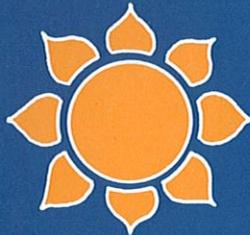
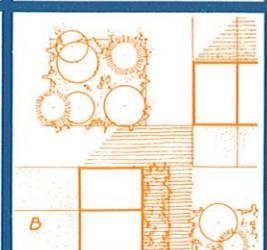
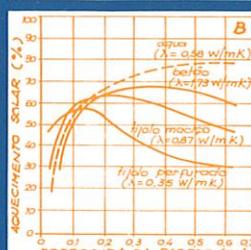
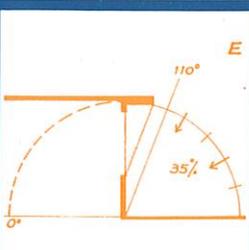
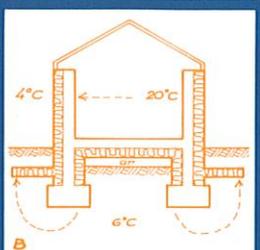
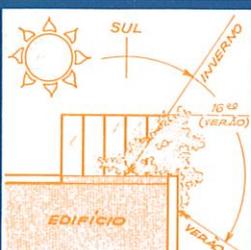
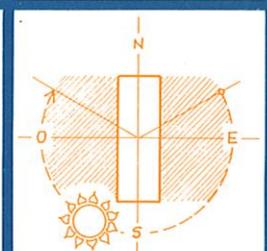
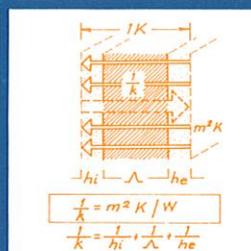
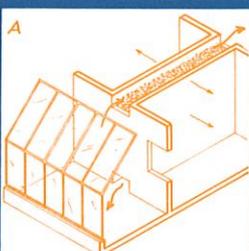
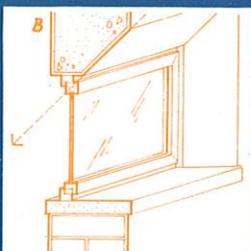
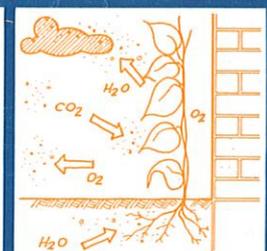
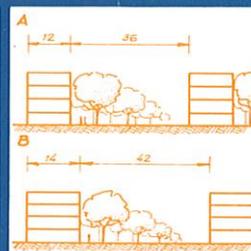
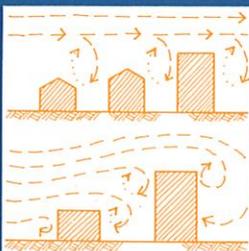
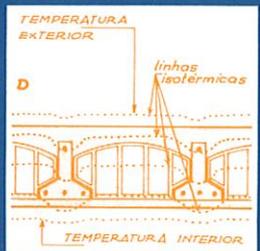
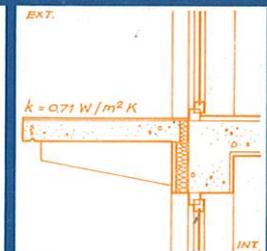
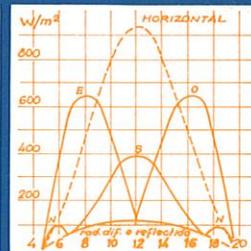
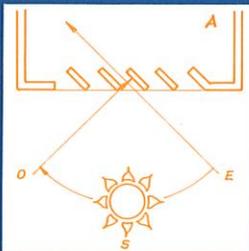
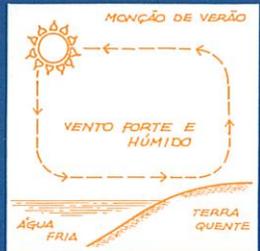
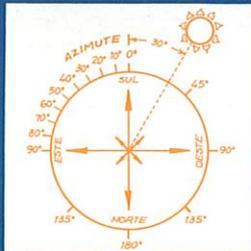




DIRECÇÃO-GERAL DE ENERGIA

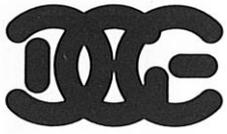


ENERGIA SOLAR PASSIVA 1

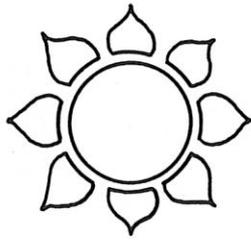


FRANCISCO MOITA
ARQUITECTO

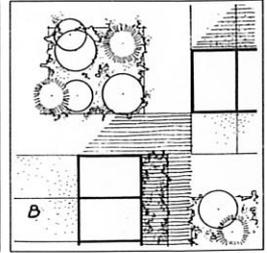
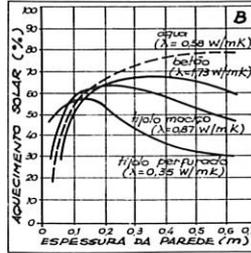
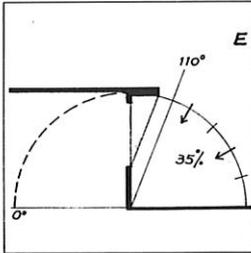
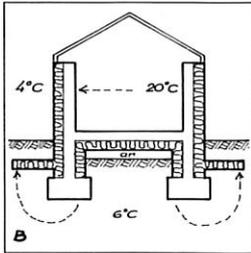
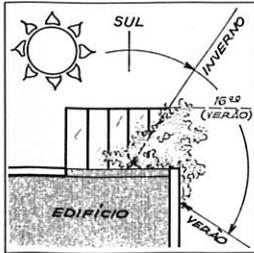
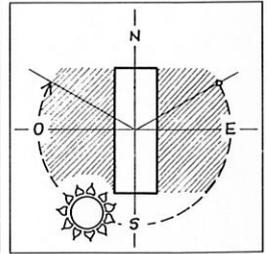
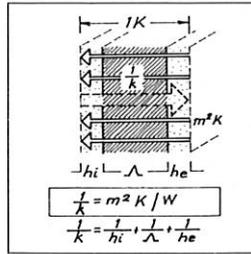
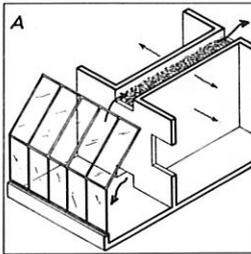
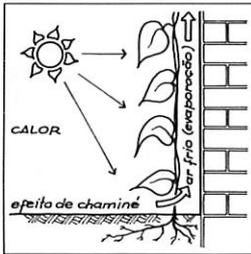
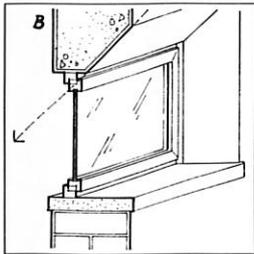
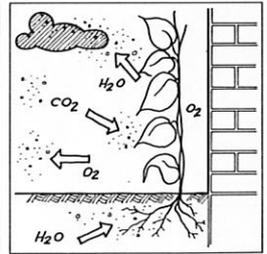
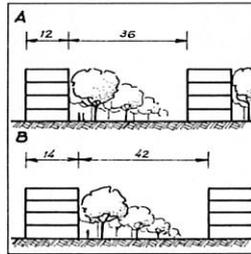
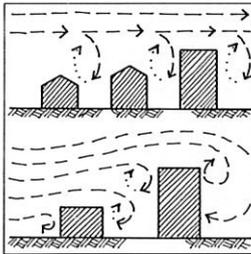
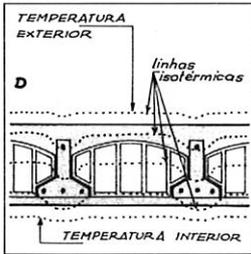
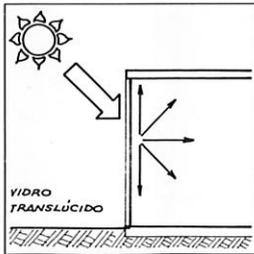
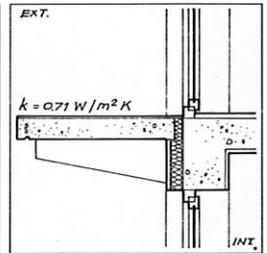
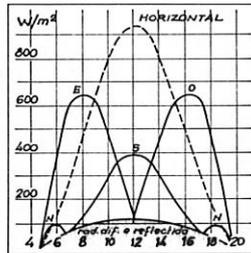
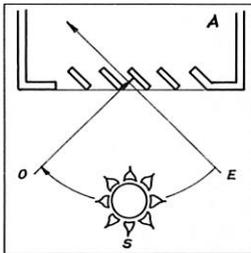
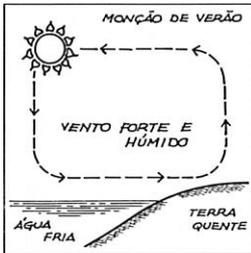
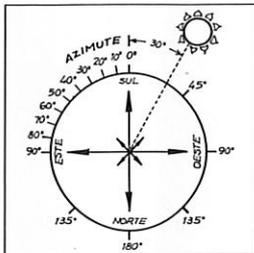
2 volumes
€ 25,00



DIRECÇÃO-GERAL DE ENERGIA



ENERGIA SOLAR PASSIVA 1



FRANCISCO MOITA
ARQUITECTO

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	ÍNDICE	3
		—

	Pág.
0.0 — PREFÁCIO	5
0.1 — INTRODUÇÃO	9
<i>NOTA HISTÓRICA I</i>	11
1 — O Sol e a Terra	13
1.1 — Energia do Sol	15
1.2 — Movimentos da Terra	17
1.3 — Atmosfera terrestre	18
1.4 — Altura solar	22
1.5 — Radiação solar	26
1.6 — Clima	28
<i>NOTA HISTÓRICA II</i>	31
2 — Energia solar passiva — Pressupostos exteriores ao edifício	33
2.1 — Definição	35
2.2 — Localização	37
2.3 — Forma	39
2.4 — Orientação e afastamento	43
2.5 — Vegetação	45
<i>NOTA HISTÓRICA III</i>	51
3 — Energia solar passiva — Pressupostos constituintes do edifício	53
3.1 — Definição	55
3.2 — Envolvente	55
3.3 — Fenestração	62
3.4 — Sombreamento	66
3.5 — Ventilação	68
<i>NOTA HISTÓRICA IV</i>	75
4 — Tecnologias solares passivas	77
4.1 — Ganho directo	79
4.2 — Ganho indirecto	86
4.3 — Estufas	93

4	ÍNDICE	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
—		

	Pág.
<i>NOTA HISTÓRICA V</i>	101
5 — Apêndices	103
5.1 — Diagramas solares	107
5.2 — Dados climáticos	123
5.3 — Conceitos físicos	145
5.4 — Glossário	151
<i>NOTA HISTÓRICA VI</i>	157
BIBLIOGRAFIA	159

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	PREFÁCIO	5
		0.0

0.0 PREFÁCIO

Desde a primeira crise energética, no início da década de 70, que o «solar» se transformou numa designação de uso corrente, cada vez mais ligada à Arquitectura, e por vezes adjacente a outros conceitos nem sempre muito claros, tais como «passivo», «activo», «bioclimático», «ecológico», etc.

O acontecimento que esteve na origem desta reaparição, o impacto petrolífero que abanou seriamente as estruturas energéticas então vigentes nos países economicamente desenvolvidos, não teve, no entanto, o mesmo significado para toda a gente; para uns era apenas uma crise conjuntural superável com o decorrer dos tempos e que não questionava os hábitos de gastos energéticos das sociedades ditas de consumo e do bem-estar, enquanto para outros era o duvidar de toda uma necessidade de consumo de energia, era mesmo o pôr em causa um determinado tipo de crescimento económico.

Independentemente desta polémica (ou talvez motivado por ela . . .), o certo é que se tem assistido desde aí, principalmente nos países europeus de economia mais avançada, a um profundo trabalho de investigação em torno das potencialidades da energia solar, numa primeira fase mais centrado para os processos de captação activa e só mais recentemente dirigido para a sua utilização passiva, de cujas conclusões e ensinamentos não nos podemos alhear.

Fundamentalmente, trata-se de saber que tipo de energia, sob que forma de captação e com que custos

6	PREFÁCIO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
0.0		

a Natureza, neste caso o Sol, nos pode fornecer para muitas das nossas necessidades diárias no *habitat* e se estamos preparados ou não para enfrentar o desafio de a aproveitar.

5 O intuito desta publicação é ajudar a vencer esse desafio, estimulando a sensibilização, compreensão e reflexão crítica sobre a energia solar passiva, sem pretender impor receitas prévias, mas sim dando ideias e sugestões várias e com elas a possibilidade a cada um de encontrar e pôr em prática a alternativa que mais lhe convier.

6 Esta publicação destina-se aos arquitectos, engenheiros, construtores, engenheiros técnicos, estudantes, às autarquias e demais gabinetes de projectos, enfim, a todos aqueles que, já interessados ou não pelos problemas da energia solar passiva, tenham responsabilidades nos processos de realização da Arquitectura e Construção e possam dessa forma contribuir para o elevamento das condições de vida no *habitat*, e assim do nível de vida da população em geral.

7 Foi nossa intenção pôr à disposição do leitor, de uma forma didáctica e compreensível, através de desenhos e esquemas:

- A explicação dos processos térmicos do edifício;
- Quais as técnicas de aproveitamento da energia solar passiva que melhor podem ser utilizadas no nosso clima;
- Quais as regras que na construção dos edifícios devem ser aplicadas para se otimizar a utilização da energia solar passiva de acordo com os conhecimentos actuais.

8 Facultamos também dados, tabelas e processos de cálculo que permitam ao leitor estimar, ele próprio, nos diversos casos o contributo possível da energia solar.

9 Sobre a utilização passiva da energia solar em Portugal tem-se ainda uma experiência muito restrita. Este trabalho, concebido como publicação oficial destinada a uma ampla divulgação, deve, pois, ser interpretado como um dos primeiros passos nesse sentido, ficando muitas das suas sugestões, directrizes e conclusões sujeitas a

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	PREFÁCIO	7
		0.0

posterior aferimento e eventual correcção, que agradecemos desde já a todos aqueles que os queiram fazer.

Com a Direcção-Geral de Energia, entidade que possibilitou a realização e publicação deste trabalho, e com os consultores do mesmo, Profs. Eduardo Maldonado (FEUP) e Canha da Piedade (IST), realizaram-se frutuosas reuniões para discussão e apreciação do seu conteúdo. 10

A linha de actuação e estrutura deste trabalho são, no entanto, da responsabilidade do Autor. 11

Francisco Moita

Lisboa, Julho de 1985

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	INTRODUÇÃO	9
		0.1

Em Portugal, a situação tem sido, contudo, um pouco diferente: os baixos padrões do nível de vida têm provocado uma tradicional falta de conforto térmico nos edifícios, sendo os custos para aquecimento praticamente irrelevantes no conjunto da factura energética.

Um forçoso e desejável aumento do nível de vida das populações, com o consequente crescimento dos consumos de energia para aquecimento, é justificável suficiente para a introdução das tecnologias solares passivas no nosso país.

Dai resulta, forçosamente, a necessidade de nos voltarmos cada vez mais para o estudo dos fenómenos termodinâmicos, em cujos princípios, formas e materiais, se baseavam tantas construções antigas.

0.1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos que a principal finalidade da habitação é ajudar o ser humano a combater melhor as inconstâncias hostis do meio ambiente e a proteger-se das condições climáticas adversas.

Nessa época ainda não se possuía o conceito de energia térmica, nem tão-pouco se conheciam as leis e princípios da termodinâmica, mas na habitação tinha-se a noção muito exacta, por via sensitiva, da relação existente entre o clima, a forma e o material de construção e o bem-estar físico.

Muitas gerações foram precisas, no entanto, para que os povos das mais diversas culturas chegassem, por via da experimentação, à criação de formas e maneiras de construção, com estilo e características próprios, relacionadas optimamente com os diferentes tipos de clima e com as diversas características geográficas.

Várias dessas formas chegaram até aos nossos dias para serem prepotentemente substituídas por uma suposta moderna arquitectura «racional», muitas vezes edificada arbitrariamente quanto à orientação dos pontos cardiais, tantas vezes baseada no vidro, ferro e betão, independentemente das latitudes geográficas e suas condições climáticas.

No entanto, os actuais custos de energia para o aquecimento, arrefecimento e iluminação dos edifícios não param de subir a um ritmo dramático até agora desconhecido, começando a levantar sérios problemas económicos às nossas sociedades.

Fig. 1 — Duas modernas torres de vidro e betão na Islândia (70° lat. N.) em Portugal (40° lat. N.) ou no Equador? (0° lat.)

10	INTRODUÇÃO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
0.1		

- 17 Em Portugal, a situação tem sido, contudo, um pouco diferente: os baixos padrões do nível de vida têm provocado uma tradicional falta de conforto térmico nos edifícios, sendo os custos para aquecimento praticamente irrelevantes no conjunto da factura energética.
- 18 Um forçoso e desejável aumento do nível de vida das populações, com o conseqüente acréscimo dos consumos de energia para aquecimento, é justificação suficiente para a introdução das tecnologias solares passivas no nosso país.
- 19 Daí resulta, forçosamente, a necessidade de nos virarmos cada vez mais para o estudo dos fenómenos termodinâmicos, em cujos princípios, formais e materiais, se baseavam tantas construções antigas, ricas em ensinamentos de exemplar integração climático-solar.
- 20 Só assim poderemos alcançar, recorrendo ainda aos novos materiais e às tecnologias modernas, uma «nova» forma de construção de edifícios, termicamente mais económica, mais integrada na Natureza, enfim, mais de acordo com as características da escala humana.

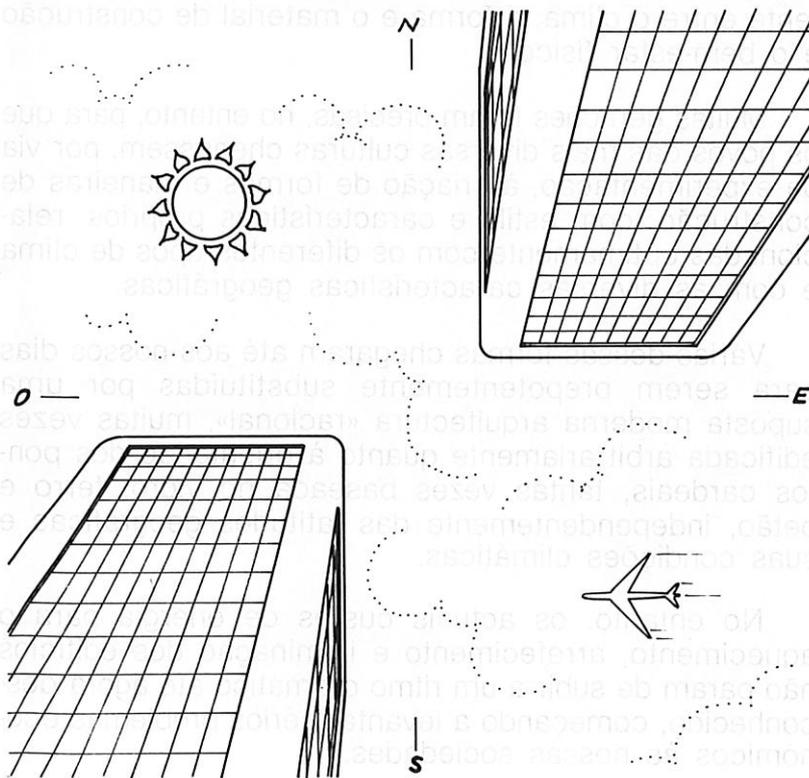
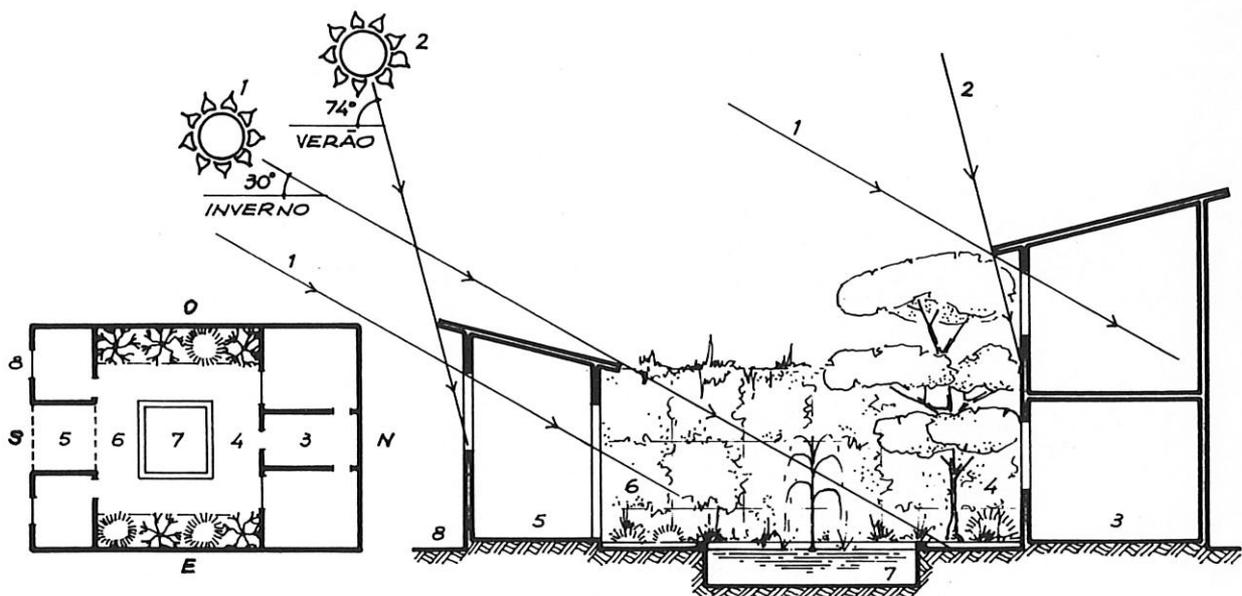


Fig. 1 — Duas modernas torres de vidro e betão!...
 ... na Islândia (70° lat. N.)
 ... em Portugal (40° lat. N.)
 ... ou no Equador? (0° lat.)

NOTA HISTÓRICA I. — Os Romanos foram o primeiro povo a consagrar juridicamente o direito ao Sol! Preocupados em poupar madeira para aquecimento (!), dispunham de uma prática notável no uso da energia solar e os seus edifícios obedeciam a regras de construção de acordo com a localização geográfica.

A «casa-átrio», residência particular dos Romanos (cerca de 200 a. C.), é o reflexo dessa preocupação, contendo ensinamentos exemplares: o Sol, de Inverno e de Verão (1 e 2), é doseado através de janelas e sombreadores devidamente dimensionados; as funções mais privadas desenvolvem-se no edifício de dois pisos (3), recuado e protegido da rua, sem janelas a norte, e cuja fachada sul (4) é revestida de uma trepadeira de folha caduca, que regula sazonalmente a radiação no edifício; as funções principais desenvolvem-se no edifício anterior (5), próximo da rua (8); o átrio (6) é revestido de abundante vegetação, impedindo assim grandes amplitudes térmicas, e um pequeno lago com repuxo (7) cuida, nos dias quentes, da necessária refrigeração, por evaporação.



1 – O SOL E A TERRA

- 1.1 ————— ENERGIA DO SOL
- 1.2 ————— MOVIMENTOS DA TERRA
- 1.3 ————— ATMOSFERA TERRESTRE
- 1.4 ————— ALTURA SOLAR
- 1.5 ————— RADIAÇÃO SOLAR
- 1.6 ————— CLIMA

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	ENERGIA DO SOL	15
		1.1

Esta energia é produzida no núcleo do Sol por uma reação nuclear, onde uma enorme quantidade de calor se liberta pela fusão do hidrogénio em hélio, resultando em temperaturas de vários milhões de graus centígrados no seu interior e de cerca de 5500°C à sua superfície.

A energia irradiada pelo Sol é emitida com uma intensidade de 6600 W/m², a velocidade de 300 000 km/s, sob a forma de ondas electromagnéticas (fenómeno ondulatorio), atingindo os limites da atmosfera terrestre 8,27 minutos mais tarde, com uma intensidade de cerca de 1370 W/m², valor ao qual se dá o nome de constante solar.

1.1 — Energia do Sol

O Sol está situado a cerca de 150 milhões de quilómetros, sendo a estrela mais próxima da Terra, e fornece-nos a quase totalidade da energia consumida no nosso planeta.

A quantidade de energia solar que chega à Terra é de cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kWh/a, ou seja, 25 000 vezes mais do que a quantidade que toda a Humanidade consome actualmente no mesmo espaço de tempo.

Fig. 2 — A irradiação de radiação solar na superfície terrestre é dada pelas linhas de radiação solar máximas (W/m²). No quadrado a seguir, a irradiação solar por unidade de tempo é maior que o consumo de energia actual de toda a Humanidade no mesmo espaço de tempo (ca. 10¹⁸ kWh/a).

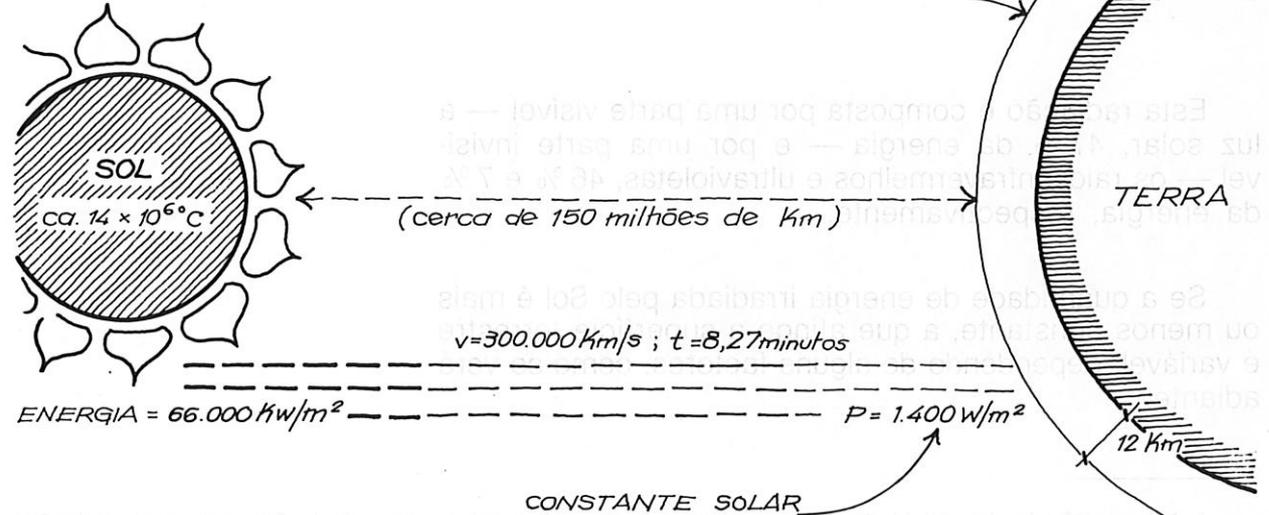


Fig. 2 — O Sol, a Terra e a energia solar

16	ENERGIA DO SOL	ENERGIA SOLAR
1.1		PASSIVA-1

23 Esta energia é produzida no centro do Sol por uma reacção termonuclear, onde uma enorme onda de calor se liberta pela fusão do hidrogénio em hélio, resultando temperaturas de vários milhões de graus centígrados no seu interior e de cerca de 5500°C à sua superfície.

24 A energia irradiada pelo Sol é emitida com uma intensidade de 6600 W/cm², à velocidade de 300 000 km/s, sob a forma de ondas electromagnéticas (fenómeno ondulatório), atingindo os limites da atmosfera terrestre 8,27 minutos mais tarde, com uma intensidade de cerca de 1370 W/m², valor ao qual se dá o nome de *constante solar*¹.

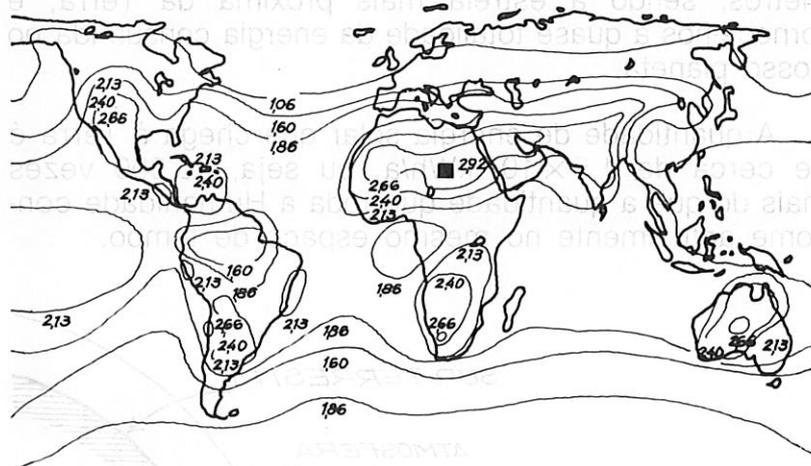


Fig. 3 — A distribuição da radiação solar na superfície terrestre é dada pelas linhas de radiação solar média anual (MWh/m²/a). No quadrado a negro, a radiação solar por unidade de tempo é maior que o consumo de energia actual de toda a Humanidade no mesmo espaço de tempo (fonte 18).

25 Esta radiação é composta por uma parte visível — a luz solar, 47% da energia — e por uma parte invisível — os raios infravermelhos e ultravioletas, 46% e 7% da energia, respectivamente.

26 Se a quantidade de energia irradiada pelo Sol é mais ou menos constante, a que atinge a superfície terrestre é variável, dependendo de alguns factores, como se verá adiante.

¹ A inconstância da actividade das manchas solares pode originar, no próprio Sol, pequenas variações de ±2% na produção de energia.

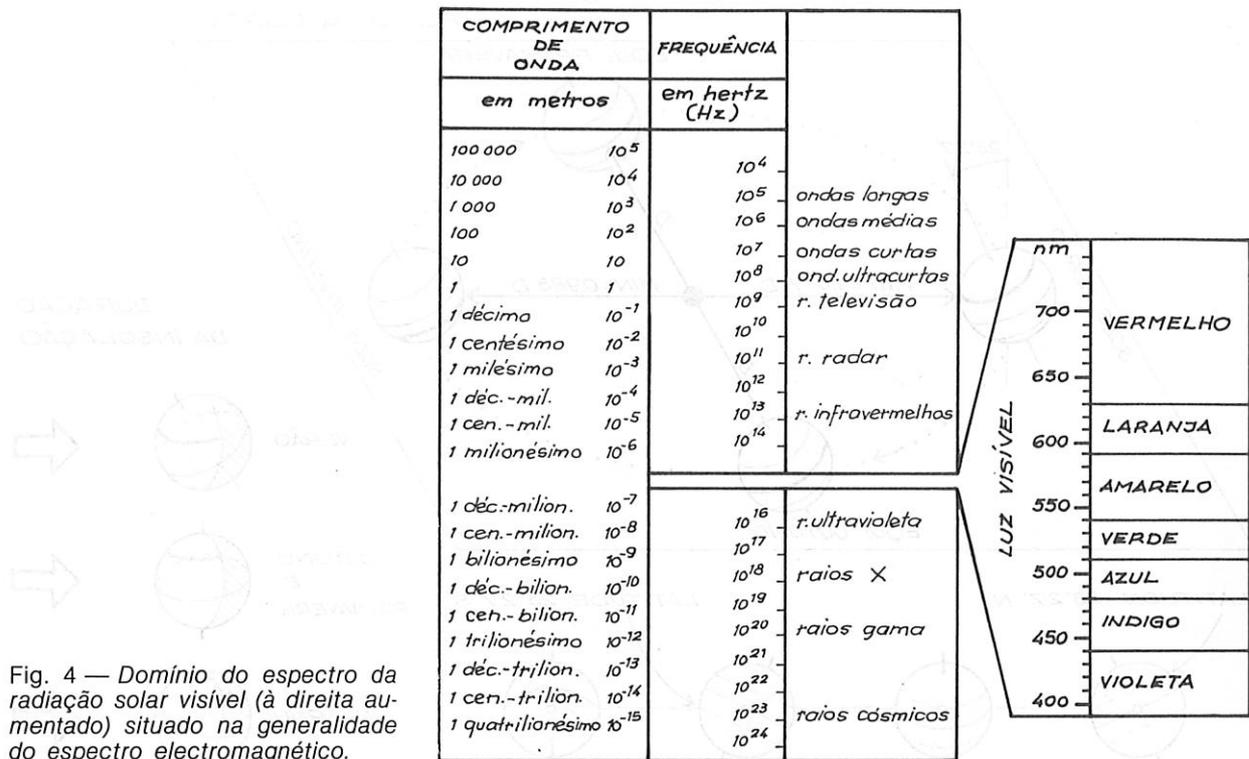


Fig. 4 — Domínio do espectro da radiação solar visível (à direita aumentado) situado na generalidade do espectro electromagnético.

1.2 — Movimentos da Terra

A Terra anda à volta do Sol, descrevendo uma elíptica, e a distância entre os dois astros é variável ao longo do ano, atingindo, em relação a uma distância intermédia que coincide com os equinócios, para o hemisfério norte um máximo no solstício de Verão e um mínimo no solstício de Inverno.

A distância ao Sol no solstício de Verão é de +1,7% (152×10^6 km no afélio) e no de Inverno — 1,7% (147×10^6 km no periélio) em relação aos equinócios, estando, portanto, a Terra mais perto do Sol no Inverno.

Para efeitos de energia, a constante solar (1370 W/m^2) varia $\pm 3,5\%$, consoante o afastamento ou a aproximação da Terra, atingindo, conseqüentemente, os valores de cerca de 1320 W/m^2 no Verão e 1420 W/m^2 no Inverno.

