12	1.00	1.31	1.23	1.11	1.00
dezembro	1.05	1.09	1.07	1.00	1.09	1.12	1.09	1.00	1.12	1.18	1.11	1.00	1.30	1.20	1.11	1.00

92	<b>CORRECÇÃO DO FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
3.1		

**TABELA 8C** FACTOR DE CONVERSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR, DO PLANO VERTICAL PARA PLANOS INCLINADOS (45°, 60° E 75°) COM O MESMO AZIMUTE SUL

<b>LAT. N. 41°</b>																
AZIMUTES SUL	0°				30°				60°				90°			
INCLINAÇÃO MESES	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°
jan	1.06	1.09	1.07	1.00	1.11	1.13	1.09	1.00	1.21	1.19	1.11	1.00	1.30	1.22	1.11	1.00
fev	1.14	1.15	1.10	1.00	1.19	1.19	1.12	1.00	1.26	1.22	1.13	1.00	1.33	1.24	1.12	1.00
mar	1.29	1.25	1.15	1.00	1.31	1.27	1.16	1.00	1.33	1.26	1.15	1.00	1.36	1.25	1.13	1.00
abr	1.55	1.42	1.23	1.00	1.48	1.37	1.20	1.00	1.42	1.31	1.17	1.00	1.41	1.28	1.14	1.00
maio	1.80	1.59	1.31	1.00	1.64	1.47	1.24	1.00	1.49	1.35	1.18	1.00	1.45	1.31	1.15	1.00
jun	1.92	1.66	1.35	1.00	1.71	1.50	1.26	1.00	1.53	1.37	1.19	1.00	1.46	1.32	1.16	1.00
jul	1.89	1.64	1.34	1.00	1.69	1.49	1.25	1.00	1.52	1.36	1.19	1.00	1.46	1.31	1.16	1.00
ago	1.67	1.50	1.27	1.00	1.56	1.42	1.22	1.00	1.46	1.33	1.18	1.00	1.43	1.29	1.15	1.00
set	1.39	1.32	1.19	1.00	1.39	1.31	1.18	1.00	1.37	1.28	1.16	1.00	1.38	1.27	1.14	1.00
out	1.20	1.19	1.12	1.00	1.24	1.22	1.14	1.00	1.29	1.24	1.14	1.00	1.34	1.24	1.12	1.00
nov	1.08	1.11	1.08	1.00	1.13	1.14	1.10	1.00	1.22	1.20	1.12	1.00	1.31	1.23	1.11	1.00
dez	1.05	1.09	1.07	1.00	1.08	1.11	1.08	1.00	1.20	1.18	1.11	1.00	1.30	1.22	1.11	1.00
NOTA: OS VALORES PARA OS AZIMUTES 15°, 45° E 75° PODEM SER INTERPOLADOS																
<b>LAT. N. 42°</b>																
AZIMUTES SUL	0°				30°				60°				90°			
INCLINAÇÃO MESES	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°	45°	60°	75°	90°
jan	1.05	1.09	1.07	1.00	1.09	1.12	1.09	1.00	1.12	1.18	1.11	1.00	1.30	1.20	1.11	1.00
fev	1.13	1.15	1.10	1.00	1.18	1.18	1.12	1.00	1.25	1.20	1.11	1.00	1.33	1.24	1.12	1.00
mar	1.28	1.24	1.14	1.00	1.30	1.26	1.16	1.00	1.33	1.26	1.14	1.00	1.36	1.25	1.13	1.00
abr	1.52	1.41	1.22	1.00	1.47	1.36	1.20	1.00	1.41	1.31	1.17	1.00	1.40	1.28	1.14	1.00
maio	1.78	1.57	1.30	1.00	1.62	1.46	1.24	1.00	1.49	1.35	1.18	1.00	1.44	1.30	1.15	1.00
jun	1.89	1.64	1.34	1.00	1.69	1.49	1.25	1.00	1.52	1.36	1.19	1.00	1.46	1.31	1.16	1.00
jul	1.86	1.62	1.33	1.00	1.68	1.48	1.25	1.00	1.51	1.36	1.19	1.00	1.45	1.31	1.16	1.00
ago	1.64	1.48	1.26	1.00	1.54	1.41	1.22	1.00	1.45	1.33	1.17	1.00	1.42	1.29	1.15	1.00
set	1.37	1.31	1.18	1.00	1.37	1.30	1.17	1.00	1.36	1.28	1.15	1.00	1.38	1.26	1.13	1.00
out	1.18	1.18	1.12	1.00	1.23	1.21	1.13	1.00	1.28	1.23	1.13	1.00	1.34	1.24	1.12	1.00
nov	1.07	1.10	1.08	1.00	1.12	1.14	1.09	1.00	1.20	1.19	1.11	1.00	1.31	1.22	1.11	1.00
dez	1.04	1.08	1.07	1.00	1.08	1.11	1.08	1.00	1.20	1.17	1.11	1.00	1.29	1.22	1.11	1.00

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	CORRECÇÃO DO FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR	93
		3.1

b) *Sombreamento*. — Na segunda coluna (25) inscreve-se para cada mês o factor de sombreamento, cujo valor é o quociente do número médio de horas diárias sem sombreamento pelo número médio de horas diurnas<sup>26</sup>. 86

A fim de se calcular com maior precisão o tempo que dura o sombreamento causado por um objecto exterior num vão envidraçado pode recorrer-se ao método de representação gráfica, utilizando para o efeito uma máscara-panorama, que, simulando um campo de visão de 180° e sobreposta ao diagrama solar, indica o número de horas de sombreamento<sup>27</sup> e<sup>28</sup>. 87

Exemplo: 88

Cálculo do factor de sombreamento de uma janela com azimute 30° sul a este para a latitude N. de 39° nos meses de Janeiro e Março (v. figs. 2, 3 e 4);

Factor de correcção sombreamento:

Para Janeiro =

$$\frac{\text{número de horas sem sombreamento} = 2,5}{\text{número de horas diurnas} = 10} = 0,25;$$

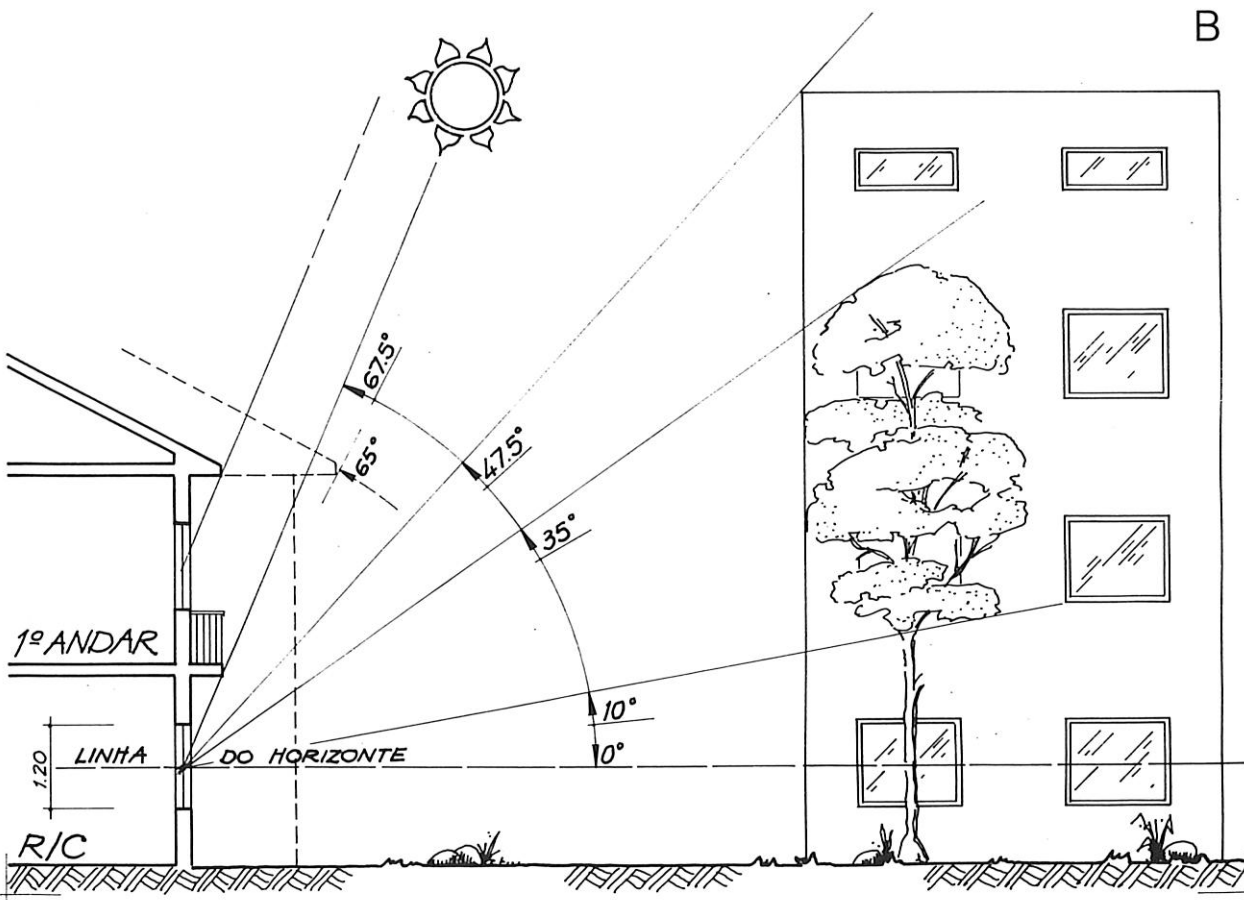
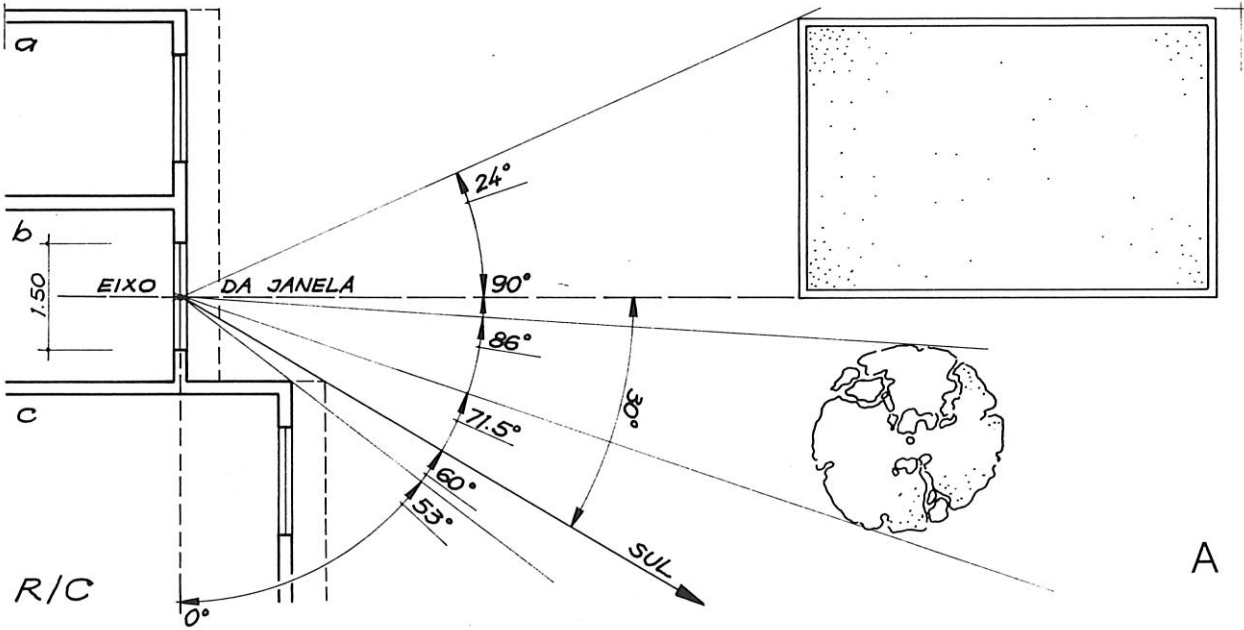
Para Março =

$$\frac{\text{número de horas sem sombreamento} = 5}{\text{número de horas diurnas} = 12} = 0,42.$$

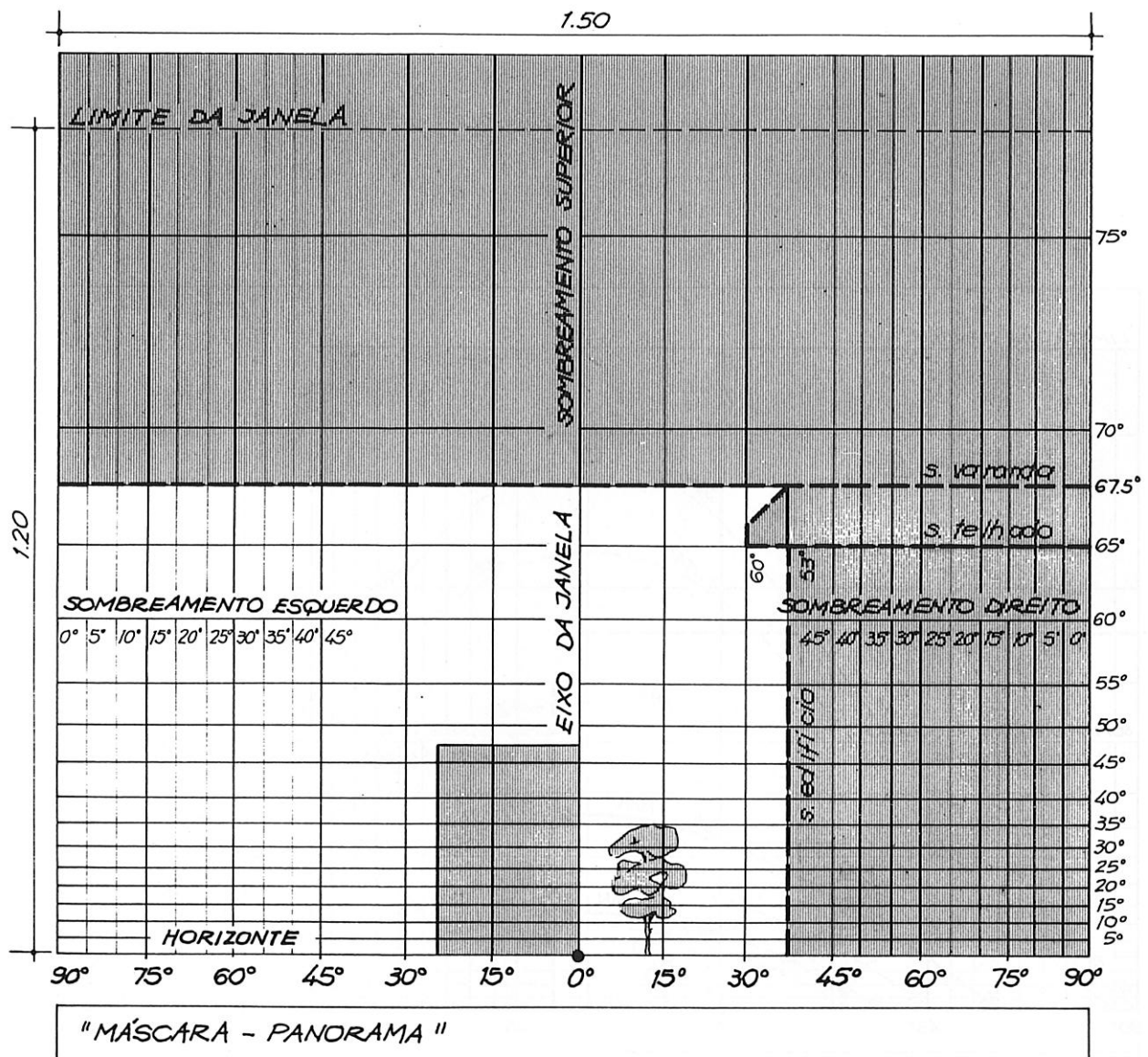
<sup>26</sup> Evidentemente que este factor é sempre relativo, dado que uma hora de sombreamento logo após o nascer do Sol ou ao meio-dia tem significados bem diferentes.

<sup>27</sup> Também os vãos envidraçados das fachadas nascente e poente originam contributos solares, embora reduzidos, que podem ser estimados com a ajuda da máscara-panorama.

<sup>28</sup> V. vol. 1. n.º 5.1.



c) Reflexão do solo e meio envolvente. — Segundo a sua natureza, a superfície do solo e a envolvente do meio exterior podem aumentar, por reflexão em maior ou menor grau, a quantidade de radiação solar captada pelo vão colectador.



Figs. 2 e 3 — Exemplificação esquemática da utilização da máscara-panorama para determinar o sombreamento de uma janela: na figura 2: A — O levantamento dos objectos sombreadores em relação à janela b (edifício, árvore, varanda do 1.º andar, saliência lateral direita do edifício e respectivo beiral de telhado) é feito em plano horizontal mediante a definição dos seus azimutes; B — Em plano vertical é feito o levantamento dos mesmos objectos através da medição das suas alturas angulares. na figura 3: Na máscara-panorama, cuja base representa a largura da janela e onde se determina a altura da mesma, inscrevem-se os pontos correspondentes aos valores obtidos nos eixos horizontais e verticais, cuja ligação define o contorno dos objectos sombreados.

90 Um factor médio de reflexão do solo de 0,25 é geralmente adicionado à quantidade de radiação solar captada por um vão colectador, o que leva a considerar, nos casos deste quadro, o factor igual a 1,25.

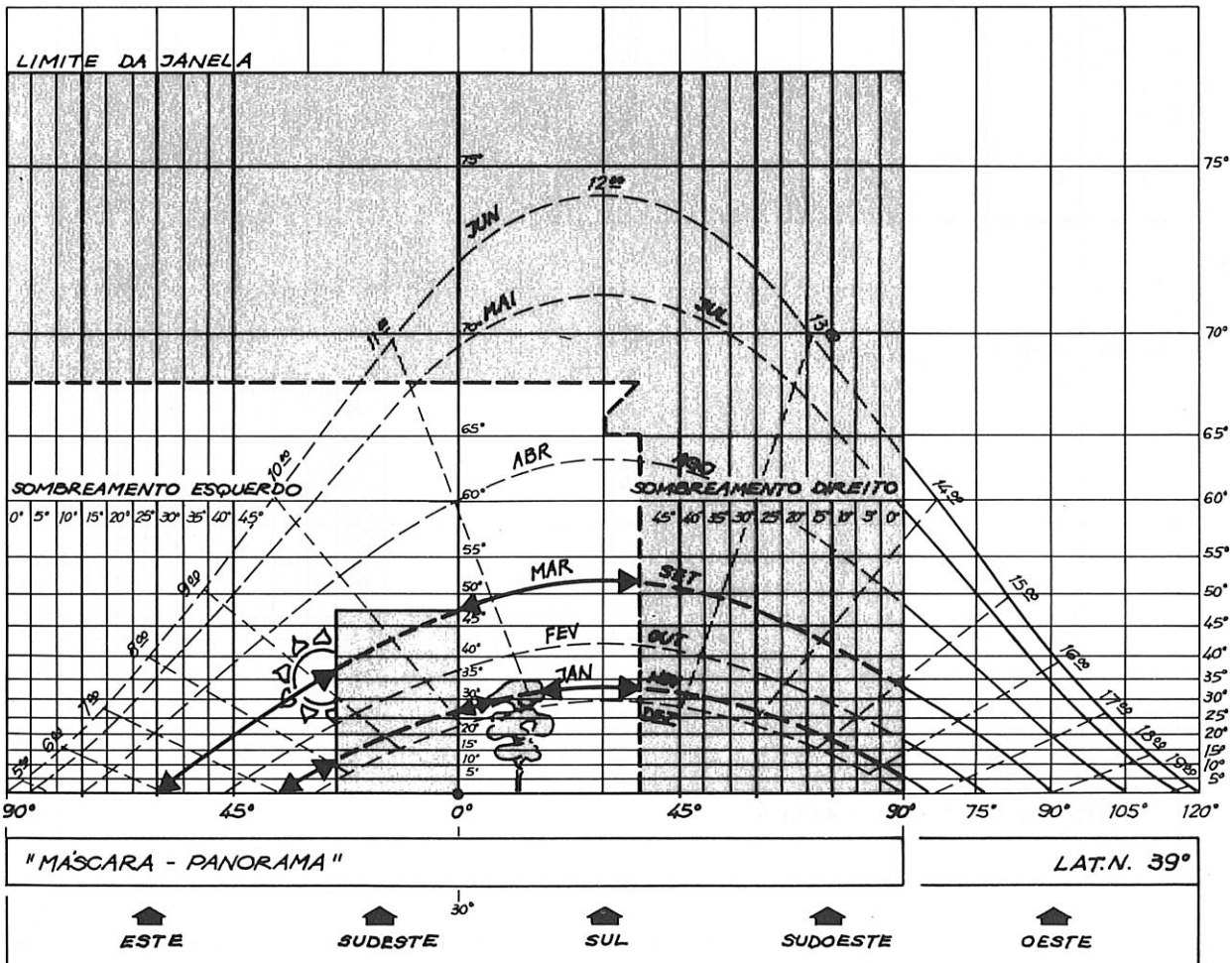


Fig. 4 — Pela justaposição da máscara no diagrama solar, fazendo coincidir o seu eixo com o azimute sul do diagrama idêntico ao da janela (30° para este), obtém-se com muita precisão o panorama solar da janela com o número de horas de insolação e sombreamento para cada mês: Janeiro — duas horas e trinta minutos de insolação e sete horas e trinta minutos de sombreamento; Março — cinco horas de insolação e sete horas de sombreamento.

												90°													90°
												DESVIO 0° DO EIXO CENTRAL													45°
												45°													0°
												SOMBREAMENTO SUPERIOR													40°
												75°													45°
												70°													40°
												65°													35°
												60°													30°
												55°													25°
												50°													20°
												45°													15°
												SOMBREAMENTO ESQUERDO													10°
												0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45°													5°
												SOMBREAMENTO DIREITO													HORIZONTE
												45° 40° 35° 30° 25° 20° 15° 10° 5° 0°													
												40°													
												35°													
												30°													
												25°													
												20°													
												15°													
												10°													
												5°													

" MÁSCARA - PANORAMA "

esc. 1:1



98	<b>CORRECÇÃO DO FACTOR DE CONVERSÃO SOLAR</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
3.1		

91 Nos casos em que a reflexão é excepcionalmente superior àquele valor (solo coberto de neve, grandes fachadas de azulejo branco, etc.), deve efectuar-se o cálculo de um novo factor mediante a utilização dos dados da tabela 9.