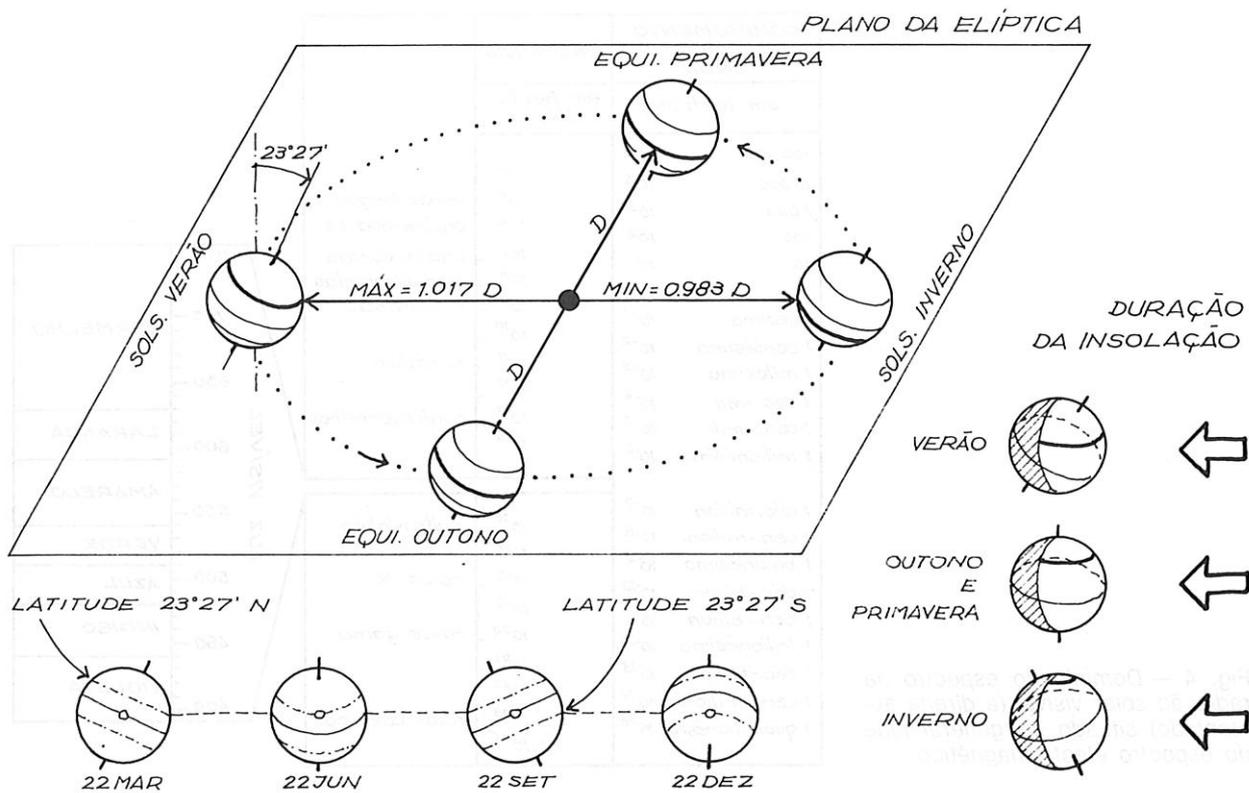


Fig. 5 — Trajectória, distâncias e posições da Terra em volta do Sol, com as respectivas durações de insolação diária nas quatro estações do ano.

30 O eixo da Terra, do pólo sul ao pólo norte, mantém um ângulo constante de $23^{\circ} 27'$ com o plano da elíptica, ângulo esse que dá origem às estações do ano e aos diferentes períodos anuais de insolação.

31 Por outro lado, o movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo, que dura 24 horas, origina os dias e as noites e a consequente variação diária de insolação.

1.3 — Atmosfera terrestre

32 A atmosfera terrestre é constituída por uma massa gasosa com cerca de 12 km de espessura e constitui o último percurso da radiação solar antes de esta atingir a superfície da Terra ².

² A atmosfera contém vapor de água (nuvens), poeiras, partículas suspensas, microrganismos, etc.

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	ATMOSFERA TERRESTRE	19
		1.3

Ao atravessar a atmosfera, que é tanto mais densa quanto mais próxima da Terra, a energia dos raios solares sofre uma diminuição apreciável por unidade de superfície, devido aos fenómenos de reflexão, difusão e absorção.

33

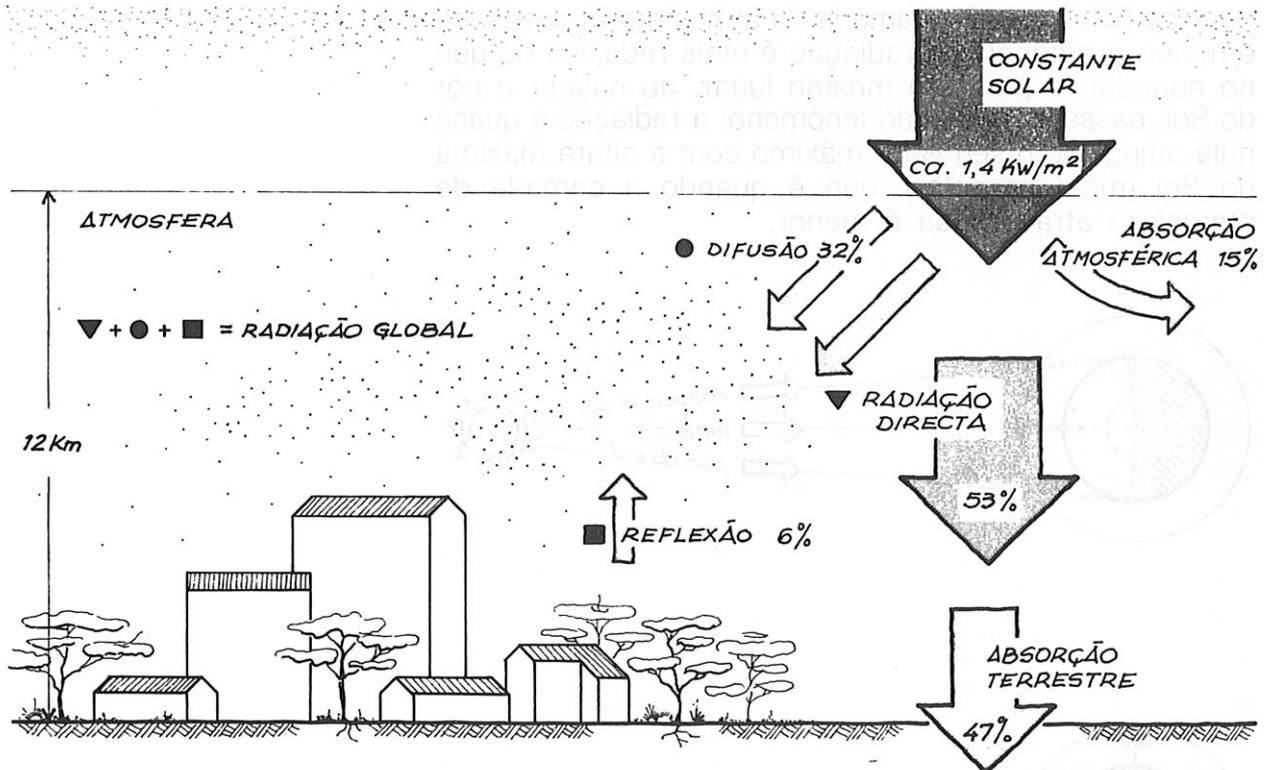


Fig. 6 — Representação esquemática da influência da atmosfera (em percentagem) nos fenómenos de absorção e difusão da radiação solar e da quantidade absorvida e reflectida pela superfície terrestre.

Da totalidade da radiação solar que chega à atmosfera 32 % são reenviados para o espaço celeste por difusão, 15 % são absorvidos pela própria atmosfera e 6 % são reflectidos pela superfície terrestre. Só 47 % são absorvidos pela Terra, sendo esta a quantidade de energia média de que podemos dispor.

34

(Constante solar = $1370 \text{ W/m}^2 \times 0,47 = 644 \approx 650 \text{ W/m}^2$. Este valor pode, no entanto, variar de 600 W/m^2 a 1200 W/m^2 .)

O balanço térmico final da Terra é nulo, ou seja: toda a energia absorvida pela Terra acaba sempre por ser novamente perdida para o espaço, por fenómenos de evaporação, radiação, etc. Se assim não fosse, a temperatura da Terra não parava de aumentar...

35

20	ATMOSFERA TERRESTRE	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
1.3		

36 A intensidade da radiação solar à superfície da Terra depende ainda de vários factores: quanto mais espessa for a camada de atmosfera atravessada pelos raios solares, mais fraca será a potência energética da radiação à superfície da Terra.

37 Nos pólos, onde a camada de atmosfera atravessada é maior, a potência da radiação é mais reduzida do que no equador, e para um mesmo lugar, ao nascer e pôr do Sol, passa-se o mesmo fenómeno: a radiação é quase nula, atingindo o seu valor máximo com a altura máxima do Sol (meio-dia solar), que é quando a camada de atmosfera atravessada é menor.

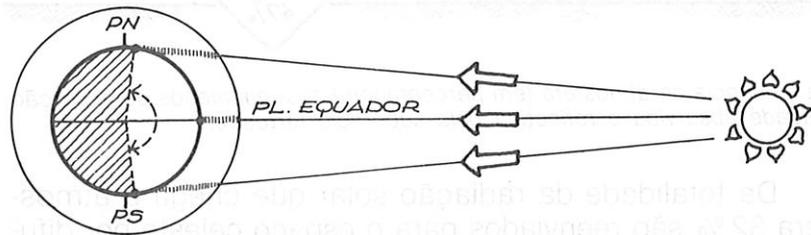
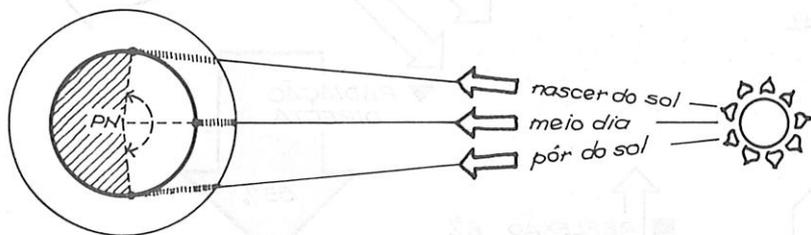


Fig. 7 — Ao nascer e pôr do Sol, a radiação solar atravessa uma camada atmosférica maior do que ao meio-dia e, por isso, a sua intensidade é mais fraca. Observa-se a mesma relação entre os pólos e o equador.

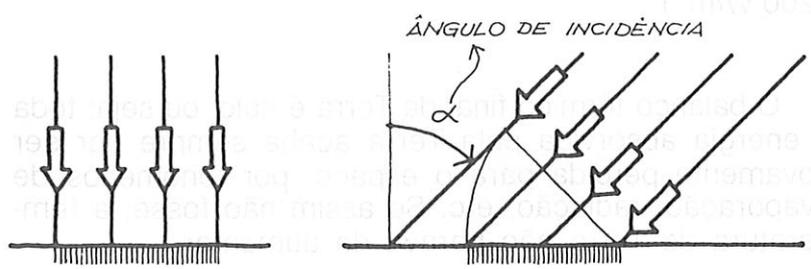


Fig. 8 — A intensidade da radiação solar directa é variável segundo o ângulo de incidência, atingindo o seu valor máximo quando a radiação é perpendicular à superfície de captação.

Também o ângulo da radiação solar com a superfície de incidência (superfície da Terra, colector solar, etc.) condiciona a potência energética disponível por unidade de superfície: quanto mais perpendicular for a radiação, mais elevada será a sua energia.

38

A temperatura do ar, o grau de poluição atmosférica, a quantidade de vapor de água e a altitude do lugar são, entre outros, factores determinantes que influenciam a potência energética disponível e cujos valores, segundo os casos, podem ir até 1200 W/m².

39

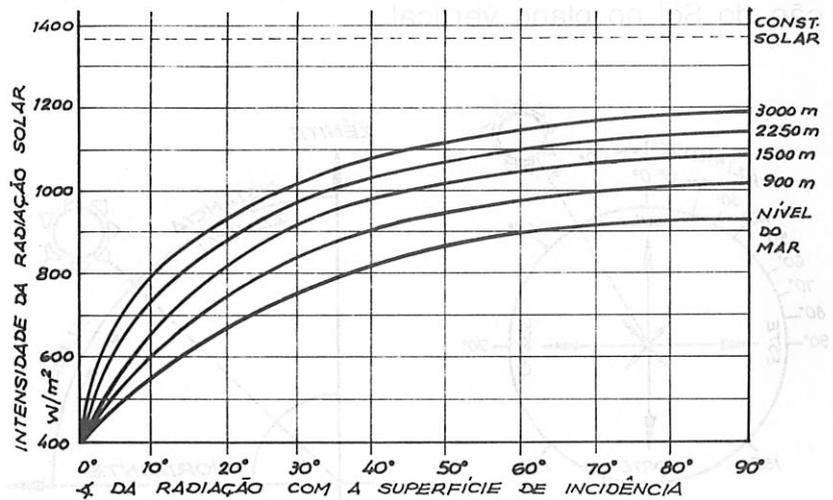


Fig. 9 — A intensidade da radiação solar (W/m²) varia com a altitude do lugar e com o ângulo de incidência solar (fonte 36).

meses latitudes	Radiação Global média em kWh/m ² /dia									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Janeiro	5,8	4,8	3,7	2,5	1,3	0,5	0			
Fevereiro	6,1	5,3	4,3	3,2	2,0	1,0	0,2	0		
Março	6,4	6,0	5,3	4,4	3,4	2,2	1,1	0,3	0	0
Abril	6,3	6,3	6,1	5,6	4,9	3,9	2,8	1,7	0,6	0,1
Mai	5,9	6,3	6,5	6,4	6,1	5,5	4,6	3,6	2,9	2,3
Junho	5,5	6,2	6,6	6,8	6,7	6,4	5,9	5,2	4,7	4,7
Julho	5,4	6,1	6,6	6,8	6,8	6,3	6,0	5,3	5,0	4,9
Agosto	5,7	6,2	6,3	6,5	6,2	5,7	5,0	4,0	3,2	3,0
Setembro	6,1	6,3	6,2	5,8	5,1	4,3	3,2	2,1	1,0	0,4
Outubro	6,3	6,0	5,5	4,7	3,7	2,6	1,5	0,5	0	0
Novembro	6,1	5,4	4,5	3,5	2,3	1,2	0,4	0		
Dezembro	5,8	4,9	3,8	2,6	1,5	0,5	0			

Fig. 10 — Variação dos valores diários aproximados da radiação global média com as diferentes latitudes geográficas e meses do ano (fonte 19).

22	ALTURA SOLAR	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
1.4		

1.4 — Altura solar

40 Para se quantificar a energia solar disponível ao longo do dia, mês e ano é necessário localizar a posição do Sol no céu, localização essa que pode ser definida por dois ângulos: o azimute e a altura do Sol.

41 O azimute é o ângulo formado pelo plano vertical do Sol com o sul (ou norte) do meridiano do lugar, e a altura é o ângulo formado com o horizonte, para um determinado ponto de observação. Como a altura do Sol é um ângulo complementar com a distância zenital (distância zenital + altura = 90°), esta também pode definir a posição do Sol no plano vertical.

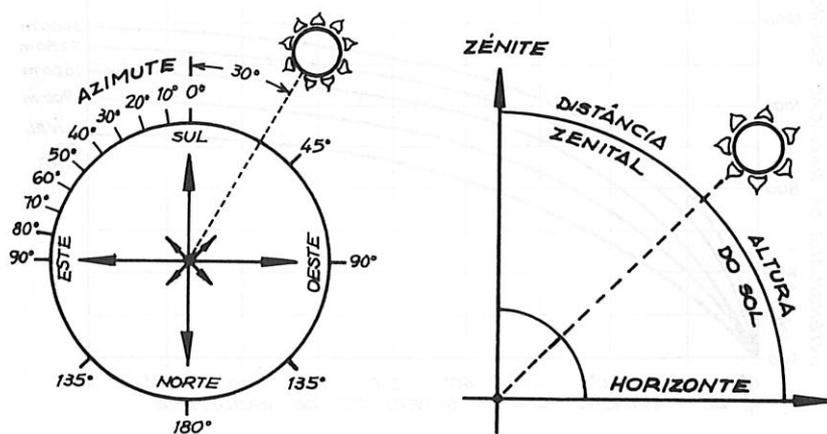


Fig. 11 — Azimute (sudeste ou sudoeste), altura solar e distância zenital.

42 A altura do Sol e a duração dos dias variam com a latitude e com as épocas do ano, devido às diferentes declinações do Sol, sendo a declinação de um astro (o Sol) o ângulo que ele faz com o equador celeste.

43 Nos solstícios de Verão e Inverno a declinação solar é $+23^\circ$ e -23° , respectivamente, tomando este valor o sinal positivo de 22 de Março a 22 de Setembro e negativo de 22 de Setembro a 22 de Março³.

³ De facto, a declinação nestas datas do ano é de mais e menos $23^\circ 27'$, mas, por simplificação de cálculo, não considerámos os minutos.

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	ALTURA SOLAR	23
		1.4

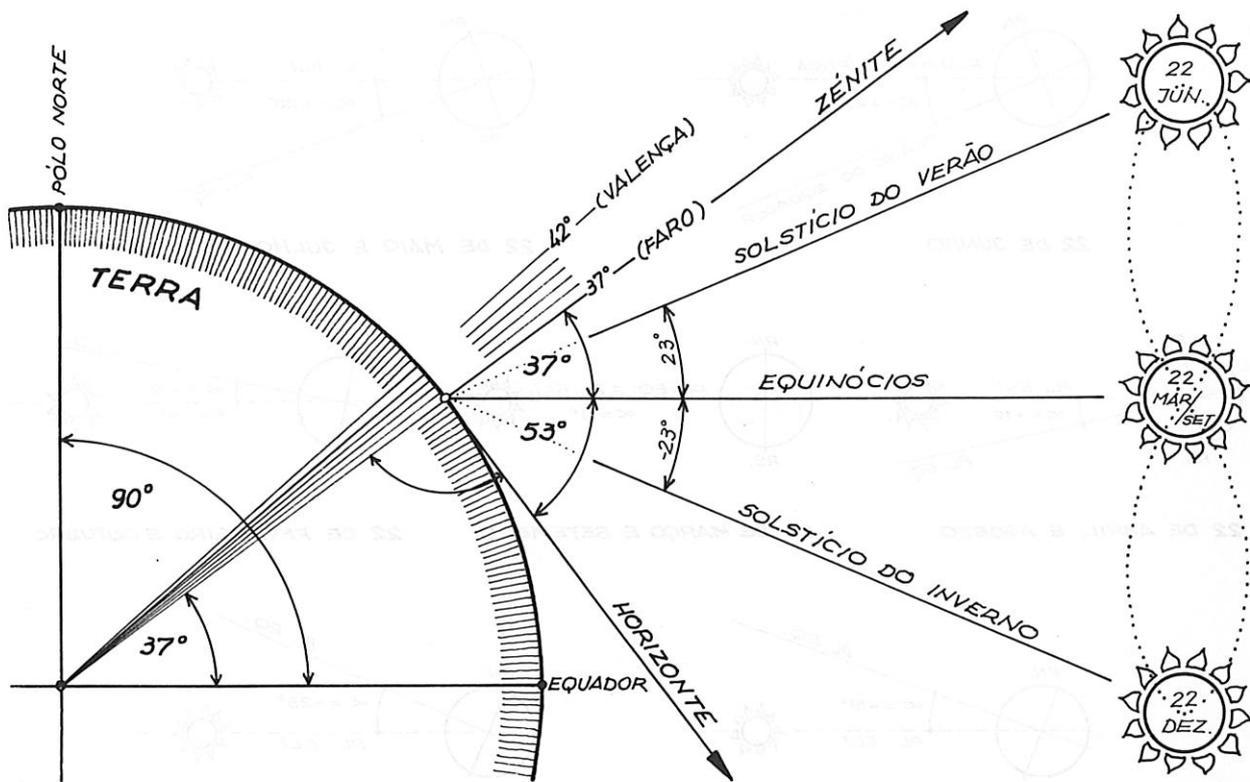


Fig. 12 — Relação existente entre a distância zenital (ou altura solar) e a latitude do lugar. Quando a declinação do Sol é zero (equinócios da Primavera e Outono), a distância zenital ao meio-dia é igual à latitude do lugar.

Nos equinócios, quando a declinação do Sol é 0°, ao meio-dia solar, a distância zenital do Sol é sempre igual à latitude do lugar. Assim, consegue-se calcular a altura do Sol ao meio-dia solar para todas as latitudes, nos solstícios, equinócios, dias 22 de cada mês (e todos os outros dias), desde que se saiba a declinação do Sol nessa data, pela fórmula:

44

$$\text{Altura solar} = 90^\circ - \text{latitude} + \text{declinação do Sol}^4$$

A variação da altura do Sol ao longo do ano, que corresponde a diferentes ângulos de incidência dos raios solares, origina dias de diferentes temperaturas no Verão e no Inverno. Este facto deve ser considerado num projecto de arquitectura de integração climático-geográfica.

45

⁴ A latitude é positiva (+) para norte e negativa (—) para sul.

24	ALTURA SOLAR	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
1.4		

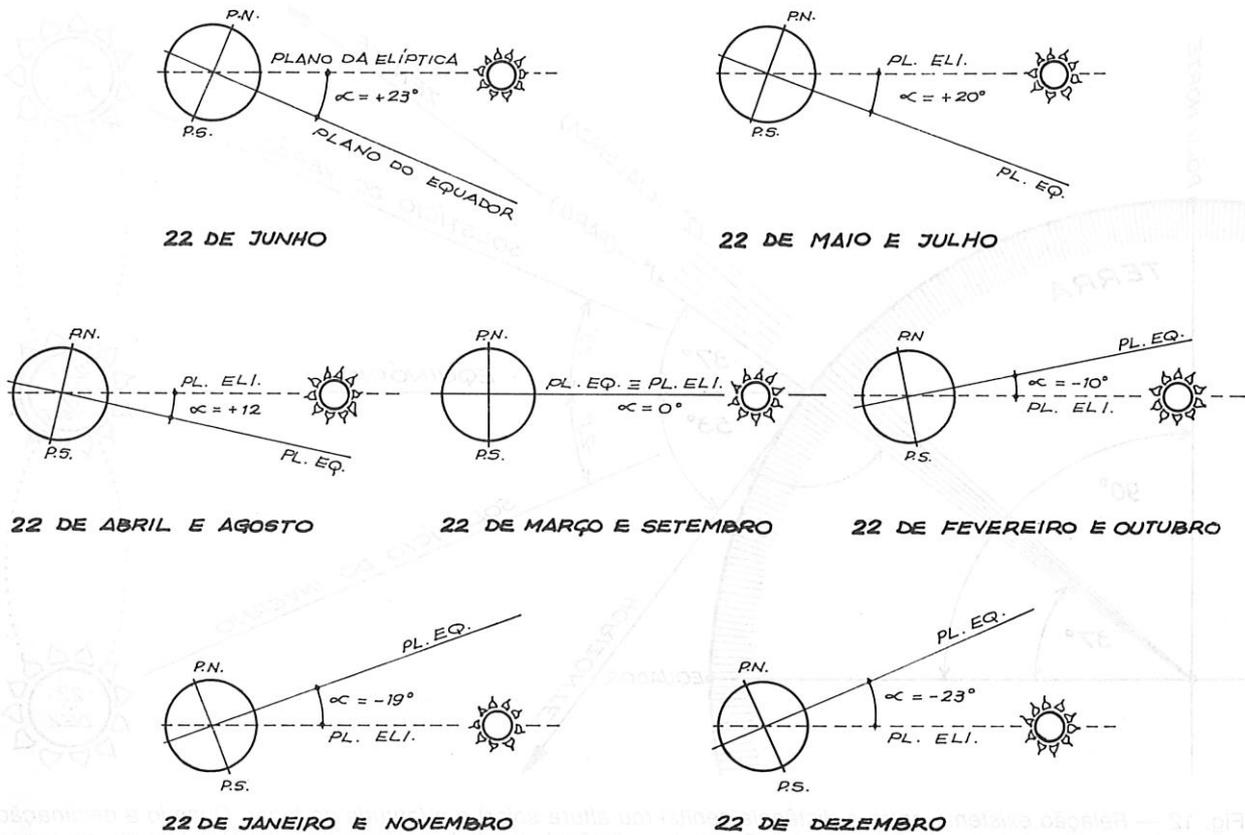


Fig. 13 — Variação do ângulo do plano do equador com o plano da elíptica (declinação solar) para os dias 22 de cada mês.

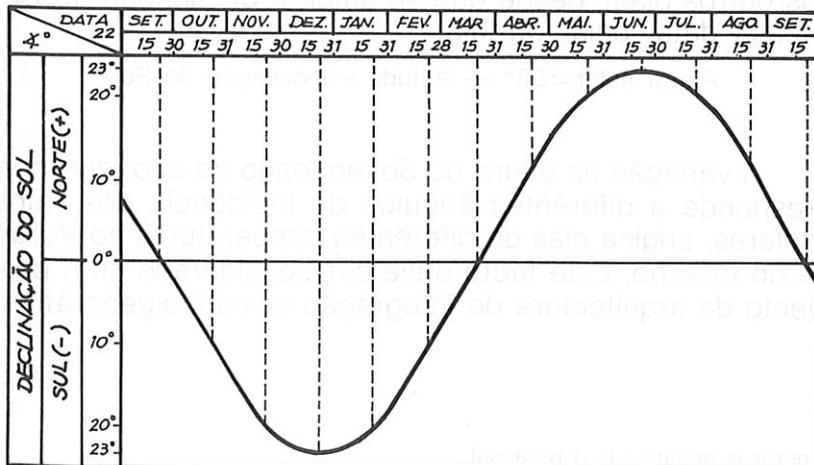


Fig. 14 — Curva da variação da declinação do Sol ao longo dos dias do ano.

Para esse fim, um instrumento útil de trabalho é o diagrama solar, que representa a projecção, em plano vertical, do horizonte, das curvas com as diferentes alturas solares para cada mês do ano e dos azimutes e horas solares ao longo do dia ⁵.

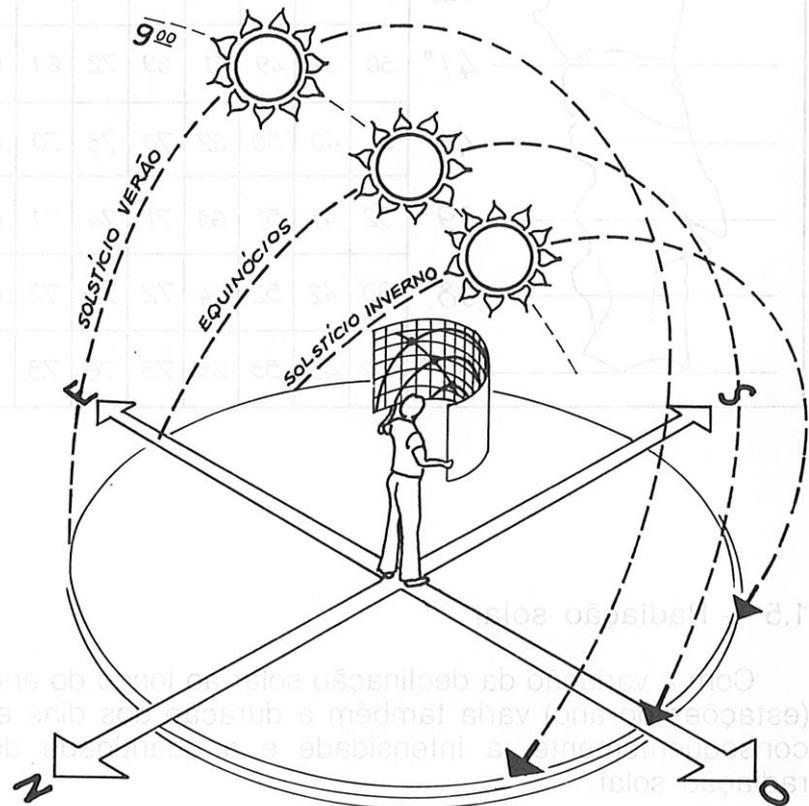


Fig. 15 — A variação das alturas solares origina, ao longo do ano, diferentes períodos de insolação e diferentes ângulos de incidência solar.

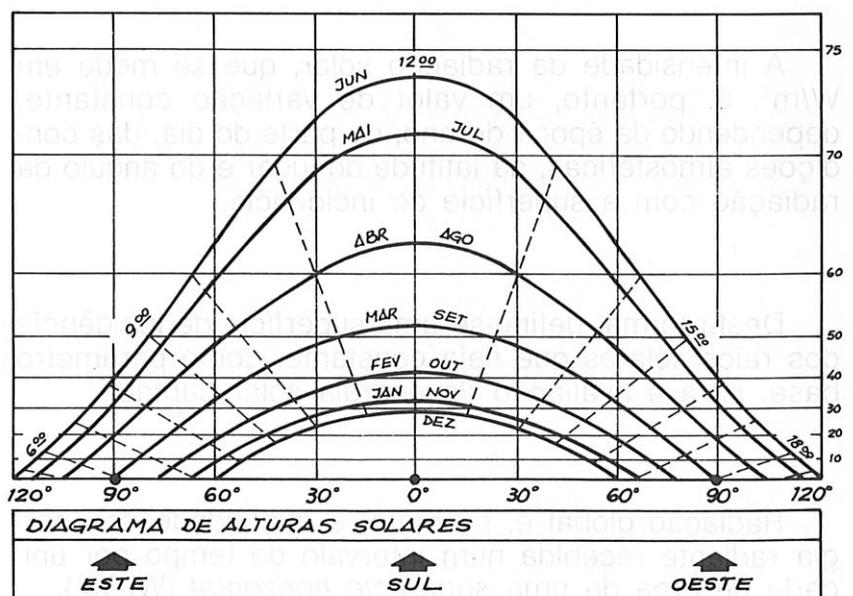


Fig. 16 — O diagrama solar contém, para a latitude do lugar, as linhas de alturas solares em cada mês do ano, onde se podem ler as alturas e azimutes solares a cada hora do dia entre o nascer e o pôr do Sol (v. apêndice 1).

⁵ V. apêndice 1.

26	RADIÇÃO SOLAR	ENERGIA SOLAR
1.5		PASSIVA-1

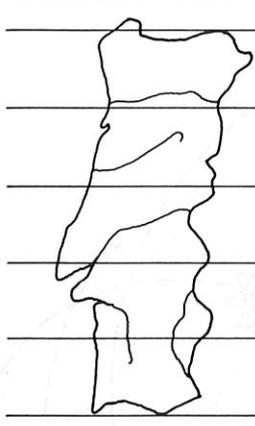
LATITUDES DE PORTUGAL	L.N.	ALTURA DO SOL AO MEIO DIA SOLAR, NOS DIAS 22 DOS MESES (EM GRAUS):											MESES DECLIN. SOL.	
		JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.		DEZ.
		-19	-10	0(a)	12	20	23(b)	20	12	0(c)	-10	-19		-23(d)
	42°	29	38	48	60	68	71	68	60	48	38	29	25	(a). EQUINÓCIO DA PRIMAVERA
	41°	30	39	49	61	69	72	69	61	49	39	30	26	(b). SOLSTÍCIO DO VERÃO
	40°	31	40	50	62	70	73	70	62	50	40	31	27	(c). EQUINÓCIO DO OUTONO
	39°	32	41	51	63	71	74	71	63	51	41	32	28	(d). SOLSTÍCIO DO INVERNO
	38°	33	42	52	64	72	75	72	64	52	42	33	29	
	37°	34	43	53	65	73	76	73	65	53	43	34	30	

Fig. 17 — Alturas do Sol em cada mês (ao meio-dia solar) para as diferentes latitudes de Portugal (calculadas pela fórmula: altura solar = $90^\circ - \text{latitude} + \text{declinação do Sol}$).

1.5 — Radiação solar

- 47 Com a variação da declinação solar ao longo do ano (estações do ano) varia também a duração dos dias e, conseqüentemente, a intensidade e a quantidade de radiação solar.
- 48 A intensidade da radiação solar, que se mede em W/m^2 , é, portanto, um valor de variação constante, dependendo da época do ano, da parte do dia, das condições atmosféricas, da latitude do lugar e do ângulo da radiação com a superfície de incidência.
- 49 Desta forma, define-se uma superfície de incidência dos raios solares que seja constante, como parâmetro base, para a avaliação da energia solar captada.
- 50 Radiação global é, portanto, a quantidade de energia radiante recebida num intervalo de tempo por unidade de área de uma *superfície horizontal* (Wh/m^2).

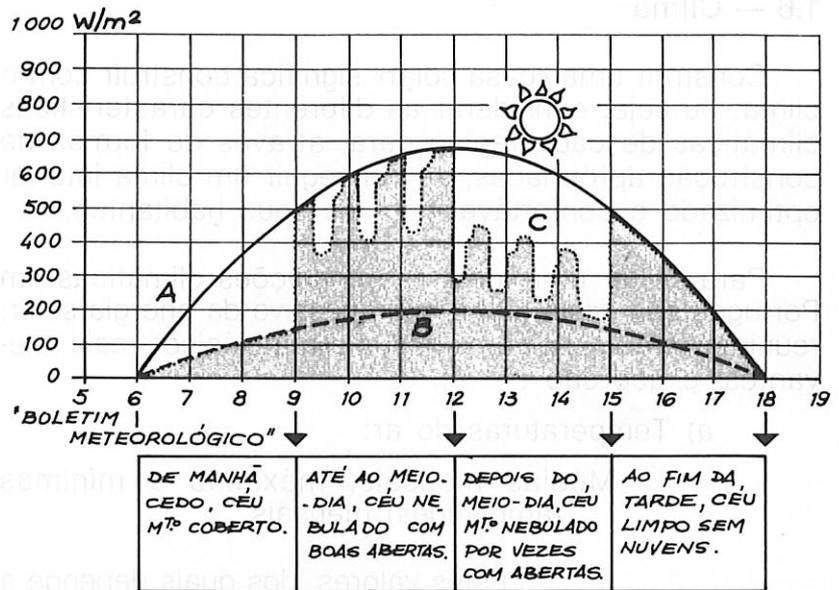


Fig. 18 — Representação esquemática da variação da intensidade da radiação solar sob diferentes períodos de nebulosidade ao longo do dia.