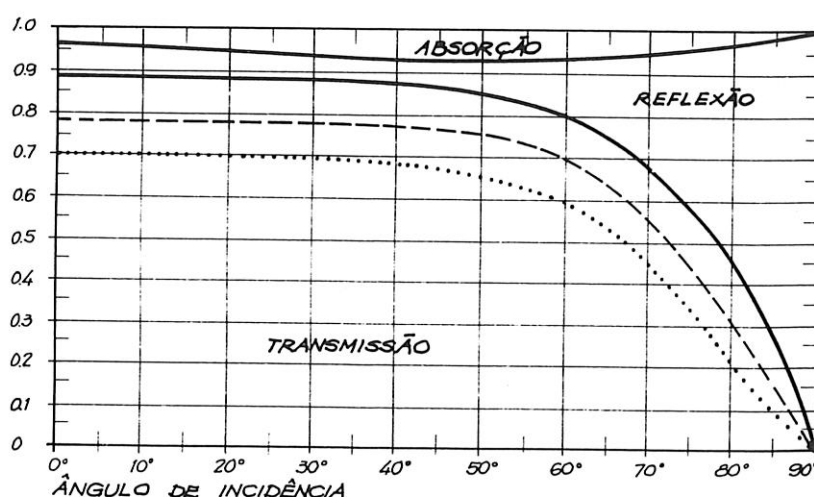
<b>TABELA 9</b> <i>FACTOR DE REFLEXÃO DO SOLO E DO MEIO ENVOLVENTE</i>			
<i>NEVE</i>	<i>RECENTE</i>	<i>0.80 - 0.90</i>	
	<i>N/RECENTE</i>	<i>0.45 - 0.70</i>	
<i>SUPERFÍCIE DE AZULEJO BRANCO</i>		<i>0.55 - 0.75</i>	
<i>SUPERFÍCIE GELADA</i>		<i>0.68</i>	
<i>BETÃO</i>	<i>NOVO</i>	<i>0.50</i>	
	<i>NORMAL</i>	<i>0.30</i>	
	<i>ENVELHECIDO</i>	<i>0.20</i>	
<i>REBOCO CLARO</i>		<i>0.30 - 0.50</i>	
<i>ÁGUA</i>	<i>ALTURA SOLAR</i>	<i>10°</i>	<i>0.45</i>
		<i>20°</i>	<i>0.25</i>
		<i>30°</i>	<i>0.15</i>
		<i>40°</i>	<i>0.10</i>
<i>EDIFICAÇÃO URBANA</i>		<i>0.20 - 0.45</i>	
<i>TIJOLO VERMELHO</i>		<i>0.30 - 0.40</i>	
<i>RELVA</i>		<i>0.25</i>	
<i>SUPERFÍCIE AGRÍCOLA</i>		<i>0.18 - 0.25</i>	
<i>FLORESTAÇÃO</i>	<i>CADUCA</i>	<i>0.15 - 0.20</i>	
	<i>CONÍFERA</i>	<i>0.05 - 0.20</i>	
<i>ASFALTO</i>		<i>0.15</i>	

d) *Fracção de vidro nas janelas.* — A fracção de vidro num vão envidraçado obtém-se através do quociente entre a superfície do vidro (que representa a superfície efectiva de ganho solar) e a área total da janela medida pelo tosco, sendo este valor sempre inferior a 1<sup>29</sup>. 92

e) *Factor de transparência solar dos vidros.* — O factor de transparência do vidro simples normal (ca. de 0,89) já está implícito na tabela 1, pelo que no quadro 3.1 este valor aparece igual a 1. No caso de utilização do vidro duplo aplica-se o factor 0,89 e nos casos de utilização do vidro triplo (extrema raridade entre nós!) aplica-se o factor 0,79 (= 0,89<sup>2</sup>)<sup>30</sup>. 93

**TABELA 10** FRACÇÃO DA ABSORÇÃO, REFLEXÃO E TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR CONSOANTE O ÂNGULO DE INCIDÊNCIA PARA:

— VIDRO SIMPLES; --- VIDRO DUPLO; ..... VIDRO TRIPLO.

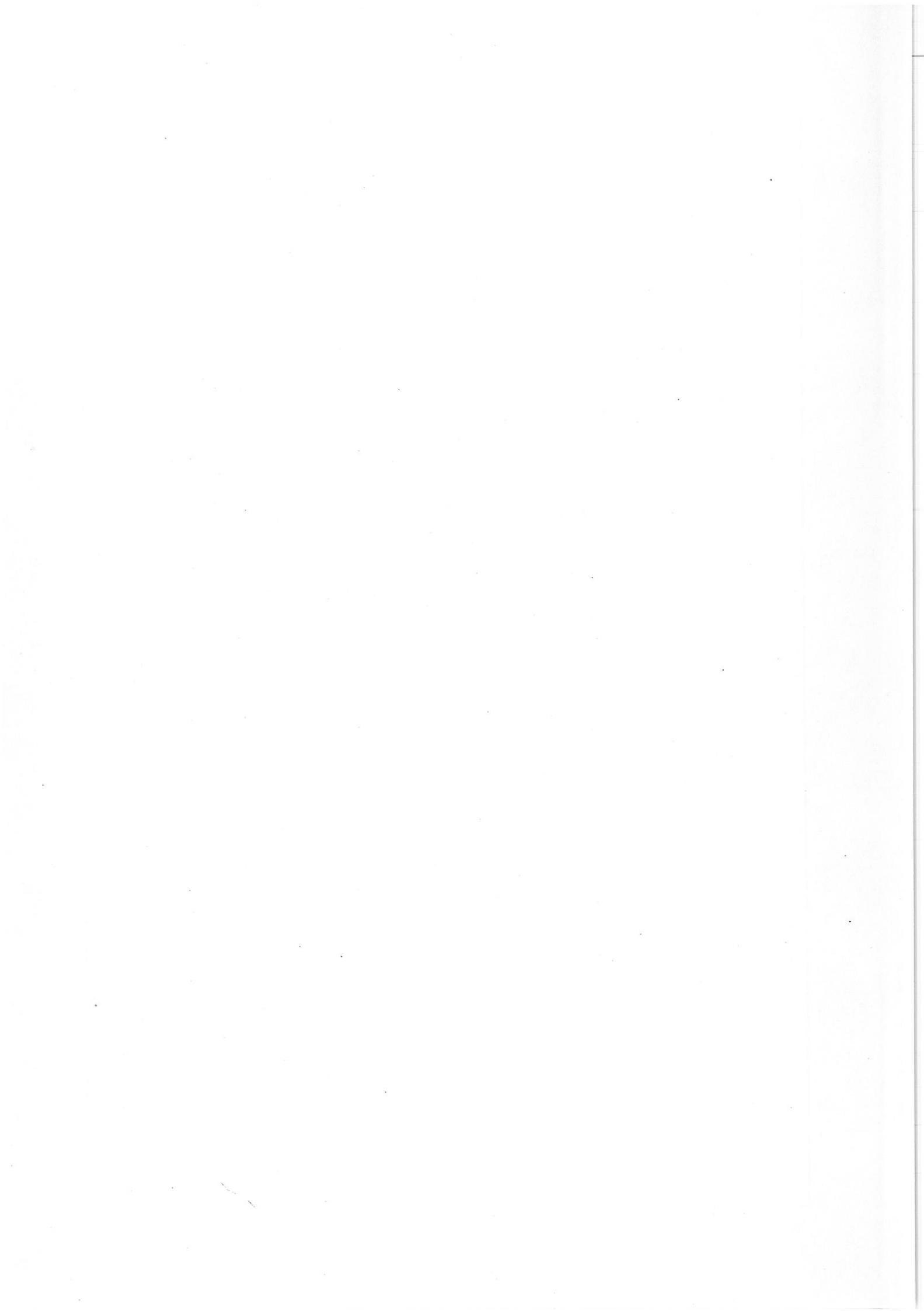


<sup>29</sup> Para maior exactidão dos resultados finais deve calcular-se sempre a fracção do vidro, mesmo quando se verificam os pressupostos de validade do método descritos inicialmente.

<sup>30</sup> V. tabela 10.



#### 4.1 — MASSA TÉRMICA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA



ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	MASSA TÉRMICA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA	103
		4.1

#### 4.1 — Quantificação da massa térmica primária e secundária

A avaliação da capacidade de armazenamento térmico dos diferentes elementos de uma construção é de tal forma complexa que conduz, na literatura da especialidade, às mais diversas interpretações e tratamentos no que respeita a linhas de orientação e normas de aplicação. 94

No intuito de uma melhor compreensão do quadro 4 no que respeita à avaliação da massa térmica de um projecto solar, e sem querer exceder o âmbito deste trabalho, torna-se, no entanto, essencial realçar a diferença entre os seguintes conceitos: 95

Massa térmica primária é aquela cuja superfície fica exposta à radiação solar directa (por exemplo, contentores de água, paredes adjacentes a janelas laterais, pavimentos, etc.), sendo no seu processo de carga e descarga térmica bastante mais efectiva do que a superfície que fica sombreada; 96

Massa térmica secundária é aquela cuja superfície, ficando sombreada (por exemplo, tectos, paredes traseiras, etc.), só é aquecida praticamente por convecção do ar, sofrendo, por isso, uma substancial redução no seu desempenho térmico diário <sup>31</sup>. 97

Como regra prática podemos quantificar esta redução com um factor simplificado de 0,5. Para obtenção de resultados mais precisos aconselhamos, no entanto, a utilização dos seguintes factores referentes a cada material: 98

Adobe — 0,55; betão — 0,35; bloco de betão — 0,40; calcário — 0,40; gesso/estruque — 0,60; granito — 0,35; madeira — 0,80; tijolo maciço — 0,35; tijolo vazado — 0,70 <sup>32</sup>.

<sup>31</sup> A redução da capacidade de acumulação térmica da massa secundária depende da conjugação de muitos factores, como, por exemplo: radiação solar reflectida sobre a massa; diferença de temperatura entre a massa e o meio ambiente; continuidade da carga térmica; condutância térmica superficial; capacidade de acumulação térmica do material; dimensão da superfície do elemento; espessura do elemento (fontes 13, 15 e 16).

<sup>32</sup> Estes factores possuem um carácter relativo por se referirem às espessuras em que os materiais atingem a maior capacidade de acumulação térmica (fonte 5).

104	<b>MASSA TÉRMICA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
4.1		

99 Qualquer elemento de construção da envolvente (exceptuam-se as paredes de *Trombe*) que desempenhe funções de massa acumuladora só é teoricamente actuante (no caso da variação de temperatura num dia de Inverno) até uma determinada profundidade: betão ou materiais pesados — ca. de 9 cm; tijolo ou alvenarias médias — ca. de 12 cm; blocos perfurados ou alvenarias leves — ca. de 15 cm<sup>33</sup>.

100 Assim, os elementos construtivos devem ser quantificados como se possuíssem só essa espessura. Os elementos com isolamento térmico pelo lado exterior sofrem, contudo, uma substancial melhoria no seu processo de desempenho térmico<sup>34</sup>.

---

<sup>33</sup> Se bem que a capacidade de armazenamento térmico de um elemento aumente com a sua espessura, a carga térmica solar produzida num ciclo de vinte e quatro horas (com interrupção ao fim de doze!) não produz, no entanto, efeitos relevantes para além dos 10 cm-12 cm. Isso já não acontece em períodos prolongados de sobreaquecimento na estação quente ou mediante intenso aquecimento suplementar (fonte 13).

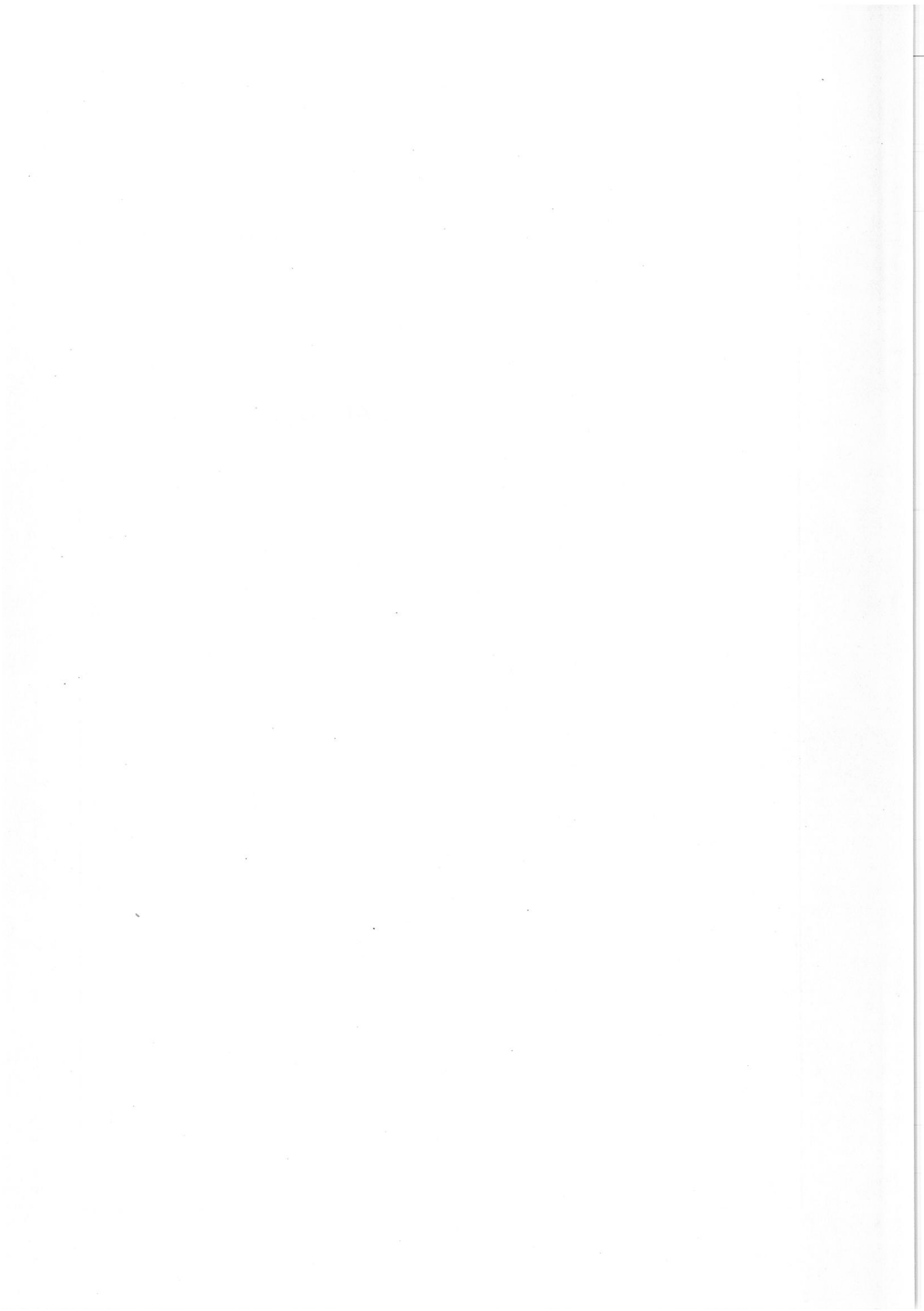
<sup>34</sup> Um elemento construtivo sem isolamento distribui a carga térmica admitida pelas suas duas faces enquanto com isolamento a descarga se efectua praticamente toda pelo mesmo lado (v. fig. 81, vol. 1).

## APÊNDICE B

1 ————— DADOS FÍSICOS

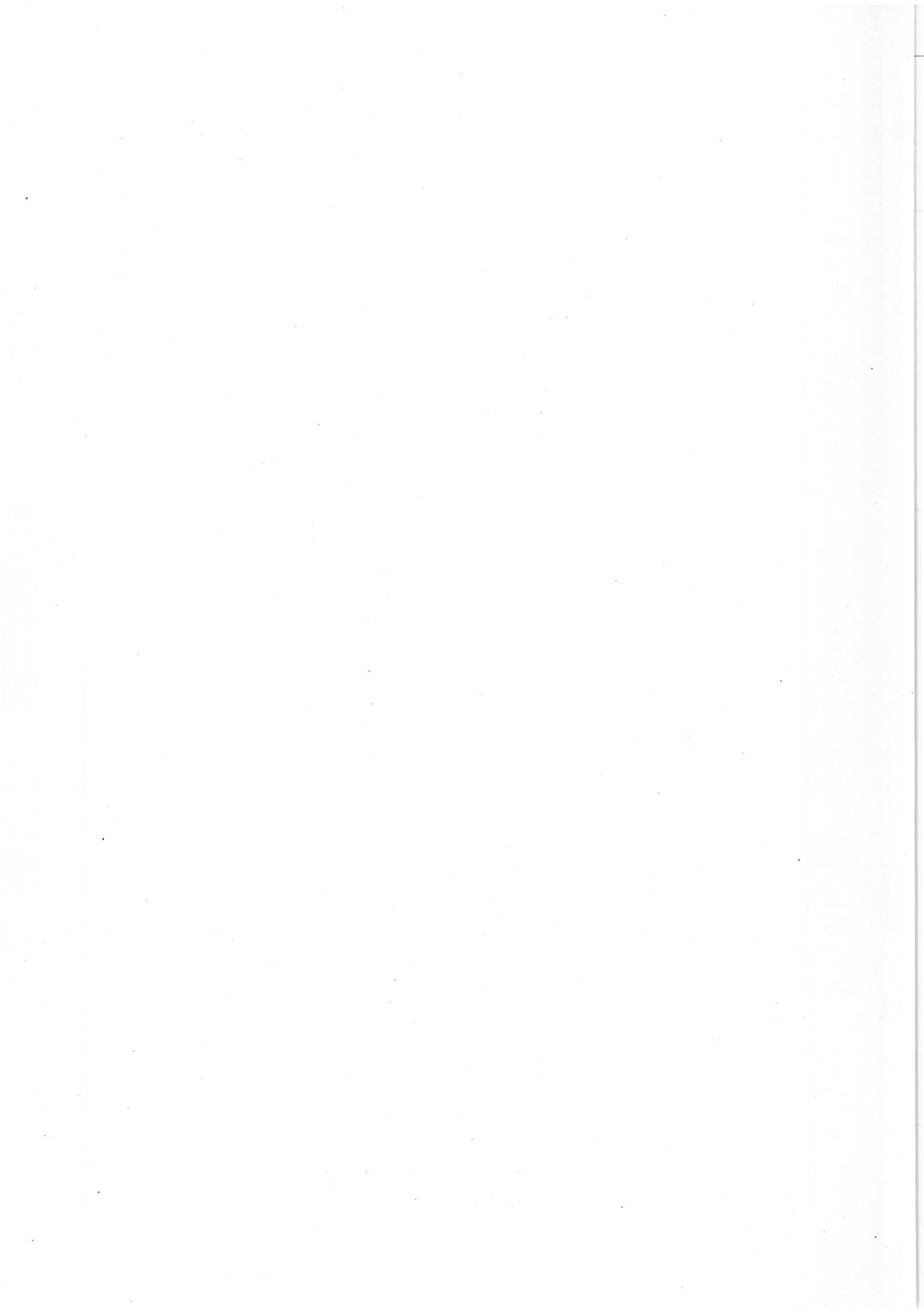
2 ————— DADOS CLIMÁTICOS



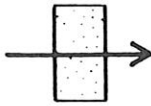
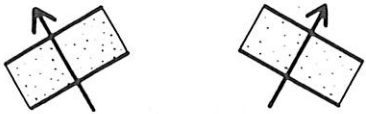
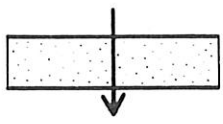
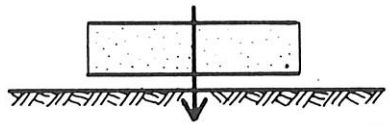


1

DADOS FÍSICOS



**TABELA 11** VALORES DE RESISTÊNCIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS,  $1/h_i$ ,  $1/h_e$  ( $m^2K/W$ )

DIRECÇÃO E SENTIDO DO FLUXO	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
	0.11	0.06	0.17
	0.09	0.05	0.14
	0.17	0.05	0.22
	0.17	0.18	0.35

110	<b>DADOS FÍSICOS</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
1		

<b>TABELA 12-A — DADOS FÍSICOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO</b>				
Materiais	Massa específica (p) Kg/m <sup>3</sup>	Calor específico (c) Wh/Kgk	Armazenamento térmico (S) Wh/m <sup>3</sup> k	Condutibilidade térmica (λ) W/mk
Água .....	1 000	1,167	1 167	0,58
Alcatifa colada .....	300	0,36	108	0,09
Alcatifa não colada .....	270	0,36	97	0,08
Tapete de parede de lã .....	220	0,36	80	0,05
Alvenarias de:				
Blocos de cimento .....	1 000	0,29	290	0,50
Blocos de cimento leve .....	600	0,28	168	0,35
Klinker compacto .....	2 000	0,278	556	1,00
Pedra de calcário .....	1 800	0,24	432	1,00
Tijolo maciço .....	1 800	0,278	500	0,70
tijolo perfurado .....	1 100	0,26	286	0,55
Argamassas de:				
Calcário .....	1 800	0,29	522	1,15
Cimento .....	2 000	0,29	580	1,25
Estuques .....	1 100	0,26	286	0,45
Estuque isolante .....	600	0,26	156	0,20
Gesso .....	1 300	0,26	338	0,35

TABELA 12-B — DADOS FÍSICOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Materiais	Massa específica (p) Kg/m <sup>3</sup>	Calor específico (c) Wh/Kgk	Armazenamento térmico (S) Wh/m <sup>3</sup> k	Condutibilidade térmica (λ) W/mk
Argila expandida .....	350	0,26	91	0,15
Azulejo .....	2 000	0,24	489	1,05
<i>Klinker</i> .....	2 000	0,278	556	3,30
Barro vermelho .....	2 100	0,26	546	1,10
Betão:				
Leve celular .....	600	0,278	166	0,25
Leve estrutural .....	1 700	0,278	472	1,05
Leve isolante .....	1 300	0,278	361	0,70
Jorra com finos .....	1 400	0,278	389	0,50
Jorra sem finos .....	1 100	0,278	305	0,35
Pesado, compacto .....	2 400	0,27	648	1,95
Pesado, não compacto .....	2 000	0,26	520	1,45

112	<b>DADOS FÍSICOS</b>	<b>ENERGIA SOLAR</b>
1		<b>PASSIVA — 2</b>

<b>TABELA 12-C — DADOS FÍSICOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO</b>				
Materiais	Massa específica (p) Kg/m <sup>3</sup>	Calor específico (c) Wh/Kgk	Armazenamento térmico (S) Wh/m <sup>3</sup> k	Condutibilidade térmica (λ) W/mk
Cortiça aglomerada .....	450	0,365	164	0,06
Cortiça normal .....	200	0,365	73	0,045
Enrocamento de:				
Areia .....	1 800	0,278	500	0,70
Brita e saibro .....	1 800	0,278	500	0,70
Granito .....	2 800	0,278	778	3,5
Fibrocimento .....	2 000	0,278	556	1,0
Isolantes de:				
Asfalto .....	2 100	0,28	588	0,95
Borracha sintética .....	1 200	0,42	504	0,4
Feltro betuminoso .....	400	0,36	144	0,06
Lã de vidro .....	60	0,40	24	0,04
Linóleo .....	1 000	0,42	420	0,17
PVC .....	1 500	0,42	630	0,23
Painel sanduíche .....	480	0,38	182	0,046
Poliestireno .....	22	0,42	9	0,04

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2	DADOS FÍSICOS	113
		1

TABELA 12-D — DADOS FÍSICOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO				
Materiais	Massa específica ( $\rho$ ) Kg/m <sup>3</sup>	Calor específico (c) Wh/Kgk	Armazenamento térmico (S) Wh/m <sup>3</sup> k	Condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) W/mk
Poliuretano .....	45	0,42	19	0,036
Madeiras:				
Agglomerados .....	700	0,584	408	0,17
Carvalho .....	800	0,584	467	0,21
Contraplacados .....	500	0,584	292	0,13
Faia .....	700	0,584	408	0,17
Pinho .....	600	0,584	350	0,14
Metais:				
Aço .....	7 750	0,11	855	60
Alumínio .....	2 700	0,22	594	200
Cobre .....	8 930	0,10	893	380
Zinco .....	7 130	0,11	784	110
Pedras:				
Basalto .....	2 800	0,278	778	3,5
Calcário duro .....	2 500	0,278	695	2,3
Calcário semiduro .....	1 800	0,278	500	0,99
Calcário brando .....	1 500	0,278	417	0,80



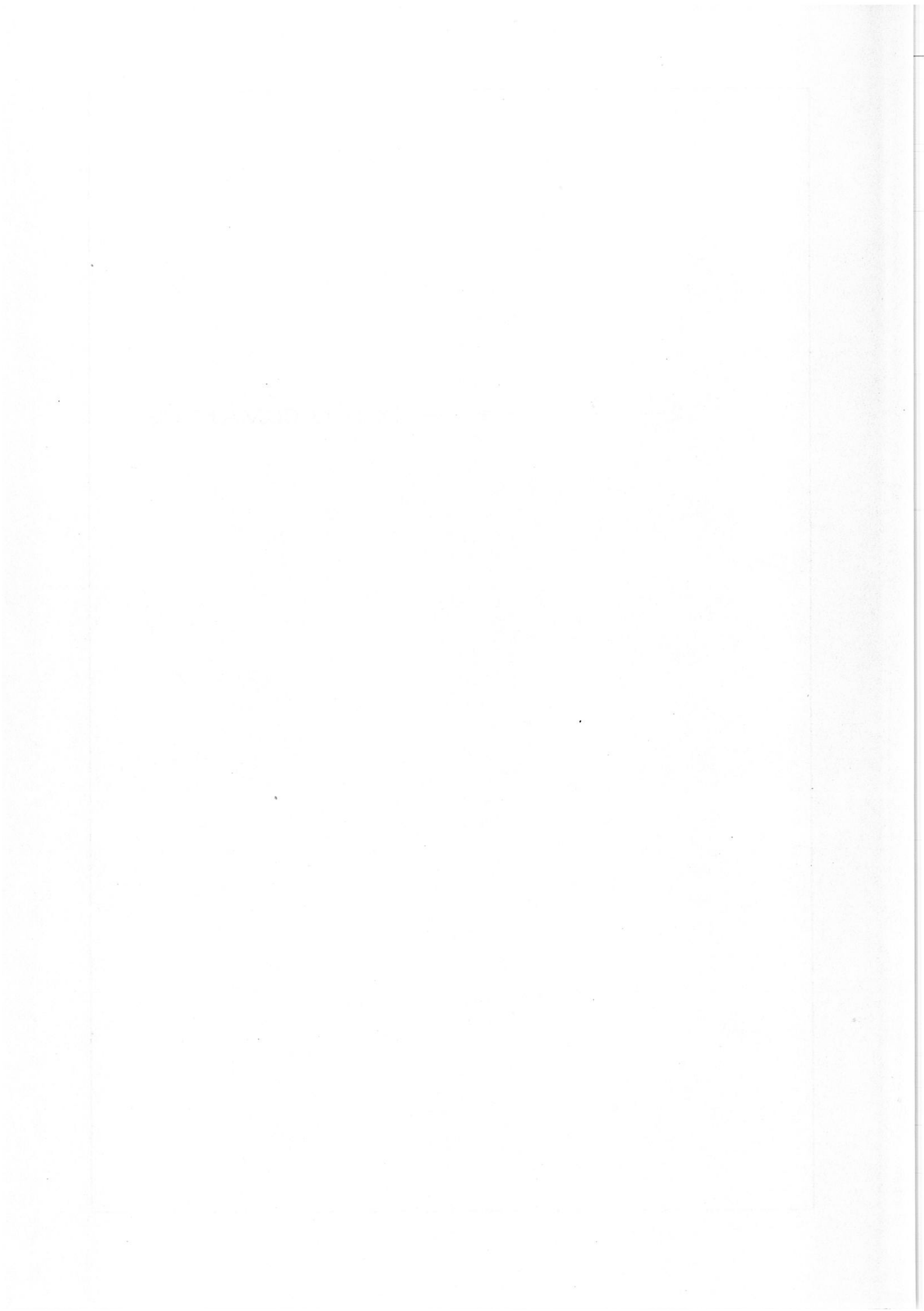


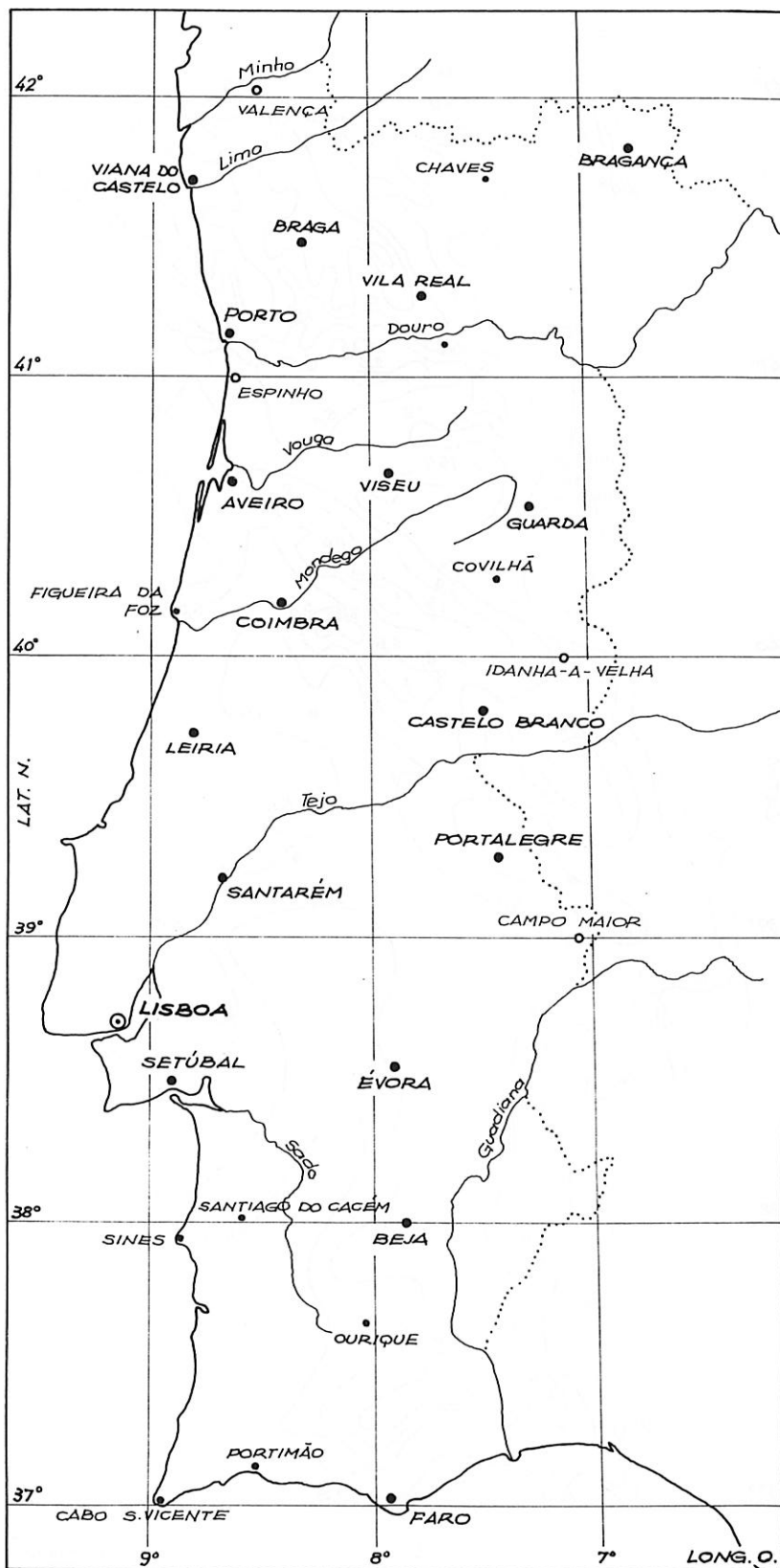
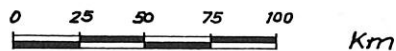
**TABELA 12-F — DADOS FÍSICOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**

Materiais	Massa específica ( $\rho$ ) Kg/m <sup>3</sup>	Calor específico ( $c$ ) Wh/Kgk	Armazenamento térmico (S) Wh/m <sup>3</sup> k	Condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) W/mk



2 ————— DADOS CLIMÁTICOS



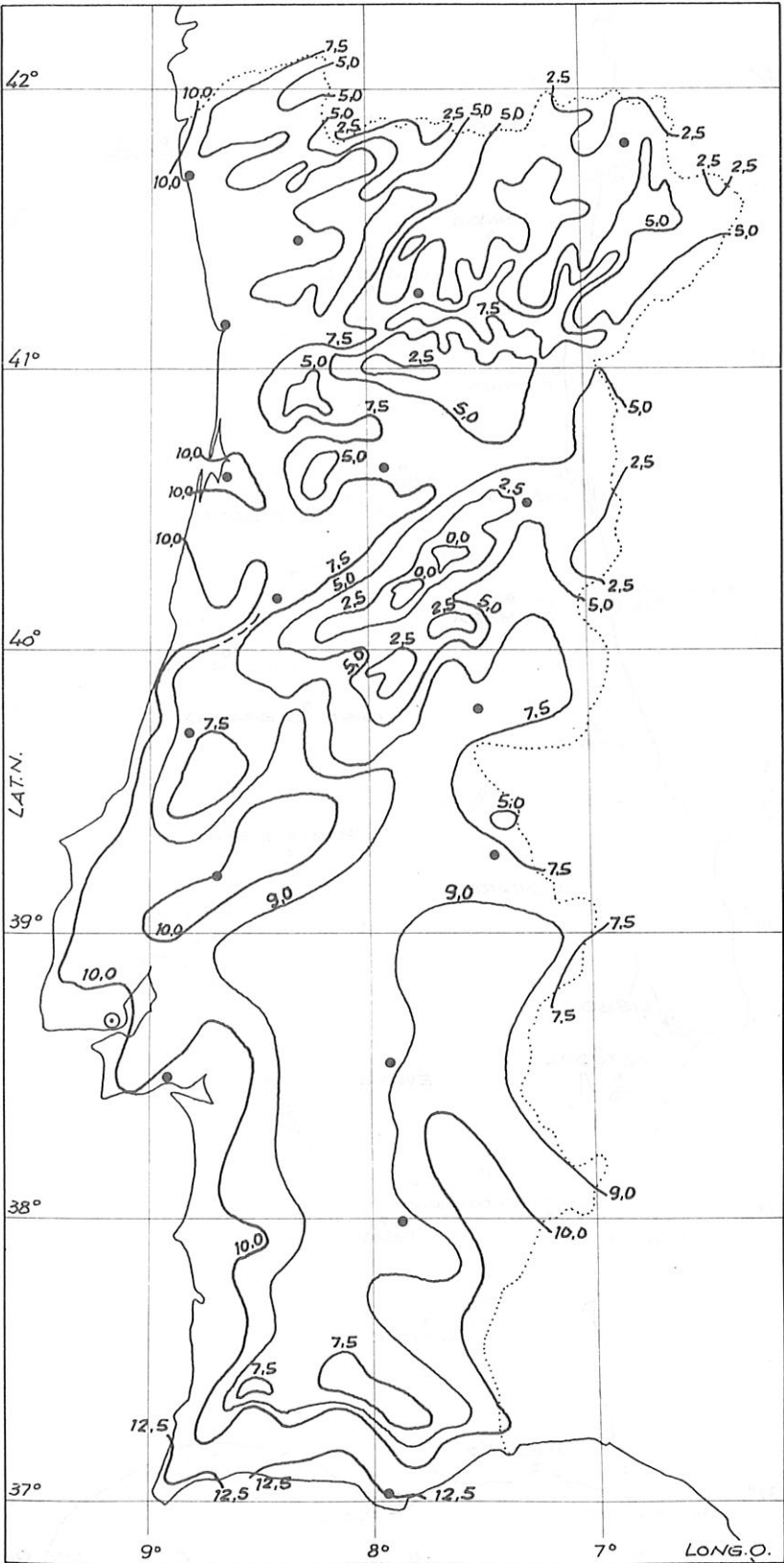


120	<b>DADOS CLIMÁTICOS</b>	<b>ENERGIA SOLAR</b>
2		<b>PASSIVA — 2</b>

**TEMPERATURA**

*temperatura média diária do ar*  
(°C)

**JANEIRO**

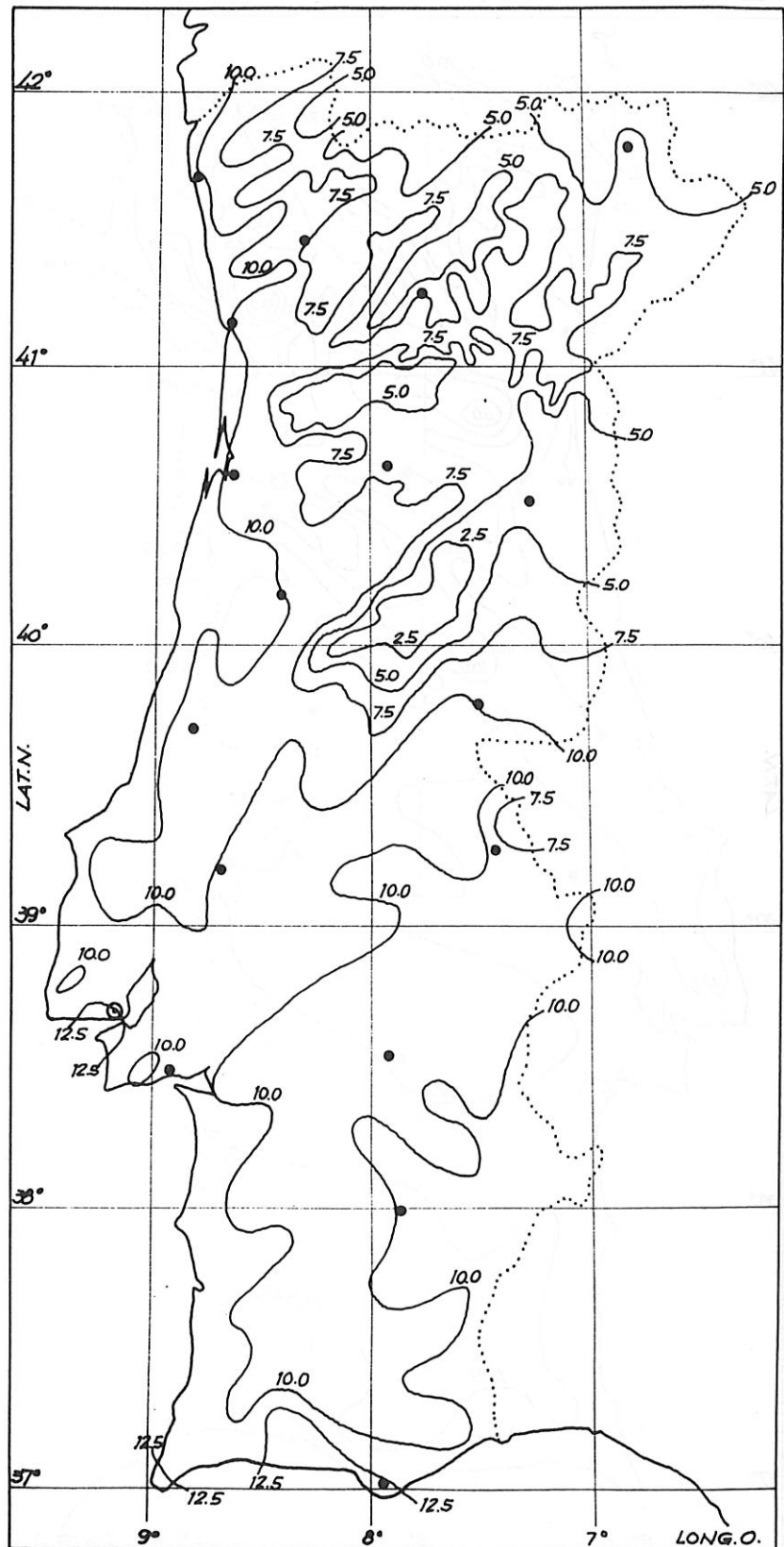


Fonte 23.

### TEMPERATURA

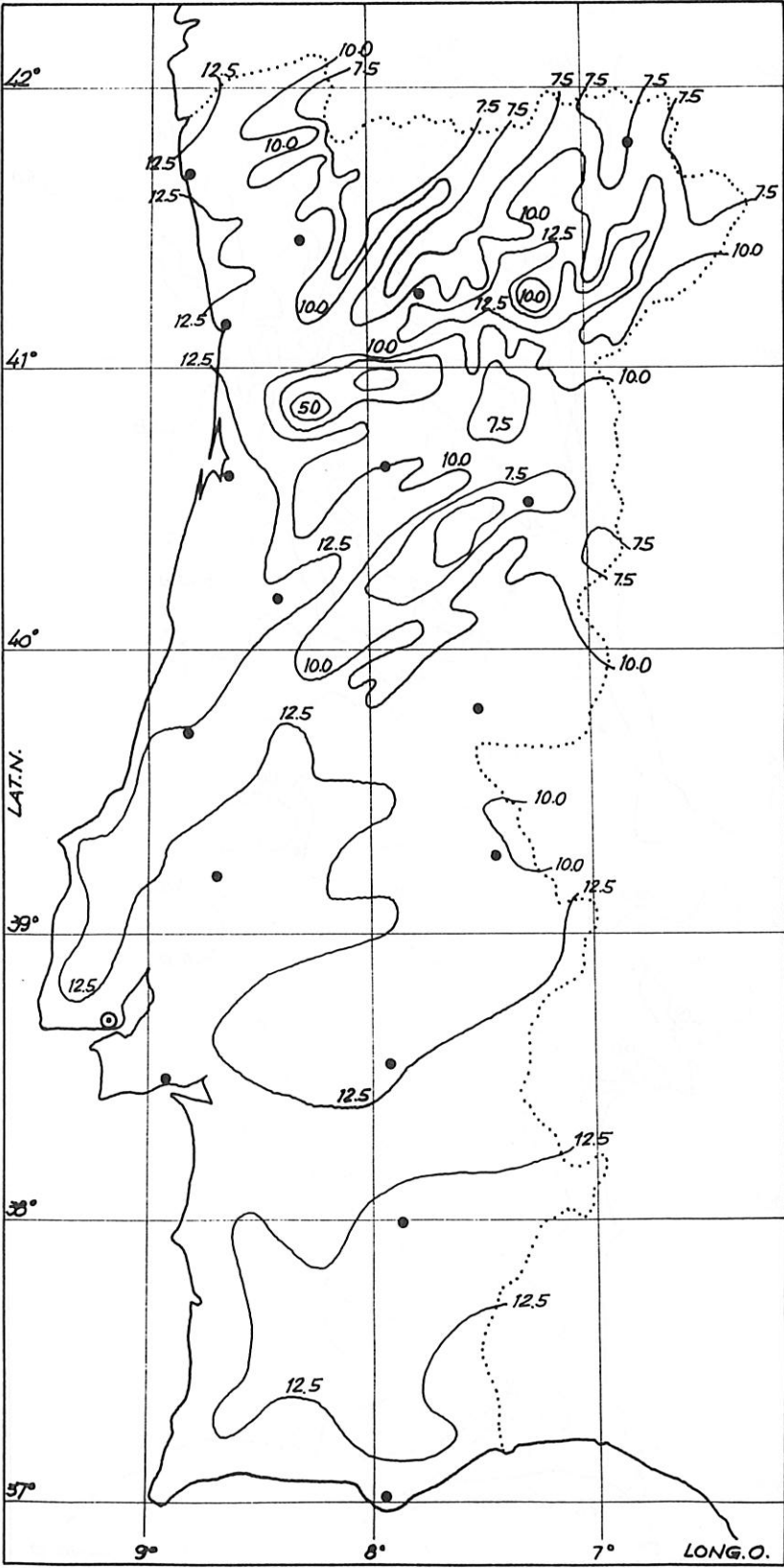
temperatura média diária do ar  
(°C)

FEVEREIRO





122	<b>DADOS CLIMÁTICOS</b>	<b>ENERGIA SOLAR</b>
2		<b>PASSIVA — 2</b>



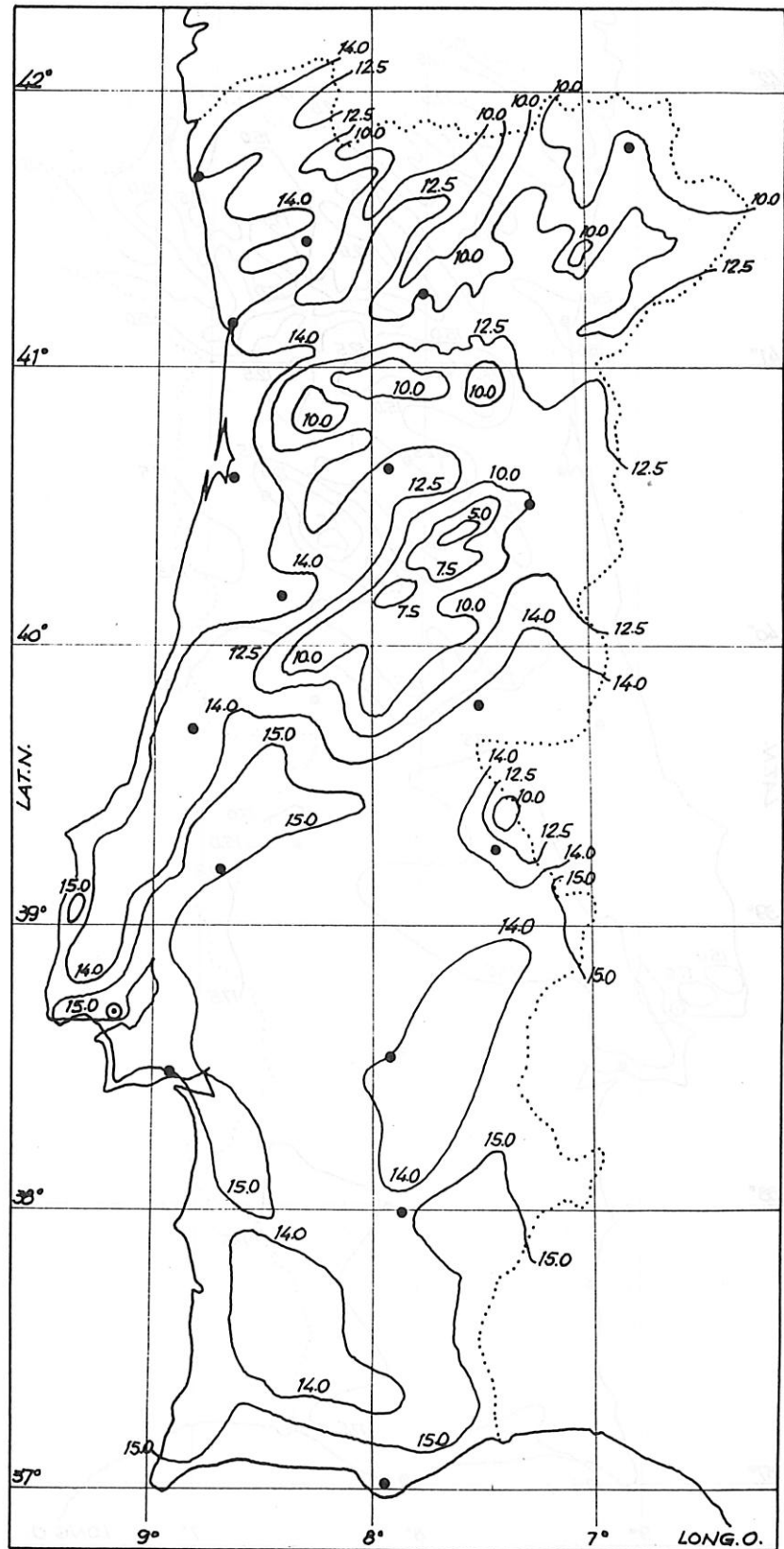
**TEMPERATURA**

*temperatura média diária do ar*  
(°C)  
**MARÇO**

Fonte 23.