VARIAÇÃO DA INTENSIDADE DA RADIAÇÃO SOLAR AO LONGO DO DIA (EX. P/EQUINÓCIOS):

- A. INTENSIDADE MÁXIMA COM O CÉU LIMPO (RADIAÇÃO GLOBAL);
- B. INTENSIDADE MÍNIMA COM O CÉU COBERTO (RADIAÇÃO DIFUSA);
- C. INTENSIDADE REAL AO LONGO DO DIA COM A CORRESPONDENTE VARIAÇÃO DE NEBULOSIDADE.

INTENSIDADE DA RADIAÇÃO SOLAR SEGUNDO O ESTADO DO TEMPO						
CÉU						
ESTADO DO TEMPO	CÉU AZUL; MUITO LIMPO, S/ NUVENS.	CÉU LIMPO C/ TEOR DE HUMIDADE.	CÉU COBERTO POR VEZES COM BOAS ABERTAS.	CÉU COBERTO NEBULOSIDADE TRANSLÚCIDA; ('o sol aparece como disco amarelo').	CÉU NEBULADO COM NUVENS MUITO DENSAS; ('o sol aparece como disco branco').	CÉU MUITO ENCOBERTO; (dia de inverno).
RADIAÇÃO GLOBAL ca.	900 w/m ²	800 w/m ²	600 w/m ²	400 w/m ²	200 w/m ²	100 w/m ²
RADIAÇÃO DIRECTA %	90%	80%	60%	40%	20%	0%
RADIAÇÃO DIFUSA %	10%	20%	40%	60%	80%	100%

Fig. 19 — Representação esquemática da variação da intensidade da radiação solar global (W/m²) e das percentagens de radiação directa e difusa com os diversos estados de nebulosidade do céu.

1.6 — Clima

51 Construir uma «casa solar» significa construir com o clima, ou seja, considerar as diferentes características climáticas de cada região para, através de formas de construção apropriadas, se conseguir um clima interior otimizado e confortável para os seus habitantes.

52 Para se ter uma ideia das condições climáticas em Portugal, com vista à utilização passiva da energia solar, reunimos em apêndice os dados climatológicos mais relevantes, e que são ⁶:

53 a) Temperaturas do ar:

Médias mensais; máximas e mínimas (amplitudes) mensais.

Estes valores, dos quais depende a elaboração do parâmetro «graus-dias», são fundamentais para o cálculo das necessidades energéticas.

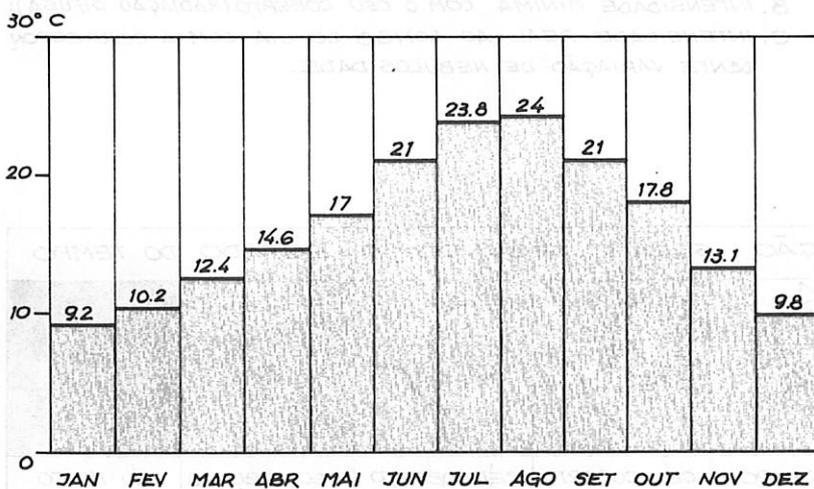


Fig. 20 — Representação esquemática das temperaturas médias mensais do ar em climas temperados.

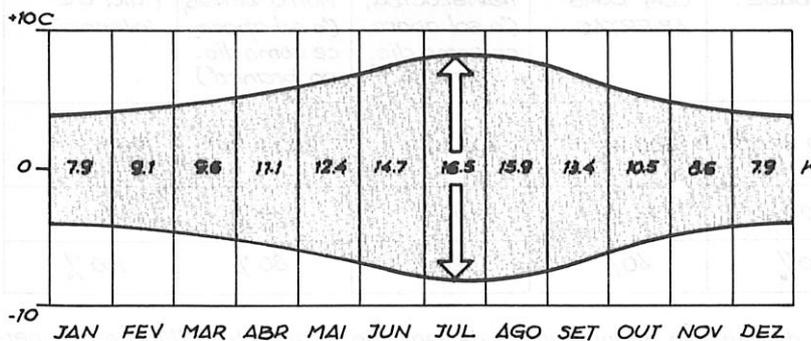


Fig. 21 — Amplitudes médias mensais da temperatura do ar (valores entre as médias máximas diurnas e as médias mínimas nocturnas).

⁶ V. apêndice 2.

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	CLIMA	29
		1.6

b) Humidade do ar:

54

Humidade relativa do ar.

Altos teores de humidade relativa do ar (proximidade de superfícies aquáticas, formação de neblinas, etc.) contribuem para a formação de ambientes termo-higrométricos situados fora dos padrões de conforto.

c) Ventos:

55

Direcção dos ventos dominantes; percentagem das intensidades e dos ventos dominantes; monções de Verão e Inverno.

O regime dos ventos é fundamental não só para o estabelecimento do coeficiente de condutância térmica superficial exterior (h_e), como também para a determinação das infiltrações de ar e ventilação natural do edifício⁷.

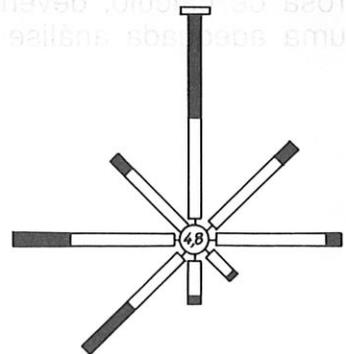
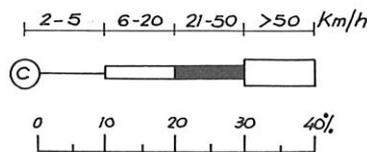


Fig. 22 — A rosa-dos-ventos indica a direcção, a velocidade e a percentagem dos ventos dominantes, assim como os períodos de calma.

d) Radiação solar:

56

Radiação global (radiação directa + radiação difusa) em superfície horizontal, medida em Wh/m² (por dia, mês ou ano).

São dados os valores gerais do País e para as estações de observação directa.

⁷ V. apêndice 3.

30	CLIMA	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
1.6		

57 e) Insolação:
Horas de insolação total anual e mensal.

Destes valores poderá depender, em último recurso, se não houver outros dados disponíveis, o cálculo dos dados sobre a radiação global (aproximada) necessários à avaliação do contributo energético solar.

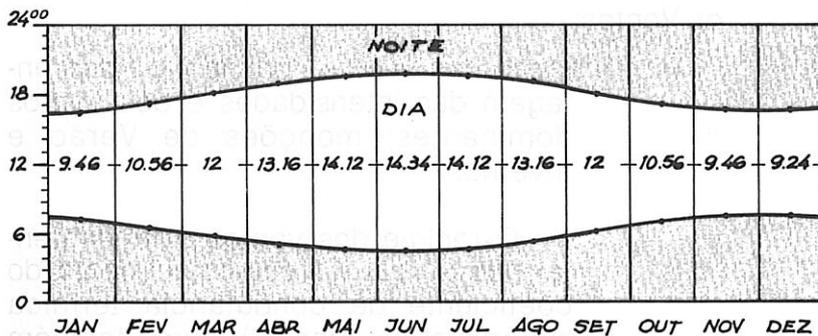


Fig. 23 — Médias mensais de horas de insolação diária.

58 Dadas as variações climáticas de local para local e de ano para ano, estes valores devem ser considerados como simples orientação geral, e não como base rigorosa de cálculo, devendo para cada projecto ser feita uma adequada análise para os respectivos locais.

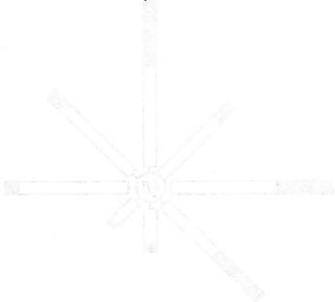
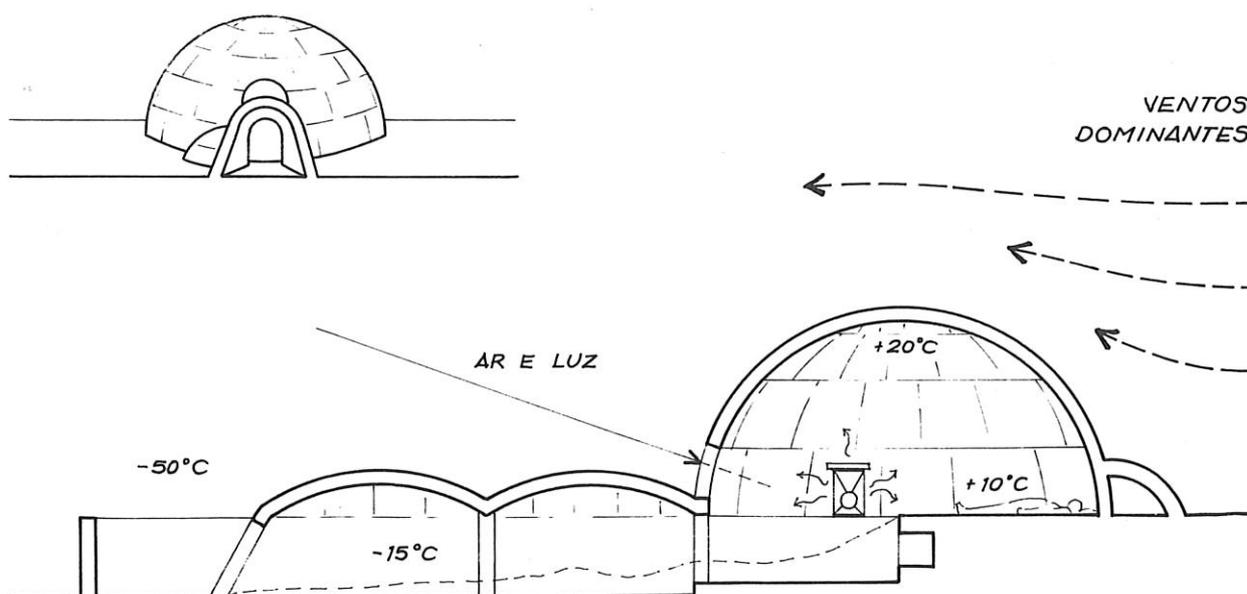


Fig. 24 — A) e B) dos ventos dominantes e a orientação a reter e a evitar. C) e D) dos ventos dominantes e a orientação a reter e a evitar.

NOTA HISTÓRICA II. — *Um exemplo não menos espectacular quanto à forma, considerado como habitação em grutas, são as casas igloo dos Esquimós. Construídas em zonas extremamente frias (zona polar), a sua forma mostra, antes de mais, uma ideal relação entre o seu volume e a superfície circundante (calote esférica). O material de construção utilizado é a neve ou o gelo, óptimos isolantes térmicos. O túnel de acesso, dividido em duas zonas térmicas intermediárias (zonas tampão), assim como uma pequena abertura para a entrada de ar e luz, colocada por cima deste, são orientados na direcção contrária dos ventos dominantes. O calor interior é exclusivamente produzido por uma lâmpada a óleo e pelos próprios corpos humanos, conseguindo-se assim, na parte interior superior, temperaturas da ordem dos $+20^{\circ}\text{C}$, no nível de dormir $+10^{\circ}\text{C}$, no túnel de acesso -15°C , enquanto a temperatura no exterior é de cerca de -50°C !*



2 — ENERGIA SOLAR PASSIVA

— Pressupostos exteriores ao edifício

2.1 ————— DEFINIÇÃO

2.2 ————— LOCALIZAÇÃO

2.3 ————— FORMA

2.4 ————— ORIENTAÇÃO E AFASTAMENTO

2.5 ————— VEGETAÇÃO

2 – ENERGIA SOLAR PASSIVA

— Pressupostos exteriores ao edifício

2.1	DEFINIÇÃO
2.2	LOCALIZAÇÃO
2.3	FORMA
2.4	ORIENTAÇÃO E AFASTAMENTO
2.5	VEGETAÇÃO



2.1 — Definição

Um sistema passivo de captação de energia solar é, ao contrário dos sistemas chamados «activos», aquele em que a energia térmica é captada e transmitida naturalmente por convecção, condução e radiação, sem recorrência a meios mecânicos artificiais, tais como bombas de circulação de fluidos, etc.

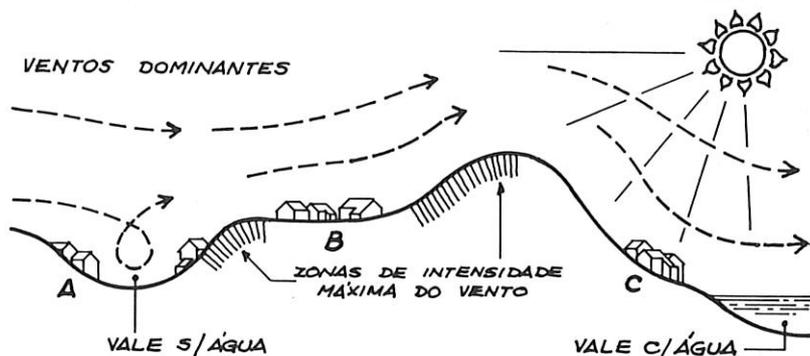
São, contudo, admitidos pequenos contributos exteriores, que tendem a aumentar o rendimento do sistema através do accionamento de dispositivos de isolamento periódico, circulação de ar, sombreadores móveis, etc. Geralmente, admite-se que estes contributos exteriores não excedam, energeticamente, 2 % da energia captada, sendo o coeficiente de *performance* ($COP = \text{energia captada} / \text{energia externa}$) maior ou igual a 50⁸.

Assim, a utilização passiva da energia solar, como um contributo para a cobertura das necessidades energéticas de um edifício, não se pode limitar, como tantas vezes é entendida, ao simples isolamento das suas partes envolventes ou a um especial tratamento da fenestração.

Um conjunto de outras medidas pelo menos tão importantes, tais como localização e orientação do edifício, forma e relação com os espaços exteriores, tipos de vegetação circundante, estruturação do espaço interior, concepção de sombreadores móveis, etc., deve ser

⁸ COP = coeficiente de eficiência, rendimento, trabalho efectivo.

36	DEFINIÇÃO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
2.1		



A. AGLOMERADO A BARLAVENTO SUJEITO AOS VENTOS NOTURNOS, E FRIOS, DO VALE ;

B. AGLOMERADO EM ZONA DE GRANDE EROSÃO ;

C. AGLOMERADO A SOTAVENTO PROTEGIDO DOS VENTOS, C/ BAIXAS AMPLITUDES TÉRMICAS DEVIDO À PROXIMIDADE DA ÁGUA

Fig. 24 — A localização ideal de um edifício ou aglomerado deve obedecer a um cuidado estudo das condições climáticas do local.

encarado globalmente e de uma forma integrada, com vista à optimização dos pressupostos da utilização passiva da energia solar.

63 Muitas destas medidas constituem já, em vários países, os princípios de legislação arquitectónica e urbanística, cujo cumprimento é indispensável ao licenciamento dos processos de construção referentes a núcleos urbanos e edifícios.

64 Infelizmente, entre nós, onde a legislação nesse sentido é inexistente e a prática urbanística tão deficiente, continua a construir-se com o total desprezo pelos princípios de integração climático-solar, tantas vezes com o argumento de que a suavidade do nosso clima «tudo» permite!

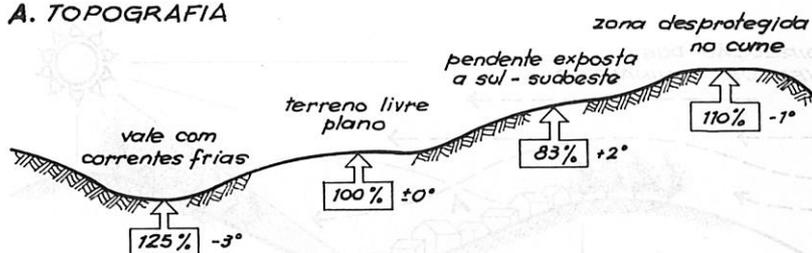
65 Resta-nos contrapor que na «suavidade» do nosso clima se passa mais frio no Inverno (dentro dos edifícios) do que nos países de invernia «rigorosa» e que a nossa saúde pública apresenta altas percentagens de doenças (reumatismos, artrites, bronquites, tuberculoses, etc.), para o combate das quais a climatização adequada dos edifícios podia ser determinante! . . .

2.2 — Localização

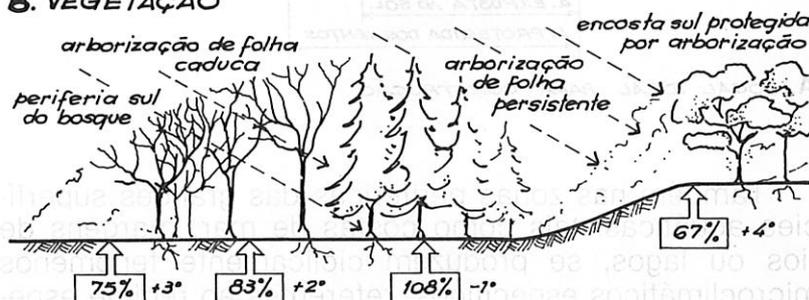
Um factor que exerce uma influência decisiva nas condições microclimáticas de uma região ou de um local é, sem dúvida, a configuração da topografia do terreno. 66

No intuito de se conseguir, climática e termicamente, a integração ideal de uma construção no seu meio ambiente exterior, deverá fazer-se previamente o reconhecimento e estudo destas relações no terreno de implantação do edifício. 67

A. TOPOGRAFIA



B. VEGETAÇÃO

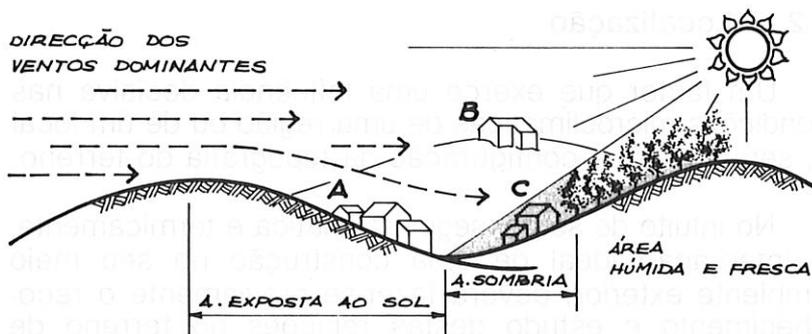


C. ÁGUA

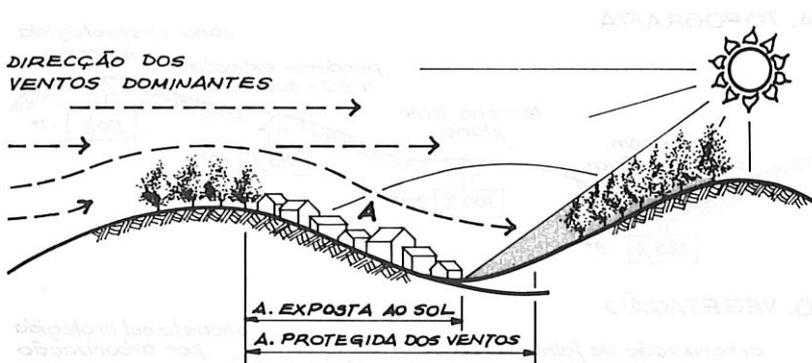


Fig. 25 — Quantidade de calor Q (em percentagem) que um edifício perde, em diversos posicionamentos, sob a influência exercida pelos factores A, B e C. As variações das temperaturas médias do ar, em graus centígrados nos períodos frios, revelam as diferentes situações microclimáticas de um local (fonte 19).

Num terreno acidentado, as pendentes orientadas a sul têm a maior quantidade de insolação ao longo do dia, sendo, por isso, mais favoráveis à construção. No entanto, a implantação do edifício deve também considerar a análise de outros factores, como, por exemplo, as zonas pouco húmidas, as de menor sombra e as protegidas dos ventos dominantes. 68



- A. LOCAL PROTEGIDO DOS VENTOS, SECO E COM EXPOSIÇÃO SOLAR
 B. LOCAL NÃO PROTEGIDO DOS VENTOS, SECO E COM EXPOSIÇÃO SOLAR
 C. LOCAL NÃO PROTEGIDO DOS VENTOS, HÚMIDO E S/ EXPOSIÇÃO SOLAR



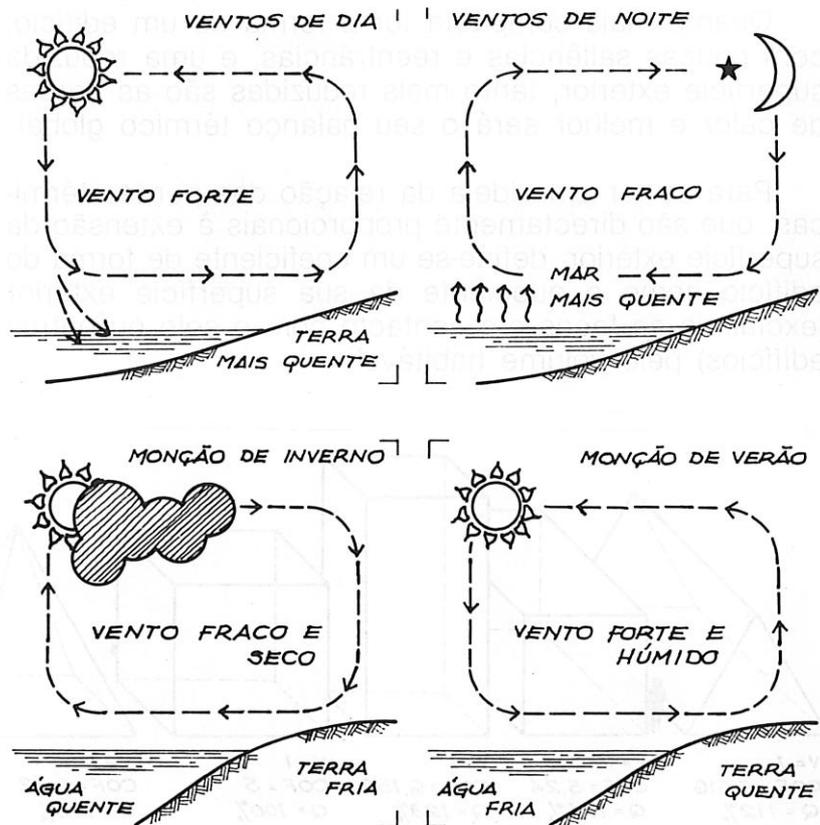
- A. LOCAL IDEAL PARA CONSTRUÇÃO

Fig. 26 — Os edifícios situados em zonas expostas e desprotegidas (B) ou em zonas húmidas de fraca exposição solar (C) só conseguem situações de conforto térmico mediante despendiosos consumos de energia ou técnicas de construção.

69 Também nas zonas periféricas das grandes superfícies aquáticas, tais como costas de mar, margens de rios ou lagos, se produzem ciclicamente fenómenos microclimáticos específicos, referentes ao regime especial de ventos, a uma maior radiação solar, etc., aos quais se deve dar particular atenção.

70 As grandes quantidades de água, pela sua enorme capacidade de acumulação de calor e pela conseqüente inércia térmica que originam, reduzem substancialmente as amplitudes das temperaturas diárias e anuais, contribuindo desta forma para uma maior amenidade do clima.

71 Nos centros urbanos também é possível obter-se uma maior redução das amplitudes das temperaturas do ar, não só nos edifícios, como nos espaços públicos, e assim conseguir-se um clima mais ameno, desde que existam e se façam cumprir adequadas disposições de planeamento urbanístico e paisagístico (implantação de zonas verdes, etc.).



Figs. 27 e 28 — Periodicidade diária dos ventos e das monções de Verão e de Inverno nas zonas costeiras. Quanto maior for a quantidade da massa de água, maiores serão a intensidade e a penetrabilidade dos ventos em terra (costa portuguesa).

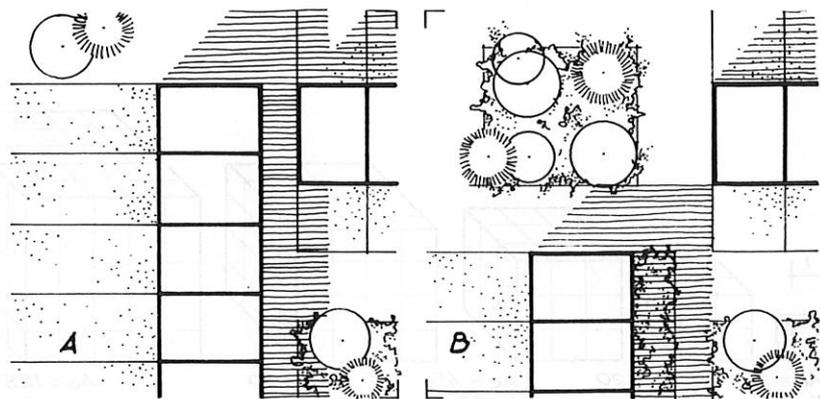


Fig. 29 — O «combate» pelo último centímetro quadrado livre para construção, com o conseqüente sombreamento causado aos edifícios próximos (A), deve dar lugar ao direito ao Sol a todas as fachadas orientadas a sul e ao aparecimento de pequenas «ilhas verdes» na paisagem cinzenta do asfalto, reguladoras de um microclima urbano mais ameno (B).

2.3 — Forma

A forma de um edifício é um factor com uma grande influência nas suas perdas térmicas, independentemente de um bom posicionamento no terreno ou de uma alta resistência à transmissão térmica total ($1/k$)⁹.

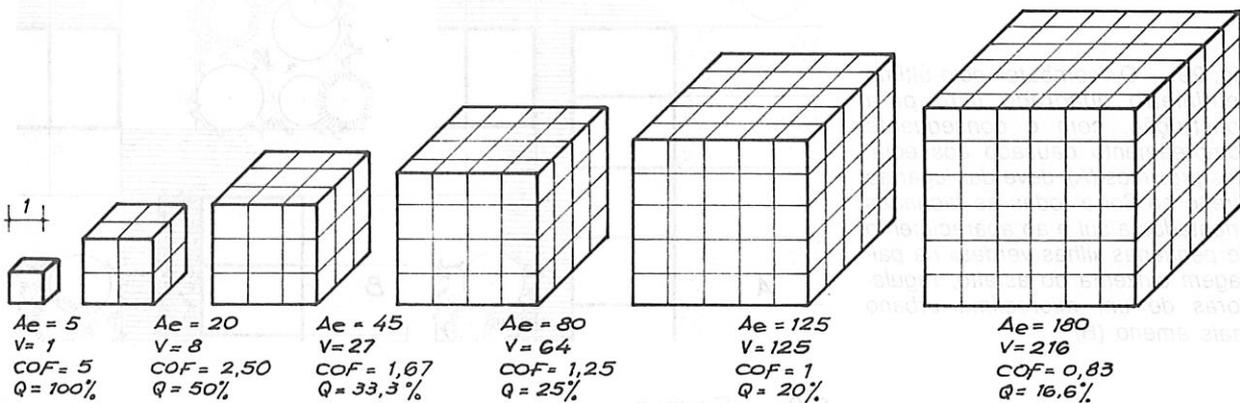
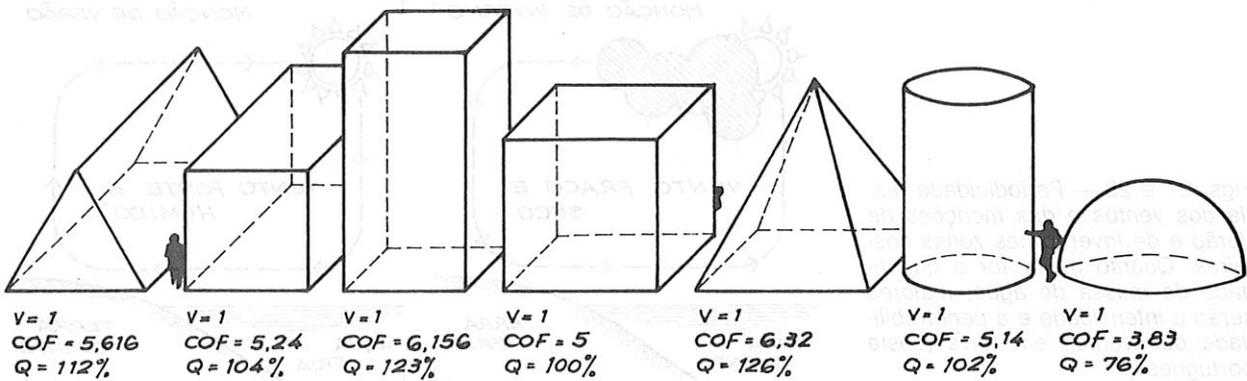
⁹ V. apêndice 3.

40	FORMA	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
2.3		

73 Quanto mais compacta for a forma de um edifício, com poucas saliências e reentrâncias, e uma reduzida superfície exterior, tanto mais reduzidas são as perdas de calor e melhor será o seu balanço térmico global.

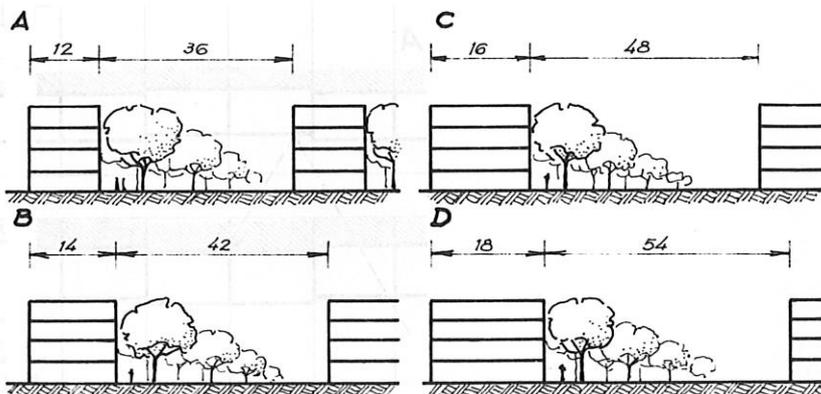
74 Para se ter uma ideia da relação das perdas térmicas, que são directamente proporcionais à extensão da superfície exterior, define-se um coeficiente de forma do edifício como o quociente da sua superfície exterior (excluindo as faces em contacto com o solo ou outros edifícios) pelo volume habitável.

Fig. 30 — As perdas térmicas Q (em percentagem) de um edifício são directamente proporcionais ao coeficiente de forma (A_e/V), diminuindo relativamente com o aumento de volume do edifício. Para diferentes formas de igual volume, os balanços térmicos são diferentes, sendo a calote esférica a forma mais optimizada.



75 As formas diferentes correspondem coeficientes diferentes e, para uma forma constante, a superfície exterior aumenta menos rapidamente que o volume habitável, conluindo-se que um edifício grande tem, proporcionalmente, menos perdas térmicas que um pequeno.

Fig. 31 — Mantendo a mesma altura e o mesmo índice de construção (m^3/m^2 de terreno), é possível modificar o balanço térmico dos edifícios A, B, C e D. Em D, porque o volume é maior, o balanço térmico é mais otimizado e a área de zona verde menos retalhada (amplitudes térmicas menores)!



Sempre que o loteamento o permita, e para se conseguir uma maior superfície exposta à radiação solar directa, a face de um edifício orientada a sul deve ser sempre mais longa que as orientadas a nascente e poente.

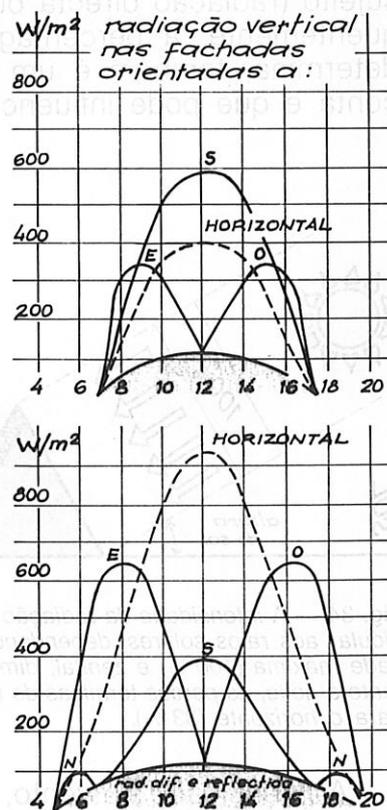
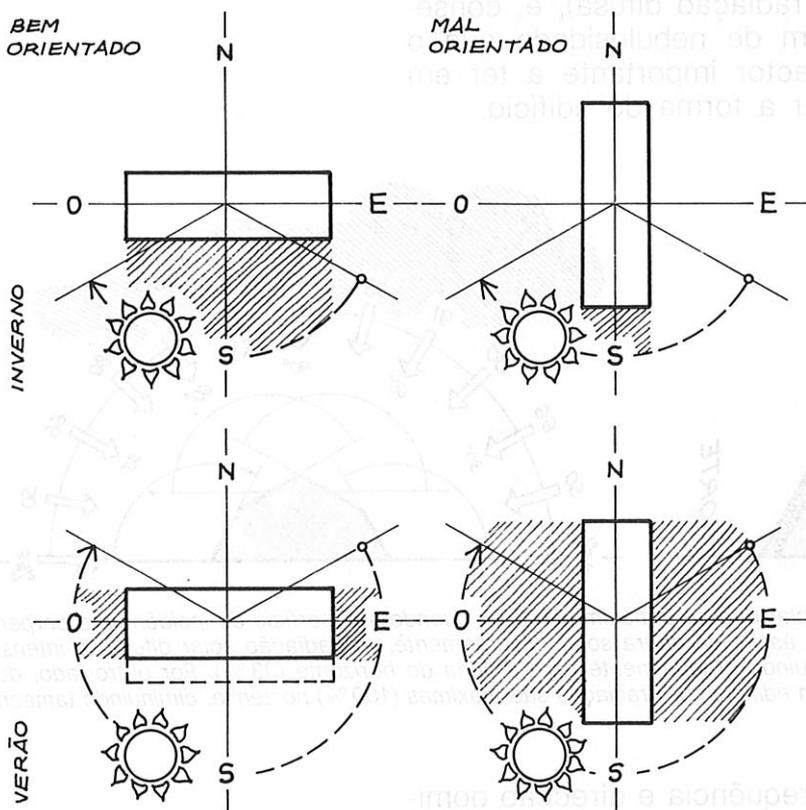


Fig. 32 — Representação esquemática dos valores da radiação nas fachadas de um edifício no Verão e no Inverno. Um edifício mal orientado não só é mais frio no Inverno (radiação máxima a sul com a fachada reduzida), como é mais quente no Verão (grandes fachadas E e O expostas à máxima radiação). Um outro bem orientado consegue, com um sombreador, no Verão, anular a radiação na fachada sul, o que dificilmente se consegue nas outras fachadas.

42	FORMA	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
2.3		

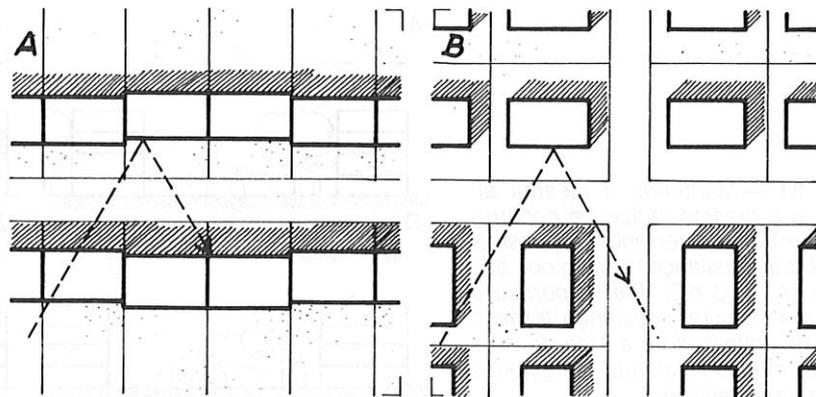


Fig. 33 — O tipo de edificação pode influenciar a quantidade de radiação global ganha pelo edifício. Em A (edificação em banda), a fachada norte está sujeita a uma maior radiação difusa (maior radiação solar reflectida) do que em B (edificação isolada). Para lotes de áreas iguais, o aproveitamento da superfície livre é melhor em A (menos área retalhada), para além de um melhor balanço térmico geral (protecção da fachada norte).

77 O tipo de radiação solar a que um edifício vai estar sujeito (radiação directa ou radiação difusa), e, consequentemente, a percentagem de nebulosidade que o determina, também é um factor importante a ter em conta e que pode influenciar a forma do edifício.

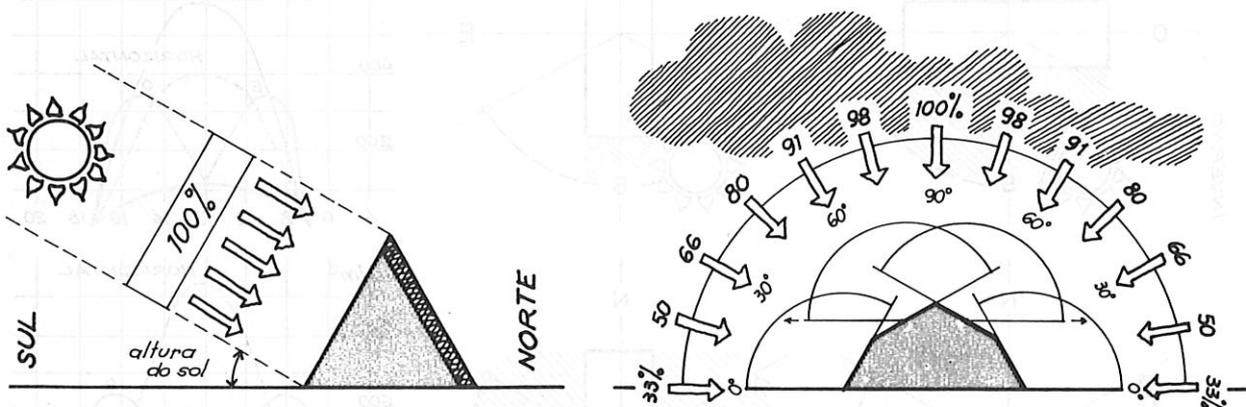


Fig. 34 — A intensidade da radiação solar directa é máxima (100%) quando a superfície de incidência é perpendicular aos raios solares, dependendo assim da altura solar. Inversamente, na radiação solar difusa, a intensidade máxima (100%) é zenital, diminuindo gradualmente para a linha do horizonte (33%). Por outro lado, durante a noite, as perdas térmicas de um edifício por irradiação são máximas (100%) no zénite, diminuindo também para o horizonte (33%).

78 A intensidade do vento, frequência e direcção dominante, assim como o efeito que produzem nas fachadas, pela determinante influência que exercem no aumento da dispersão térmica, devem ser considerados na forma geral do edifício, a fim de se conseguir um resultado aerodinâmico optimizado.

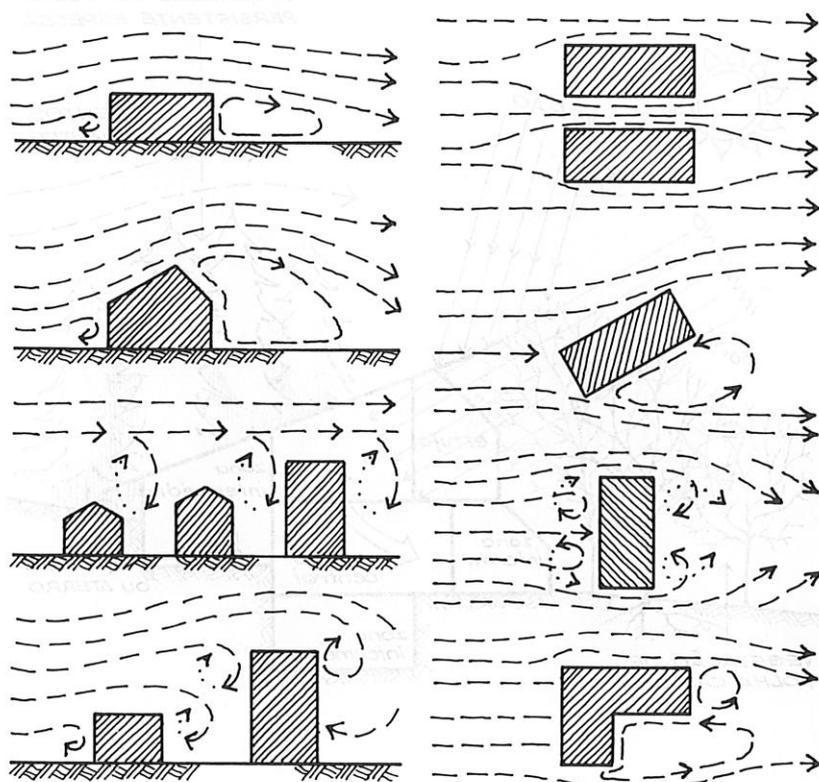


Fig. 35 — A forma e orientação do edifício devem ter em consideração os efeitos aerodinâmicos provocados pelos ventos dominantes quando estes são fortes e constantes.

2.4 — Orientação e afastamento

Adjacente à fachada norte, que, em princípio, deve ser cega ou conter o mínimo absolutamente necessário de fenestração, devem ser orientados os anexos secundários, tais como garagens, armazéns, etc., por forma a se conseguir uma maior protecção térmica. No caso de o terreno ser em declive e o permitir, deve-se ainda proteger a fachada norte por meio de um talude ou aterro.

79

É, aliás, de toda a conveniência que a concepção espacial interior dos edifícios, sobretudo daqueles que se destinam à habitação, seja feita sob o ponto de vista da hierarquização térmica dos espaços, criando-se as chamadas «zonas térmicas intermediárias» ou «zonas tampão».

80

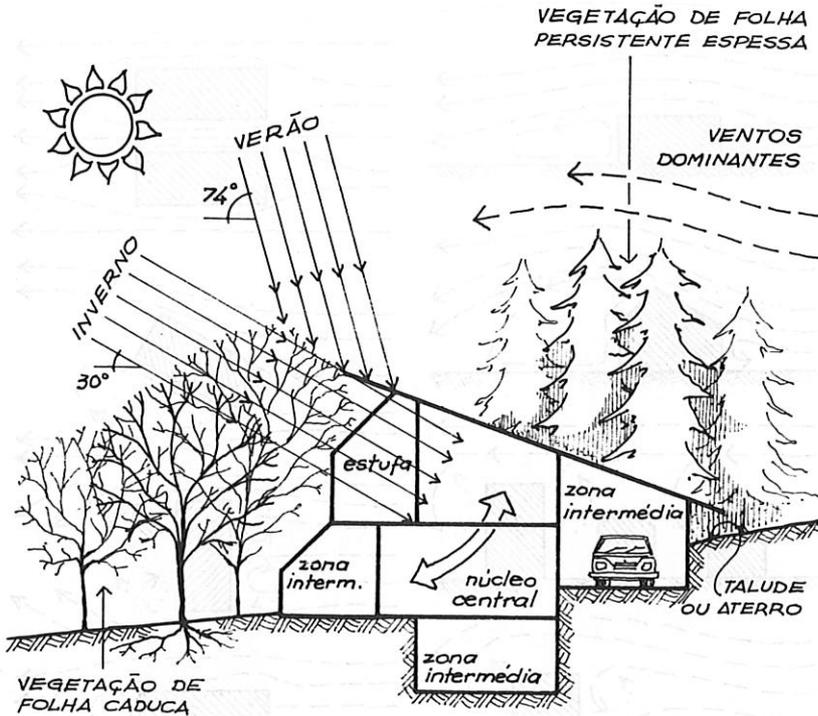


Fig. 36 — Exemplificação esquemática, em corte, da influência do tipo de vegetação e da situação topográfica na otimização do balanço térmico de uma casa unifamiliar.

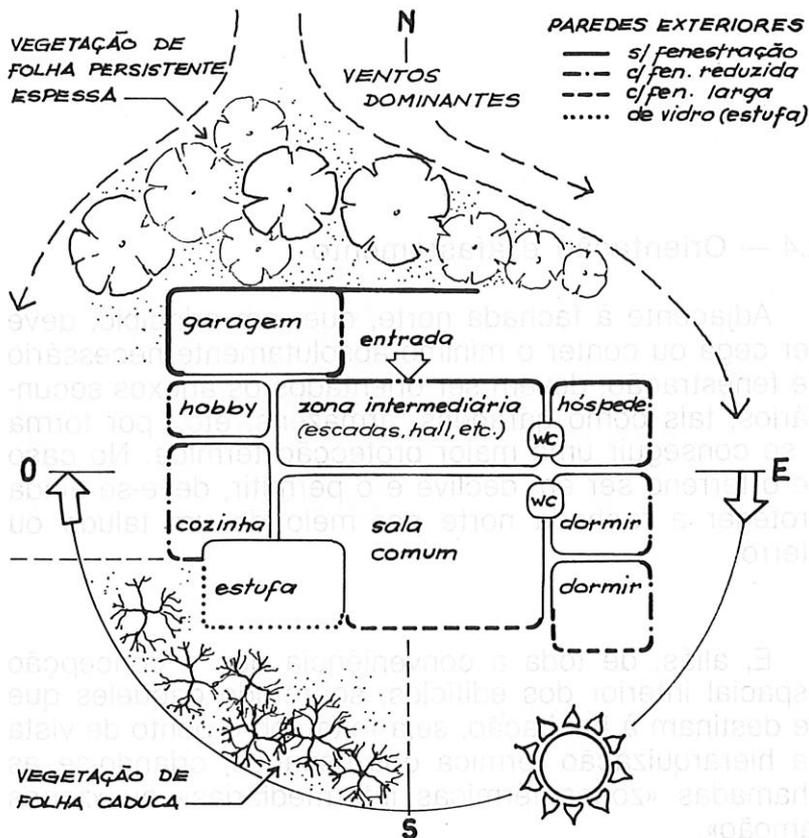


Fig. 37 — Representação em planta da hierarquia da fenestração e da criação de «zonas térmicas intermediárias» ou «zonas tampão».

Assim, no espaço interior situado a norte devem ficar orientadas funções secundárias, tais como arrecadações, despensas, escadas, corredores, etc., da mesma forma que se deve dar prioridade a sul às funções principais, ou seja, à maior superfície habitada.

81

Para que no Inverno se possam assegurar os ganhos solares indispensáveis ao contributo para melhores condições térmicas e de bem-estar (saúde e conforto), é necessário garantir que a fachada exposta a sul tenha direito ao Sol na sua totalidade!

82

Assim, a distância mínima entre edifícios (cércea de construção) consagrada na legislação de planeamento urbano deve ser determinada em função da altura mínima do Sol no Inverno.

83

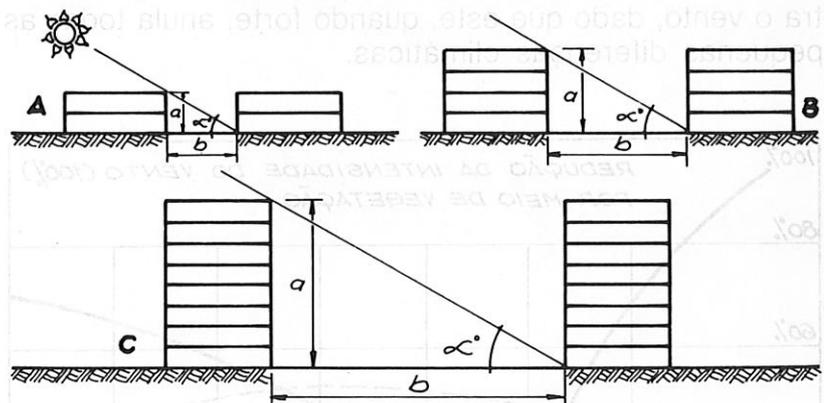


Fig. 38 — A cércea de construção b deverá ser definida em função da altura solar de Inverno [$b = (n \text{ pisos} \times 3 \text{ m}) / \text{tang altura solar a 21 Dezembro}$].

2.5 — Vegetação

A vegetação, infelizmente tão desprezada por muitos, é um elemento de extrema importância na regularização e equilíbrio das condições climáticas extremas, assim como no estabelecimento de relações microclimáticas tendentes a uma melhor integração do homem no meio geográfico.

84

As características e espécie de vegetação, o tipo e a densidade da sua folhagem, a forma de ordenamento entre si, o posicionamento no terreno e o débito de evaporação são, entre outros, factores que podem influenciar decisivamente o clima e originar diferentes efeitos específicos climáticos, e assim contribuirão para o melhoramento dos microclimas urbanos.

85

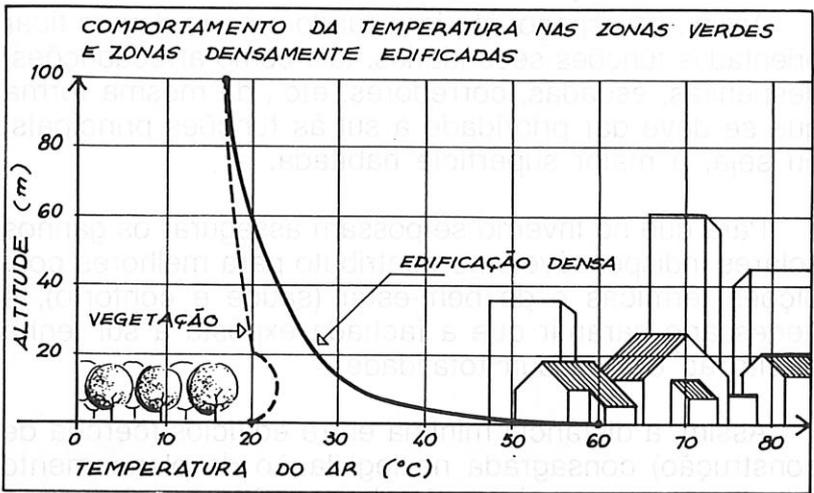


Fig. 39 — As zonas verdes têm amplitudes térmicas mais reduzidas do que as zonas construídas e nos dias de Verão também temperaturas mais baixas. Isto deve-se sobretudo ao gasto energético das plantas nos fenómenos de evapotranspiração.

86 O equilíbrio do clima e a criação de microclimas amenos através do recurso à vegetação só são, no entanto, possíveis com o auxílio de adequadas protecções contra o vento, dado que este, quando forte, anula todas as pequenas diferenças climáticas.

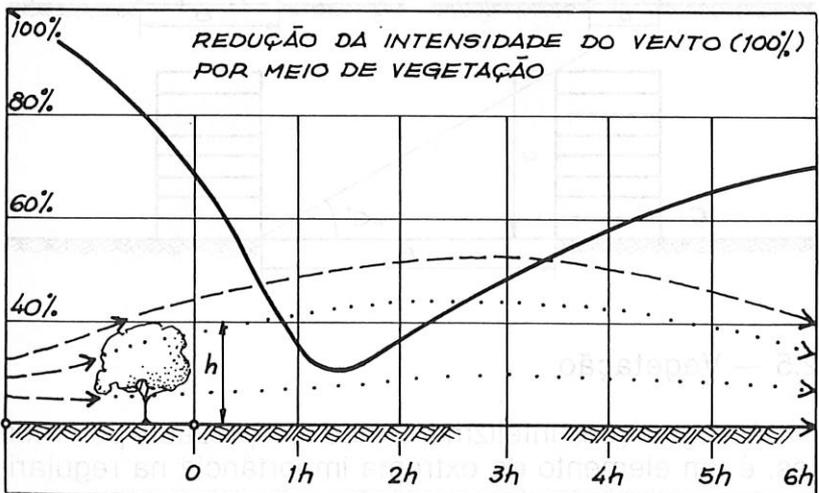


Fig. 40 — Representação esquemática da redução da intensidade do vento através da vegetação, que atinge o valor mínimo a uma distância igual a cerca de duas alturas da vegetação.

87 A vegetação de folhagem persistente e muito densa (folhagem espessa), de pequeno ou grande porte, segundo os casos, é francamente apropriada para a construção de barreiras protectoras dos ventos dominantes.

88 Por outro lado, a vegetação de folha caduca representa um ideal contributo natural à regulação periódica anual da quantidade de radiação solar nas fachadas, que se pretende seja máxima durante o Inverno e nula durante o Verão.

Uma outra forma muito eficaz de utilizar a vegetação como protector térmico das fachadas é o recurso às chamadas «plantas trepadeiras». Estas plantas, quando têm uma ramagem muito espessa, originam uma camada de ar imóvel entre a folhagem e a parede, factor que melhora substancialmente o coeficiente à condutância térmica superficial exterior (h_e).

89

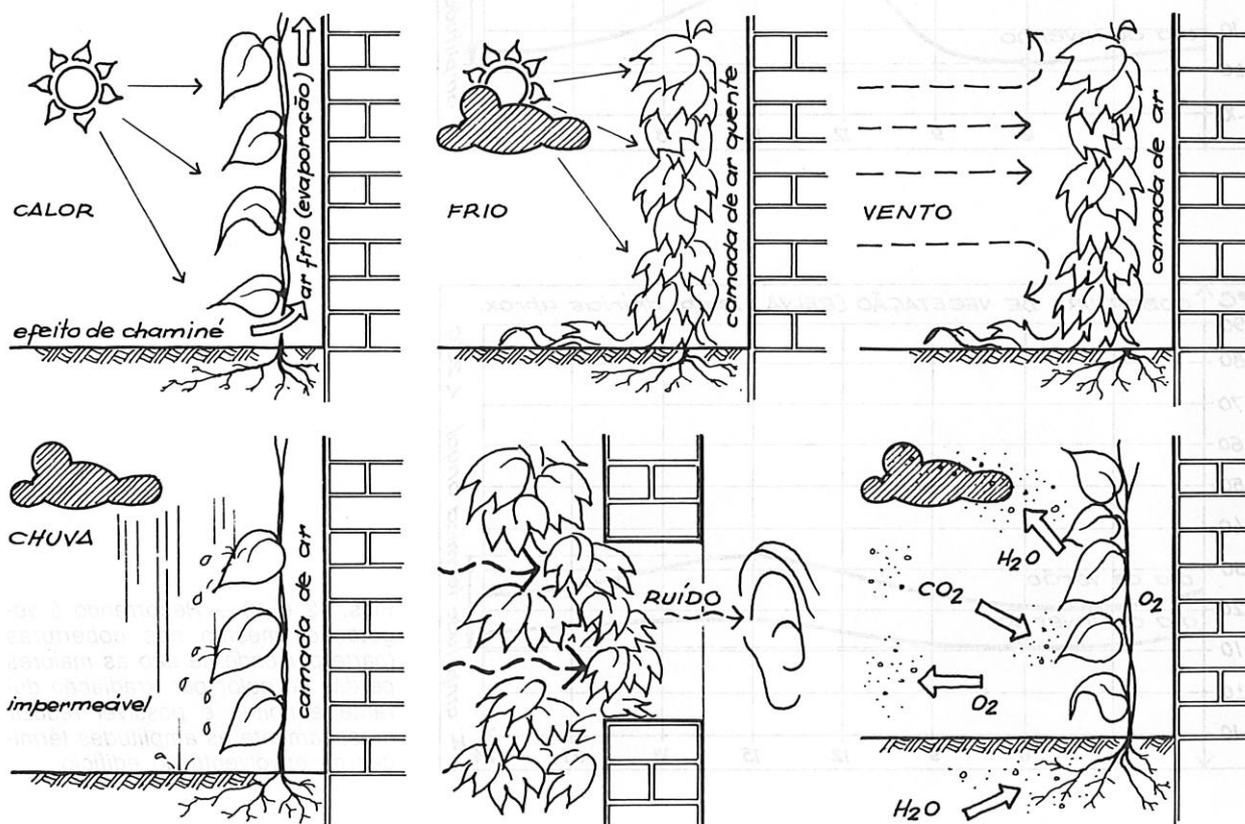
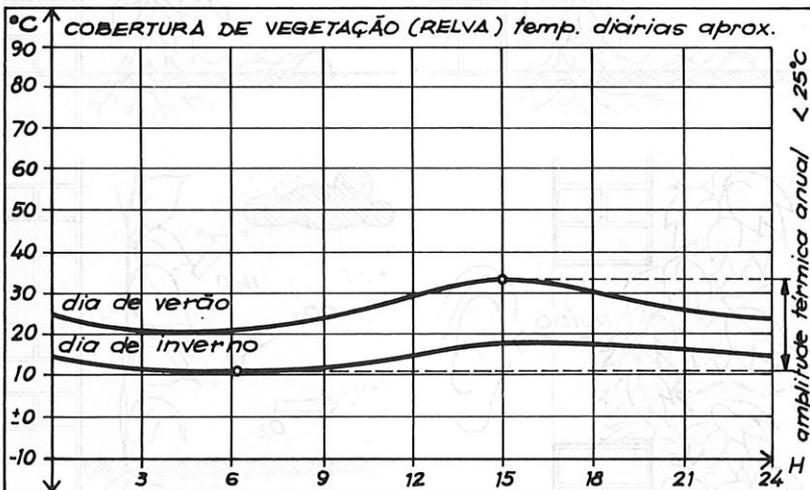
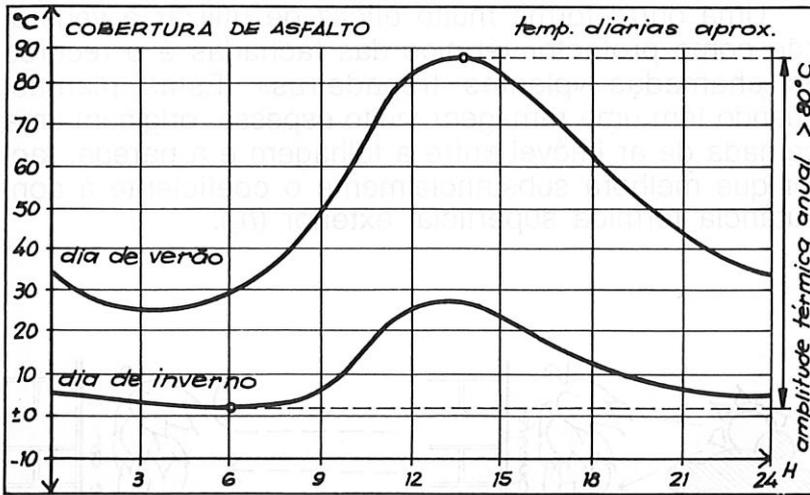


Fig. 41 — Além dos efeitos psicotr6picos positivos no ser humano, as trepadeiras com caracteristicas de acordo com o clima, aplicadas nas fachadas dos edificios, desempenham funç6es diversas: protecç6o t6rmica, ac6stica e renovaç6o do ambiente pela produç6o de oxig6nio.

Uma camada de ar im6vel de 5 cm de espessura na fachada exterior equivale, no seu poder de isolamento t6rmico, a um valor k (coeficiente de transmiss6o t6rmica total) de $2,9 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{K}$, ou seja, ao valor correspondente ao efeito de uma janela de vidro duplo¹⁰.

90

¹⁰ Mais de 5 cm conduzem a uma optimizaç6o irrelevante do efeito ou at6 mesmo a efeitos negativos (fonte 19).



Figs. 42 e 43 — Recorrendo à vegetação, mesmo nas coberturas (parte por onde se dão as maiores perdas de calor por irradiação durante a noite), é possível reduzir drasticamente as amplitudes térmicas na envolvente do edifício.

Características de algumas plantas para aproveitamento solar passivo

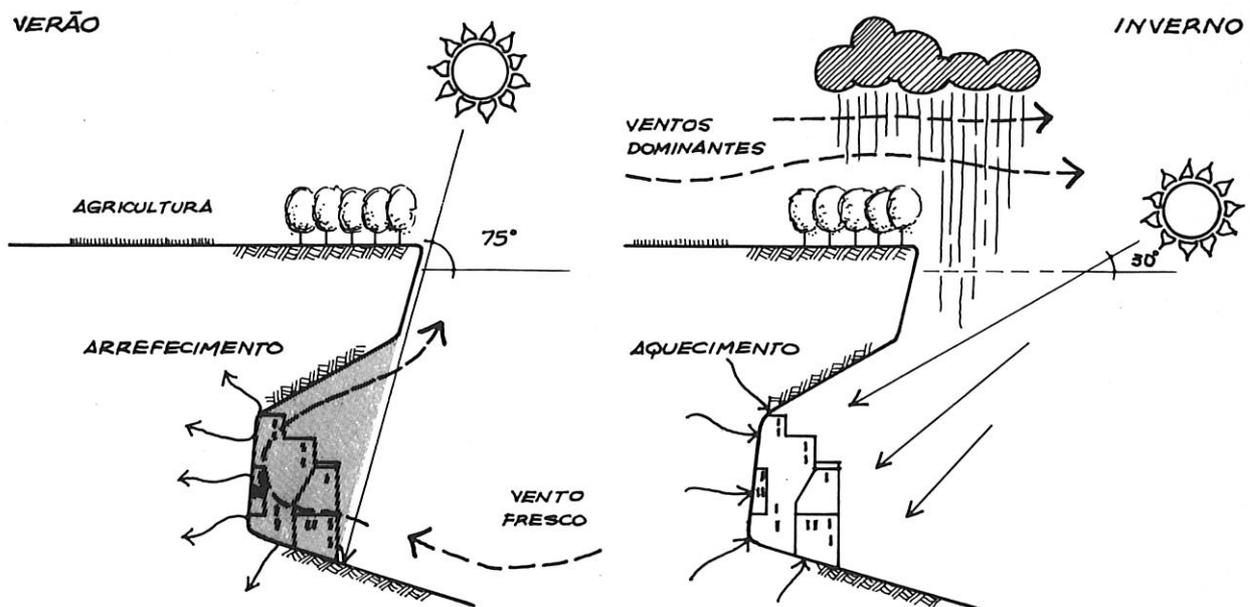
Nome corrente (e botânico)	Características							
	Árvore	Arbusto	Herbácea	Florestal	Frutífera	Trepadeira	Altura média (metros)	Folhagem
1 — Abeto (<i>Abies pinsapo</i>)	★			★			20	P
2 — Acácia (<i>Acacia cultriformis</i>)		★		★			5	P
3 — Ameixeira (<i>Prunus domestica</i>)	★				★		6	C
4 — Amoreira (<i>Morus alba</i>)	★				★		8	C
5 — Amendoeira (<i>Prunus amygdalus</i>)	★				★		8	C
6 — Avenca (<i>Muehlenbeckia pandurata</i>)		★				★	4	P
7 — Buganvília (<i>Bougainvillea pretorius</i>)		★				★	10	P
8 — Bons-dias (<i>Ipomoea learii</i>)			★			★	4	S
9 — Carvalho (<i>Quercus lusitanica</i>)	★			★			15	C
10 — Castanheiro (<i>Castanea sativa</i>)	★			★	★		15	C
11 — Cedro (<i>Cedrus atlantica</i>)	★				★		20	P
12 — Cerejeira (<i>Prunus avium</i>)	★				★		8	C
13 — Choupo (<i>Populus alba</i>)	★			★			25	C
14 — Cipreste (<i>Cupressus sempervirens</i>)	★			★			20	P
15 — Campainhas de trepar (<i>Cobaea scandens</i>)			★			★	7	C
16 — Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	★			★			50	P
17 — Espargo-plumoso (<i>Asparagus plumosus</i>)			★			★	4	P
18 — Faia (<i>Fagus sylvatica</i>)	★			★			35	C
19 — Figueira (<i>Ficus carica</i>)	★				★		8	C
20 — Ginja (<i>Prunus cerasus</i>)	★				★		8	C
21 — Glicínia (<i>Wistaria sinensis</i>)		★				★	7	C
22 — Hera (<i>Hedera helix</i>)		★				★	10	P
23 — Hortências (<i>Hydrangea macrophylla</i>)		★				★	1,5	C
24 — Laranjeira (<i>Citrus sinensis</i>)	★				★		5	P
25 — Madressilva (<i>Laniera etrusca</i>)			★			★	3	C
26 — Martínrios (<i>Passiflora manicata</i>)			★			★	4	C
27 — Nespereira (<i>Eriobotrya japonica</i>)	★				★		10	P
28 — Nogueira (<i>Juglans regia</i>)	★						20	C
29 — Oláia (<i>Cercis siliquastrum</i>)	★						10	C
30 — Oliveira (<i>Olea europea sativa</i>)	★				★		5	P
31 — Pereira (<i>Pirus communis sativa</i>)	★				★		8	C
32 — Pessequeiro (<i>Prunus persica</i>)	★				★		6	C
33 — Pinheiro-bravo (<i>Pinus pinaster</i>)	★				★		15	P
34 — Pinheiro-manso (<i>Pinus pinea</i>)	★				★		20	P
35 — Plátano (<i>Platanus hybrida</i>)	★						25	C
36 — Roseira trepadeira		★				★	1,5	C
37 — Sobreiro (<i>Quercus suber</i>)	★			★			20	P
38 — Ulmeiro (<i>Ulmus campestris</i>)	★			★			30	C
39 — Videira (<i>Vitis vinifera</i>)		★			★	★	5	C

Obs.: Folhagem:

C — Caduca;
P — Persistente;
S — Semicaduca.

NOTA HISTÓRICA III. — *Um importante exemplo de como os povos antigos tiravam proveito do Sol e das condições da Natureza para a localização das suas construções, são as semigrutas de Mesa-Verde, no Colorado (EUA), onde tribos índias construíram verdadeiras povoações entre os anos 500 e 1300!*

Estas formas de habitação no planalto de Mesa-Verde, situadas nas encostas sul dos canyons, para além da segurança que oferecem, ficam numa óptima situação microclimática, por estarem protegidas dos ventos norte que sopram do planalto e envolvidas por uma enorme massa de terra, que, devido às suas capacidades de acumulação térmica, exerce uma acção natural de arrefecimento e aquecimento, respectivamente, no Verão e no Inverno. As partes superiores, suspensas das encostas, exercem a função de tecto natural, protegendo a povoação das chuvas no Inverno, mas também impedindo a forte radiação solar no Verão (latitude geográfica 39°). Por outro lado, no Inverno, com a altura do Sol mais baixa, o aproveitamento da radiação solar para fins de aquecimento é total.



3 — ENERGIA SOLAR PASSIVA

— Pressupostos constituintes do edifício

3.1 — DEFINIÇÃO

3.2 — ENVOLVENTE

3.3 — FENESTRAÇÃO

3.4 — SOMBREAMENTO

3.5 — VENTILAÇÃO

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	DEFINIÇÃO	55
		3.1

3.1 — Definição

Os chamados «pressupostos materiais e formais constituintes do edifício», com vista a uma optimização do aproveitamento passivo da energia solar, referem-se principalmente à concepção da configuração do edifício e à sua construção material. 91

Material e forma aparecem então estritamente relacionados entre si, num processo conducente a um maior equilíbrio dos factores que determinam os balanços térmicos do edifício. 92

Se, por exemplo, para se assegurar um ambiente saudável e de conforto durante a estação fria é necessário conceber meios de aquecimento económicos e minimizar as perdas térmicas, durante a estação quente, e principalmente em climas temperados, como o nosso, é sobretudo preciso prever formas de arrefecimento que evitem temperaturas excessivamente elevadas. 93

Surge assim uma «nova» concepção de edifício, com uma dinâmica sazonal própria, respondendo às diversas imposições do ambiente exterior. É uma Arquitectura dialogante, prática e funcional, tantas vezes designada «solar»... como se a restante o não fosse também! É a «descoberta» de um novo conceito, ou tão simplesmente o ressurgir do entendimento da Arquitectura! 94

3.2 — Envolvente

O tratamento da parte envolvente de um edifício (estrutura, paredes, pavimentos e coberturas) com iso- 95

56	ENVOLVENTE	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
3.2		

lamentos térmicos adequados origina consideráveis reduções nos consumos de energia para aquecimento.