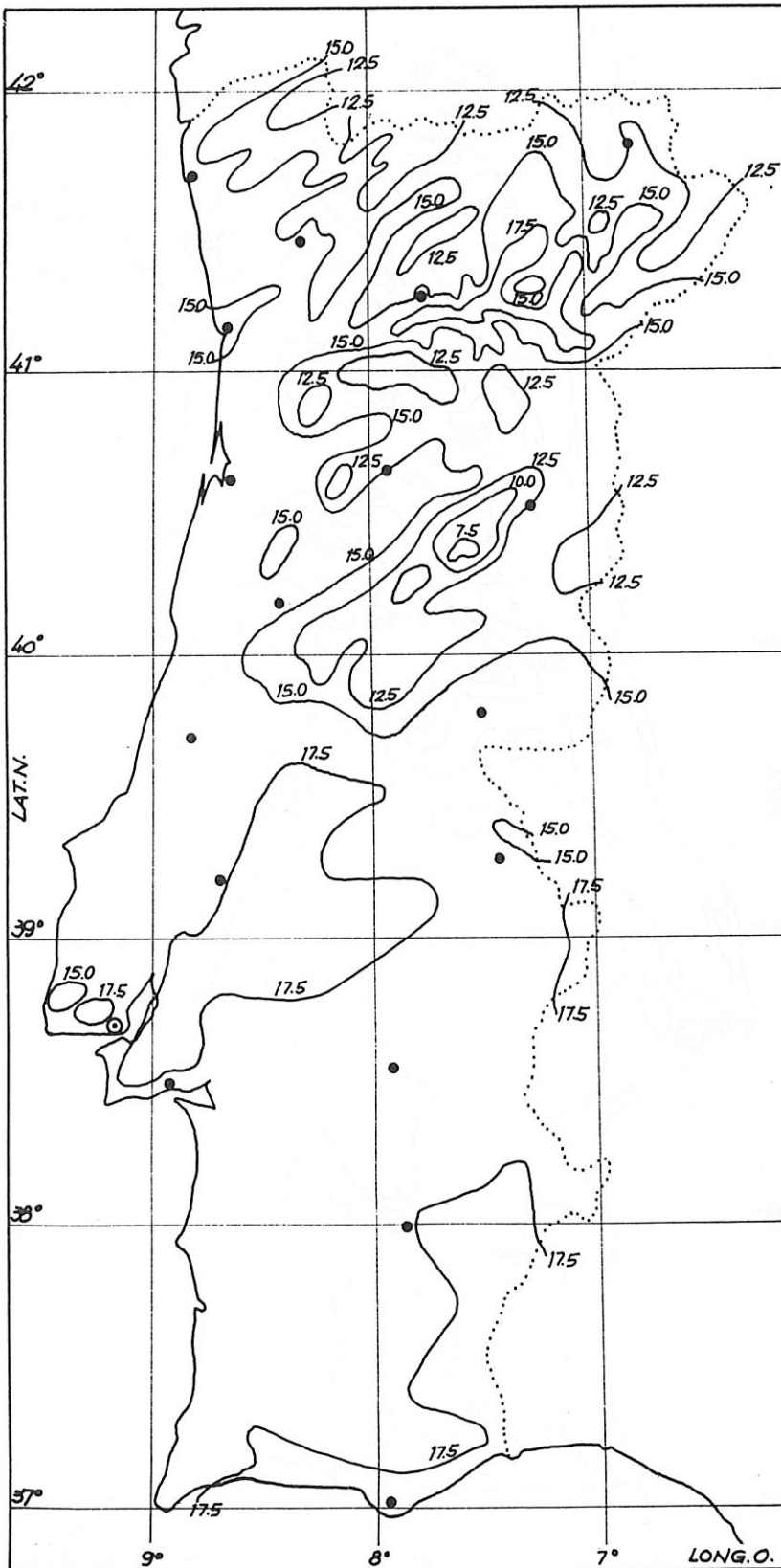
### TEMPERATURA

temperatura média diária do ar  
(°C)  
ABRIL



**TEMPERATURA**temperatura média diária do ar  
(°C)

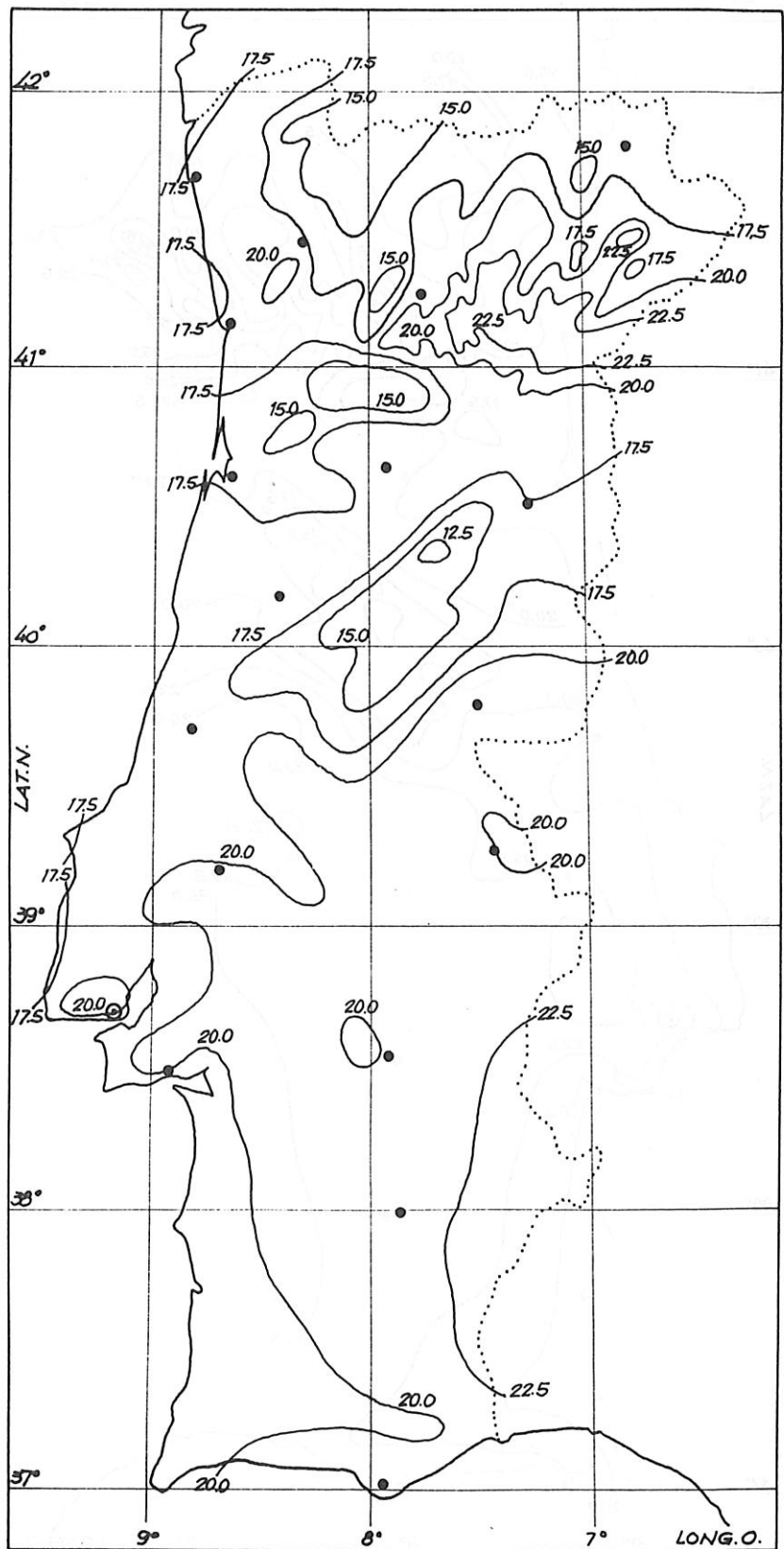
MAIO

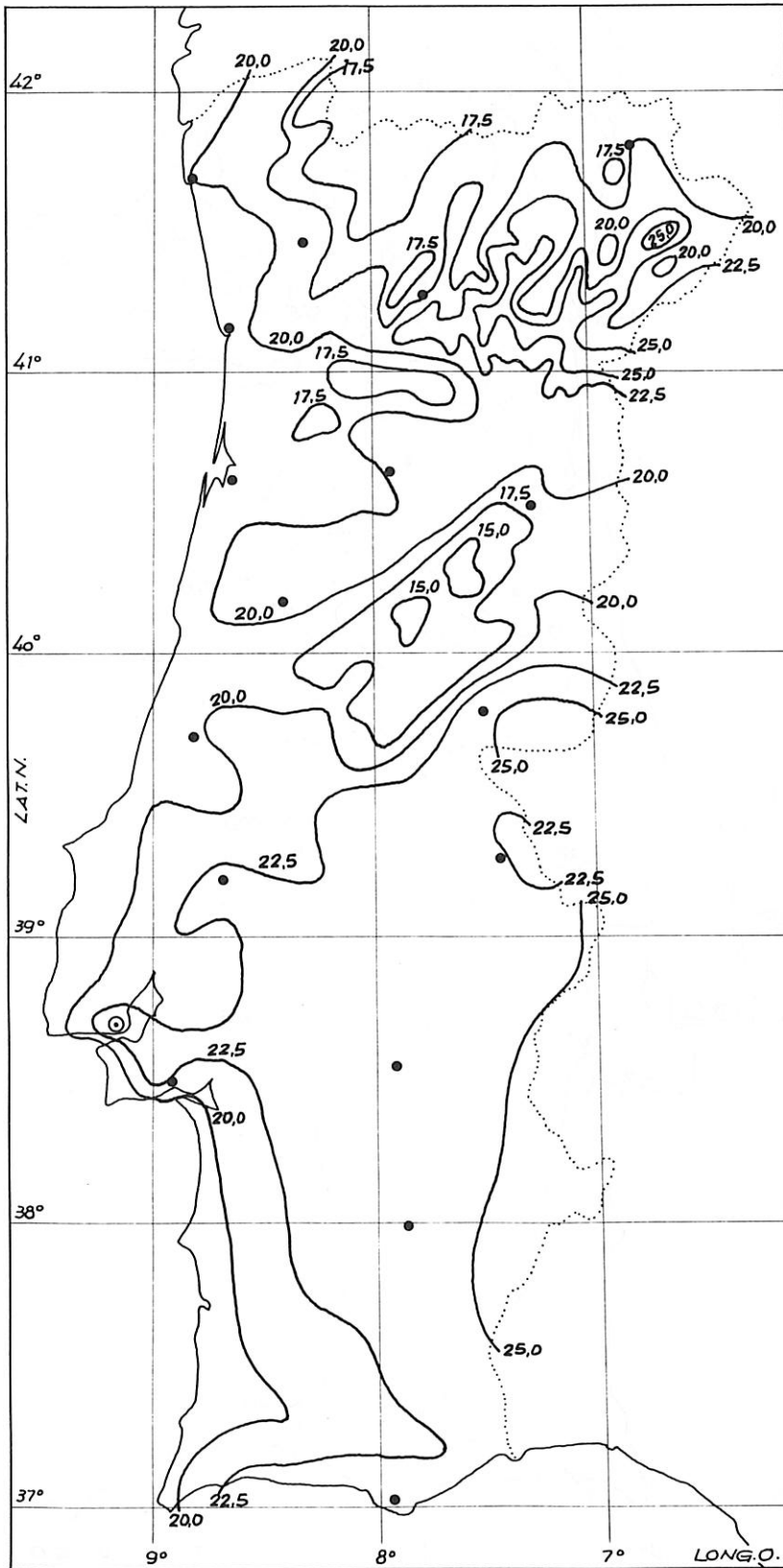


### TEMPERATURA

temperatura média diária do ar  
(°C)

JUNHO





## TEMPERATURA

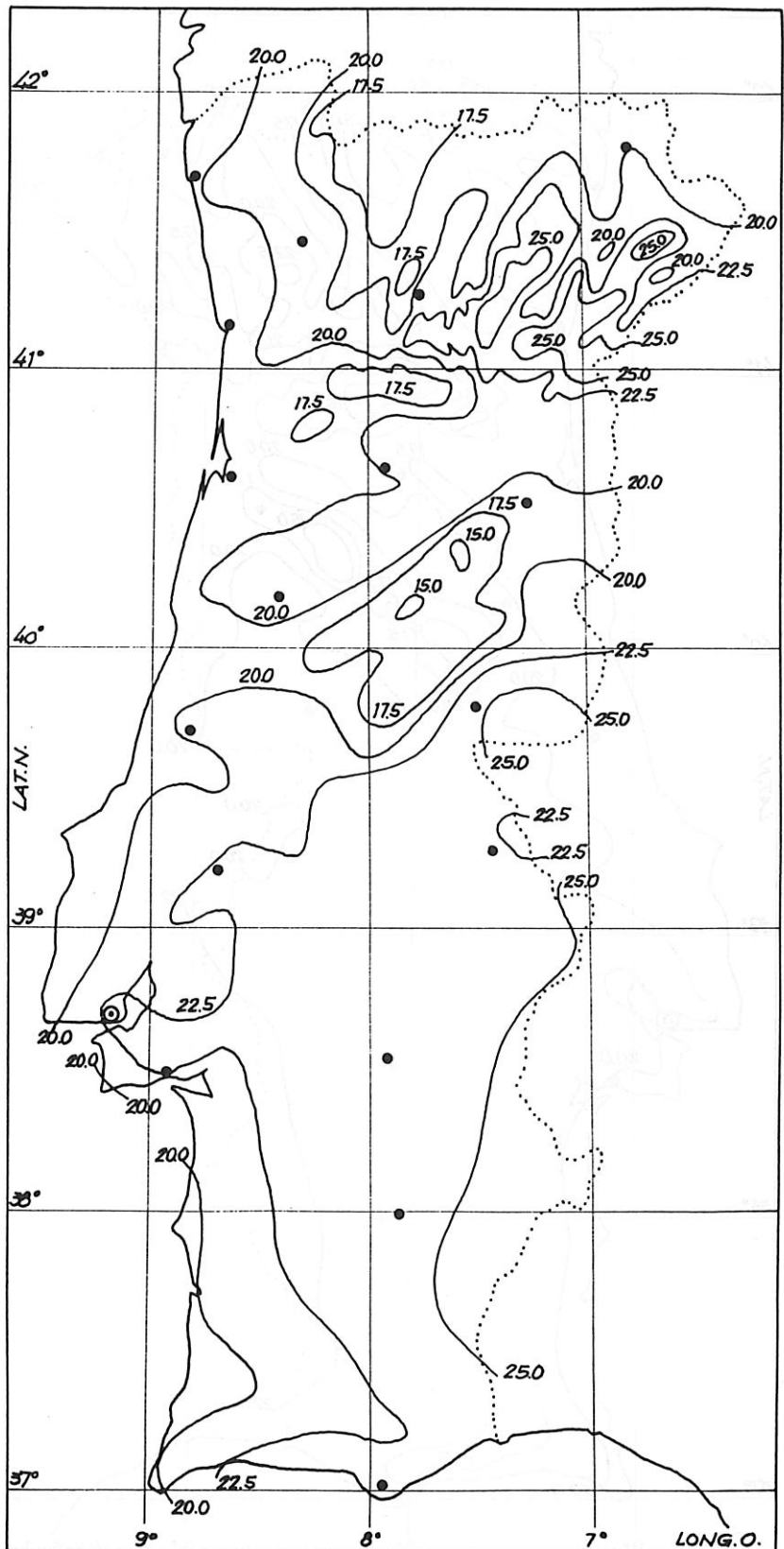
temperatura média diária do ar  
(°C)

JULHO.

### TEMPERATURA

temperatura média diária do ar  
(°C)

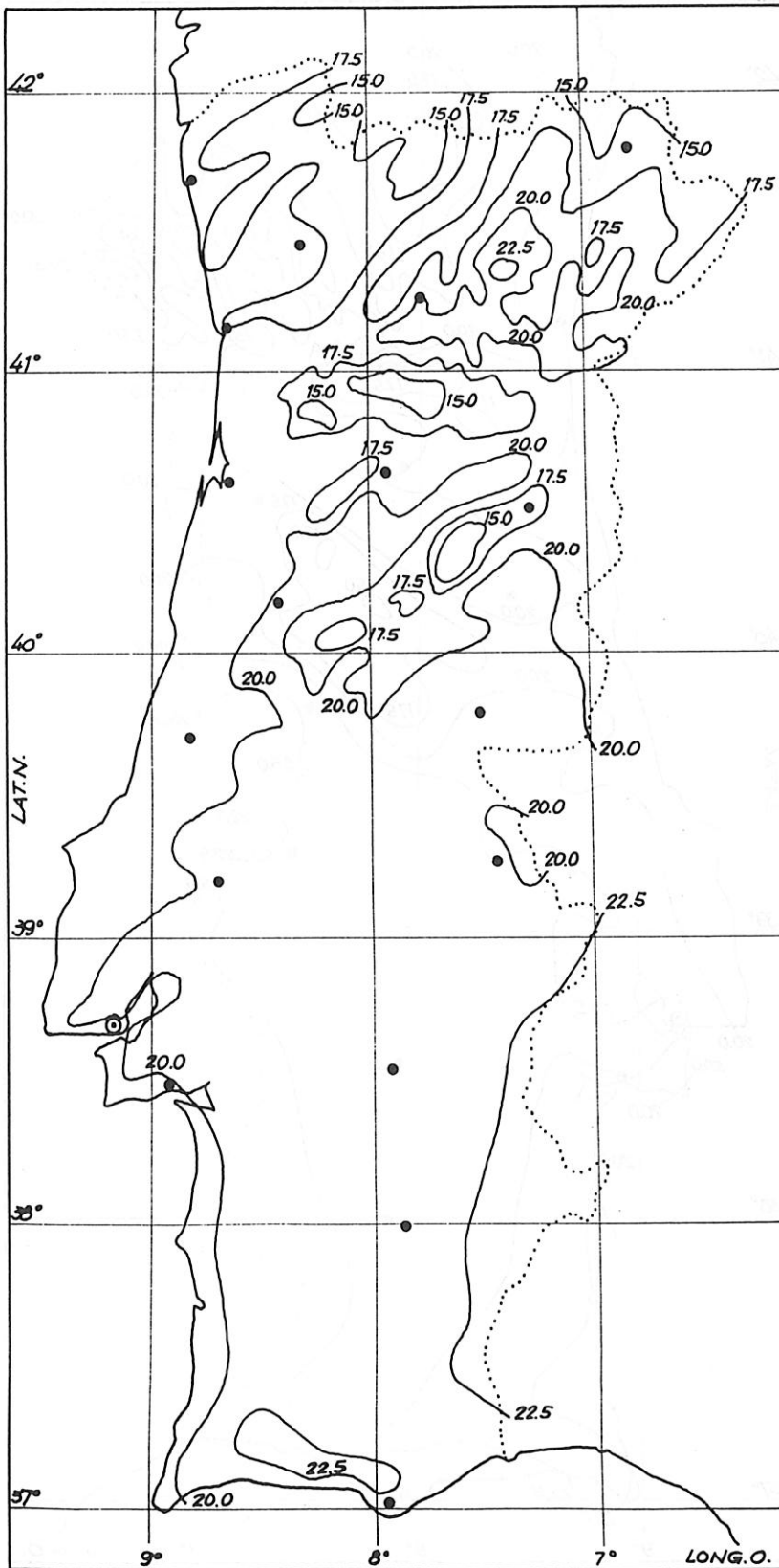
AGOSTO



## TEMPERATURA

temperatura média diária do ar  
(°C)