96 O material para isolamento térmico, cuja eficácia se caracteriza pelo seu coeficiente de condutibilidade térmica (valor próprio do material), considera-se, de uma forma geral, bom isolante quando o valor do seu coeficiente é inferior ao da madeira, que varia entre 0,13 W/mK e 0,17 W/mK. Quanto mais baixo for este coeficiente, maior é a resistência à passagem do fluxo de calor e tanto melhor será a propriedade isolante do material ¹¹.

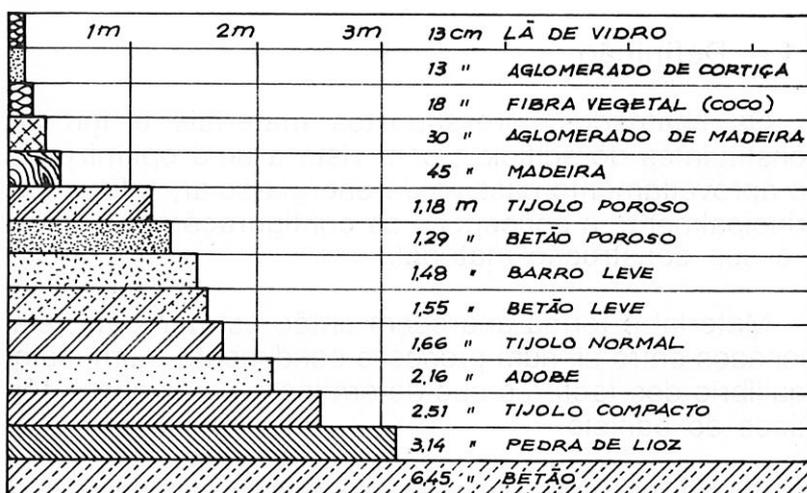


Fig. 44 — Comparação esquemática da resistência térmica de materiais com espessuras diferentes: 13 cm de lã de vidro têm a mesma resistência que 45 cm de madeira ou 6,45 m de betão!

97 O isolante térmico, para responder plenamente às suas funções, deve ainda, segundo os casos de aplicação, satisfazer determinadas exigências relativas às seguintes propriedades:

98 a) Resistência à humidade:

Deve ser impermeável ou, para esse efeito, levar um tratamento prévio; caso contrário, a sua condutibilidade térmica aumentará substancialmente.

99 b) Resistência ao fogo:

Devem ser considerados os diversos graus de combustibilidade segundo as probabilidades de perigo de incêndio.

¹¹ V. apêndice 3 (fonte 10).

c) Resistência mecânica: 100

Nos casos em que esteja sujeito a cargas importantes (isolamentos de pavimentos, etc.), deve apresentar adequada resistência à compressão.

d) Resistência à temperatura: 101

Deve ser fisicamente indeformável sob o efeito das temperaturas a que vai estar sujeito.

e) Resistência aos factores biológicos: 102

Segundo os casos de aplicação (por exemplo, isolamento da estrutura no terreno), deve resistir à acção destruidora dos fungos, roedores e outros agentes biológicos.

A utilização de isolante térmico na estrutura do edifício e em todo o seu perímetro enterrado no solo impõe-se como primeira medida de isolamento de toda a parte envolvente. 103

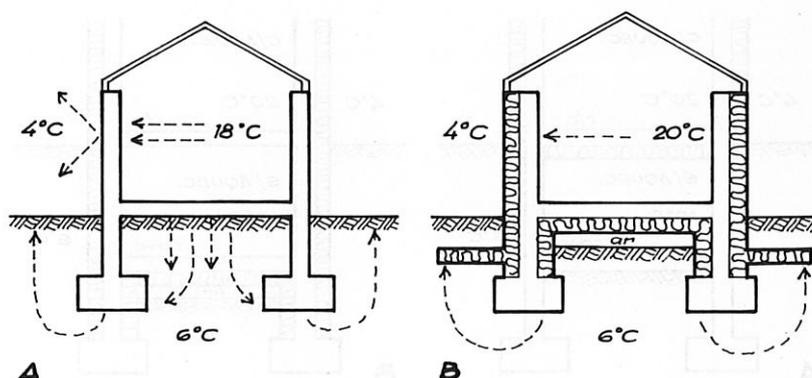


Fig. 45 — A aplicação no terreno de material isolante contribui para uma redução significativa das perdas energéticas do edifício pela estrutura.

O edifício também está sujeito a perdas térmicas para o terreno, ainda que de forma diferente das que se efectuam para o meio atmosférico: porque no terreno as amplitudes térmicas são menores, as perdas térmicas absolutas também o são, mas, em contrapartida, são mais constantes (dia e noite). 104

58	ENVOLVENTE	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
3.2		

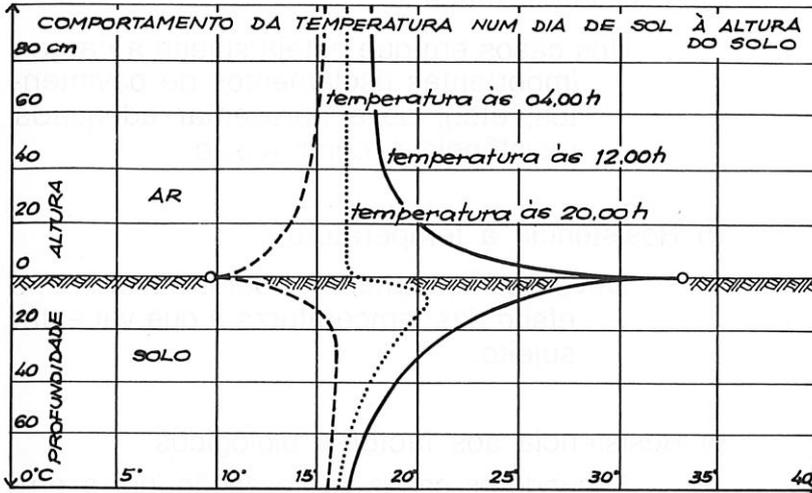


Fig. 46 — Representação esquemática das temperaturas diárias no ar e no solo, onde, a partir de uma profundidade de 60 cm, as amplitudes térmicas são praticamente nulas.

105 A aplicação de material isolante na parte enterrada da estrutura, ou mesmo no próprio terreno, torna-se particularmente vantajosa quando este é muito húmido, factor que origina uma elevada condutibilidade térmica do solo.

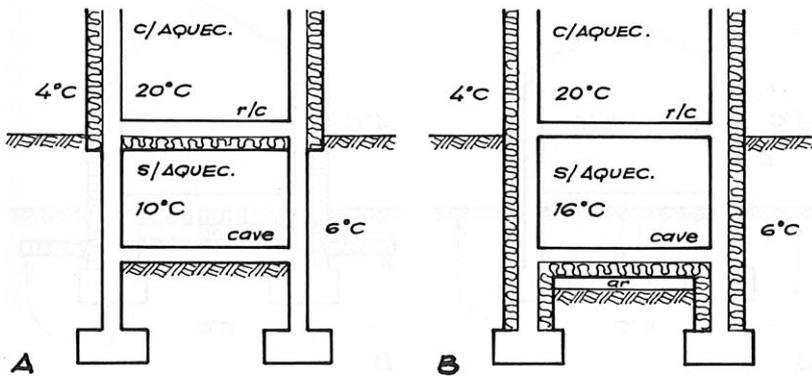


Fig. 47 — Compartimentos subterrâneos (caves, garagens, etc.), quando devidamente isolados, não precisam praticamente de aquecimento para manterem a temperatura a níveis quase normais.

106 O isolamento das paredes exteriores, desempenhando um papel determinante na manutenção da temperatura a níveis adequados, impede indirectamente a condensação de vapores nas paredes, causada por temperaturas demasiado baixas.

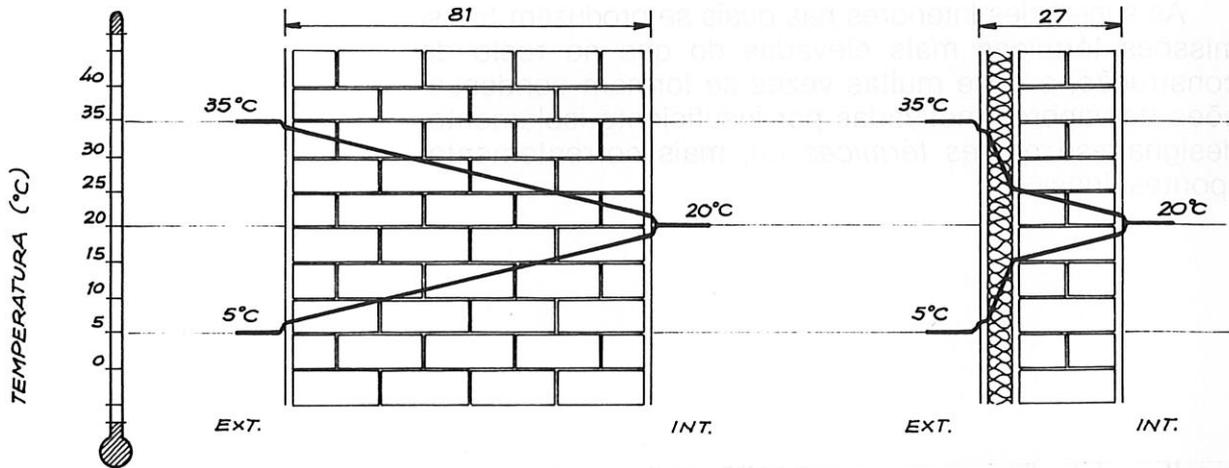


Fig. 48 — Representação esquemática das linhas de temperatura (Verão e Inverno) em duas paredes de igual resistência térmica, sem e com isolamento. A utilização de material isolante permite a redução de espessuras desnecessárias.

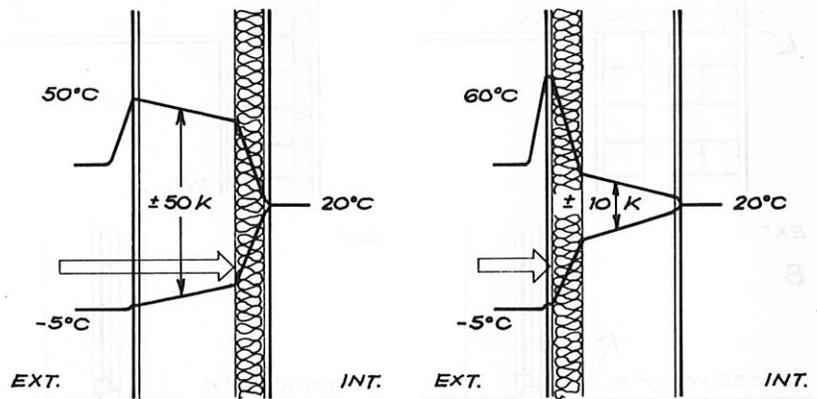


Fig. 49 — O material isolante deve aplicar-se sempre do lado exterior da parede, a fim de se conseguirem menores amplitudes na parede, com menor deterioração do material e uma maior massa de acumulação térmica interior.

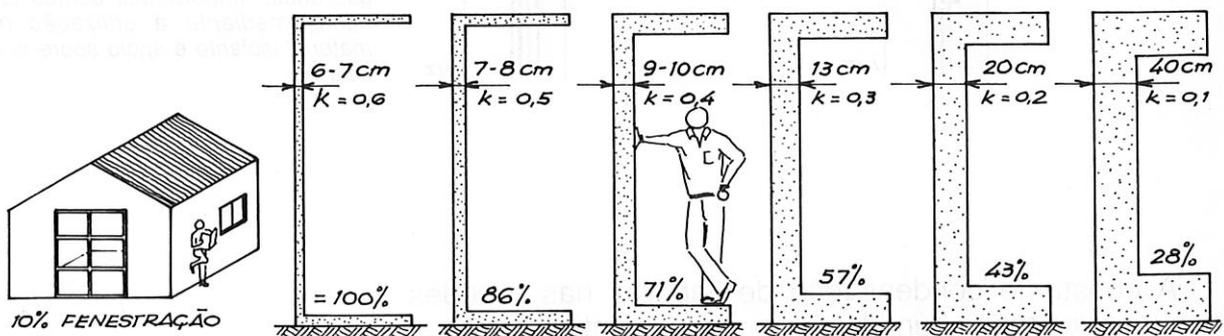


Fig. 50 — Representação esquemática da redução das perdas de energia mediante o aumento do isolamento térmico num edifício com 10% de fenestração e um valor $k=0,6$. A aplicação de 10 cm de isolante (+3 cm), com a redução das perdas para cerca de 70%, parece ser uma atitude ainda realista.

60	ENVOLVENTE	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
3.2		

107

As superfícies interiores nas quais se produzem transmissões térmicas mais elevadas do que no resto da construção, e onde muitas vezes se formam condensações de vapores motivadas por insuficiente isolamento, designam-se *pontes térmicas* ou, mais correntemente, «pontes frias».

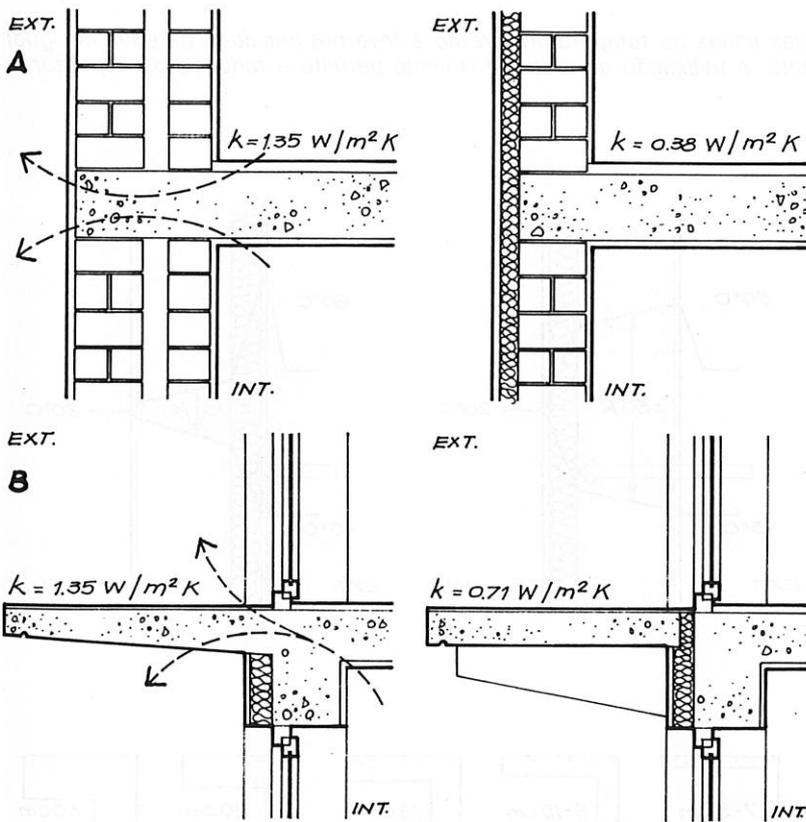


Fig. 51 — A caixa-de-ar não só não impede a formação de pontes térmicas, como reduz a massa de acumulação térmica interior, o que não se verifica com a aplicação de material isolante exterior (A). Em lajes de varandas também se consegue anular importantes pontes térmicas mediante a utilização de material isolante e apoio sobre consola (B).

108

A constante condensação de vapores nas paredes frias (quartos muito húmidos, com pouca ventilação e mal aquecidos) origina a formação de bolores e fungos (manchas escuras na parede), causa de vários tipos de alergias das vias respiratórias e que se deve, portanto, evitar.

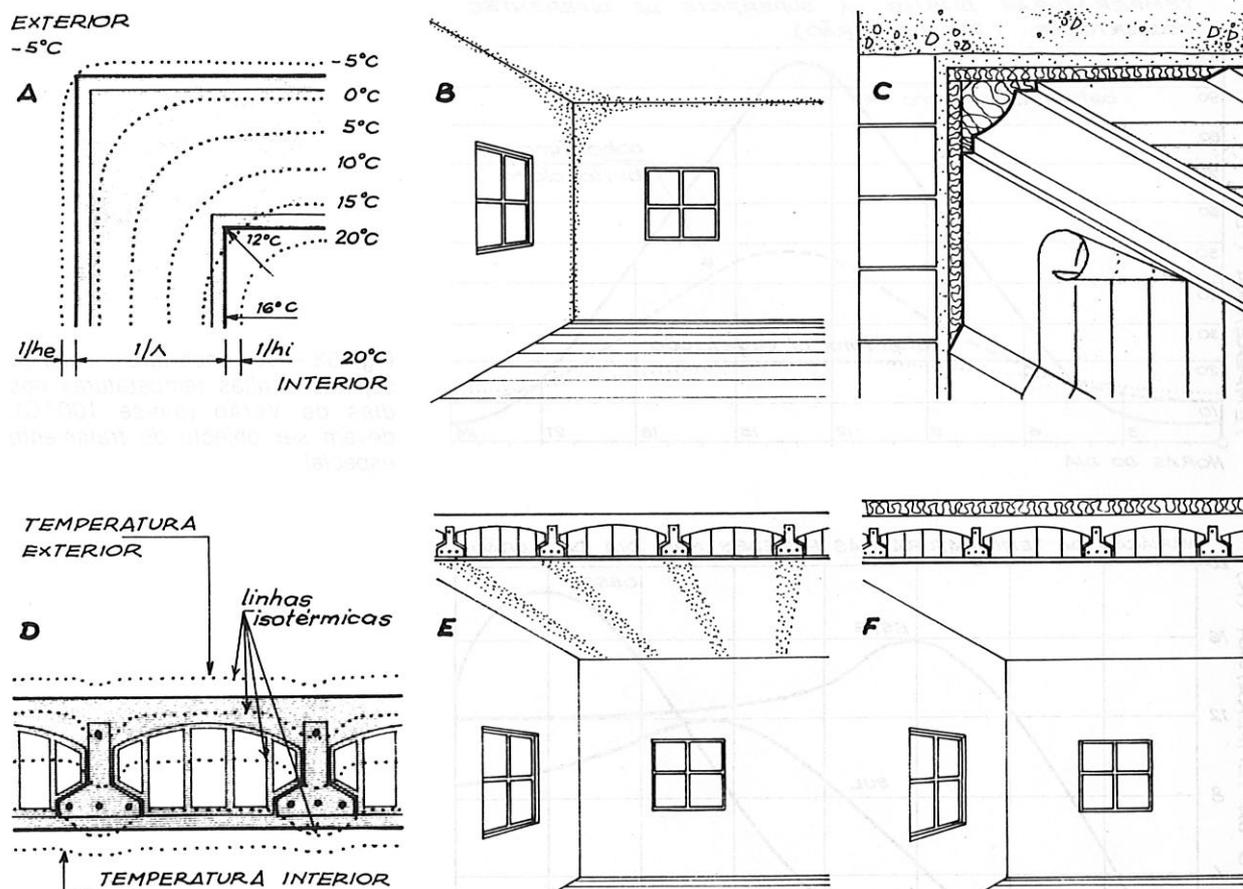


Fig. 52 — Representação das linhas isotérmicas numa parede (A) ou num tecto (D). O canto da parede está a temperatura inferior a 12°C, permitindo condensações de vapores e formação de bolores (B). Em edifícios antigos pode atenuar-se este mal mediante a aplicação de materiais isolantes próprios (C). Nos tectos, as manchas de humidade (E) são geralmente causadas por falta de isolamento, que deve ser aplicado na sua parte superior (F).

3.3 — Faneleção

Estudos recentes mostram que a faneleção, embora seja uma falha de construção, não é a causa principal das humidades em edifícios antigos.

A cobertura é a parte do edifício que está sujeita às maiores amplitudes térmicas, apresentando, por isso, frequentes pontes frias: durante o dia atinge elevadas temperaturas devido à exposição directa à radiação solar, enquanto durante a noite é a parte que mais calor perde para o espaço, por radiação. O seu isolamento, quer se trate do tradicional telhado ou da cobertura aterrada, impõe-se, pois, como medida prioritária. O mau isolamento da cobertura origina facilmente temperaturas insustentáveis, tanto nas noites frias de Inverno como nos soalheiros dias de Verão.

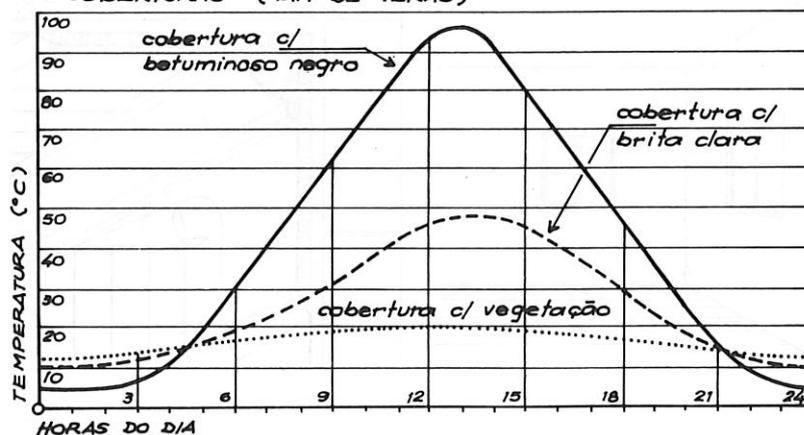
TEMPERATURAS DIÁRIAS À SUPERFÍCIE DE DIFERENTES
COBERTURAS (DIA DE VERÃO)

Fig. 53 — As coberturas, estando sujeitas a altas temperaturas nos dias de Verão (quase 100°C), devem ser objecto de tratamento especial.

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NAS PAREDES NUM DIA DE VERÃO

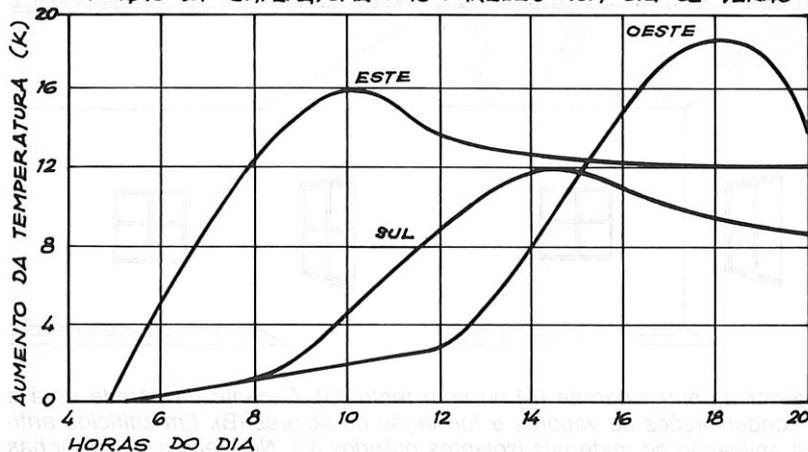


Fig. 54 — Representação gráfica da evolução da temperatura diária numa parede exterior segundo a sua orientação.

3.3 — Fenestração

- 110 Estudos recentes mostram que a fenestração, geralmente mal concebida e deficientemente construída, pode causar perdas energéticas até 35% das necessidades térmicas de um edifício¹²!
- 111 Uma janela, estando sujeita a ganhos solares directos, mas também a acentuadas perdas de calor, apresenta um balanço térmico próprio que é forçoso poder controlar, interessando alcançar balanços positivos no Inverno e, eventualmente, negativos no Verão.

¹² Fonte 21.

As perdas térmicas pela fenestração resultam, principalmente, por infiltração excessiva de ar frio através de frinchas mal calafetadas, mas também pela transmissão térmica directa, já que a vidraça é a mais simples e genuína ponte térmica do edifício.

112

O coeficiente de transmissão térmica total (valor k) de uma janela pode, no entanto, ser reduzido drasticamente com a aplicação de vários elementos, nomeadamente o vidro duplo (ou mesmo triplo, em casos extremos), a persiana isolante exterior e o isolamento interior suplementar (reposteiros especiais, entre outros) ¹³.

113

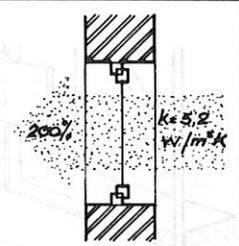
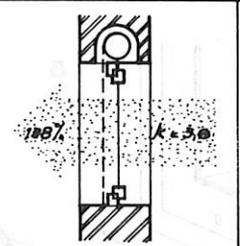
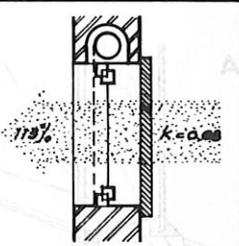
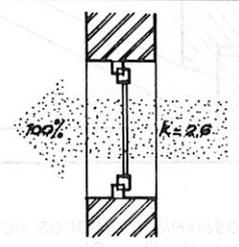
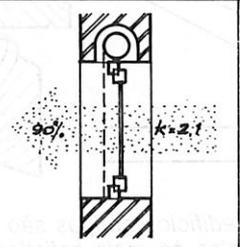
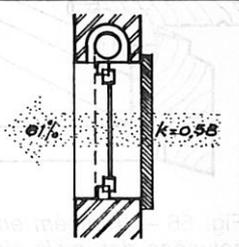
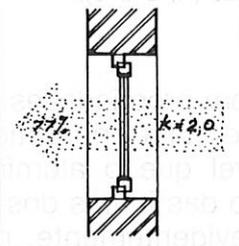
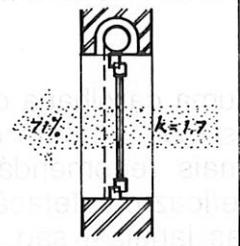
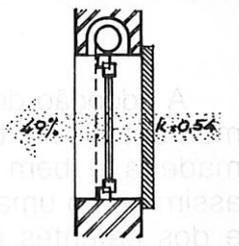
	A. JANELA S/ PERSIANA	B. JANELA C/ PERSIANA FECHADA	C. JANELA C/ PERSIANA FECHADA E ISOLAM. ^{to} SUPLEMENTAR INTERIOR
VIDRO SIMPLES	 200% $k = 5.2 \text{ W/m}^2\text{K}$	 188% $k = 3.0$	 173% $k = 0.88$
VIDRO DUPLO (13mm)	 100% $k = 2.6$	 90% $k = 2.1$	 81% $k = 0.88$
VIDRO TRIPLO (2x13mm) (casos extremos)	 77% $k = 2.0$	 71% $k = 1.7$	 49% $k = 0.54$
<p>Em A, B e C considerou-se uma caixilharia cujo valor $k \leq 2.00 \text{ W/m}^2\text{K}$. Em C o isolamento corresponde a 50mm de espuma sintética.</p>			

Fig. 55 — Exemplificação esquemática das perdas térmicas (em percentagem) de uma janela segundo os diversos tipos de isolamento aplicado. Os valores de k referem-se ao isolamento durante o período nocturno.

¹³ V. apêndice 3.

64	FENESTRAÇÃO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
3.3		

- 114 Assim, por exemplo, num dia de Inverno com uma temperatura exterior de 2°C, uma janela de vidro simples e sem isolamentos, com 8 m² de área e um coeficiente de transmissão térmica total de $k=5,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, origina as seguintes perdas térmicas, mantendo uma temperatura interior de 20°C:

$$Q_i = 5,2 \times 8 \times (20 - 2) = 748,8 \text{ W} \\ \times 12 \text{ h} = 8,98 \text{ kWh/dia}^{14}$$

- 115 Com a aplicação do vidro duplo, da persiana isolante exterior e do isolamento interior suplementar, seria possível reduzir o valor médio para $k=1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ e o absoluto para $k=0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ ¹⁵.

Teríamos então:

$$Q_{ii} = 0,58 \times 8 \times 18 = 83,5 \text{ W} \\ \times 12 \text{ h} = 1,00 \text{ kWh/dia}$$

$$Q_i - Q_{ii} = \text{economia diária} = 8,98 - 1 = 7,98 \text{ kWh/dia}$$

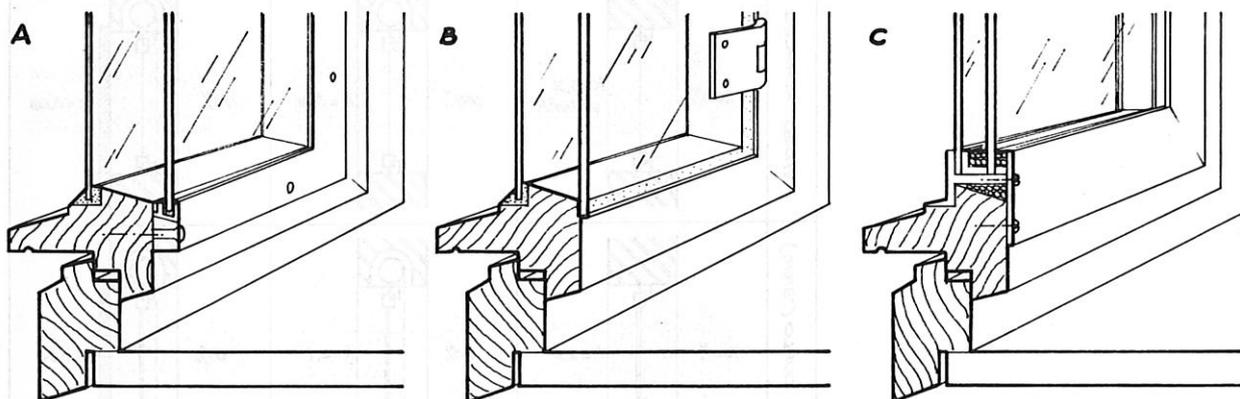


Fig. 56 — Também em edifícios antigos são possíveis melhorias nos balanços térmicos das janelas através de soluções das mais simples às mais sofisticadas (A, B e C).

- 116 A adopção de uma caixilharia com propriedades minimamente isolantes (sob o ponto de vista energético, a madeira é bem mais recomendável que o alumínio!), assim como uma eficaz calafetação das juntas dos aros e dos batentes das janelas, são, evidentemente, medidas prioritárias a ter em consideração.

¹⁴ Só considerámos perdas nocturnas.

¹⁵ A introdução de isolamentos amovíveis numa janela produz uma variação constante do valor k : a janela com isolamento tem um valor e sem ele tem outro. Para as perdas diárias (24 horas) considera-se, pois, um valor médio; para as perdas nocturnas (± 12 horas) considera-se o valor absoluto. Os valores deste exemplo, apesar de propositadamente optimizados, são absolutamente realistas (fonte 12).

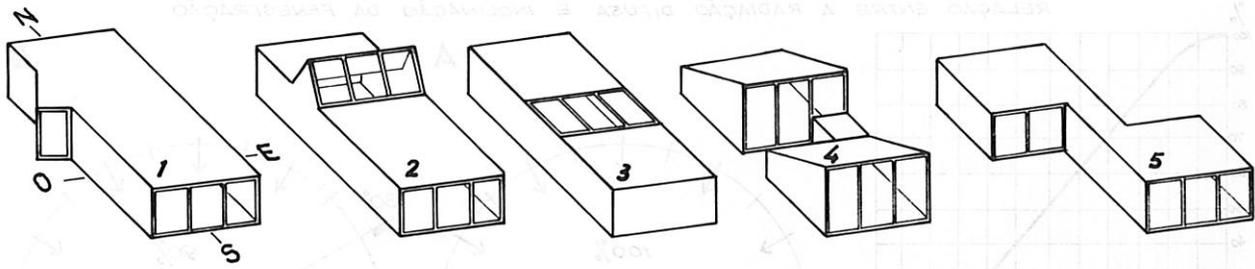


Fig. 57 — Um plano diferenciado da fenestração origina contributos solares específicos, mesmo nos compartimentos a norte. 1 — A janela de O., protegida dos ventos norte, permite ganhos solares no Inverno até ao pôr do Sol e impede a radiação excessiva de Verão a partir do meio da tarde. 2 — A janela orientada ao sol de Inverno permite ganhos solares nas zonas frias interiores. 3 — Fenestração zenital para zonas frias com grandes percentagens de radiação difusa. 4 e 5 — A fenestração a sul é duplicada por escalonamento dos compartimentos.

Para além de uma correcta orientação solar e de uma devida protecção dos ventos dominantes, a forma e o tipo de uma janela (fixa, de correr, basculante, etc.) podem influenciar sobremaneira o seu comportamento energético: uma janela fixa (sem frinças, com maior superfície de vidro) origina certamente balanços térmicos diferentes de uma janela de correr com a mesma área (perímetro e uma altura de frinças, com maior superfície de caixilharia).

117

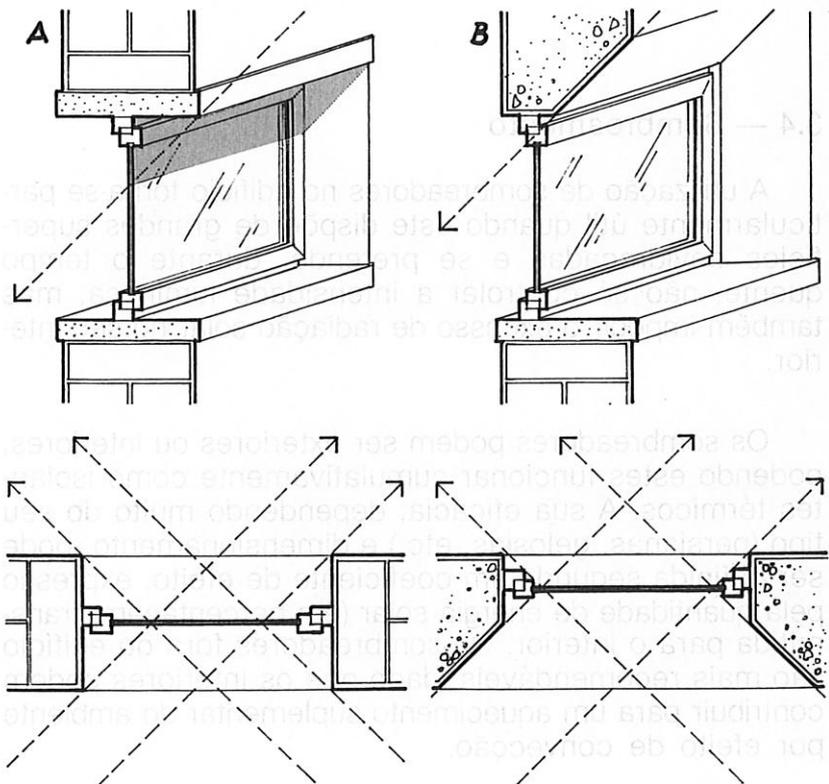


Fig. 58 — O quadro da janela, factado em função do sol de Inverno (B), permite ganhos substanciais de energia solar em relação a uma janela de quadro normal (A).