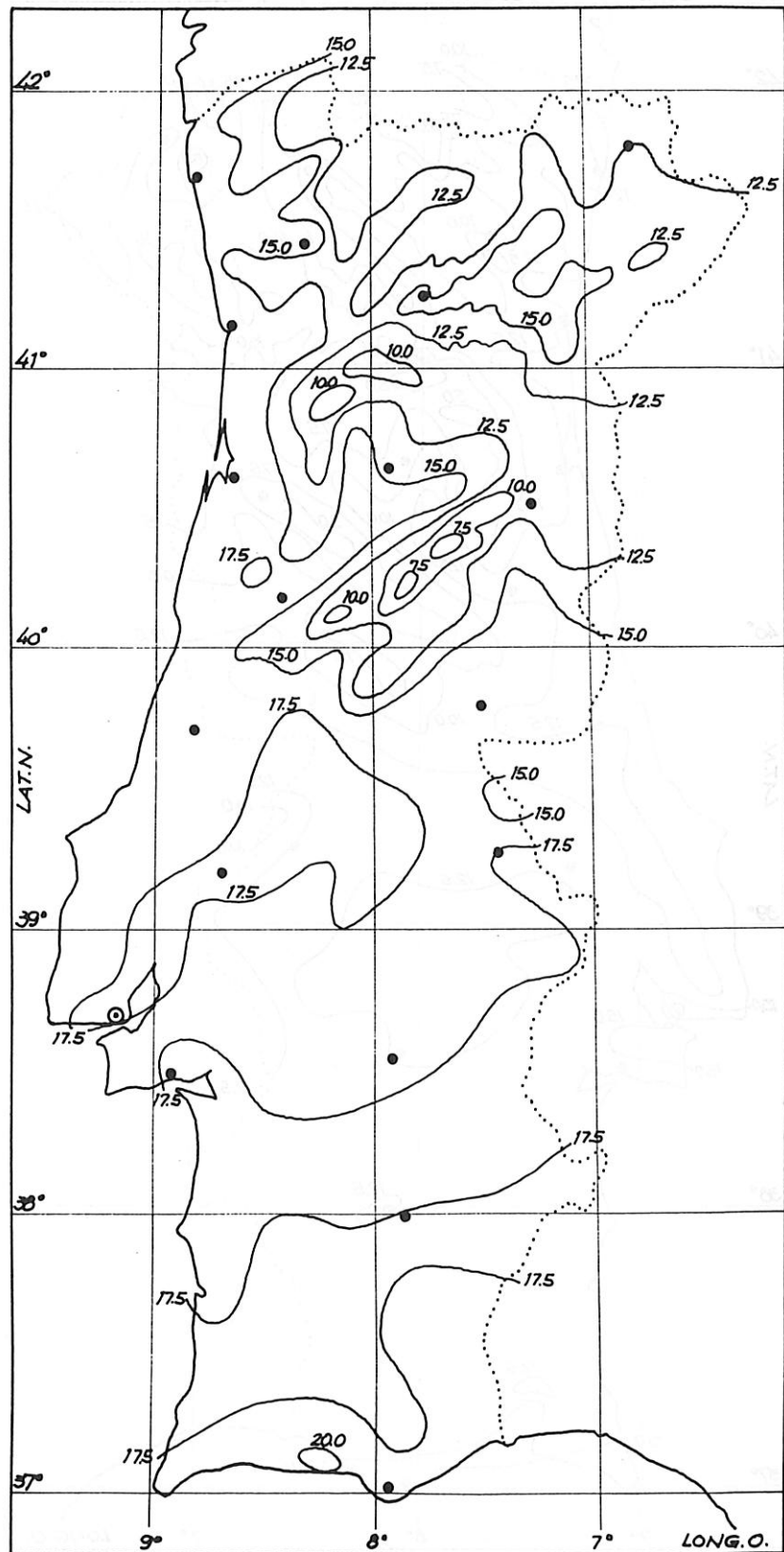
SETEMBRO



TEMPERATURA

temperatura média diária do ar  
(°C)

OUTUBRO



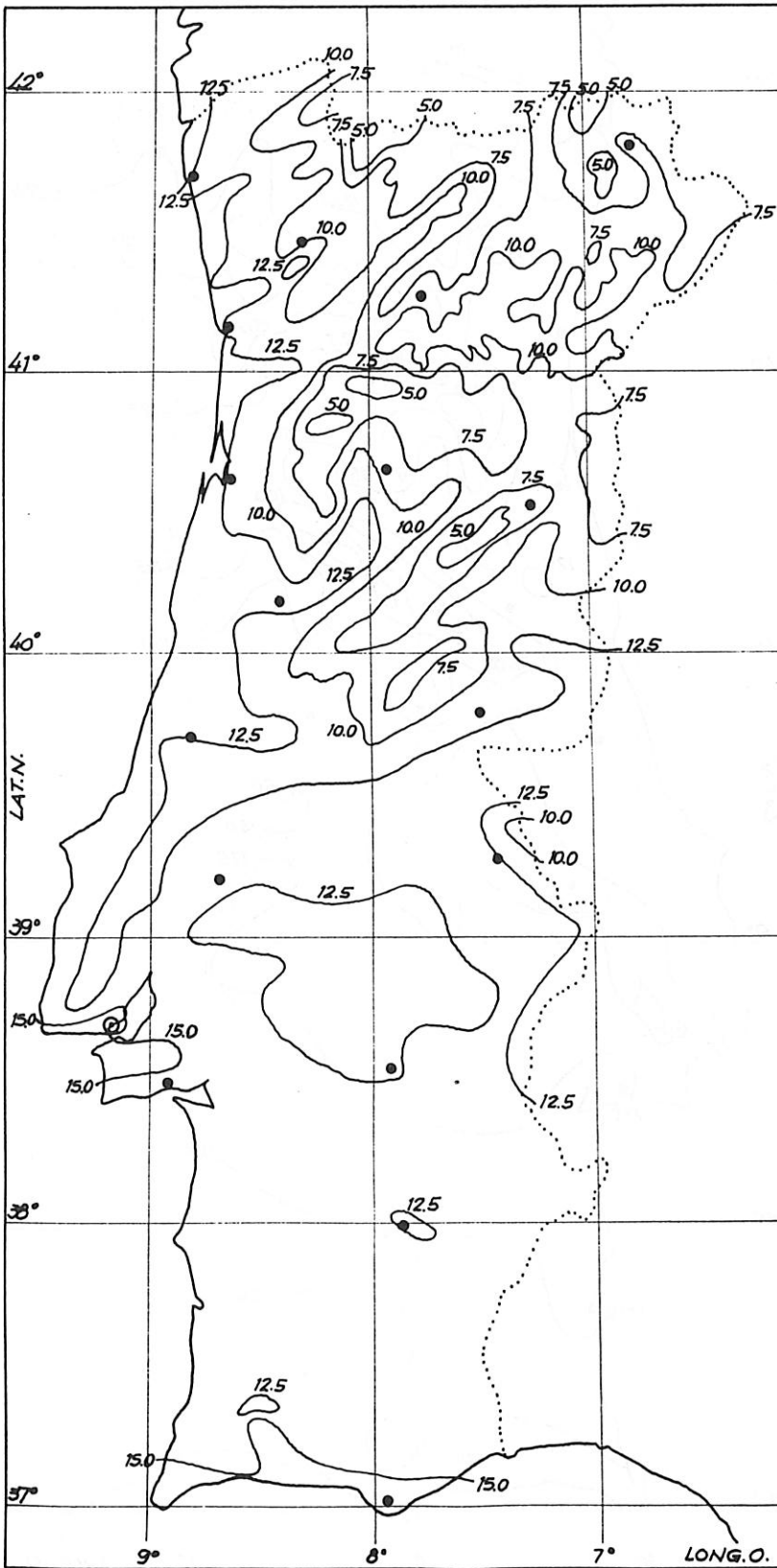


130	<b>DADOS CLIMÁTICOS</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
2		

### TEMPERATURA

*temperatura média diária do ar  
(°C)*

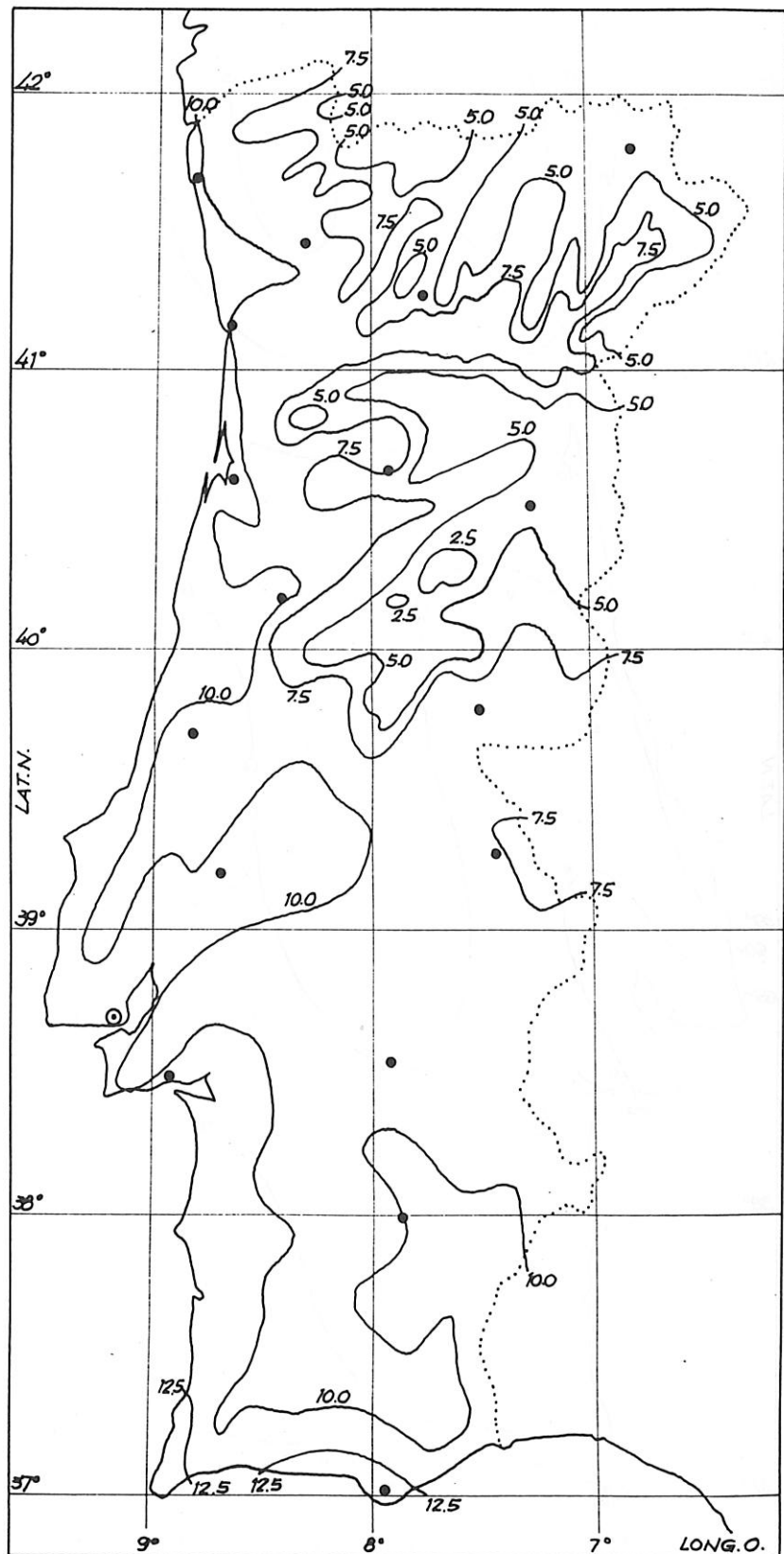
NOVEMBRO



TEMPERATURA

temperatura média diária do ar  
(°C)

DEZEMBRO

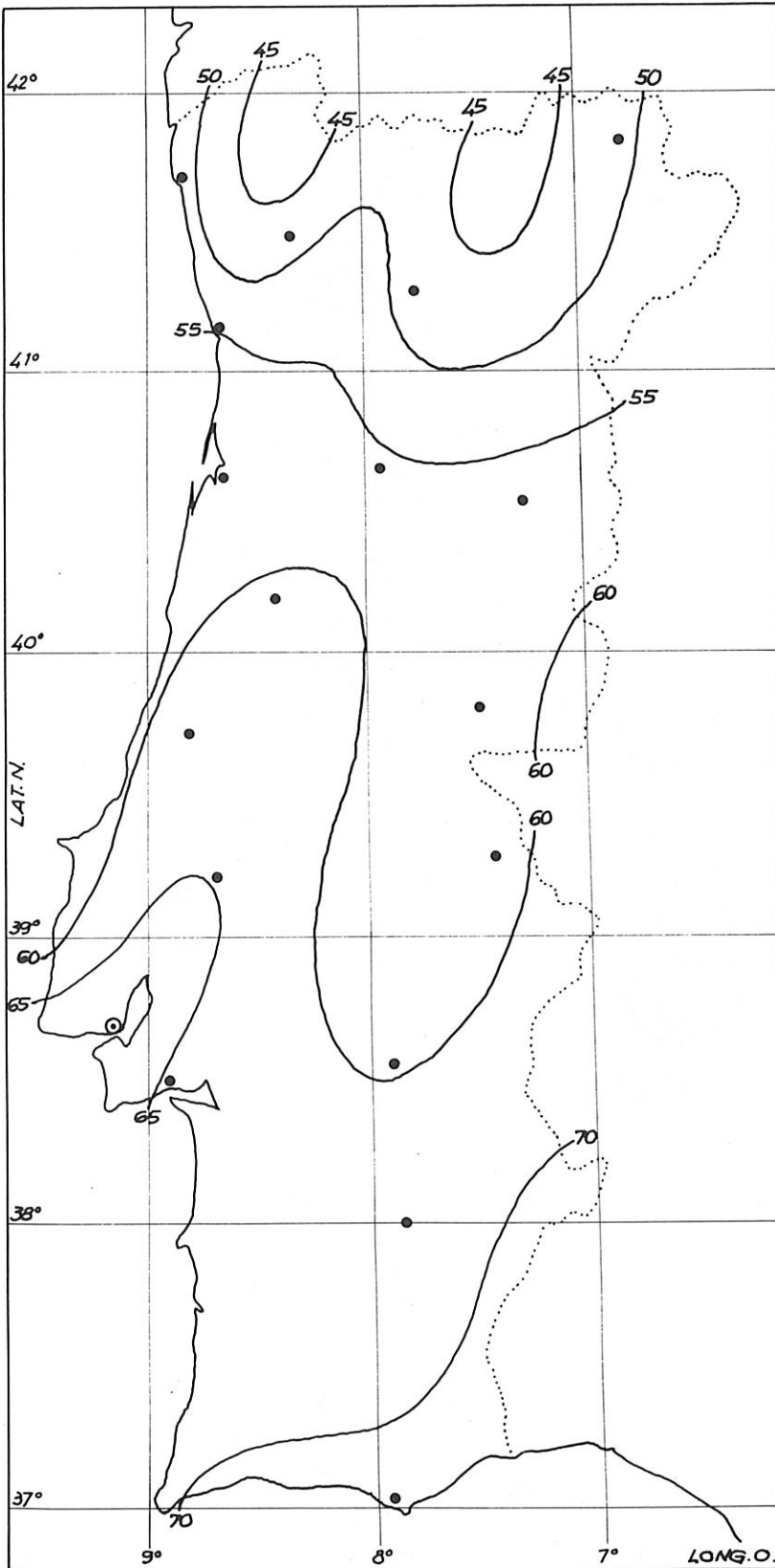


## RADIÇÃO GLOBAL

(kwh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941 - 1970)

JANEIRO

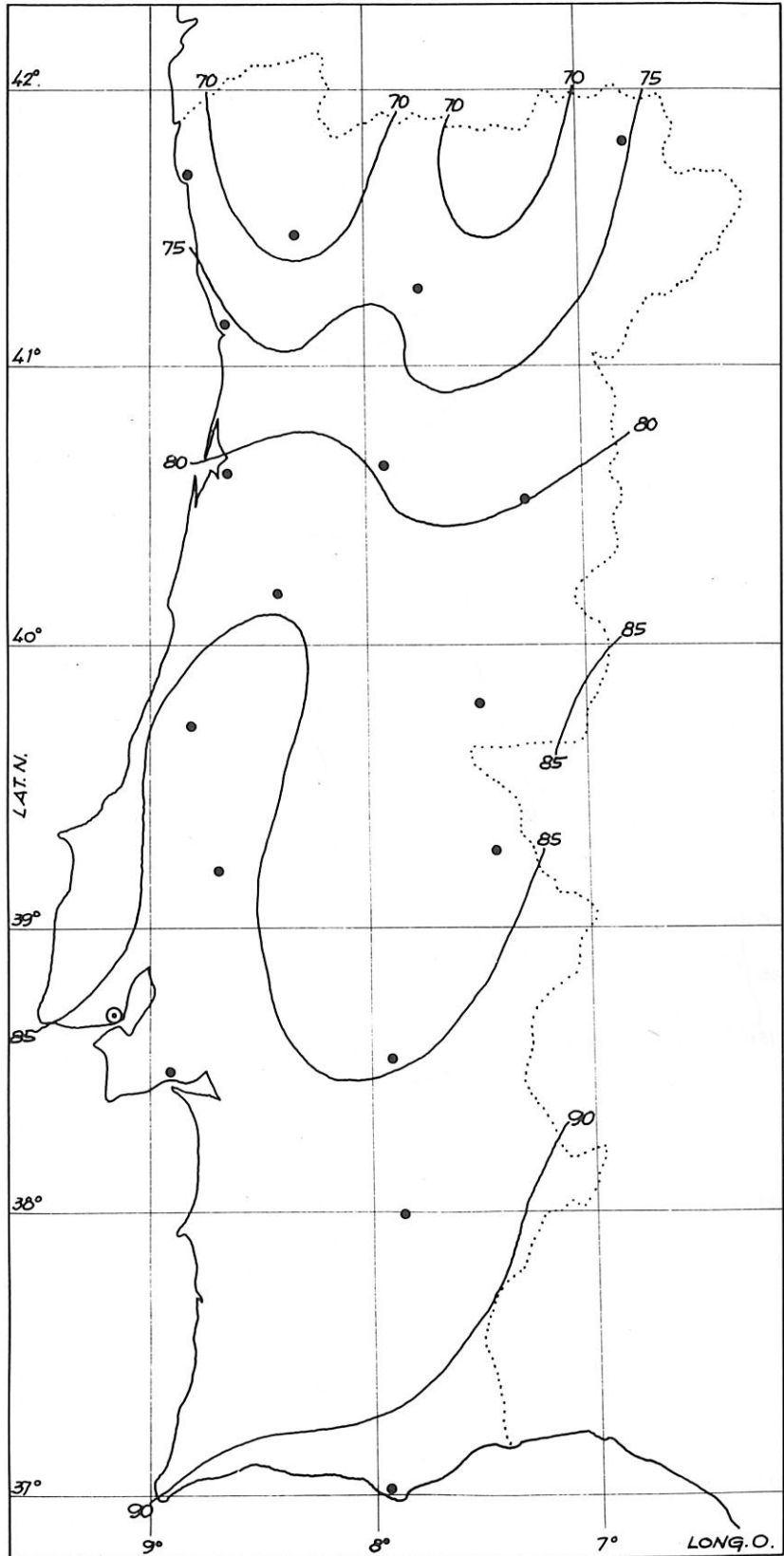


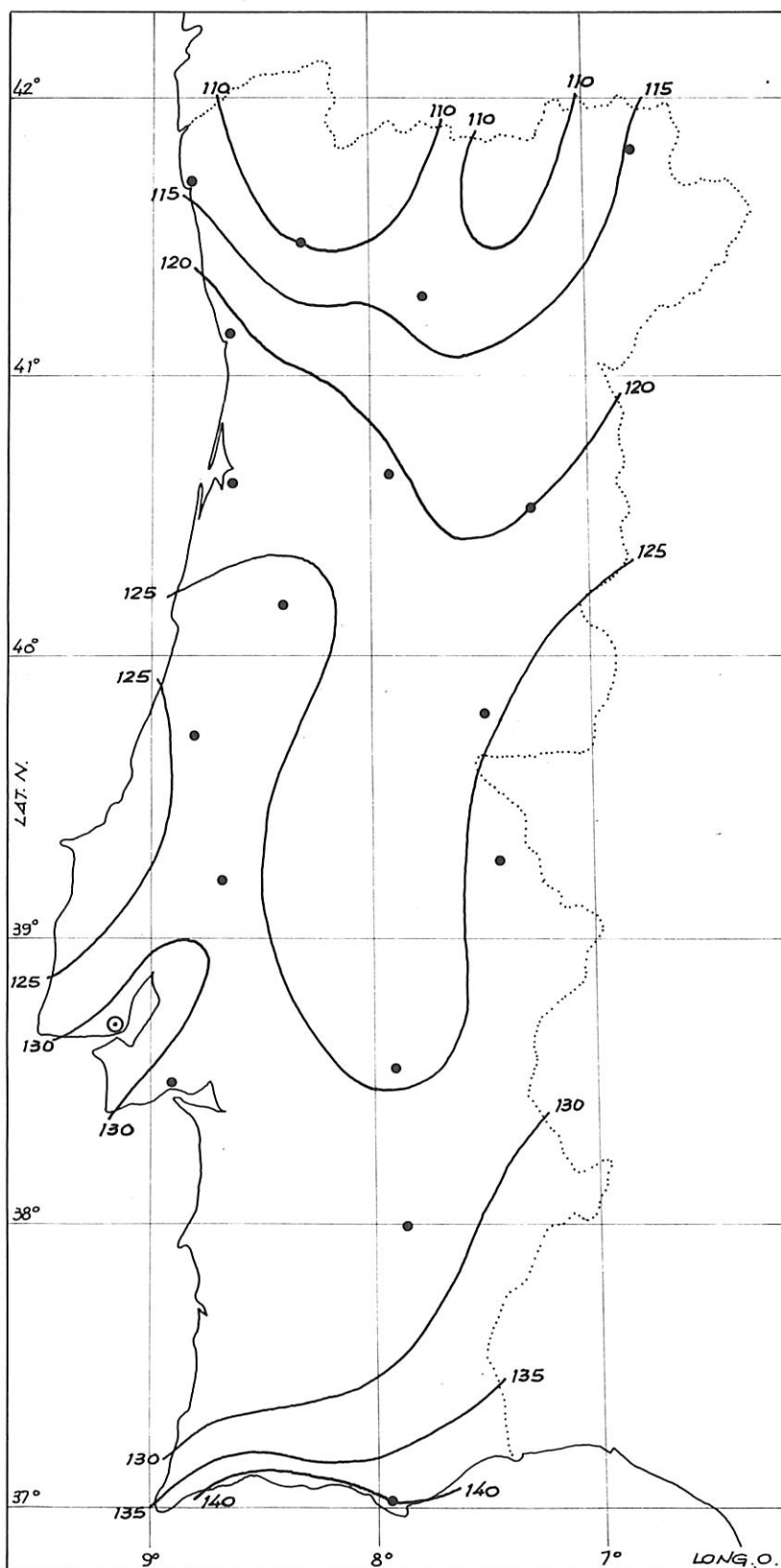
**RADIAÇÃO GLOBAL**

(kwh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941 - 1970)

FEVEREIRO





## RADIÇÃO GLOBAL

(kWh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941 - 1970)