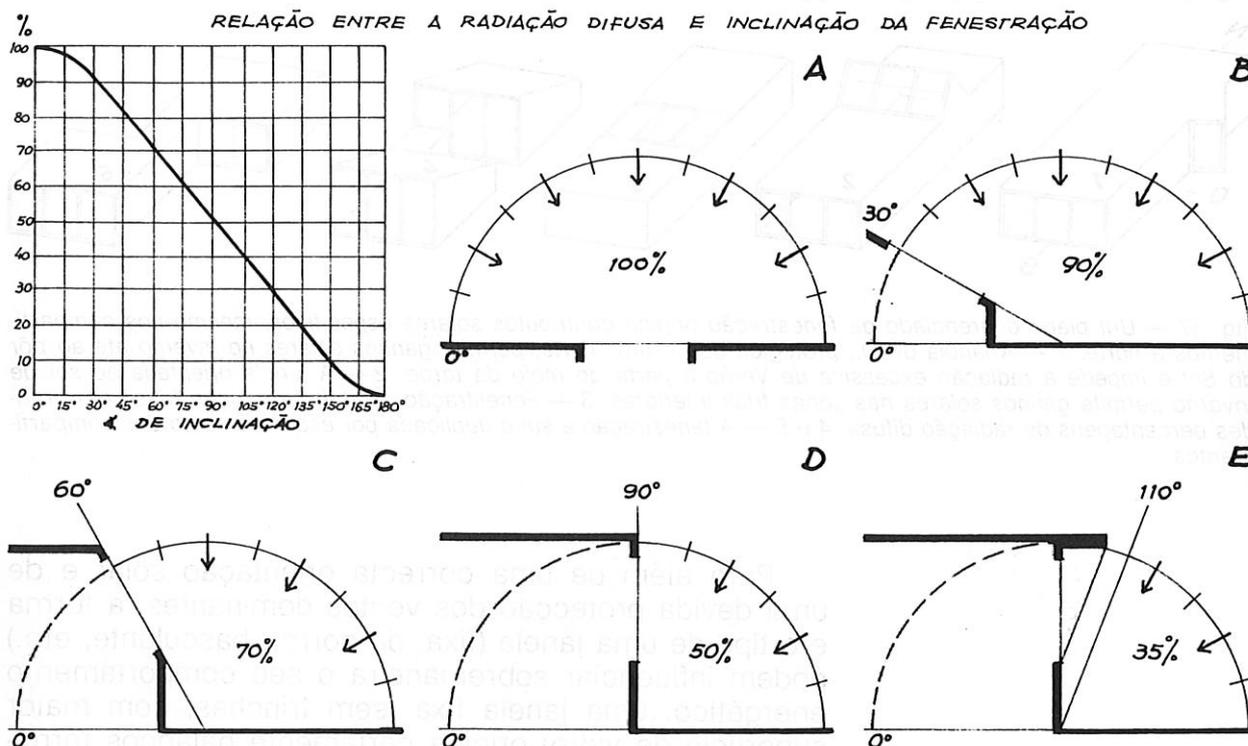


Fig. 59 — A radiação difusa captada por uma janela varia com a sua inclinação: o gráfico estabelece a quantidade de radiação solar difusa (em percentagem) segundo o ângulo de inclinação do vão envidraçado.

3.4 — Sombreamento

118 A utilização de sombreadores no edifício torna-se particularmente útil quando este dispõe de grandes superfícies envidraçadas e se pretende, durante o tempo quente, não só controlar a intensidade luminosa, mas também impedir o excesso de radiação solar no seu interior.

119 Os sombreadores podem ser exteriores ou interiores, podendo estes funcionar cumulativamente como isolantes térmicos. A sua eficácia, dependendo muito do seu tipo (persianas, gelsias, etc.) e dimensionamento, pode ser definida segundo um coeficiente de efeito, expresso pela quantidade de energia solar (em percentagem) transmitida para o interior. Os sombreadores fora do edifício são mais recomendáveis, dado que os interiores podem contribuir para um aquecimento suplementar do ambiente por efeito de convecção.

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	SOMBREAMENTO	67
		3.4

TIPO DE SOMBREADORES	FACTOR SOLAR %	RELAÇÃO SOMBREAMENTO / RADIAÇÃO INTERIOR	1	2	3
1 VIDRO SIMPLES	0,90				
2 VIDRO DUPLO	0,80				
3 CORTINA TRANSP.	0,55				
4 GELOSIA INTERIOR	0,40				
5 TOLDO EXTERIOR	0,30				
6 LAMELAS MOV. EXT.	0,24				
7 VARANDA, ALPENDRE	0,24				
8 PERSIANAS	0,24				
9 GELOSIA EXTERIOR	0,20				

Fig. 60 — Exemplificação esquemática de alguns tipos de sombreadores e respectivos coeficientes de efeito (percentagem da radiação transmitida para o interior).

Os sombreadores fixos exteriores (salientes das fachadas, constituídos por plataformas ou prolongamentos do telhado), sendo bastante frequentes, não são por vezes muito aconselháveis, pois, mesmo quando devidamente dimensionados por forma a permitir a radiação solar directa de Inverno, podem constituir um indesejável obstáculo à radiação solar difusa nesta estação fria do ano! 120

Os toldos (de preferência com película reflectora), as palas de recolher, as lamelas amovíveis e outros sombreadores móveis do mesmo género são, pois, os mais recomendáveis, para além de terem fácil aplicação em qualquer tipo de edifício. 121

O recurso à vegetação em edifícios baixos pode ser, mais uma vez, uma forma prática de se obter um bom sombreamento: uma pérgula revestida de videira (folha caduca de excelente sombra!) é, sem dúvida, das soluções mais económicas e eficazes. 122

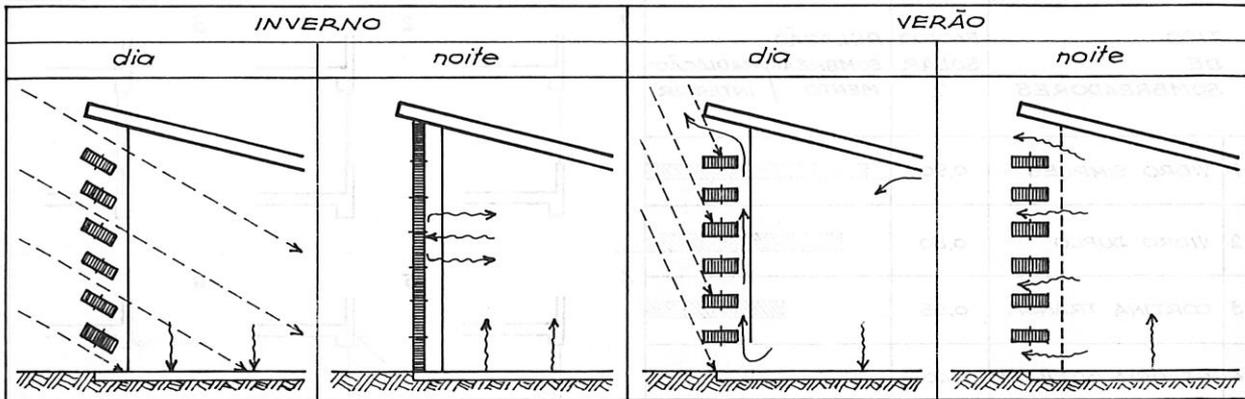


Fig. 61 — Os sombreadores podem, simultaneamente, exercer a função de isolamento térmico nocturno.

123

Inversamente, quando se pretende obter efeitos contrários aos dos sombreadores, pode prever-se a utilização de superfícies reflectoras, que aumentarão temporariamente a radiação solar no interior do edifício.

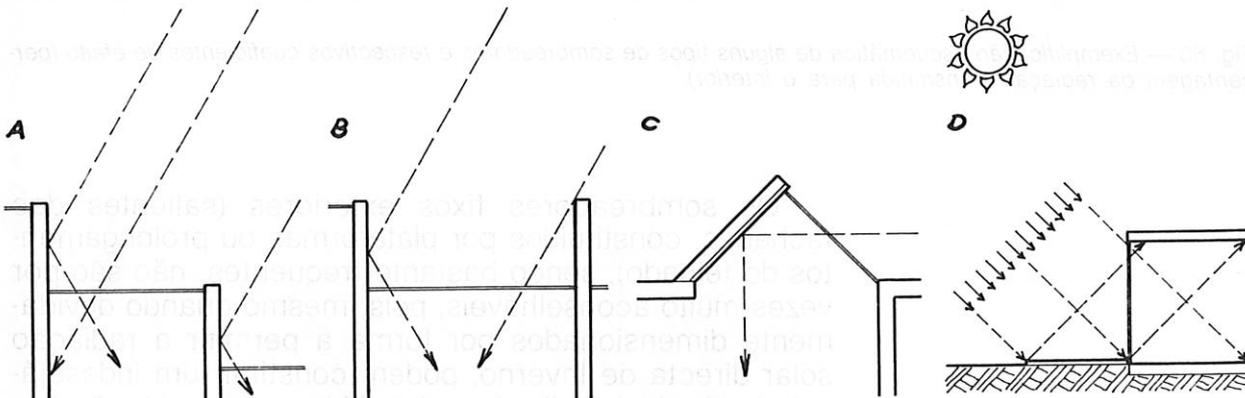


Fig. 62 — Com a utilização de superfícies reflectoras em certas partes do edifício consegue-se não só compensar sombreamentos (B), como obter acréscimos substanciais dos ganhos solares (D).

3.5 — Ventilação

124

O conforto fisiológico dentro de um edifício depende de um conjunto de vários factores, como a temperatura do ar, a sua humidade relativa, a temperatura das paredes circundantes (radiação do contorno) e a velocidade do ar, que, relacionados entre si, nos transmitem a sensação de um ambiente mais ou menos confortável.

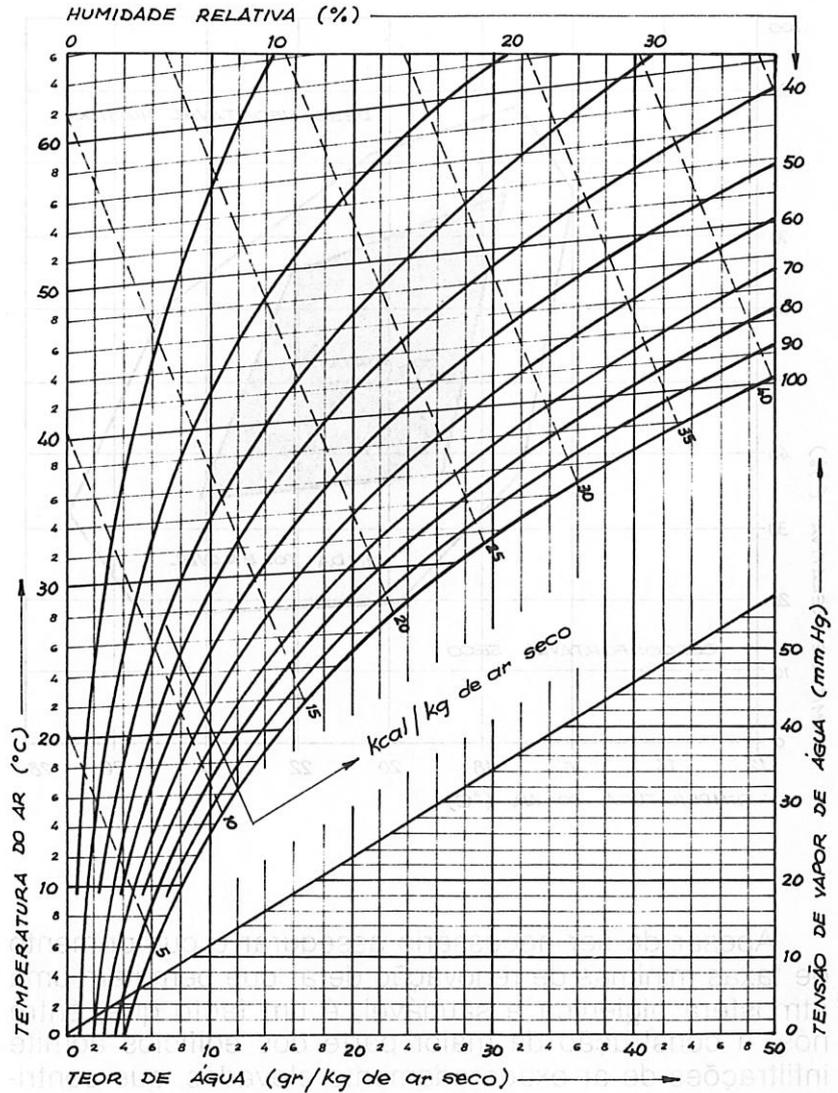


Fig. 63 — O diagrama de Mollier define a relação existente entre a temperatura do ar, a sua humidade relativa e absoluta, o seu conteúdo térmico e a tensão do vapor de água (para pressão atmosférica normal), factores que caracterizam a sensação de conforto do ambiente.

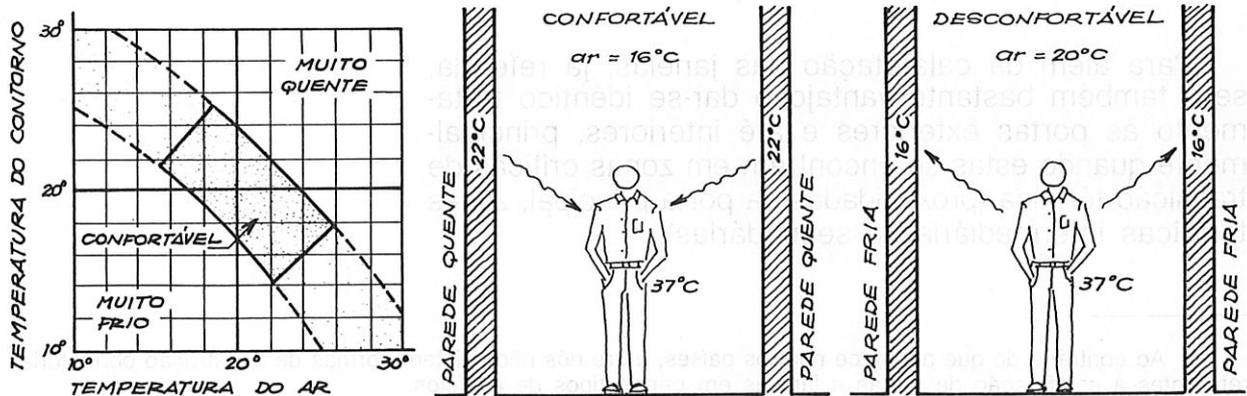


Fig. 64 — Representação gráfica e esquemática da situação de conforto resultante da relação entre a temperatura do ar e do contorno.

70	VENTILAÇÃO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
3.5		

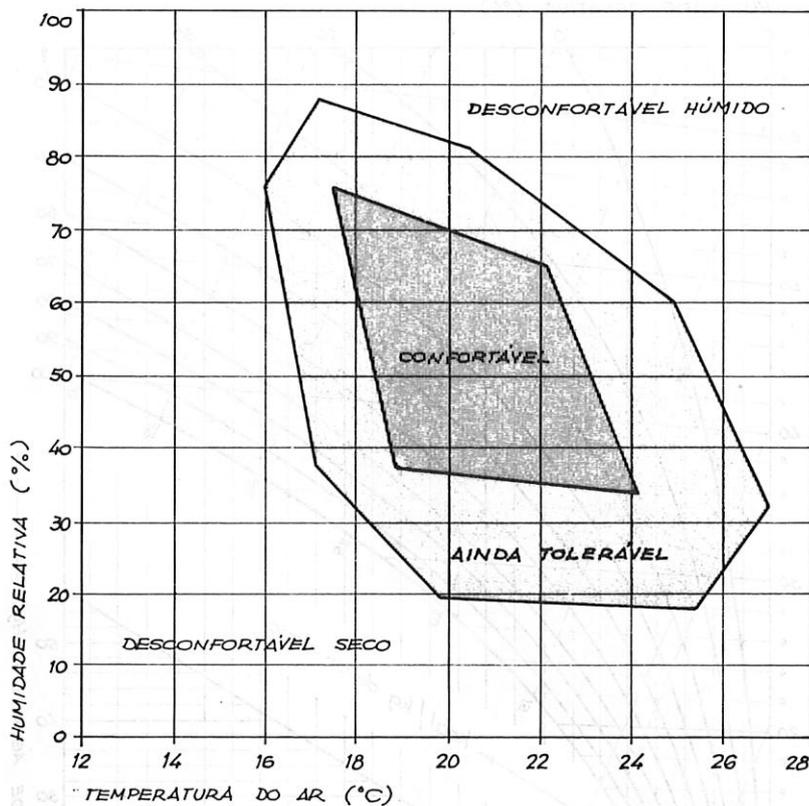


Fig. 65 — Representação gráfica da situação de conforto resultante da relação entre a humidade relativa do ar e a sua temperatura (fonte 31).

125 Apesar de ser necessário assegurar o cumprimento de taxas mínimas de renovação de ar que permitam uma atmosfera higiénica e saudável, é um facto que, entre nós, a construção da maior parte dos edifícios admite infiltrações de ar exageradamente elevadas, que contribuem para desnecessárias perdas térmicas do ambiente interior^{16 17}.

126 Para além da calafetação das janelas, já referida, será também bastante vantajoso dar-se idêntico tratamento às portas exteriores e até interiores, principalmente quando estas se encontram em zonas críticas de transição térmica (proximidades da porta principal, zonas térmicas intermediárias e secundárias).

¹⁶ Ao contrário do que acontece noutros países, entre nós não existem normas de construção obrigatórias referentes à calafetação de portas e janelas em certos tipos de edifícios.

¹⁷ É fundamental a distinção entre os conceitos «ventilação natural» e «infiltrações de ar»: o primeiro pressupõe um acto voluntário dos habitantes na procura de uma atmosfera mais confortável; o segundo implica uma situação de desconforto involuntariamente tolerada, causada principalmente por deficiência de construção.

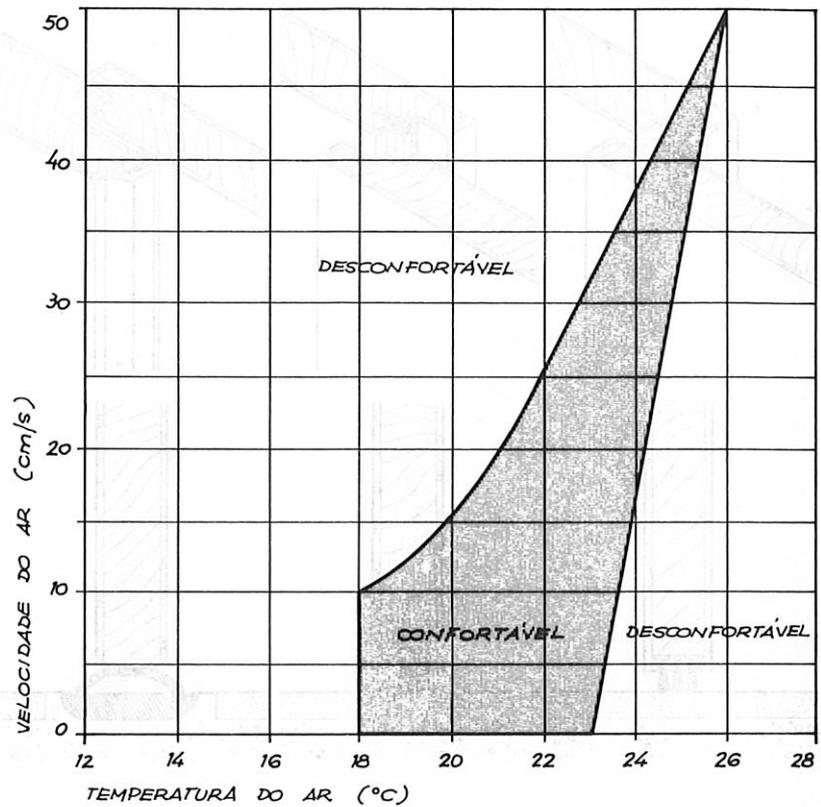


Fig. 66 — Representação gráfica da situação de conforto resultante da relação entre a velocidade do ar e a sua temperatura.

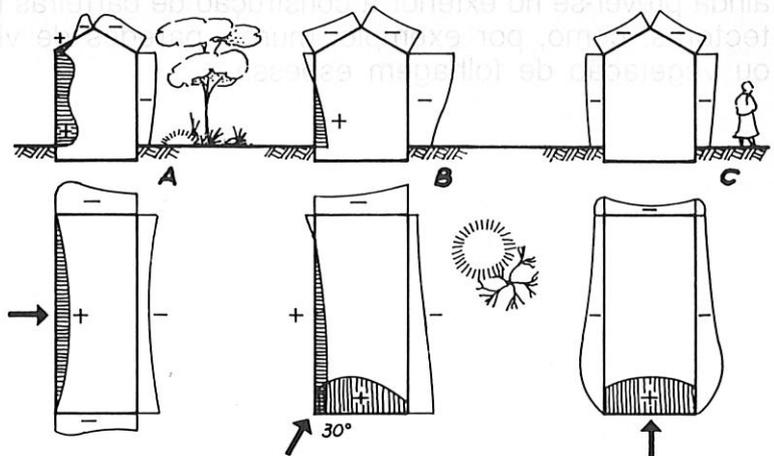


Fig. 67 — Representação esquemática das zonas de maior pressão nas fachadas de um edifício (maiores infiltrações!) segundo a direcção do vento.

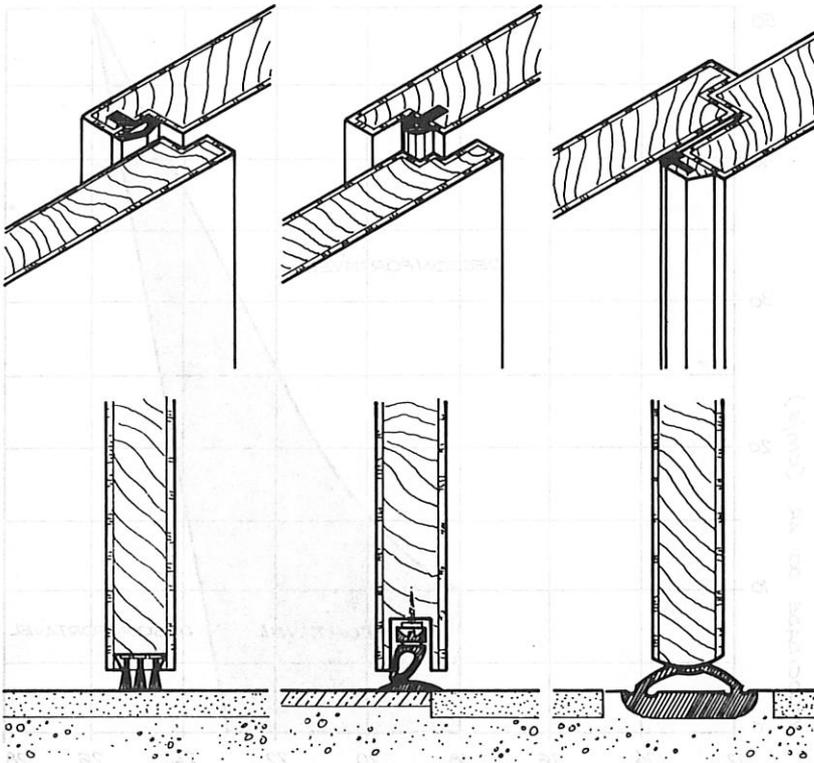


Fig. 68 — Alguns exemplos de utilização de vedantes de fácil aplicação nas frinchas das portas.

- 127 Para se proteger o interior do edifício (ou da habitação) de infiltrações de ar frio e de correntes de ar deve conceber-se, junto à entrada principal, uma zona tampão, limitada por duas portas, que crie o tradicional guarda-vento, que, de uma forma inexplicável, praticamente deixou de existir.
- 128 Quando a entrada principal do edifício está directamente exposta à acção dos ventos dominantes, deve ainda prever-se no exterior a construção de barreiras protectoras, como, por exemplo, muros, paredes de vidro ou vegetação de folhagem espessa.

Fig. 67 — Representação esquemática das zonas de maior pressão nos edifícios de um só andar, nas condições de um edifício com infiltração segundo a direcção do vento.

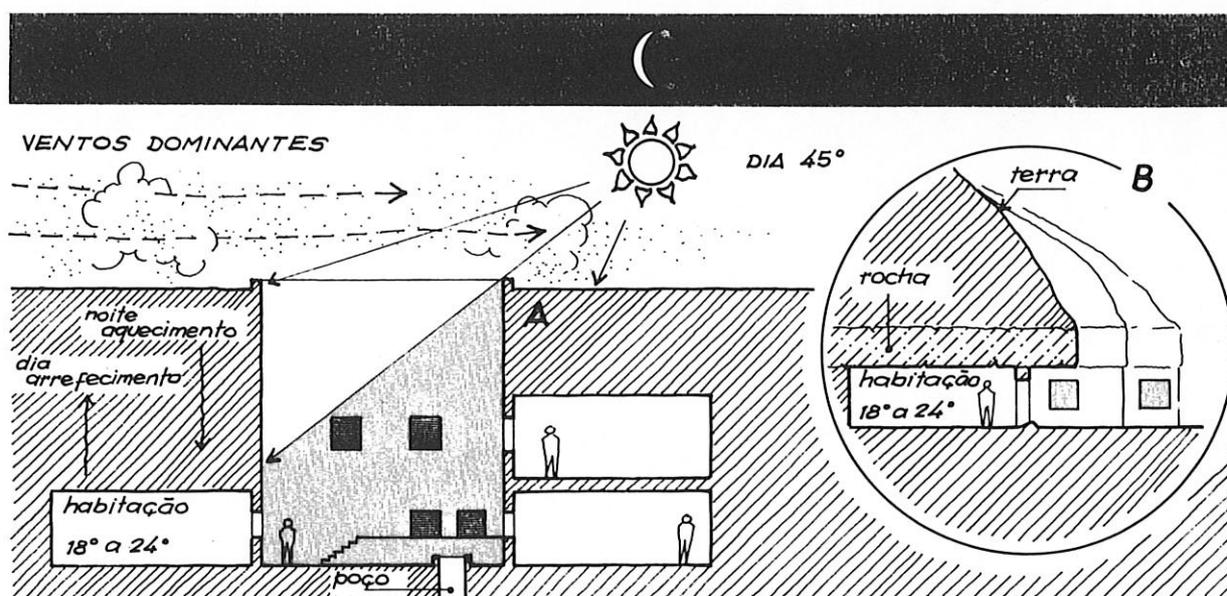
METABOLISMO E ACTIVIDADES DO CORPO HUMANO			
DORMIR	REPOUSO	MOVIMENTO TRABALHO MÉDIO	TRABALHO PESADO DESP. COMPETIÇÃO
			
1. CONSUMO DE ENERGIA . Wh			
80	160	1600	4500
2. VENTILAÇÃO DOS PULMÕES . m³/h			
0,3	0,4	1,0	2,5
3. NECESSIDADE DE OXIGÉNIO . l/h PRODUÇÃO DE CO ₂ + ≈10%			
18	40	90	180
4. LIBERTAÇÃO DE ÁGUA . g/h (POR TRANSPIRAÇÃO E RESPIRAÇÃO)			
40	50	120	300 ≈1/3 l/h
5. PRODUÇÃO DE CALOR . Wh (DEPENDENTE DA RADIAÇÃO DO CONTORNO) . ≈30% POR RADIAÇÃO . ≈70% POR CONVECÇÃO .			
70	115	290	580
6. VENTILAÇÃO DE CONFORTO . m/s (DEPENDENTE DO VESTUÁRIO E DA RADIAÇÃO DE CONTORNO)			
0,01 - 0,05	0,05 - 0,15	0,3	1,0
7. RENOVACÃO DO AR . m³/h/pessoa (DEPENDENTE DO VOLUME E DOS ODORES)			
20	20	60	150
8. TEMPERATURA DO AR . °C (DEPENDENTE DA RADIAÇÃO DE CONTORNO, VESTUÁRIO E HUMIDADE RELATIVA)			
12° - 13°	18° - 22°	14° - 18°	10° - 16°
9. HUMIDADE RELATIVA DO AR . % (DEPENDENTE DO TEOR DE POEIRAS)			
40 - 50%	40 - 50%	30 - 50%	30 - 50%

Fig. 69 — Exemplificação esquemática das necessidades do metabolismo do corpo humano em função de vários estados de actividades (fontes 11, 19 e 31).

NOTA HISTÓRICA IV. — Em Matmata (Tunísia) encontram-se verdadeiras casas-pátios escavadas no solo, a uma profundidade de 7 m a 10 m, com divisões interiores por vezes edificadas em dois andares sobrepostos. Estas comunicam, através de pequenas aberturas, com o pátio interior, onde se encontra o poço de água, elemento de grande importância para estas regiões (A)!

Devido à ausência de paredes exteriores, não se verifica durante o dia uma radiação solar intensa na habitação, ficando a temperatura no interior desta nos níveis desejados (18° - 22°). Os ventos do deserto, que sopram forte e carregados de areia, não se fazem assim sentir na habitação!

Quando a rocha é dura e de difícil trabalho, as habitações são escavadas nas encostas dos montes viradas a sul, como, por exemplo, em Chemini (Sul da Tunísia) (B).



4 — TECNOLOGIAS SOLARES PASSIVAS

4.1 ————— GANHO DIRECTO

4.2 ————— GANHO INDIRECTO

4.3 ————— ESTUFAS

4.1 — Ganho directo

Um sistema de ganho directo, como a própria designação o indica, baseia-se simplesmente na captação da radiação solar para o interior do espaço habitado através dos vãos envidraçados.

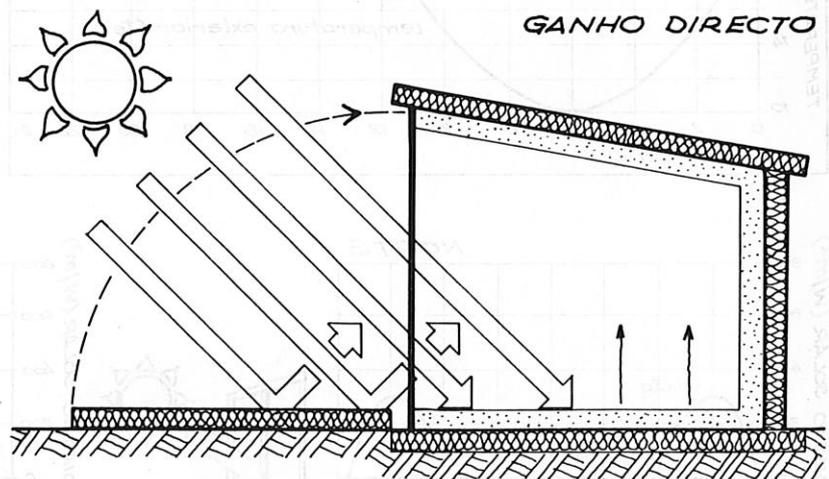


Fig. 70 — Representação esquemática de um sistema de ganho directo.

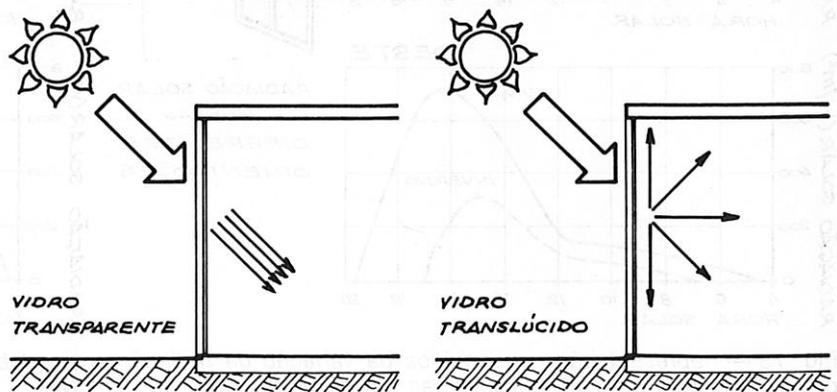


Fig. 71 — Ao contrário do vidro transparente, o vidro translúcido (transparência solar mais reduzida) difunde a radiação directa, evitando o inconveniente dos encandeamentos por luminosidade excessiva e activando a massa de acumulação térmica do tecto.

130

129

80	GANHO DIRECTO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
4.1		

130

Dado que a propriedade do ar em absorver a energia solar é praticamente nula, a envolvente do espaço interior (paredes e pavimento) deve ser constituída por materiais compactos (betão, tijolo maciço) com grande capacidade de armazenamento térmico e cujas superfícies devem ter um elevado poder de absorção da radiação solar (tons escuros e mates, principalmente para o pavimento). Só assim se consegue que depois do pôr do Sol o material comece a «libertar» o calor armazenado e o aquecimento do ar se faça principalmente por convecção natural.

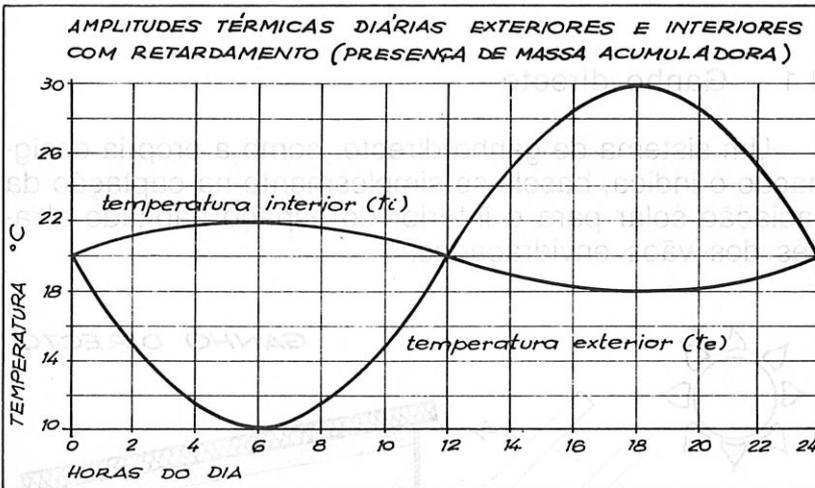


Fig. 72 — Com armazenamento térmico os picos das temperaturas interiores e exteriores sofrem um desfasamento horário, cujo valor ideal seria de 12 horas.