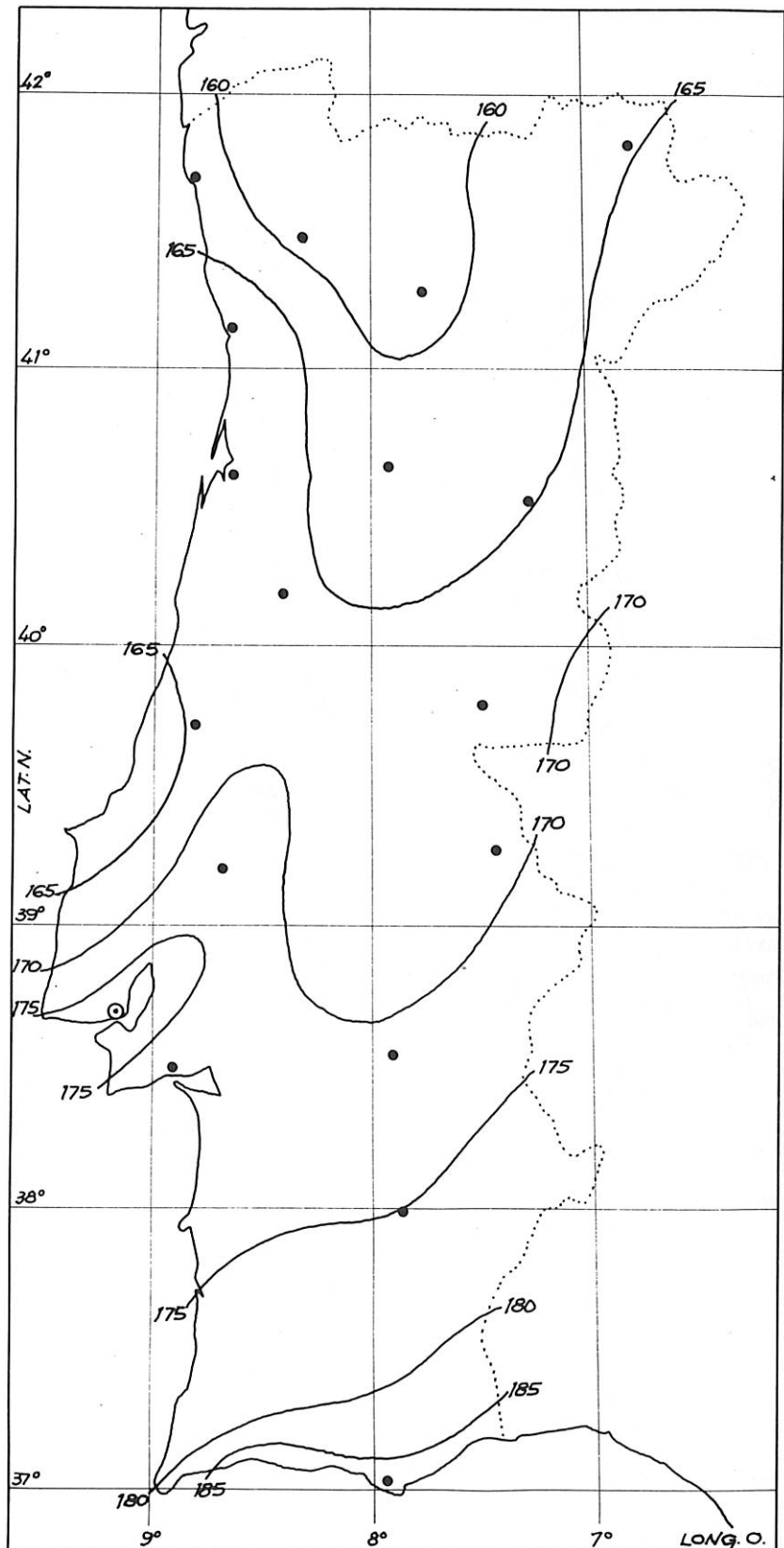
MARÇO

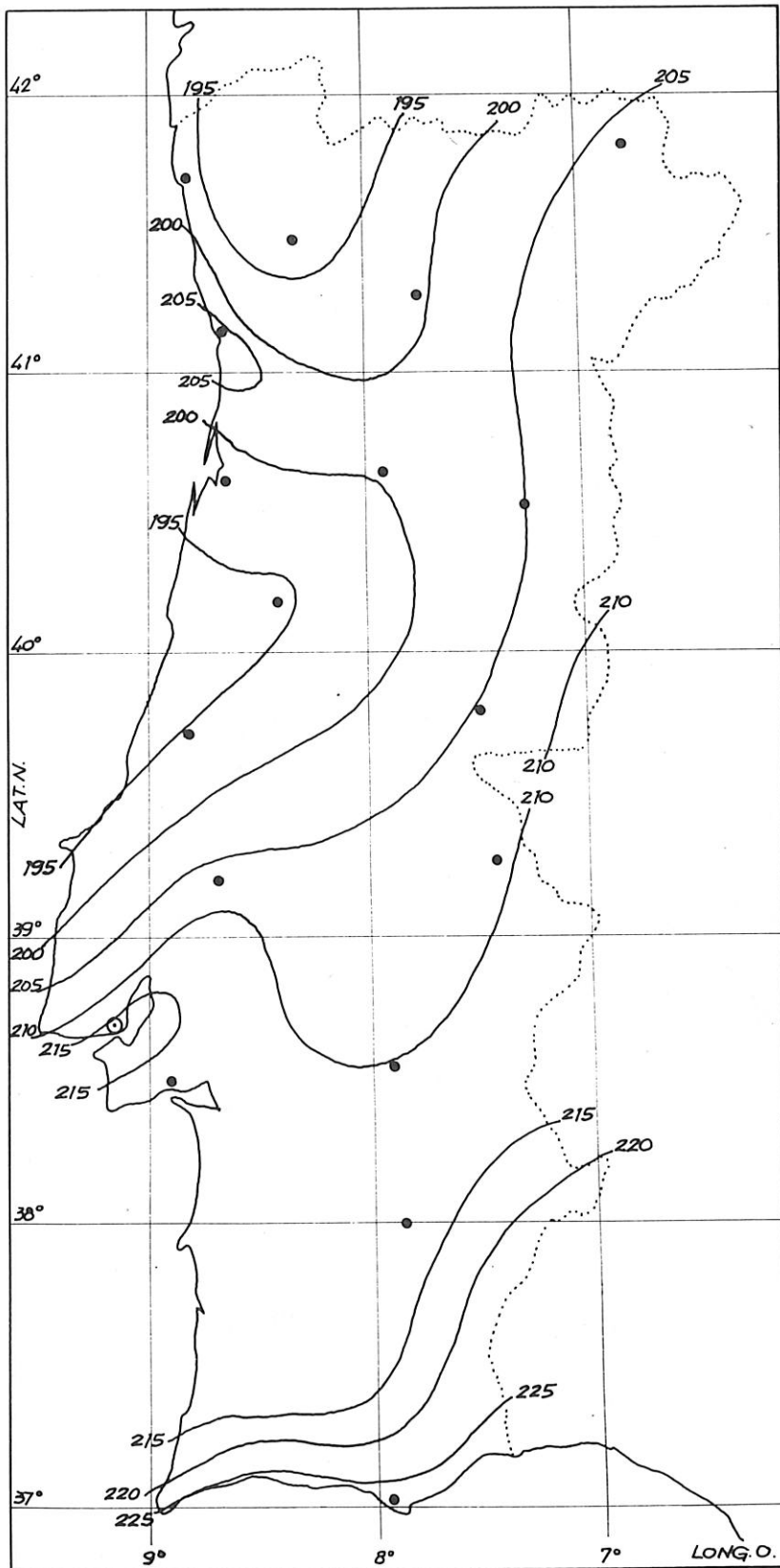
**RADIAÇÃO GLOBAL**

(kWh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941 - 1970)

ABRIL





## RADIÇÃO GLOBAL

(kwh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941 - 1970)

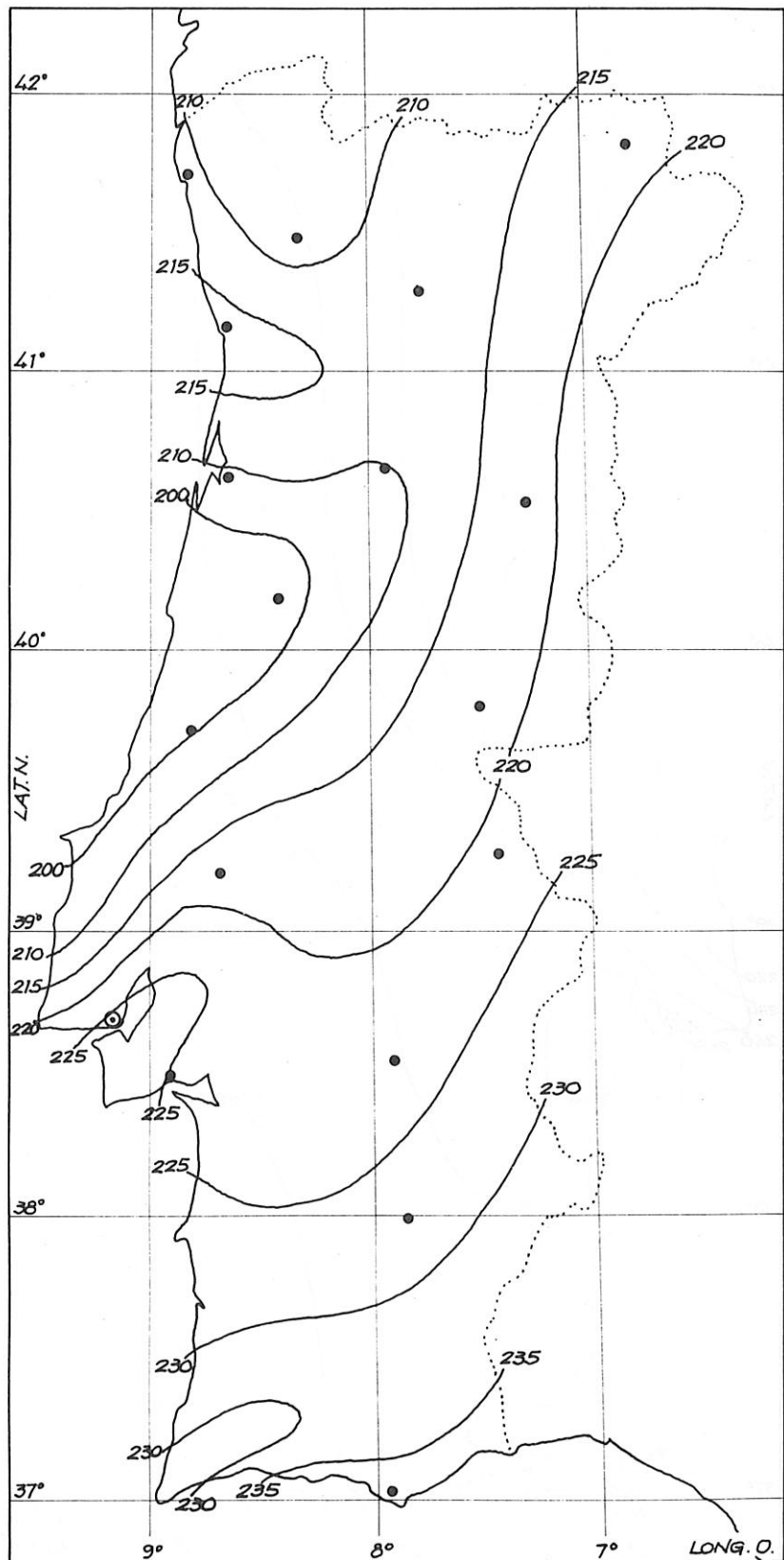
MAIO

**RADIAÇÃO GLOBAL**

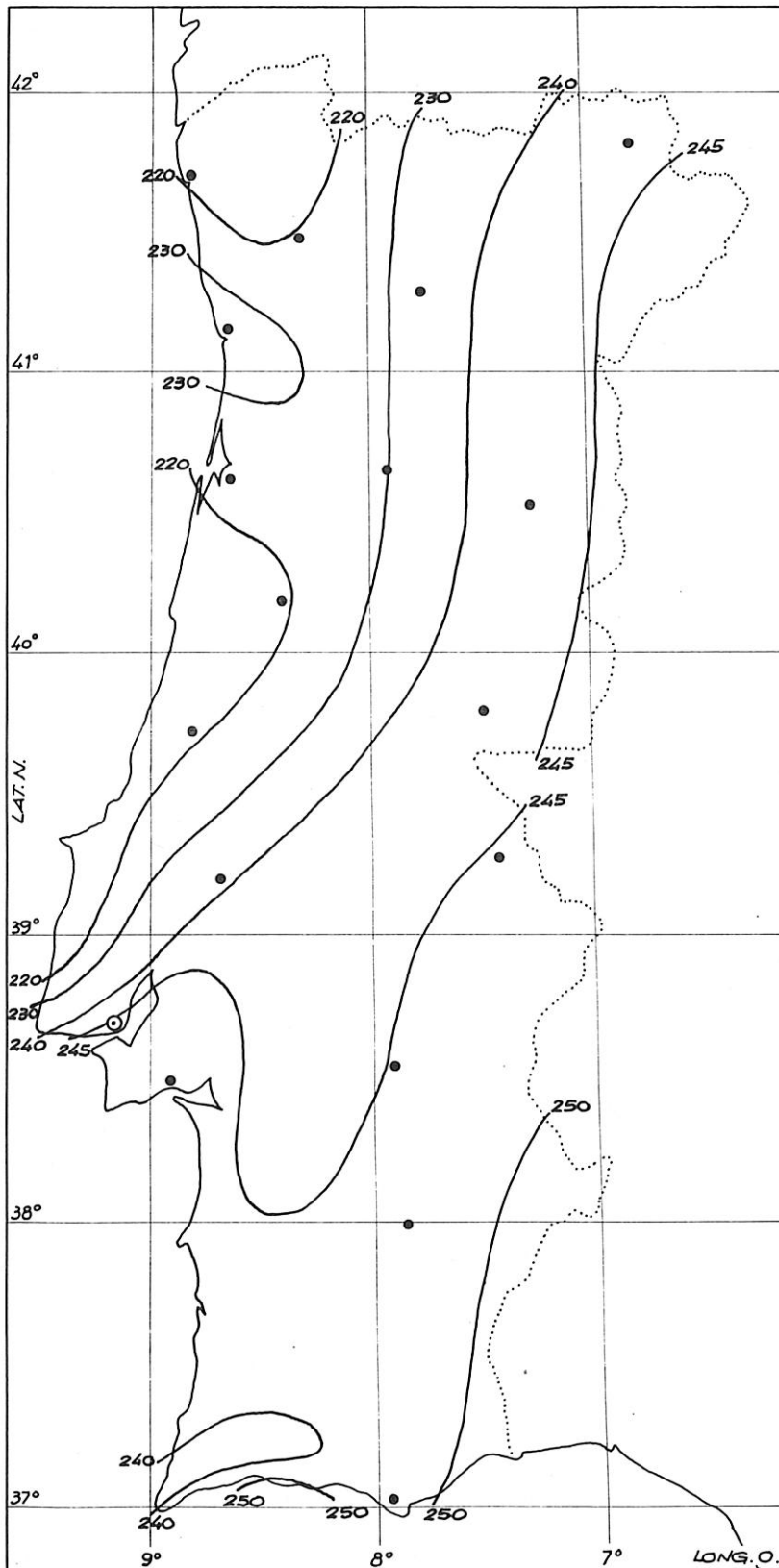
(Kwh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941-1970)

JUNHO







## RADIÇÃO GLOBAL

(kWh/m<sup>2</sup>)

Valores médios (1941-1970)

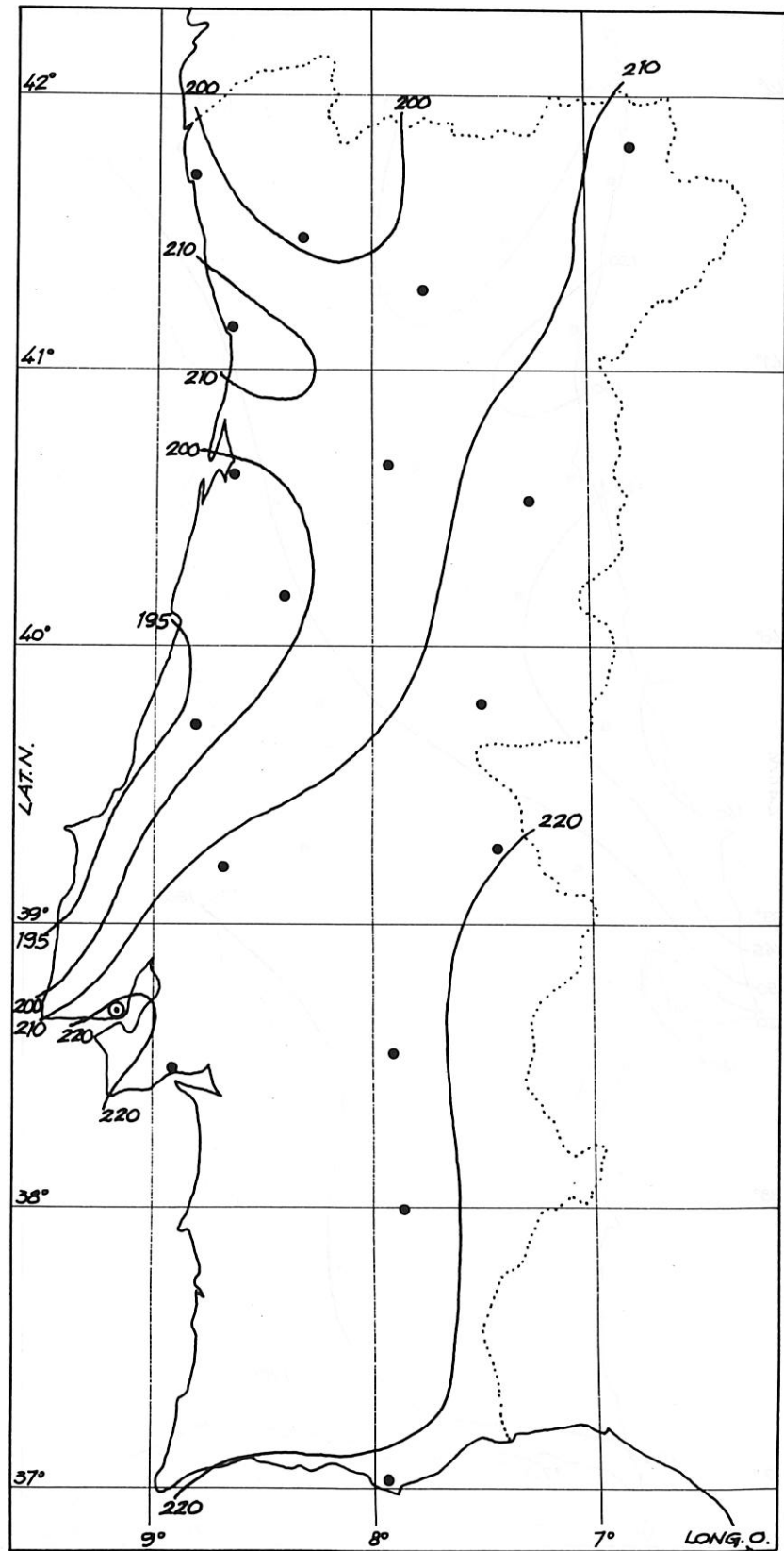
JULHO

RADIAÇÃO GLOBAL

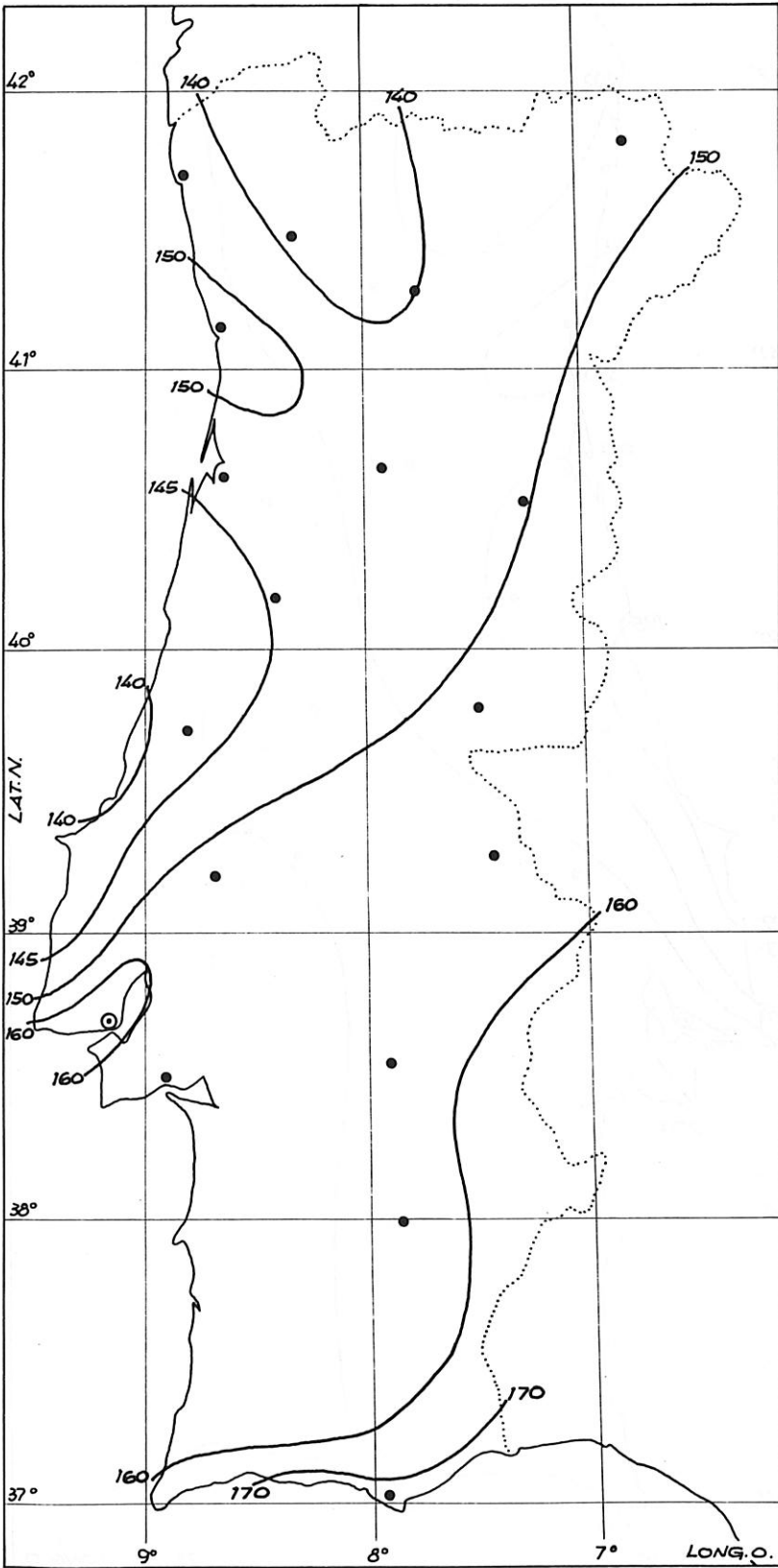
(KWh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941-1970)

AGOSTO



140 <sup>1</sup>	<b>DADOS CLIMÁTICOS</b>	<b>ENERGIA SOLAR</b>
2		<b>PASSIVA — 2</b>



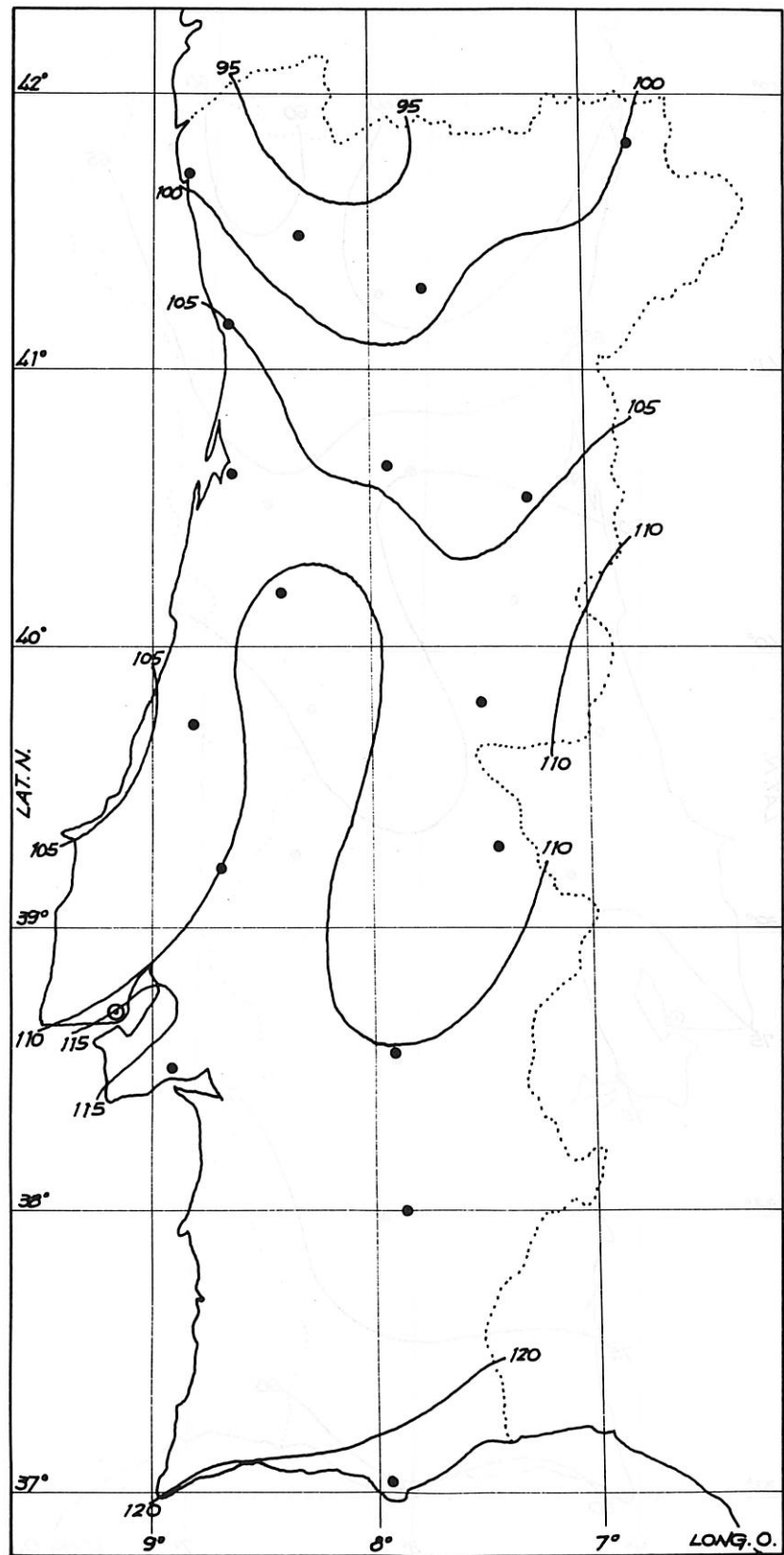
**RADIAÇÃO GLOBAL**  
 (KWh/m<sup>2</sup>)  
 valores médios (1941 - 1970)  
**SETEMBRO**

**RADIAÇÃO GLOBAL**

(Kwh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941-1970)

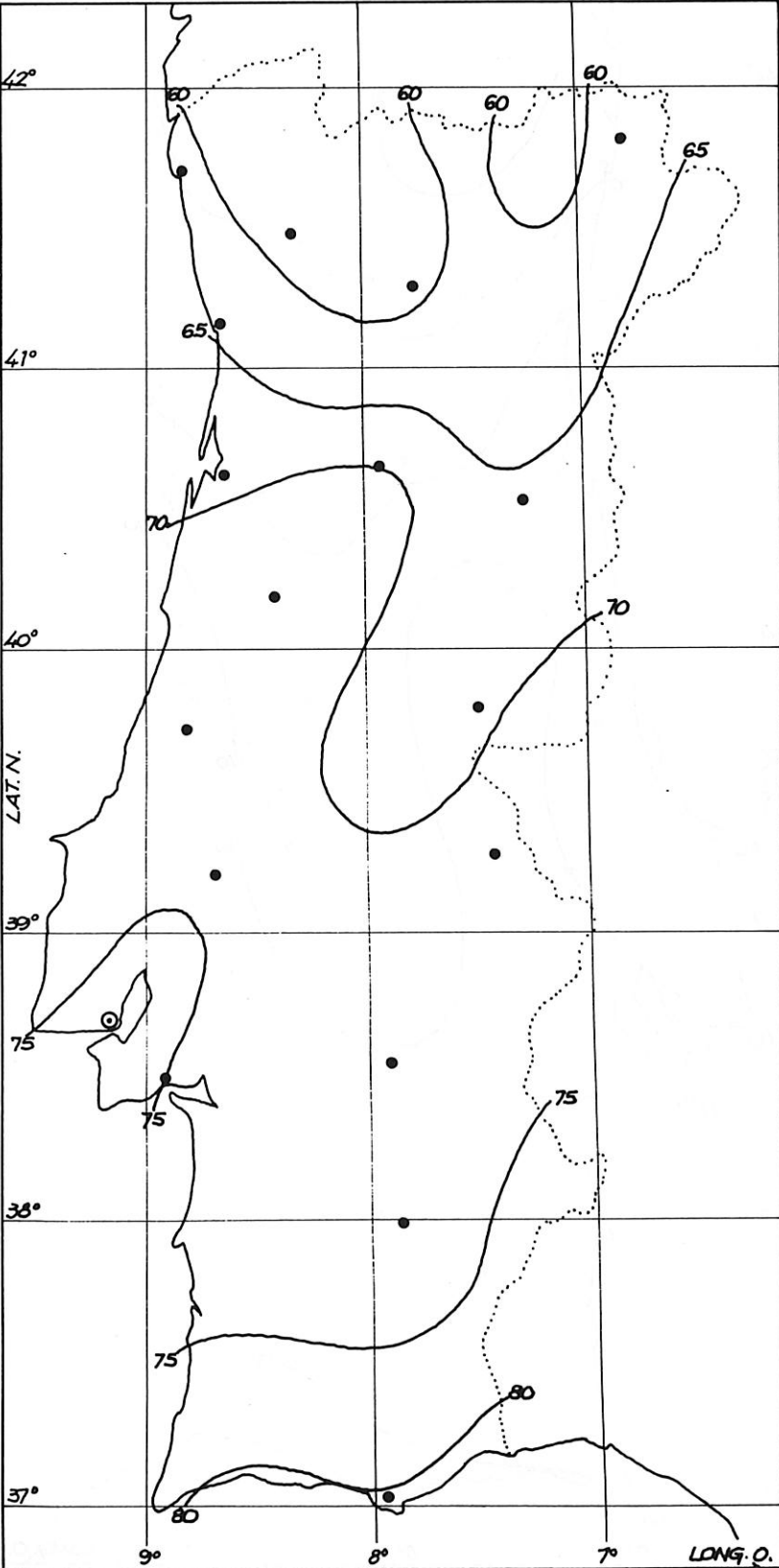
OUTUBRO



142
2

DADOS CLIMÁTICOS

ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2



**RADIAÇÃO GLOBAL**  
 (KWh/m<sup>2</sup>)  
 valores médios (1941 - 1970)  
 NOVEMBRO

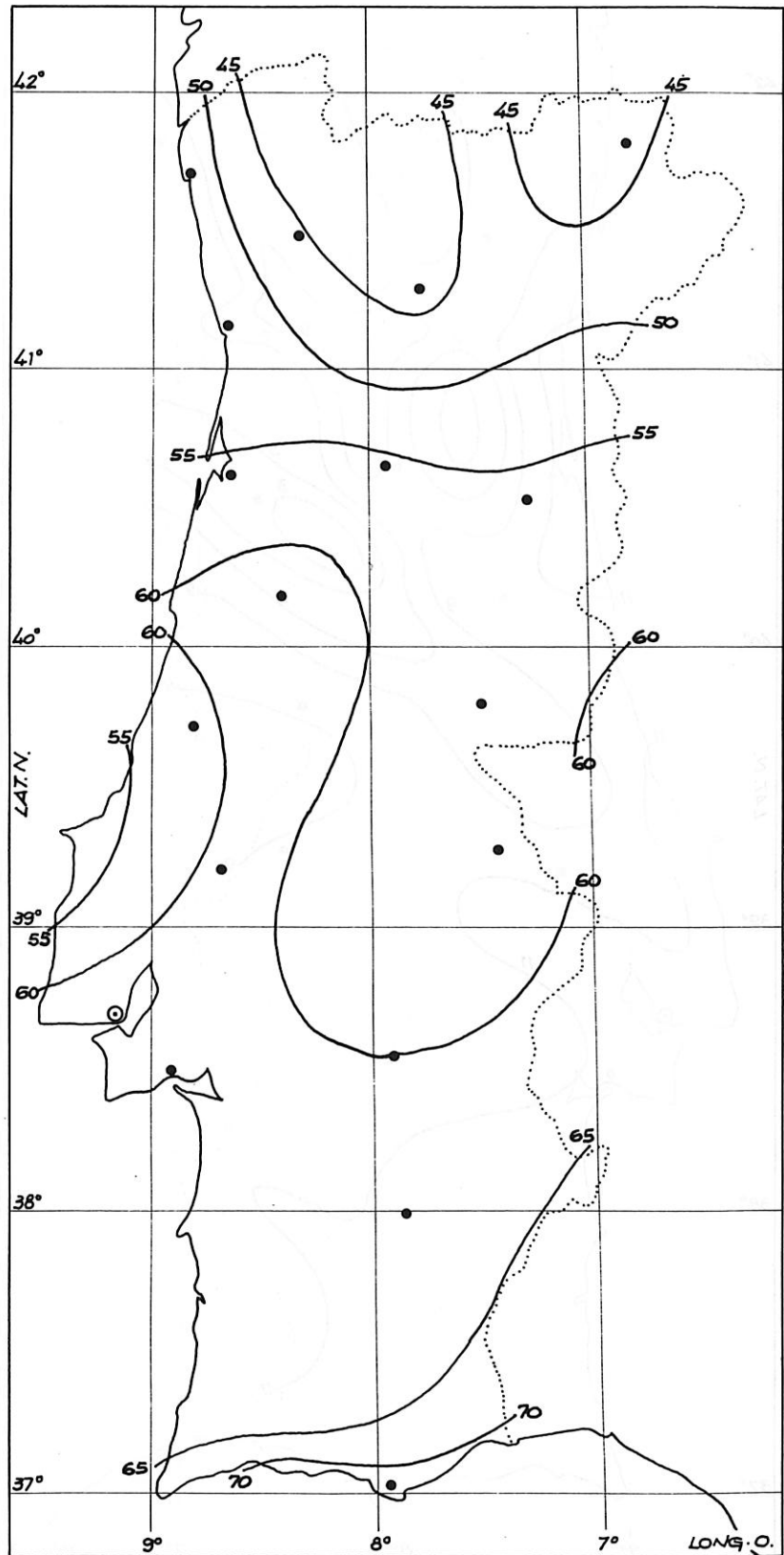
Fonte 22.

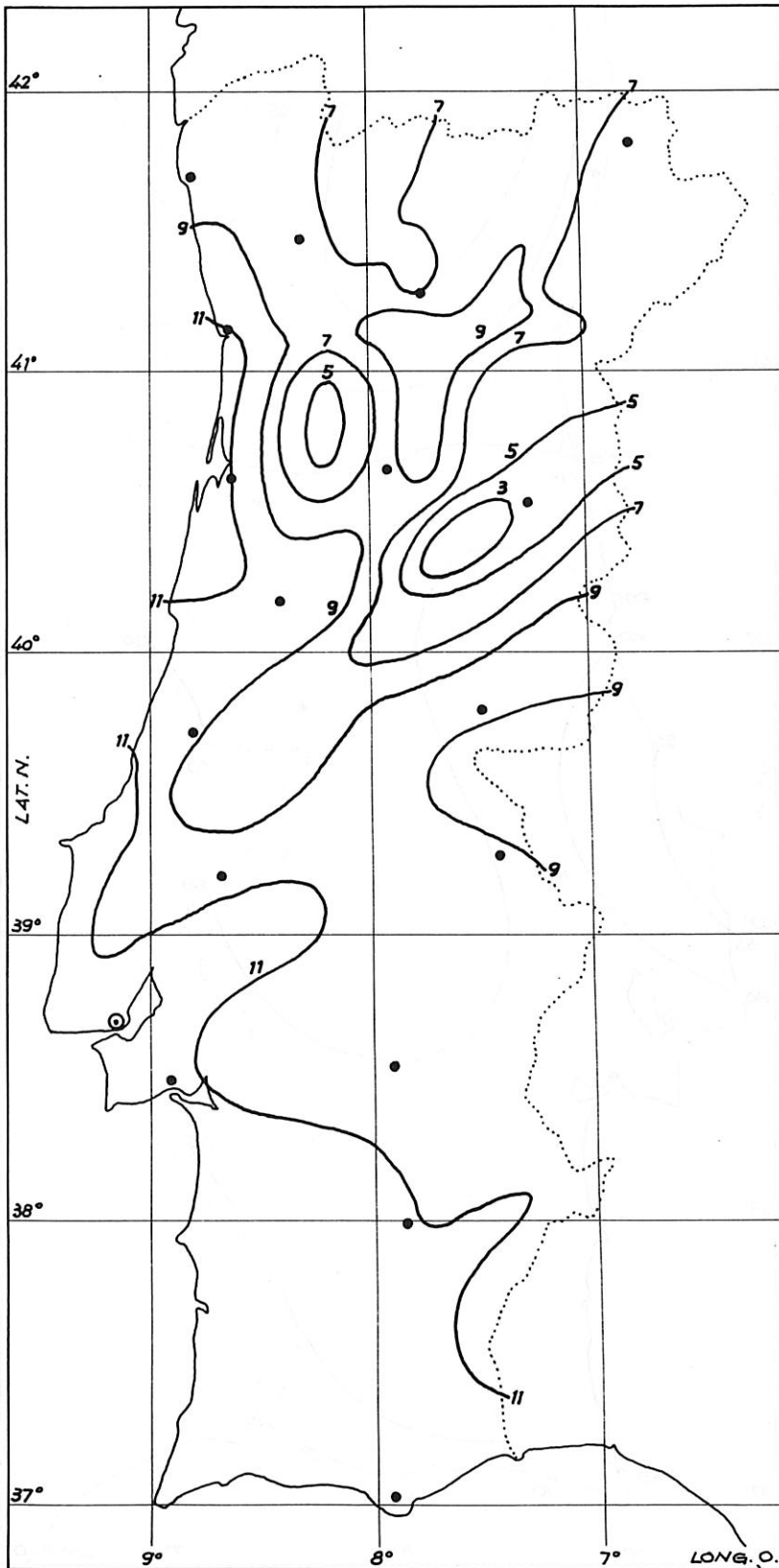
RADIAÇÃO GLOBAL

(Kwh/m<sup>2</sup>)

valores médios (1941 - 1970)

DEZEMBRO



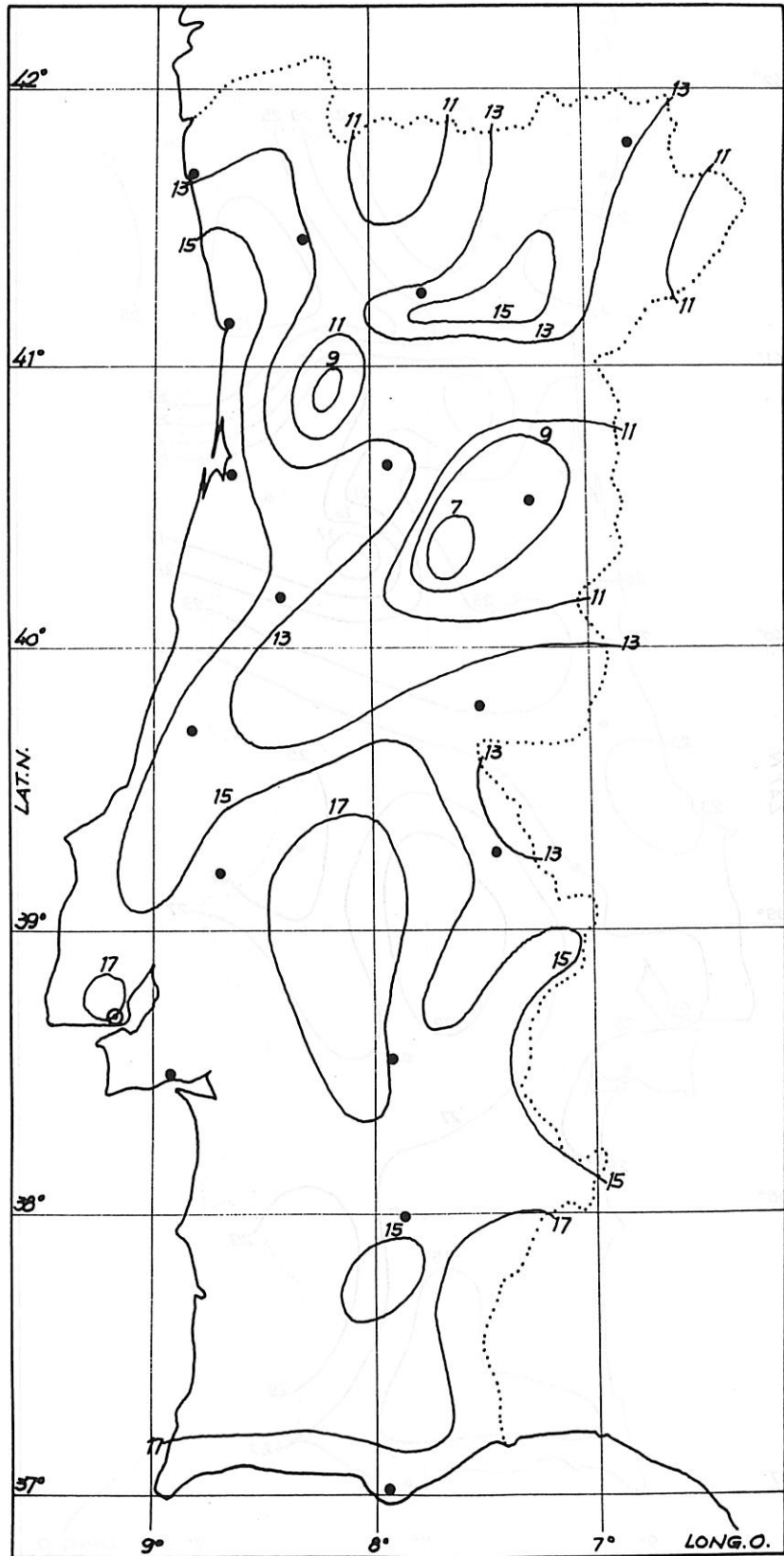
**TEMPERATURA***temperatura do solo a 50 cm  
(°C)***JANEIRO**

**TEMPERATURA**

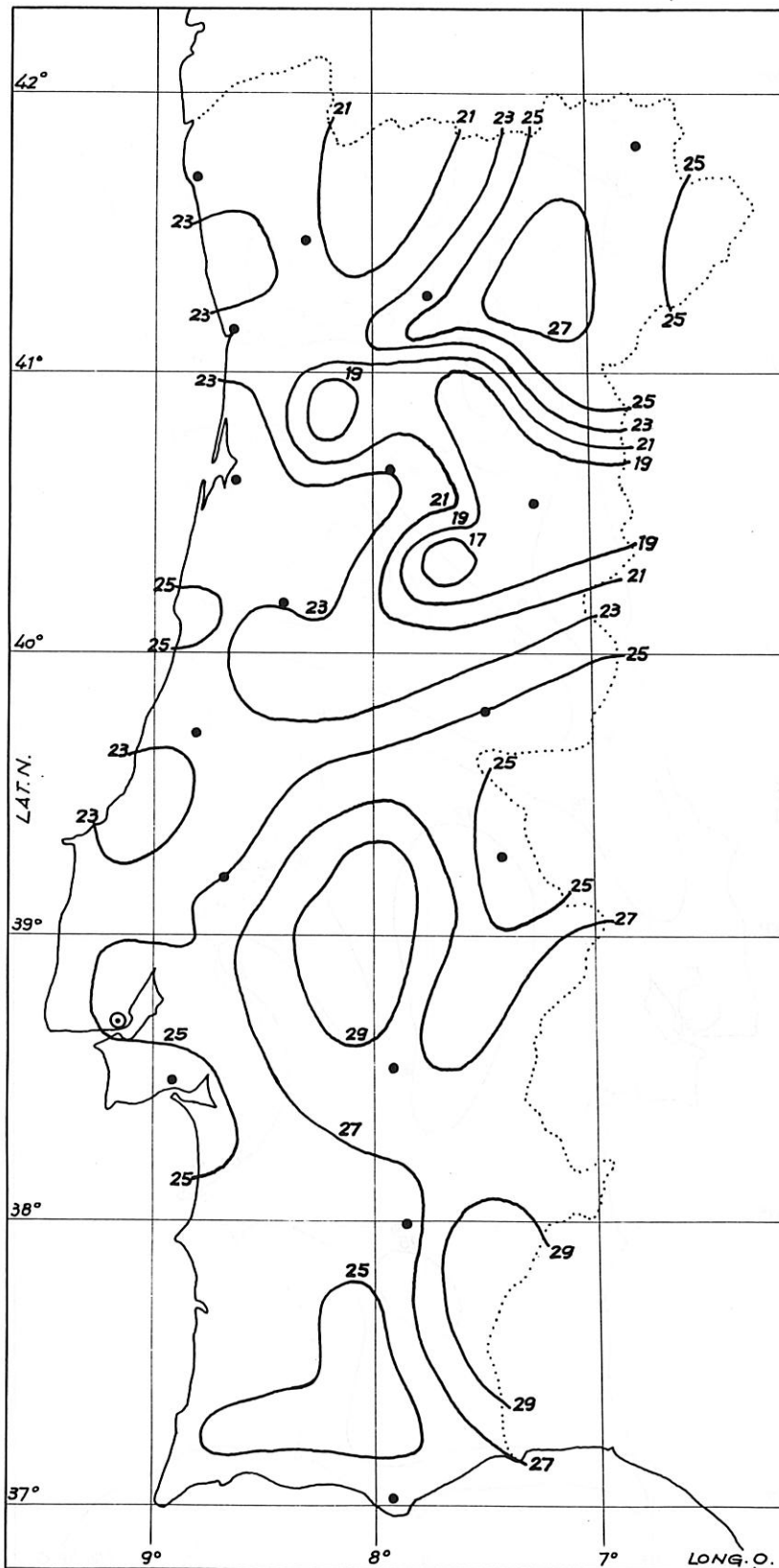
temperatura do solo a 50cm

(°C)