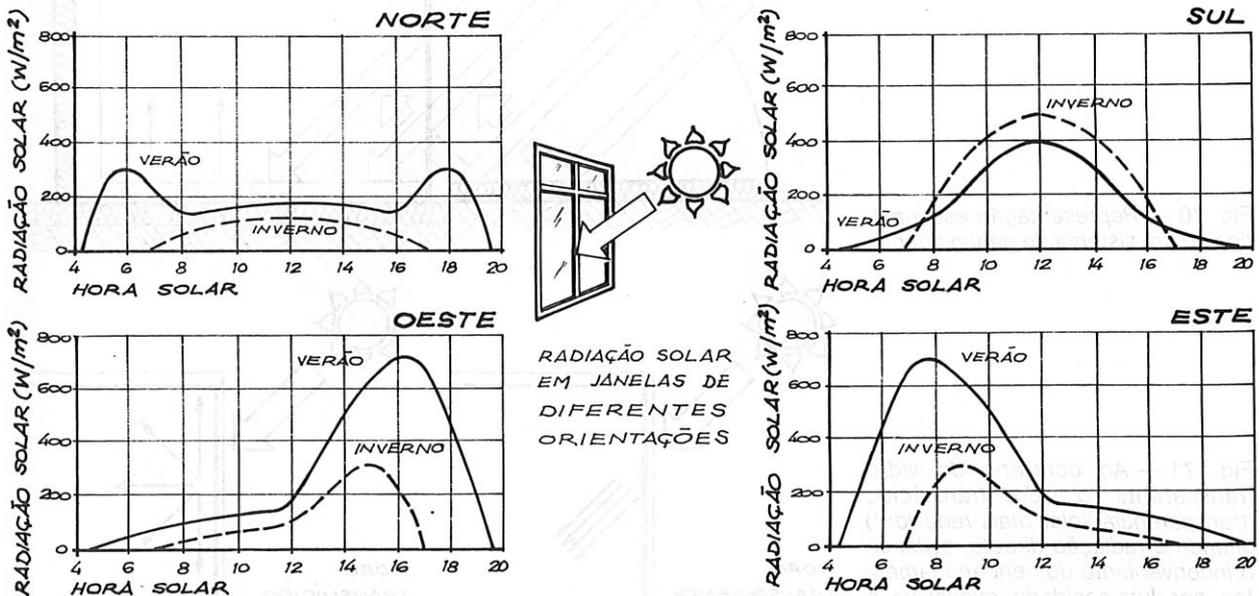


Fig. 73 — Representação esquemática da variação da radiação solar global em janelas de diferentes orientações (superfície vertical) nas diversas horas do dia, para 40° lat. N.

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	GANHO DIRECTO	81
		4.1

A janela é, pois, um elemento fundamental no contributo da energia solar para o aquecimento do ambiente de conforto, sendo a sua orientação a sul (com afastamentos máximos de 15° a este ou a oeste) e o seu correcto dimensionamento factores decisivos para a sua eficácia. 131

Tomemos como exemplo um compartimento com uma parede exterior de cerca de 14 m² de área, com três tipos de fenestração diferentes (casos 1, 2 e 3), e analisemos os respectivos balanços térmicos: 132

Pressupostos: 133

$$T_e = -5^\circ\text{C} \text{ (temperatura exterior);}$$

$$T_i = +20^\circ\text{C} \text{ (temperatura interior);}$$

$$\Delta T = 25 \text{ K } (T_e - T_i).$$

Perdas térmicas das janelas:

- 1) Por transmissão: $\pm 130 \text{ W/m}^2$ (área bruta);
- 2) Pelas juntas: $\pm 25 \text{ W/m}$ (metro linear).

Ganhos solares: $\pm 350 \text{ W/m}^2$ (área de vidro)¹⁸.

CASO 1. — Duas janelas com cerca de 15% da área da parede exterior, de dois batentes cada uma, 1 m² de área bruta (tosco) cada uma, 0,54 m² de área de vidro cada uma, 4,54 m de fugas (juntas) cada uma. 134

Perdas térmicas:

	W
1) Transmissão directa (2 × × 1 × 130)	— 260
2) Pelas juntas (2 × 4,54 × 25)	— 228
<i>Total</i>	— 488

Ganho solar (2 × 0,54 × 350) ... + 378

Balanço térmico — 110

¹⁸ Estes valores, podendo variar segundo os casos, situam-se num domínio perfeitamente realista:

Coeficiente de transmissão térmica da janela $k = 5,2 \text{ W/m}^2\text{K}$;
 Coeficiente de transmissão térmica linear (fugas) $k = 1 \text{ W/mK}$.

82	GANHO DIRECTO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
4.1		

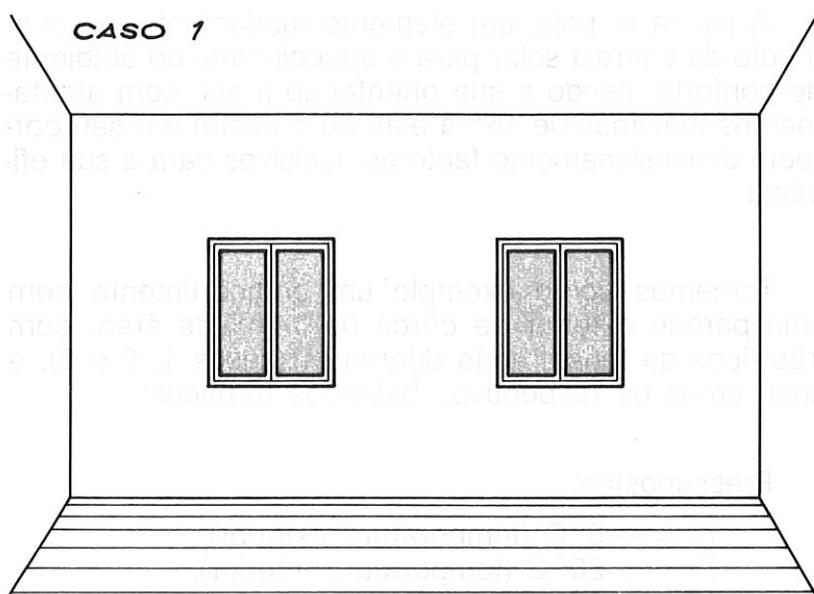


Fig. 74 — Janelas subdimensionadas originam balanços energéticos negativos, que têm de ser compensados com aquecimento suplementar.

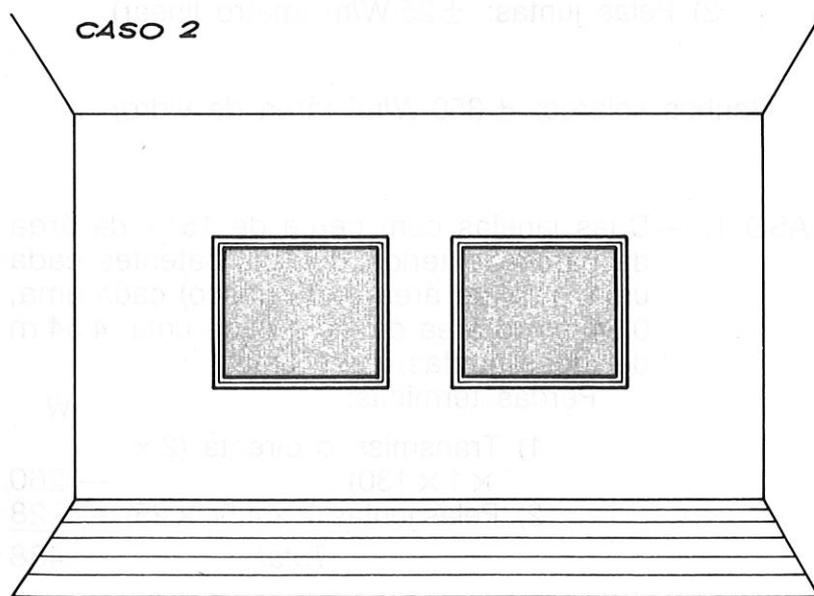


Fig. 75 — Janelas com dimensionamentos médios não originam balanços negativos, mas também não permitem ganhos solares significativos.

135 CASO 2. — Duas janelas com cerca de 20% da área da parede exterior, de um só batente cada uma, 1,4 m² de área bruta (tosco) cada uma, 1,05 m² de área de vidro cada uma, 4,44 m de fugas (juntas) cada uma.

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	GANHO DIRECTO	83
		4.1

Perdas térmicas: W

1) Transmissão directa ($2 \times 1,4 \times 130$)	— 364
2) Pelas juntas ($2 \times 4,44 \times 25$)	— 222
<i>Total</i>	<u>— 586</u>

Ganho solar ($2 \times 1,05 \times 350$)

Balanço térmico

CASO 3. — Uma janela com cerca de 40% da área da parede exterior, dois batentes simples e parte central fixa, de 5,6 m² de área bruta (tosco), 4,8 m² de área de vidro, 6,88 m de fugas (juntas). 136

Perdas térmicas: W

1) Transmissão directa ($1 \times 5,6 \times 130$)	— 728
2) Pelas juntas ($6,88 \times 25$)	— 172
<i>Total</i>	<u>— 900</u>

Ganho solar ($4,8 \times 350$)

Balanço térmico

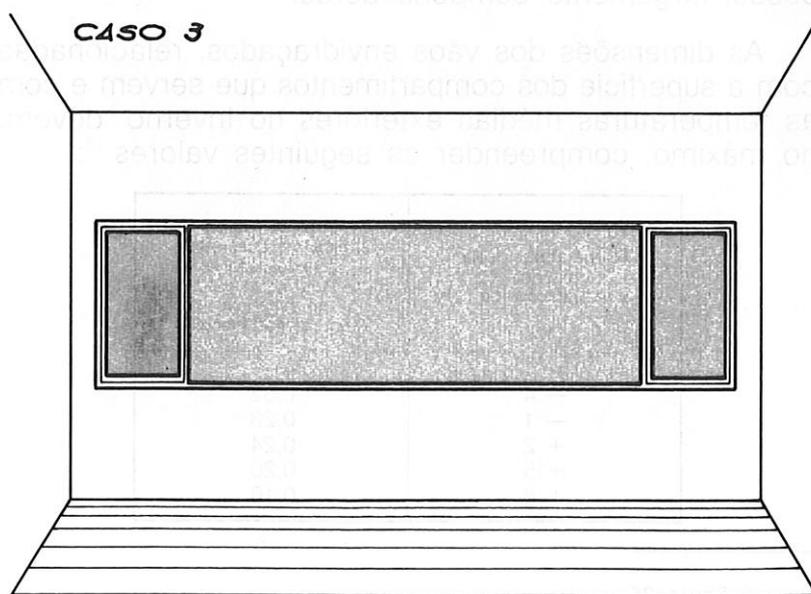


Fig. 76 — Nas janelas dimensionadas para permitirem ganhos solares consideráveis devem reduzir-se as juntas dos batentes a um mínimo necessário aos processos de ventilação.

84	GANHO DIRECTO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
4.1		

137 Um sistema de ganho directo só é, no entanto, coerente quando dele fazem parte integrante o isolamento térmico nocturno (portadas isoladas, persianas, etc.), os sombreadores de uso sazonal e os mecanismos de ventilação natural, sem os quais não poderá ser garantido o controle sobre o seu balanço térmico.

138 Evidentemente que o dimensionamento da fenestração de um compartimento deve considerar o factor da iluminação natural, por forma a se evitem altos custos de iluminação artificial, que muitas vezes são francamente desnecessários.

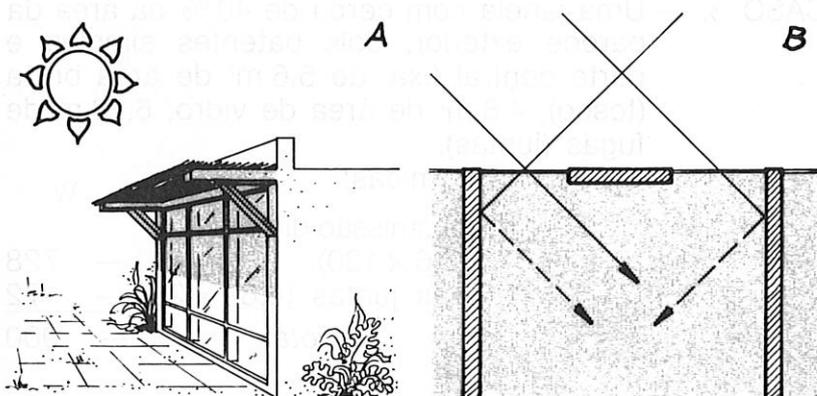


Fig. 77 — Os sistemas de ganho directo podem por vezes apresentar inconvenientes de luminosidade excessiva (riscos de encandecimento) e de degradação dos materiais pela acção dos raios ultravioletas. Sombreadores solares (A) e janelas laterais nas proximidades das paredes (B) podem contribuir para minimizar esses inconvenientes.

139 Os custos de tais sistemas são relativamente baixos, dado que, de uma forma geral, se limitam simplesmente a um adequado dimensionamento dos vãos envidraçados, sendo os ganhos conseguidos, na maior parte dos casos, largamente compensadores.

140 As dimensões dos vãos envidraçados, relacionadas com a superfície dos compartimentos que servem e com as temperaturas médias exteriores no Inverno, devem, no máximo, compreender os seguintes valores ¹⁹:

141

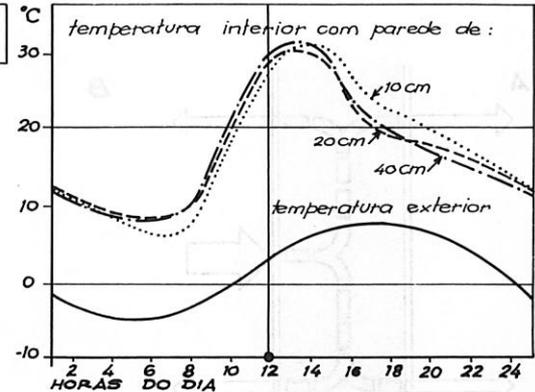
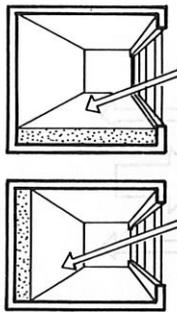
Temperatura média exterior na estação fria (°C)	Área de vidro, em metros quadrados, necessária para cada metro quadrado de superfície do compartimento
— 4	0,32
— 1	0,28
+ 2	0,24
+ 5	0,20
+ 8	0,16

¹⁹ Fonte 25.

Figs. 78, 79 e 80 — As figuras representam a comparação das temperaturas interiores de três variantes de compartimentos com diferentes capacidades de armazenamento térmico e vãos envidraçados orientados a sul e expostos à radiação solar directa num dia de Inverno (fonte 25).

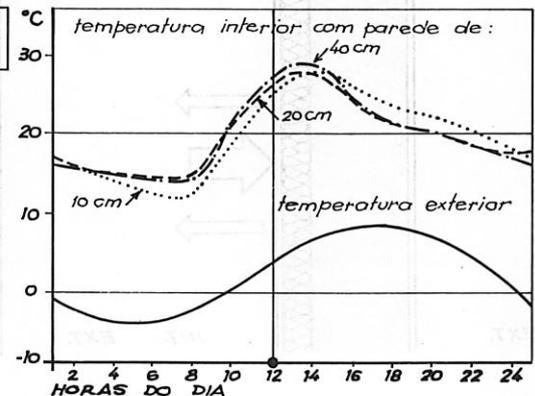
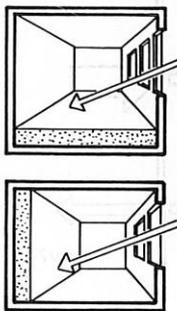
78) A massa de acumulação térmica é composta por uma massa de betão situada no pavimento ou parede, cuja superfície pintada de escuro é 1,5 vezes maior do que a área do vão envidraçado. RESULTADO: entre as paredes de 10 cm, 20 cm e 40 cm não existem diferenças significativas de temperatura. (A parede de 10 cm causa temperaturas de mais e menos 3°C.) Em todos os casos, a amplitude da temperatura diária interior é de 22 K.

$$\frac{\text{SUP. ACUMULADORA}}{\text{SUP. VIDRO}} = \frac{1.5}{1}$$



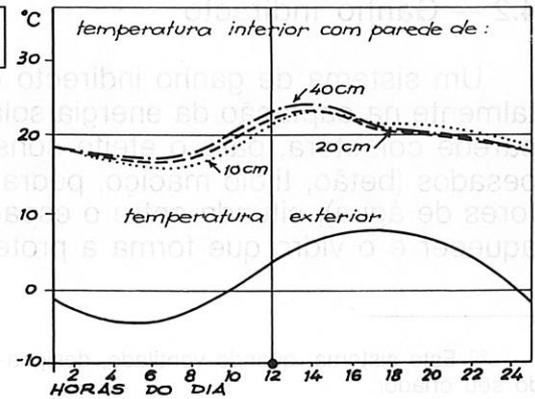
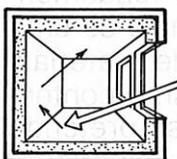
79) A massa de acumulação térmica é idêntica à do caso anterior; a sua superfície é, contudo, três vezes maior do que a do vão envidraçado. RESULTADO: novamente com paredes de 10 cm, 20 cm e 40 cm, não existem diferenças significativas da temperatura diária interior e em todos os casos a sua amplitude é de 14 K.

$$\frac{\text{SUP. ACUMULADORA}}{\text{SUP. VIDRO}} = \frac{3}{1}$$



80) A massa acumuladora ocupa todo o compartimento (pavimento, parede e tecto) e a sua superfície é nove vezes a do vão envidraçado. RESULTADO: o desenvolvimento da temperatura diária interior é idêntico com paredes de 10 cm, 20 cm e 40 cm, assim como a sua amplitude, que não excede 7 K.

$$\frac{\text{SUP. ACUMULADORA}}{\text{SUP. VIDRO}} = \frac{9}{1}$$



86	GANHO INDIRECTO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
4.2		

142 Um erro grosseiro seria, no entanto, uma janela a sul largamente dimensionada, sem a correspondente capacidade interior de acumulação térmica, por exemplo com o pavimento revestido a alcatifa e as paredes cobertas de quadros ou forradas a cortiça...

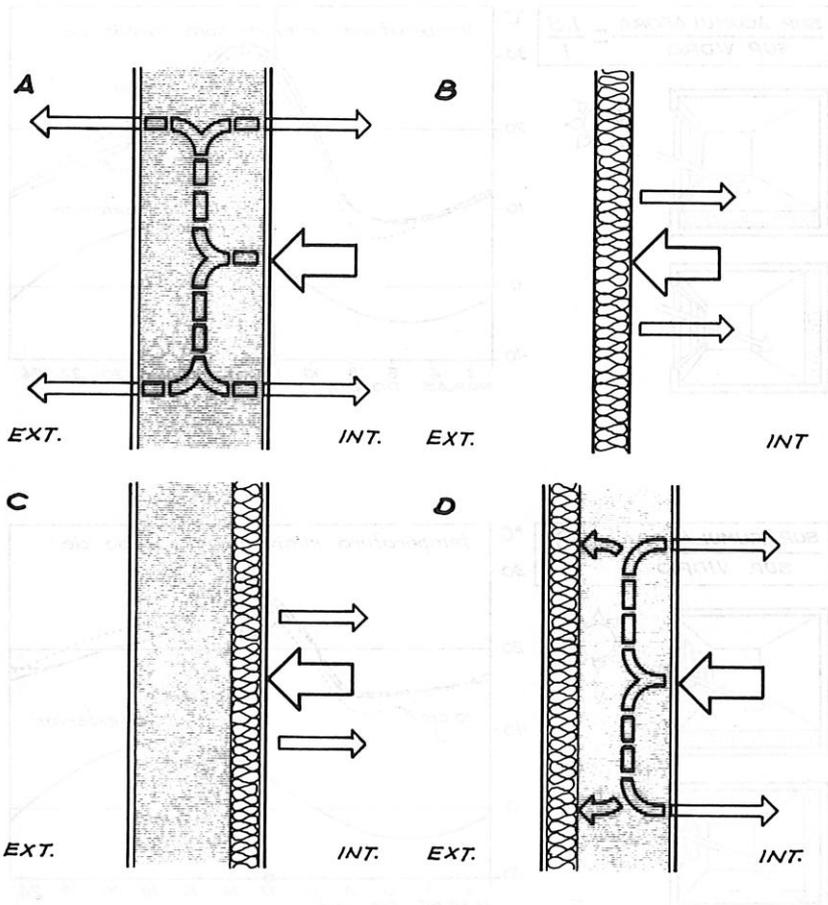


Fig. 81 — A) Uma parede maciça sem isolamento só tem uma capacidade de acumulação térmica medíocre. B) Um material isolante não tem nenhuma capacidade de armazenamento térmico. C) Uma parede maciça com isolamento interior (pavimentos e paredes revestidos interiormente a cortiça) não tem nenhuma capacidade de armazenamento térmico. D) Uma parede maciça com isolamento exterior tem uma capacidade de armazenamento térmico maximamente otimizada.

4.2 — Ganho indirecto

143 Um sistema de ganho indirecto consiste fundamentalmente na captação da energia solar por meio de uma parede colectora, para o efeito construída de materiais pesados (betão, tijolo maciço, pedra ou mesmo contentores de água), situada entre o espaço que se pretende aquecer e o vidro que forma a protecção do exterior²⁰.

²⁰ Este sistema, quando ventilado, designa-se também frequentemente «parede de Trombe», em memória do seu criador.

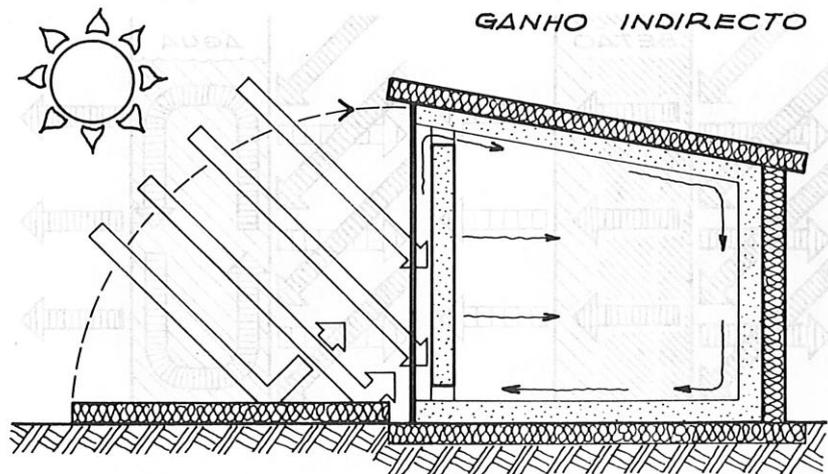


Fig. 82 — Representação esquemática de um sistema de ganho indirecto.

O calor assim produzido no lado exterior, durante o período de exposição solar, é armazenado pela massa da parede e conduzido para o seu lado interior, donde se propaga para o compartimento por convecção e radiação²¹.

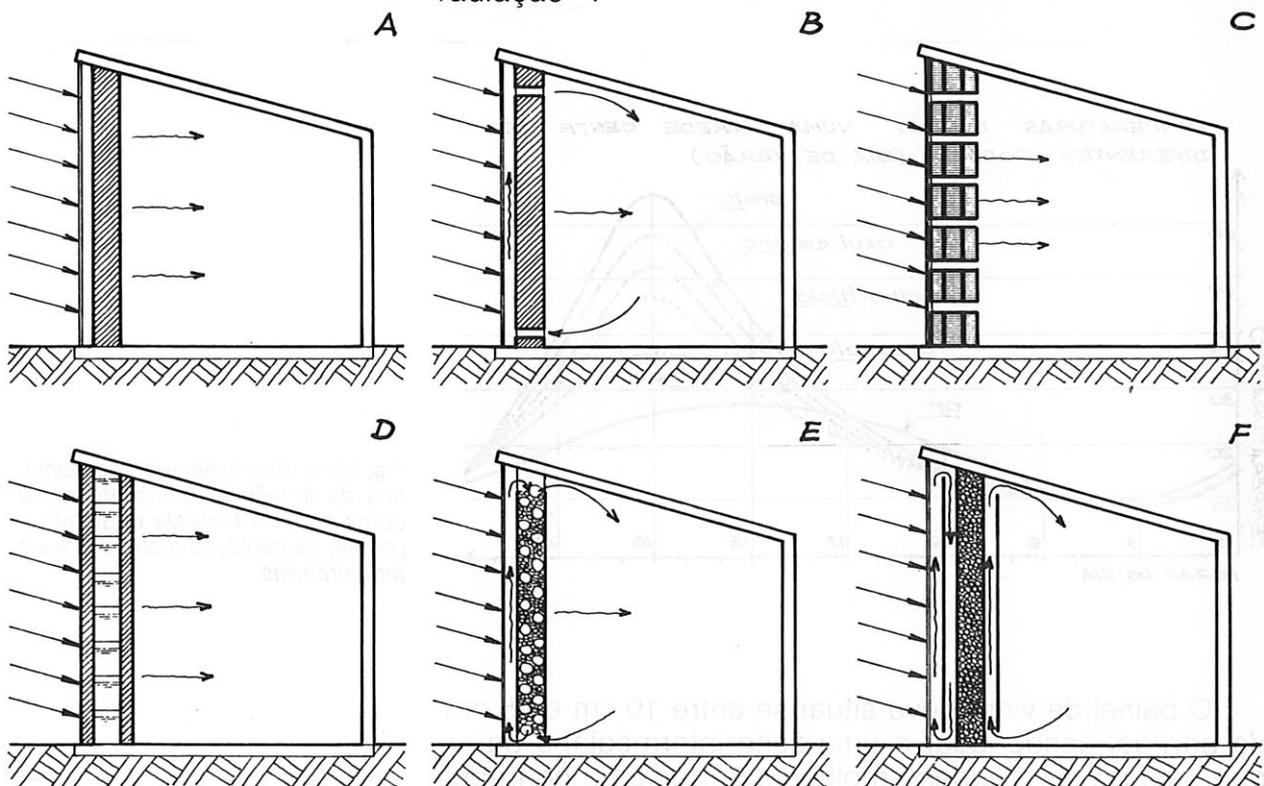


Fig. 83 — Vários tipos possíveis de parede de acumulação térmica (paredes solares): A) parede irradiante; B) parede com ventilação; C) acumulação com contentores de água; D) combinação de contentores de água e alvenaria; E) enrocamento e contentores (garrafas de água); F) enrocamento e sistema de ventilação dupla independente.

²¹ Na realidade, parte da energia absorvida pela parede é novamente transmitida por radiação e convecção para o vidro e deste perdida para o exterior. Contra este efeito, pode prever-se a aplicação no lado interior do vidro de uma folha transparente reflectante ou de negro selectivo na superfície da parede.

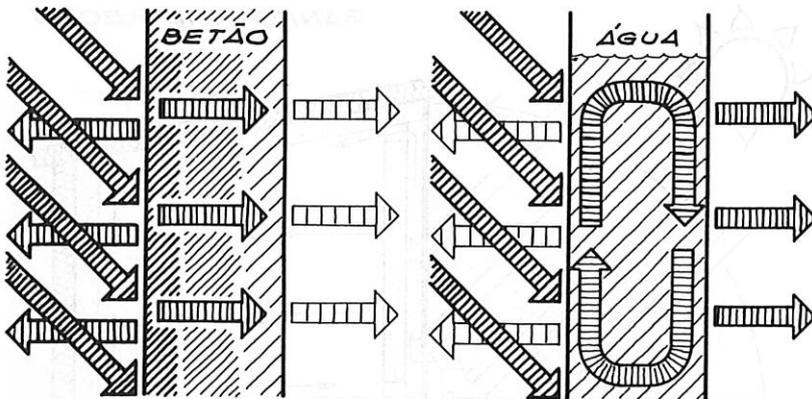


Fig. 84 — Uma parede de betão tem uma capacidade de absorção da radiação solar e de transmissão térmica diferentes de uma parede de água (maior reflexão e transmissão térmica mais retardada).

145 A fim de aumentar a sua capacidade de absorção da radiação solar, a superfície da parede exposta ao Sol deve ser pintada de cor escura mate.

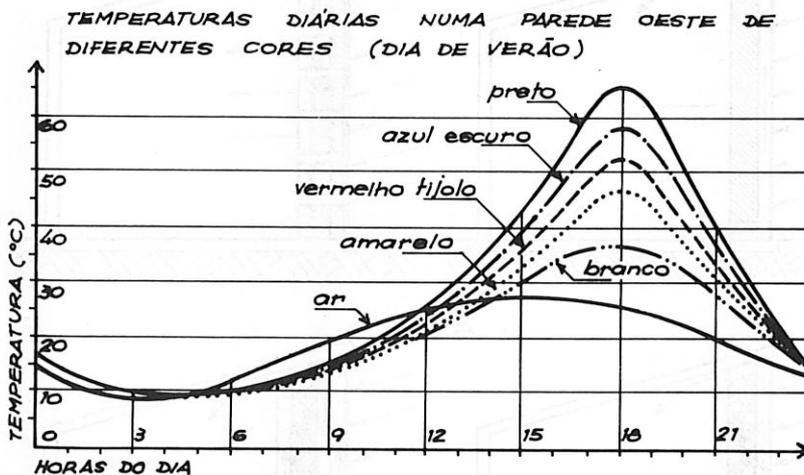


Fig. 85 — Representação esquemática da influência dos materiais e cores de uma fachada orientada a poente, na evolução diária das suas temperaturas.

146 O painel de vidro deve situar-se entre 10 cm e 15 cm da parede, dando lugar a uma zona intermediária de ar que suporta as grandes amplitudes térmicas e contribui desta forma para um ambiente mais ameno no interior do compartimento²².

²² Em zonas muito frias é aconselhável o painel de vidro duplo para redução das perdas por transmissão directa.

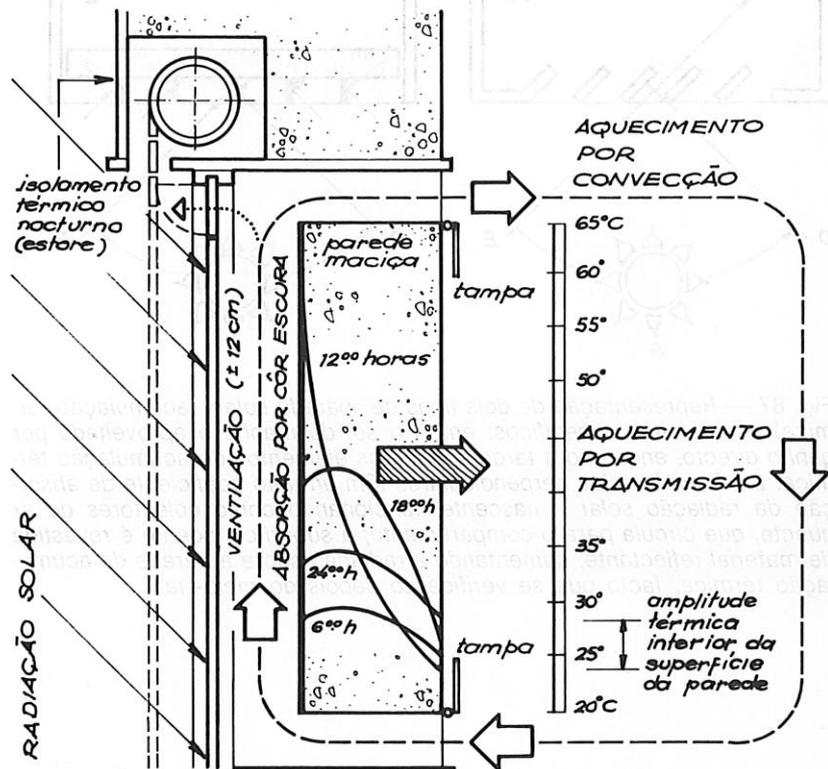


Fig. 86 — Representação esquemática do funcionamento da parede de Trombe e evolução das suas linhas de temperatura nas diferentes horas do dia.

Estas aberturas devem ser equipadas com tábuas amovíveis, não só para possibilitar a regulação dos caudais de ventilação como também para impedir a entrada em sentido inverso, produzida durante a noite ou em dias de fraca radiação.

147 Ao contrário do que se verifica nos sistemas de ganho directo, as propriedades de armazenamento e de inércia térmica das paredes solares não só impedem sobreaquecimentos em dias de forte insolação, como possibilitam temperaturas amenas em eventuais dias de fraca radiação. Estas paredes são, pois, particularmente aconselháveis em climas e zonas com elevada percentagem de radiação directa na estação fria.

148 Para que a transmissão térmica ao interior seja mais rápida, podem prever-se, nas partes inferiores e superiores da parede, aberturas de ventilação, por forma que o ar quente da zona intermediária entre em circulação e aqueça o compartimento por convecção natural. A extensão do aquecimento a outros compartimentos, por meio do ar quente da zona intermediária, também é possível através de condutas de ar especiais.