ABRIL





**TEMPERATURA**

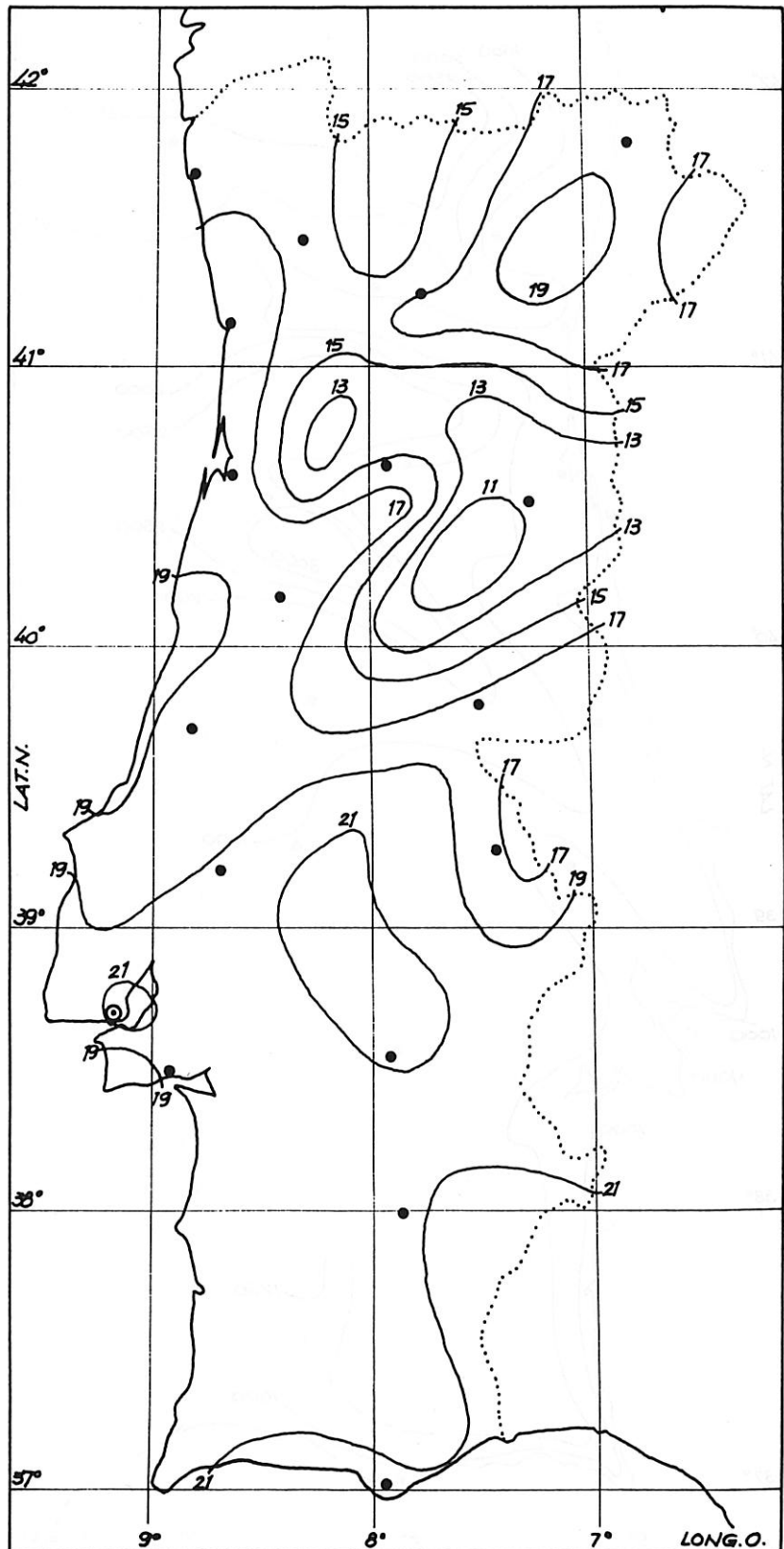
temperatura do solo a 50cm  
(°C)

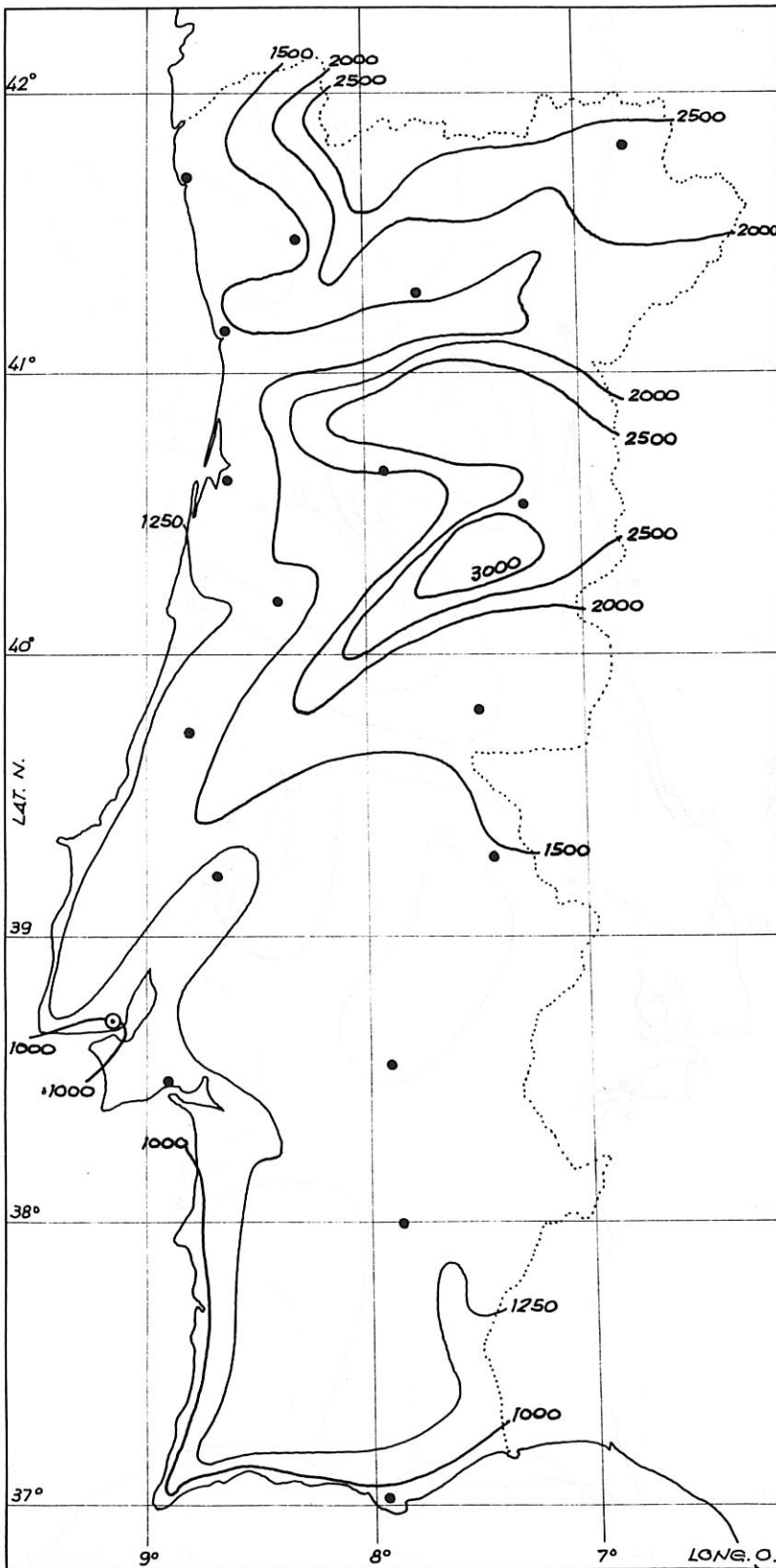
**JULHO**

TEMPERATURA

temperatura do solo a 50cm  
(°C)

OUTUBRO





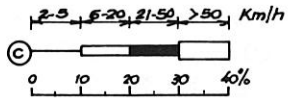
### GRAUS - DIA DE AQUECIMENTO

Base = 18°C  
 número médio (1941-1970)  
 1 OUTUBRO - 31 MAIO

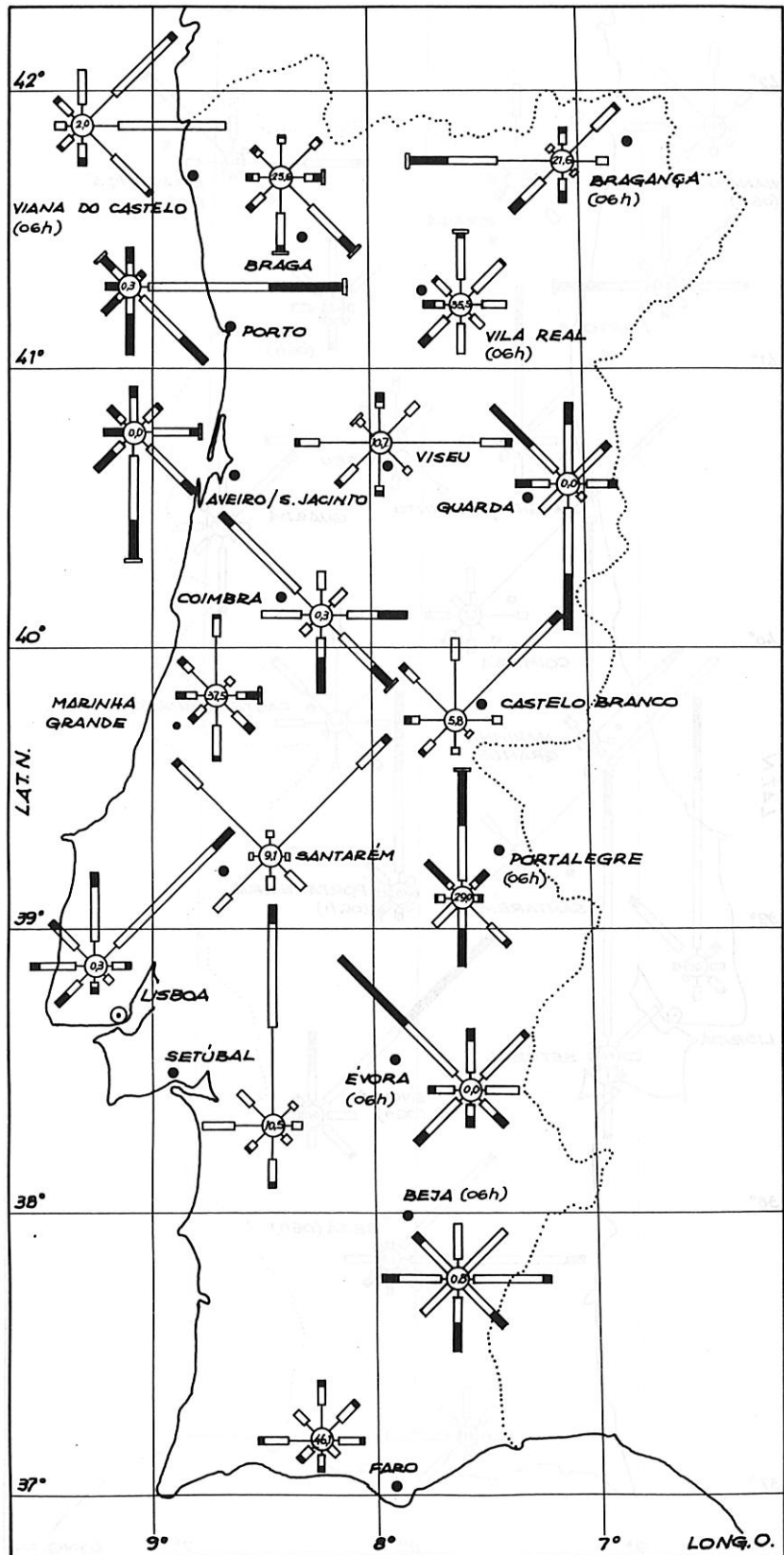
**VENTO**

Frequência do rumo e da velocidade  
do vento às 9 TME

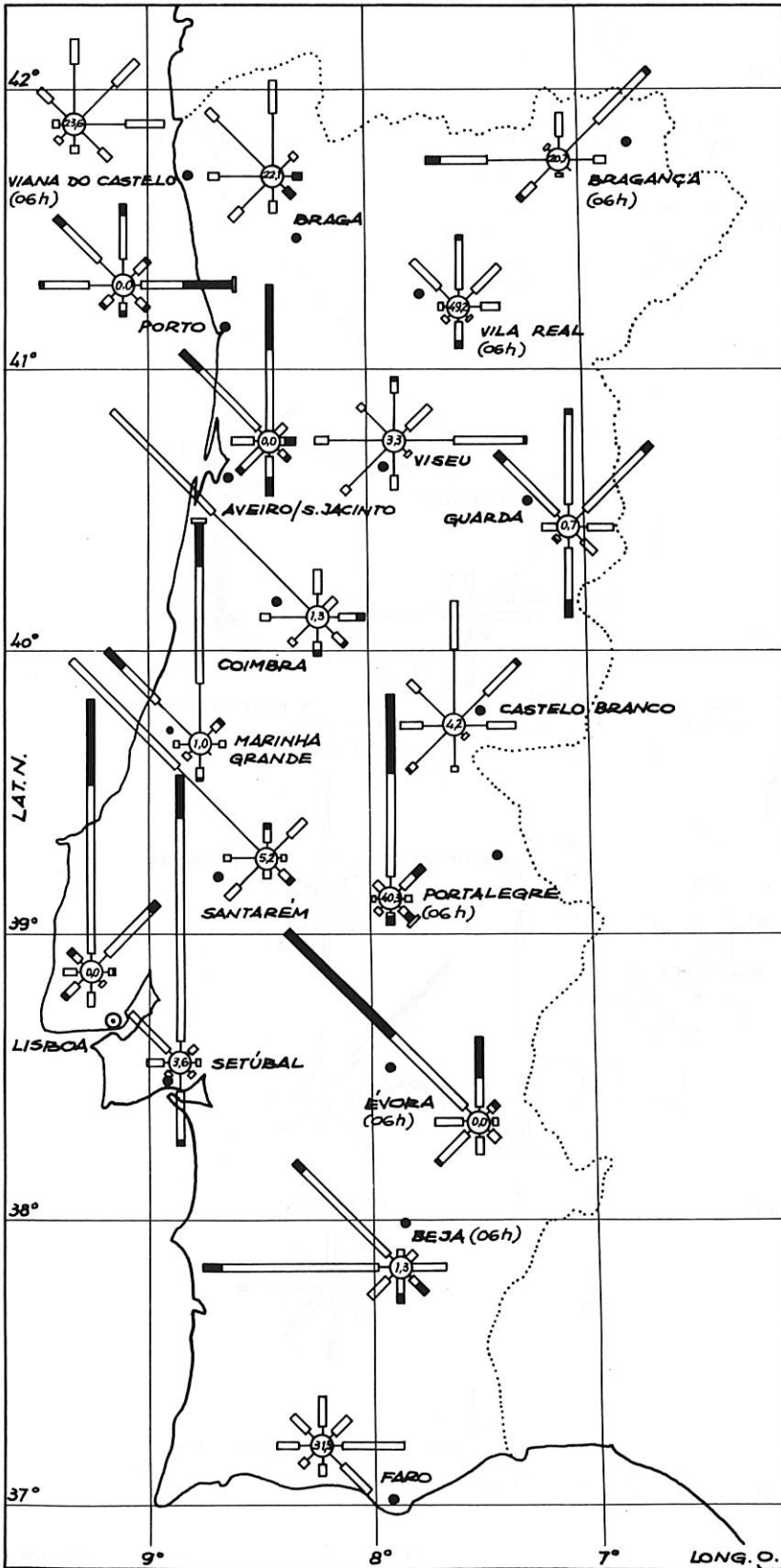
**JANEIRO**



c - percentagem dos ventos com  
velocidade inferior a 2 Km/h



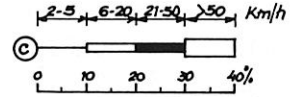
150	<b>DADOS CLIMÁTICOS</b>	<b>ENERGIA SOLAR</b>
2		<b>PASSIVA — 2</b>



### VENTO

Frequência do rumo e da velocidade do vento às 9TMG

**JULHO**



c - percentagem dos ventos com velocidade inferior a 2 Km/h

BIBLIOGRAFIA

LIVROS

- 1 — AIA RESEARCH CORPORATION  
*Regional Guidelines for Building Passive Energy Conserving Homes*  
Washington, 1978
- \*2 — BALCOMB, J. D., MC FARLAND, R. D., e WRAY, W. O.  
*A Semi-Empirical Method for Estimating the Performance of Direct Gain Passive Solar Heated Buildings — Proceedings of the 3rd National Passive Solar Conference*  
Los Alamos, 1979
- \*3 — BALCOMB, J. D., e MC FARLAND, R. D.  
*A Simple Empirical Method for Estimating the Performance of a Passive Solar Heated Building of the Thermal Storage Wall Type — Proceedings of the 2nd National Passive Solar Conference*  
Los Alamos, 1979
- \*4 — BALCOMB, J. D.  
*Passive Solar Design Handbook* (vol. II)  
Washington, 1980
- \*5 — BALCOMB, S., BALCOMB, J. D., FERNANDES, E. O., GONÇALVES, H., e MALDONADO, E. (FEUP)  
*Orientações-Guia para o Projecto de Sistemas Solares Passivos em Portugal*  
Porto, 1983
- \*6 — BAUOEK-PAPIERE 43 (UNIV.)  
*Solar-Load-Ratio Verfahren*  
Stuttgart, 1982
- 7 — BAUOEK-PAPIERE 45 (UNIV.)  
*Grundlagen und Anwendung Passiver-Solar-Energie*  
Stuttgart, 1983
- 8 — CCRC  
*Projecto MEREC — Escola de Alfarazes*  
Guarda, 1986
- \*9 — CEC  
*Passive Solar Architecture in Europe 2 — The Results of the Second European Passive Solar Competition*  
London, 1982

152	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>ENERGIA SOLAR PASSIVA — 2</b>
—		

- 10 — CSOPT  
*Regras de Qualidade Térmica de Edifícios*  
Lisboa, 1985
- 11 — CABIROL, T., FAURÉ, D., e ROUX, D.  
*Chauffage de l'Habitat et Énergie Solaire*  
França, 1982
- 12 — FEUP (GFC)  
*Auditoria Energética das Escolas Primárias do Parque Natural da Serra da Estrela*  
Porto, 1986
- 13 — HEBGEN, H.  
*Bauen mit der Sonne*  
Essen, 1982
- 14 — INMG  
*Anuário Climatológico de Portugal* (vol. xxxi)  
Lisboa, 1983
- \*15 — KIRALY, J.  
*Architektur mit der Sonne*  
Karlsruhe, 1984
- \*16 — KOBLIN, W., KRUEGER, E., e SCHUH, U. (BRBS)  
*Handbuch Passive Nutzung der Sonnenenergie*  
Muenchen, 1984
- 17 — LOG ID  
*Gruene Archen*  
Tuebingen, 1983
- 18 — LORENZ-LADENER, C.  
*Solargewaechshaeuser*  
Greibenstein, 1981
- \*19 — MECV  
*Concours 5000 Maisons Solaires*  
Paris, 1980-1982
- 20 — MAZRIA, E.  
*The Passive Solar Energie Book*  
USA, 1979
- 21 — RWE  
*Bau-Handbuch Technischer Ausbau 1985/86*  
Essen, 1984
- 22 — ROCHA, M. S. (INMG)  
*A Radiação Solar Global em Portugal Continental*  
Lisboa, 1982
- 23 — SMN  
*Atlas Climatológico de Portugal Continental*  
Lisboa, 1974
- 24 — STULZ, R.  
*Appropriate Building Materials*  
St. Gallen, 1983

PUBLICAÇÕES PERIÓDICAS

*Bauphysik*  
Berlin  
N.º 3/81

- \*25 — «Eine einfache Berechnungsmethode fuer passivsonnenbeheizte Wohngebaeude» (pp.83-91)  
Lohr, A. W.  
N.º 1/82

- 26 — «Ein vereinfachtes Rechenverfahren zur Bestimmung der Tagesgaenge der Gesamtstrahlung auf verschieden orientierte Flaechen unter Beruecksichtigung des Bewoelkungsgrades» (pp. 3-8)

*Bauwelt*  
Berlin  
N.º 29/80

- 27 — «Klimagerechtes und oekologisches Bauen 'Passive' Systeme in den USA und in Deutschland» (pp. 1248-1254)

- 28 — «Solarhaus als Architektur» (p. 1255)

- 29 — «Solarfassade im Test» (pp. 1256-1257)

N.º 4/85

- 30 — «Fuenf Energiesparhaeuser am Landwehrdkanal in Berlin» (pp. 126-144)

- 31 — «Ein passives Solarhaus in Kassel» (pp. 145-149)

- 32 — «Haeuser am Nordhang» (pp. 150-151)

*Deutsches Architektenblatt*  
Stuttgart  
N.º 3/82 (pp. 327-331)  
N.º 4/82 (pp. 477-481)

- 33 — «Energiebilanz von Gebaeuden vereinfachte Berechnungsverfahren»  
Rouvel, L.

*Deutsches Bauzeitschrift*  
Guetersloh (RFA)  
N.º 10/85

- 34 — «Passive Sonnenenergienutzung» (pp. 1309-1313)  
Ohlwein, K.

N.º 1/86

- 35 — «Passive Solararchitektur» (pp. 57-63)



*NOTA DO AUTOR*

COLABORARAM NESTE LIVRO  
CARLOS CANDEIAS, CONCEPÇÃO GRÁFICA E DESENHOS  
ISABEL FEIJÃO, ARQUIVO, CONCEPÇÃO GRÁFICA, DOCUMENTAÇÃO  
E TRATAMENTO DE TEXTO

Composto e impresso  
na Imprensa Nacional-Casa da Moeda, E. P.  
em Julho de 1988

*Depósito legal n.º 20 223/88*



Francisco F. de Oliveira Moita (Lisboa, 1947) estudou arquitectura na Faculdade de Arquitectura da Universidade de Stuttgart (RFA), tendo concluído o curso em 1976 com apresentação de tese em Planeamento Urbanístico (Dipl. Ing. Architekt).

É docente da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa desde 1978, nas cadeiras de Planeamento Urbanístico (até 1982) e de Projecto de Arquitectura (desde 1982-1983).

O livro «ENERGIA SOLAR PASSIVA 1» apresenta ao leitor os processos térmicos nos edifícios e as regras a aplicar na sua construção com vista a otimizar a utilização da energia solar passiva, assim como as tecnologias mais aconselháveis para o nosso clima.

O livro «ENERGIA SOLAR PASSIVA 2» apresenta, através de vários exemplos, um método simplificado de cálculo do contributo de energia solar passiva no aquecimento de edifícios, a que o leitor, mesmo sem conhecimentos muito aprofundados, pode recorrer num acto de consulta prática e expedita.