90	GANHO INDIRECTO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
4.2		

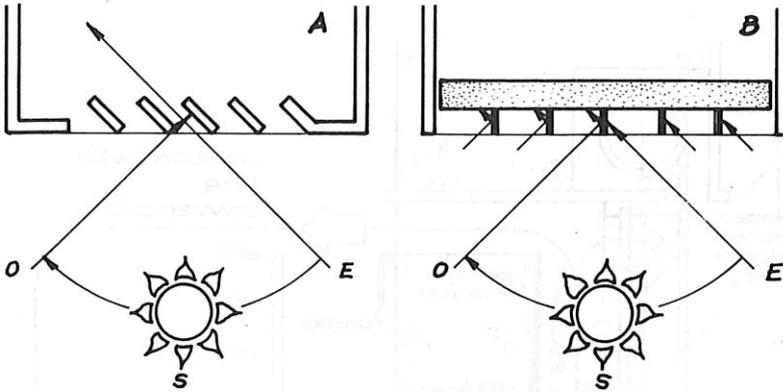


Fig. 87 — Representação de dois tipos de «parede solar» (acumulação térmica) para efeitos específicos: em A o sol da manhã é aproveitado por ganho directo, enquanto à tarde aquece os elementos de acumulação térmica. Em B as lamelas perpendiculares têm um alto coeficiente de absorção da radiação solar a nascente, funcionando como colectores de ar quente, que circula para o compartimento; a superfície poente é revestida de material reflectante, aumentando a radiação sobre a parede de acumulação térmica, facto que se verifica só depois do meio-dia!

149 Estas aberturas devem ser equipadas com tampas apropriadas, não só para possibilitarem a regulação dos caudais de ventilação, como também para impedirem circulações em sentido inverso, produzidas durante a noite ou em dias de fraca radiação.

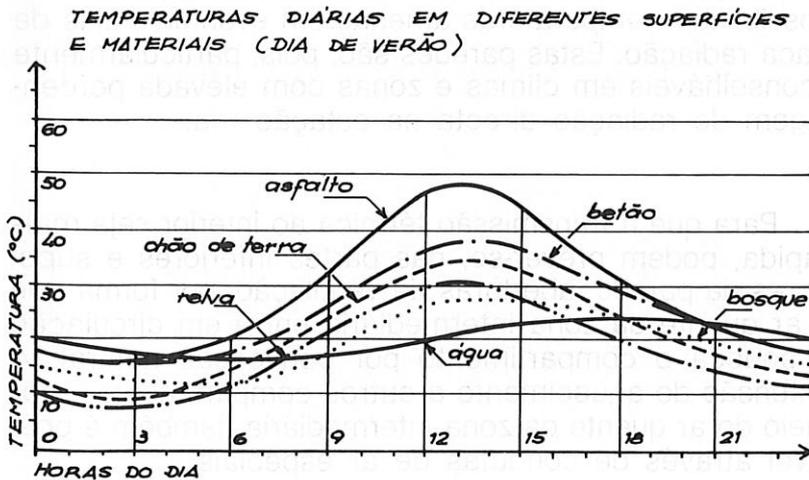


Fig. 88 — Representação esquemática da evolução da temperatura diária em diferentes materiais, resultante dos respectivos coeficientes de absorção da radiação solar.

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	GANHO INDIRECTO	91
		4.2

150 Durante a estação quente ou sempre que o aquecimento é inconveniente, pode fazer-se circular o ar proveniente do interior, através da zona intermediária directamente para o exterior, por meio de abertura na parte superior do vidro. Dispositivos de ventilação natural, sombreamento e isolamento térmico são, pois, em sistemas solares passivos, evidentes atributos dos vãos envidraçados.

151 O dimensionamento da parede de Trombe depende sobretudo dos dados climáticos (quanto maior for a radiação directa, maior deve ser a sua espessura), do volume do compartimento a aquecer e do coeficiente de condutibilidade térmica do material: quanto mais elevado for este coeficiente, tanto mais espessa deve ser a parede, a fim de se evitarem aquecimentos demasiado rápidos ou prematuros.

152 Para se manter a temperatura de um compartimento durante 24 horas entre 18°C e 24°C, num dia de Inverno com insolação máxima, são necessárias as seguintes áreas de parede de captação, relacionadas com a superfície do compartimento e temperaturas médias exteriores na estação fria ²³:

Temperatura média exterior na estação fria (°C)	Área de parede em metros quadrados necessária por cada metro quadrado de superfície do compartimento	
	Parede maciça	Parede de água
- 4	0,6 — 0,9	0,4 — 0,7
- 1	0,5 — 0,7	0,35 — 0,55
+ 2	0,4 — 0,6	0,25 — 0,45
+ 5	0,3 — 0,45	0,20 — 0,35
+ 8	0,25 — 0,35	0,15 — 0,25

154 Paredes solares subdimensionadas só podem, pois, representar um contributo térmico eficaz durante mais de 24 horas nos dias quentes das estações de transição.

155 Em condições normais, a parede de betão ($\lambda = 1,75 \text{ W/mK}$ a $2,0 \text{ W/mK}$) deve ter uma espessura de 30 cm a 35 cm, enquanto a de tijolo maciço deve situar-se entre os 25 cm e 30 cm. A utilização do tijolo com caixa-de-ar neste tipo de parede é obviamente contra-

²³ Fonte 25.

156 produtora. Por outro lado, existe uma correlação evidente entre a espessura da parede e as amplitudes térmicas interiores, como se verifica no seguinte quadro ²⁴:

Material	Coeficiente de condutibilidade térmica (W/mK)	Espessura da parede aconselhável (cm)	Amplitudes térmicas interiores relacionadas com a espessura da parede					
			20	30	40	50	60 cm	
Tijolo maciço	0,63	25 — 35	13	6	4	—	—	k
Betão	1,50	30 — 40	15	9	5	3	3	k
Clínquer	3,30	40 — 60	19	13	9	7	5	k
Água	0,58	15 ou mais	10	7	6	5	5	k

157 Os sistemas de ganho indirecto, sendo dos mais eficazes quanto ao contributo solar no constante aquecimento interior, são também aqueles cujos custos de construção, proporcionalmente, são mais elevados.

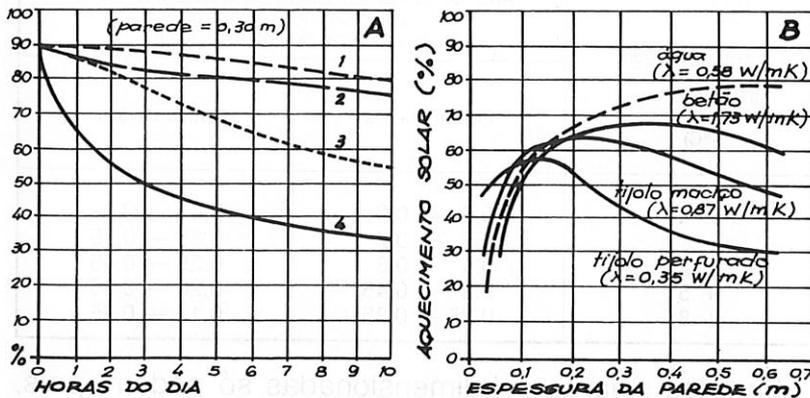


Fig. 89 — A capacidade de armazenamento térmico de uma parede diminui com a subida da sua temperatura. A figura A representa a capacidade de armazenamento térmico disponível em função da duração da insolação para diferentes materiais com superfícies de 90 % de absorção: 1) contentor transparente de água; 2) contentor opaco de água; 3) grafite; 4) betão. A parede de água (1), ao fim de 10 horas, tem ainda 80 % de capacidade de acumulação térmica; a de betão, ao fim de três horas, tem 50 % e ao fim de seis horas já só tem 40 %. A figura B representa a eficácia da espessura de uma parede solar de vários materiais e a percentagem do seu contributo para o aquecimento. Numa parede de betão, a espessura ideal é de 30 cm (fontes 17 e 25).

²⁴ Fonte 17.

4.3 — Estufas

Estes sistemas, cujos princípios térmicos são uma combinação dos que se verificam nos sistemas de ganho directo e indirecto, compõem-se de um espaço fechado coberto de vidro, a estufa, e de uma massa acumuladora térmica, geralmente constituída pelo pavimento e parede contígua ao compartimento que se pretende aquecer. 158

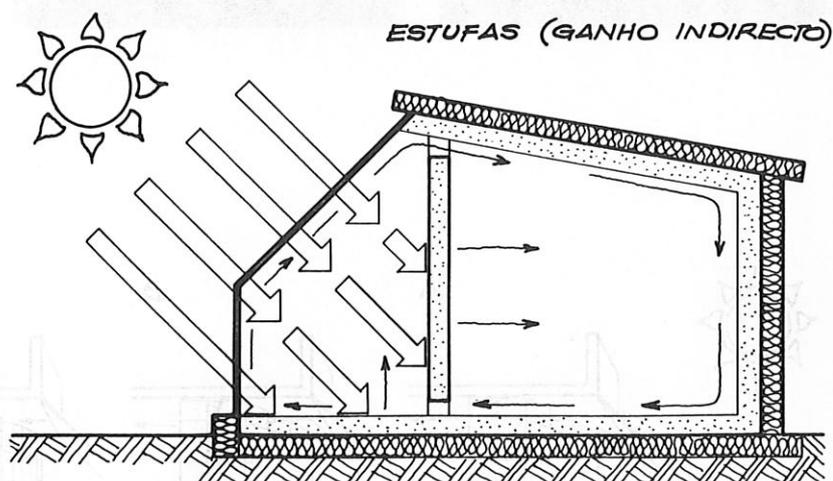


Fig. 90 — Representação esquemática de uma estufa (ganho indirecto).

A estufa não só proporciona o ganho de energia proveniente da radiação solar directa, como também, sobretudo nos dias de céu encoberto, possibilita ganhos consideráveis provenientes da radiação difusa. 159

Nos dias frios e de fraca insolação, ou durante a noite, a estufa exerce, em relação ao compartimento contíguo, a função de zona térmica intermediária (zona tampão), contribuindo assim para a redução das suas perdas energéticas. A fim de se reduzirem as perdas da estufa directamente para o exterior, devem considerar-se mecanismos móveis de isolamento nocturno. 160

O calor captado no espaço da estufa (ganho directo) pode ser transmitido directamente por circulação de ar ao interior do compartimento (ou compartimentos) ou pode ser retido pela massa acumuladora para posterior aquecimento por radiação (ganho indirecto). 161

94	ESTUFAS	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
4.3		

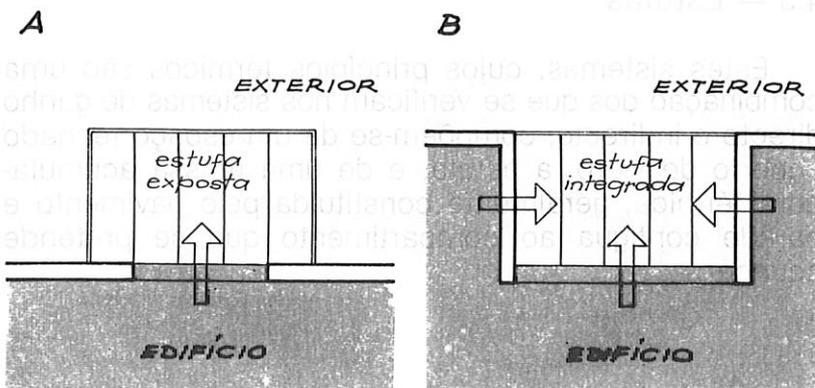


Fig. 91 — Dois tipos fundamentais de estufas: a exposta e a integrada. Em A a superfície circundante ao edifício é pequena, a superfície exposta ao ar é maior, a temperatura na estufa é mais baixa e as amplitudes térmicas são maiores; em B a superfície circundante ao edifício é maior, a exposta ao ar mais reduzida, a temperatura na estufa mais elevada e as amplitudes térmicas menores.

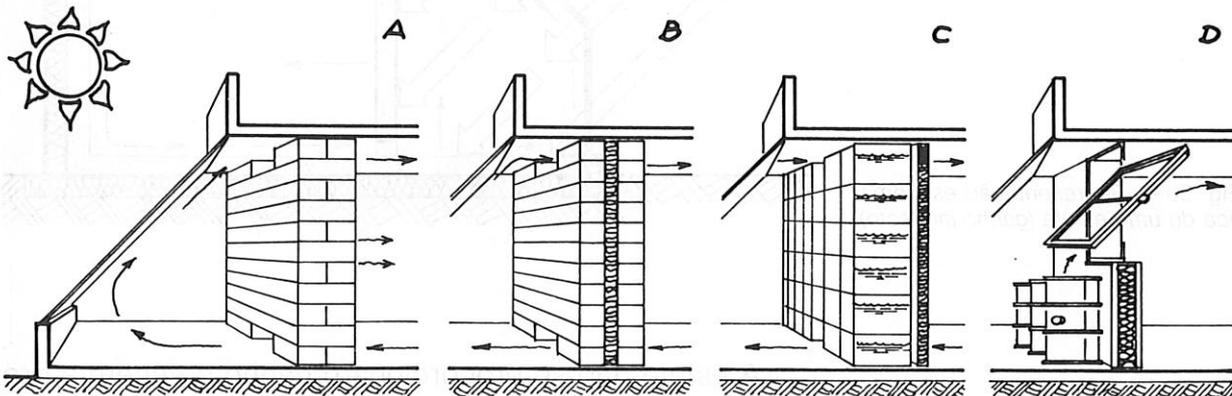


Fig. 92 — Diversos tipos de construção de paredes de Trombe integradas numa estufa: em A a transmissão térmica efectua-se por circulação do ar (convecção) ou através da parede acumuladora (radiação); em B e C a presença do isolamento só permite a transmissão térmica por circulação de ar; em D o aquecimento processa-se através de ganho directo e circulação de ar. A massa acumuladora térmica (contentores de água) ajuda a manter a temperatura a níveis mais constantes.

162 O dimensionamento de uma estufa exige sobretudo um equilíbrio entre a área de captação solar e a massa de armazenamento térmico disponível, sem o qual excessos de temperatura ou elevadas amplitudes térmicas terão facilmente lugar. Existem vários e sofisticados processos de acumulação térmica, dos quais os três mais conhecidos são: pavimento e parede de Trombe, contentores de água e massa de enrocamento.

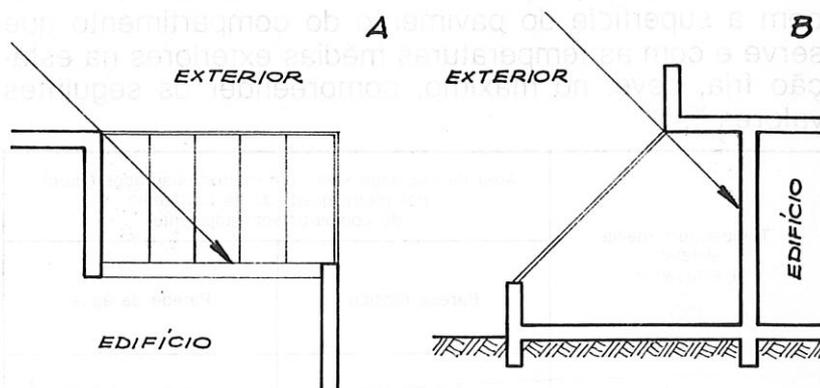


Fig. 93 — Numa estufa deve verificar-se um equilíbrio entre superfície colectora (vidro) e a superfície acumuladora (pavimento ou parede). Eventuais sombreamentos na superfície colectora (A e B) durante várias horas do dia devem, pois, ser considerados no dimensionamento de ambas as partes.

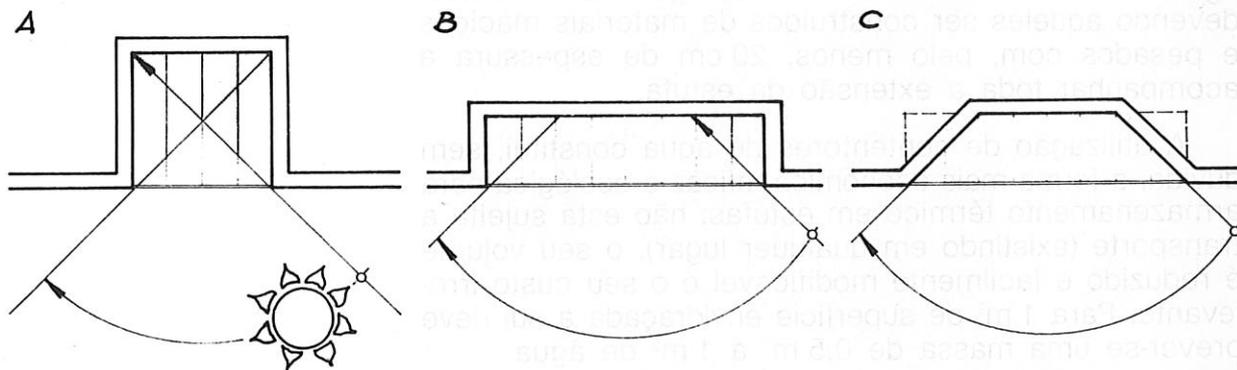


Fig. 94 — Quanto mais larga for uma estufa, tanto menos ficará sujeita a sombreamentos indesejáveis: as estufas A e B, tendo a mesma área, originam, contudo, contributos solares bem diferentes; as estufas B e C, pelos efeitos térmicos que produzem, são praticamente idênticas.

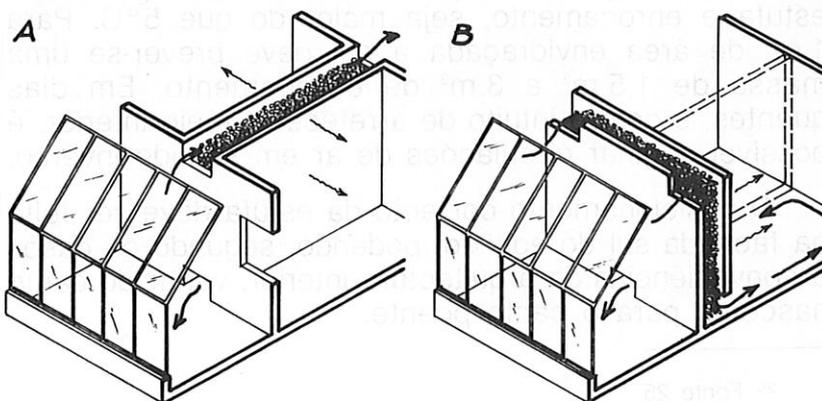


Fig. 95 — Duas alternativas de acumulação térmica por massa de enrocamento associadas a estufa. A ventilação pode ser natural ou forçada.

96	ESTUFAS	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
4.3		

163 A área de captação solar de uma estufa, relacionada com a superfície do pavimento do compartimento que serve e com as temperaturas médias exteriores na estação fria, deve, no máximo, compreender os seguintes valores ²⁵:

164

Temperatura média exterior na estação fria (°C)	Área de captação solar, em metros quadrados (vidro), por metro quadrado de pavimento do compartimento adjacente	
	Parede maciça	Parede de água
- 4	0,8 — 1,3	0,6 — 1,0
- 1	0,6 — 1,2	0,5 — 0,8
+ 2	0,5 — 0,9	0,4 — 0,7
+ 5	0,4 — 0,7	0,3 — 0,5
+ 7	0,3 — 0,5	0,2 — 0,4

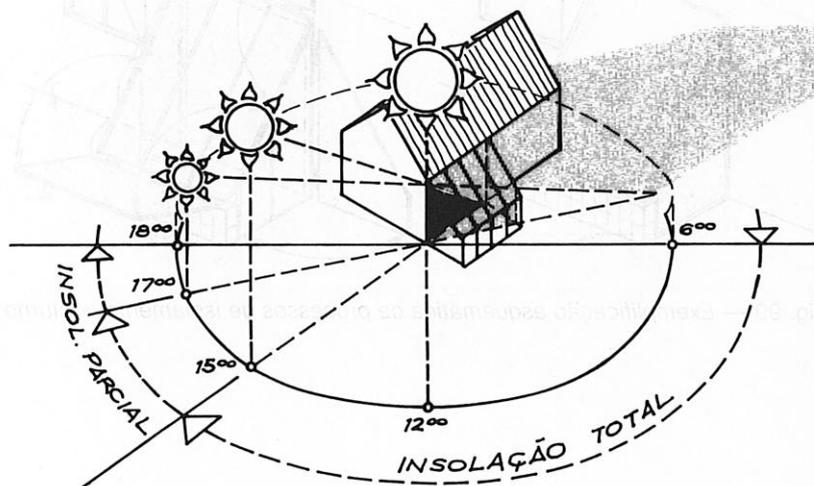
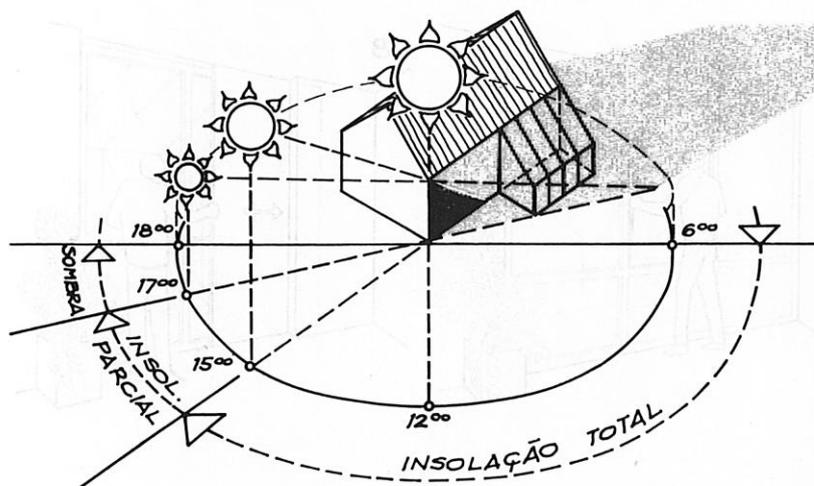
165 A acumulação térmica pelo pavimento e parede contígua faz-se de forma idêntica à dos ganhos indirectos, devendo aqueles ser construídos de materiais maciços e pesados com, pelo menos, 20 cm de espessura e acompanhar toda a extensão da estufa.

166 A utilização de contentores de água constitui, sem dúvida, a forma mais económica, eficaz e ecológica para armazenamento térmico em estufas: não está sujeita a transporte (existindo em qualquer lugar), o seu volume é reduzido e facilmente modificável e o seu custo irrelevante. Para 1 m² de superfície envidraçada a sul deve prever-se uma massa de 0,5 m³ a 1 m³ de água.

167 A convecção através do enrocamento consiste em fazer passar ar quente pelo meio de uma grande massa de enrocamento, geralmente disposta dentro de uma parede ou sob o pavimento. O sistema de ventilação deve ser activado (natural ou mecanicamente) sempre que a diferença de temperatura entre os dois meios, estufa e enrocamento, seja maior do que 5°C. Para 1 m² de área envidraçada a sul deve prever-se uma massa de 1,5 m³ a 3 m³ de enrocamento. Em dias quentes, e com o intuito de arrefecer o meio interior, é possível originar circulações de ar em sentido inverso.

168 O posicionamento correcto da estufa deve ser feito na fachada sul do edifício, podendo, segundo os casos e conveniências da arquitectura interior, variar do canto nascente para o canto poente.

²⁵ Fonte 25.



Figs. 96 e 97 — O posicionamento da estufa no canto nascente ou poente da fachada sul tem significados e consequências diferentes. Os sombreamentos causados pelo edifício e as condições de insolação do local no Verão e no Inverno devem também ser considerados no posicionamento da estufa.

Independentemente dos dispositivos de ventilação e sombreamento para arrefecimento nos dias quentes, deve poder isolar-se a estufa do resto do edifício sempre que se considere necessário, da mesma forma que esta deve ser concebida de maneira a ser «desactivada» na estação quente, por remoção dos seus painéis de vidro; caso contrário, poderão facilmente ter lugar temperaturas excessivas, com todos os inconvenientes daí resultantes.

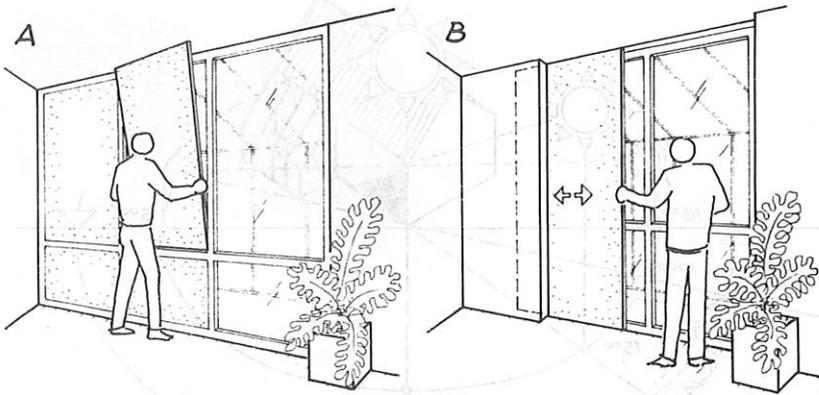


Fig. 98 — A estufa deve ser concebida de maneira a poder ser isolada do edifício sempre que se considere necessário: A) um exemplo de isolamento amovível sazonalmente; B) o isolamento é recolhível diariamente.

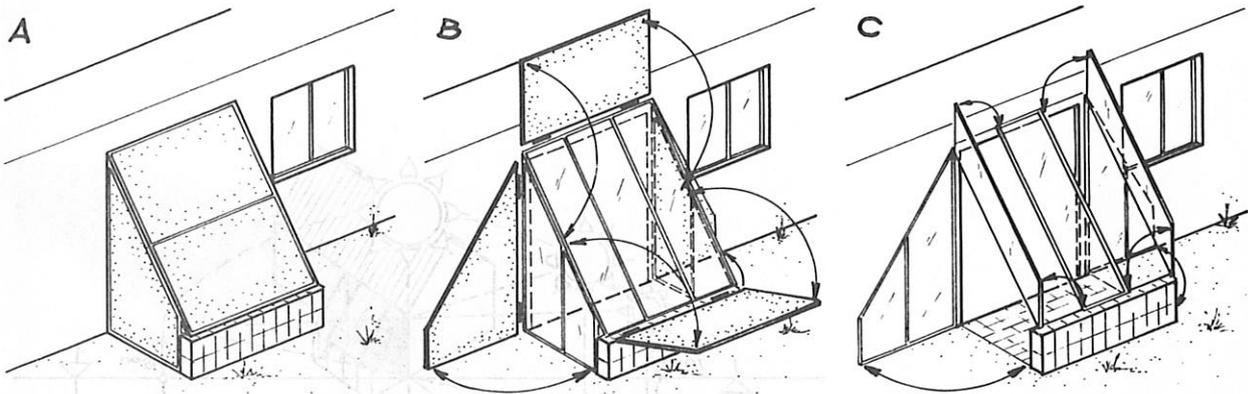


Fig. 99 — Exemplificação esquemática de processos de isolamento nocturno e desactivação sazonal de uma estufa.

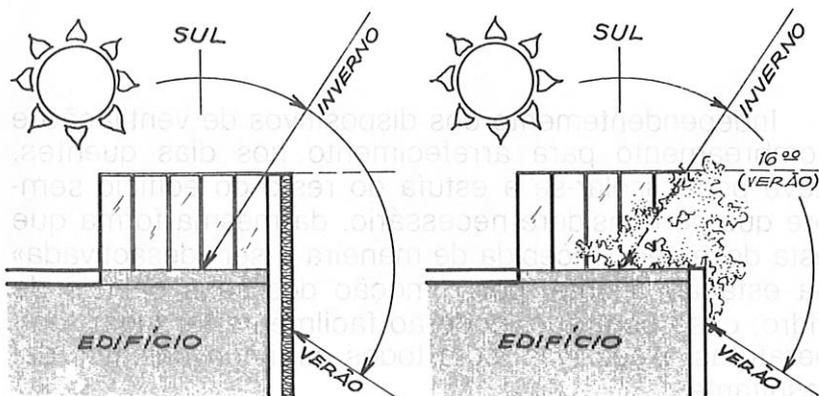


Fig. 100 — Os efeitos negativos, no Verão, de uma estufa orientada a sudoeste podem ser evitados com a presença de sombreadores no lado poente da estufa, que não afectem o sol de Inverno (parede ou trepadeira de folha caduca).

Os custos de investimento para construção de estufas, dependendo, evidentemente, do seu grau de sofisticação, são, no entanto, dos mais baixos, se atendermos a que estes sistemas solares passivos originam uma substancial redução no consumo global de energia para aquecimento, geralmente estimada entre, pelo menos, 15 % e 30 % ²⁶.

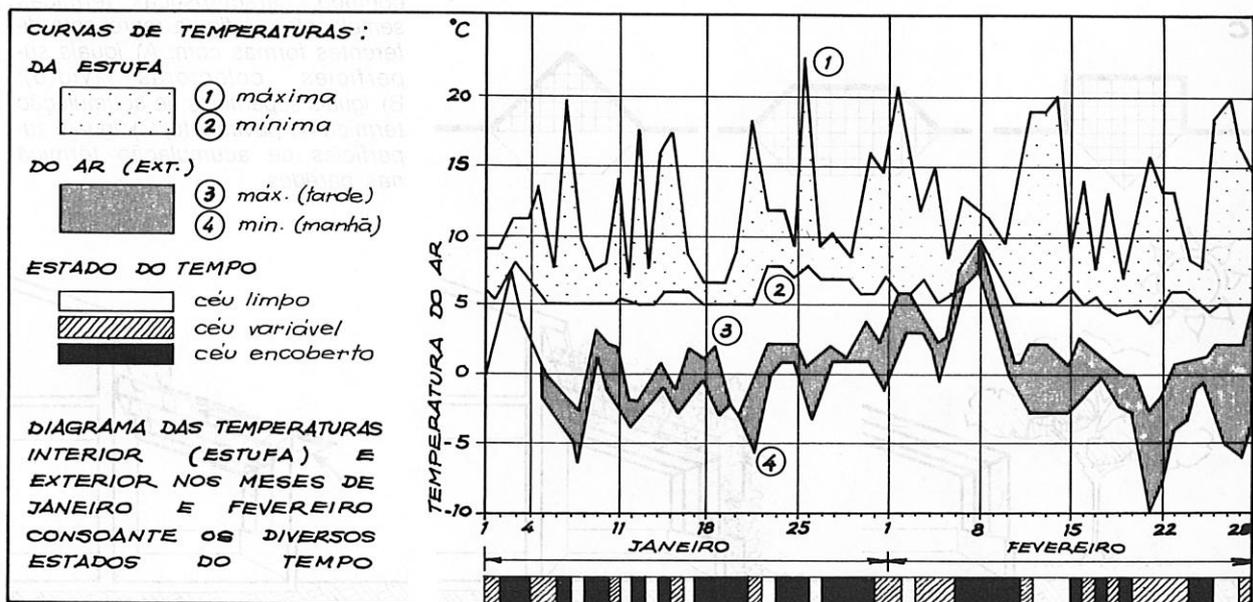


Fig. 101 — Exemplo de medição das temperaturas de uma estufa segundo os diferentes estados do tempo e temperaturas exteriores nos meses de Janeiro e Fevereiro.

A combinação de vários sistemas solares passivos, tais como ganho directo, paredes solares, estufas ou ainda ganhos separados (circulação de fluido termotransportador aquecido previamente em colector solar separado), pode também ser considerada globalmente num projecto de Arquitectura, aplicando-se assim os chamados «sistemas mistos».

²⁶ Fontes 17 e 27.

100	ESTUFAS	ENERGIA SOLAR
4.3		PASSIVA-1

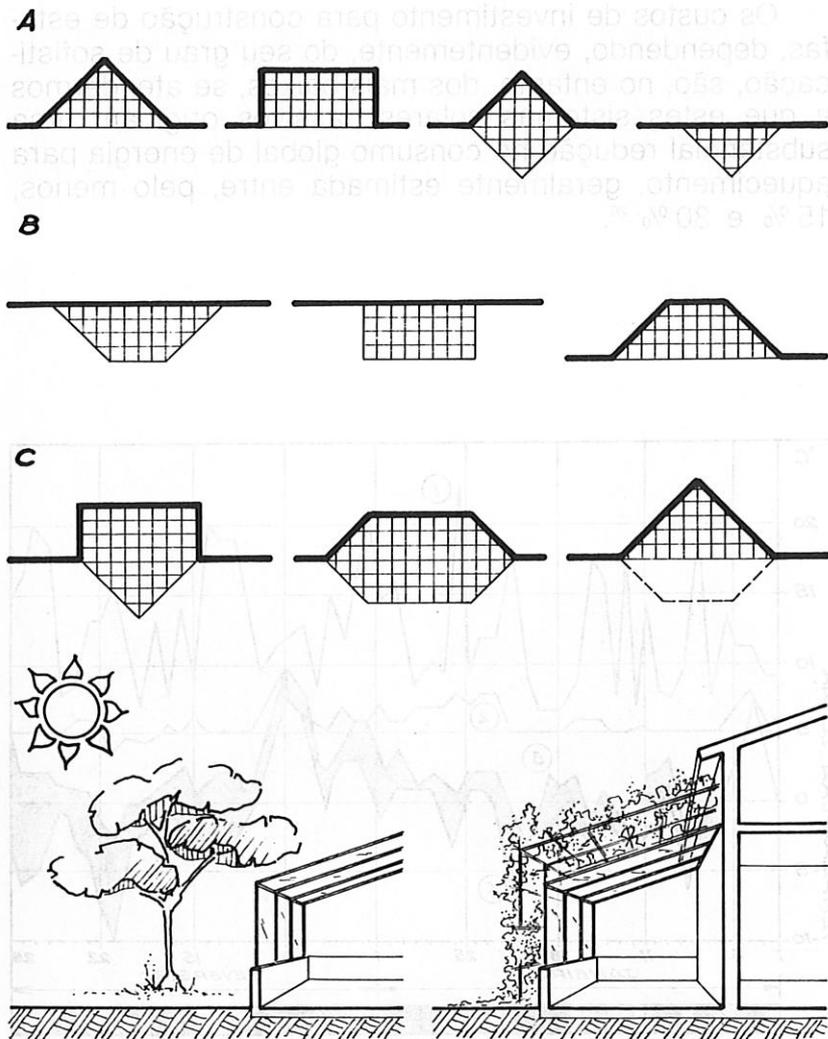


Fig. 102 — As estufas podem apresentar geometrias distintas e ter, contudo, características térmicas semelhantes. A figura representa diferentes formas com: A) iguais superfícies coletoras (vidro); B) iguais superfícies de acumulação térmica no pavimento; C) iguais superfícies de acumulação térmica nas paredes.

Fig. 103 — Entre os vários tipos de sombreadores para estufas, a vegetação de folha caduca é, sem dúvida, a forma mais simples, econômica e de maior integração estética e ambiental.

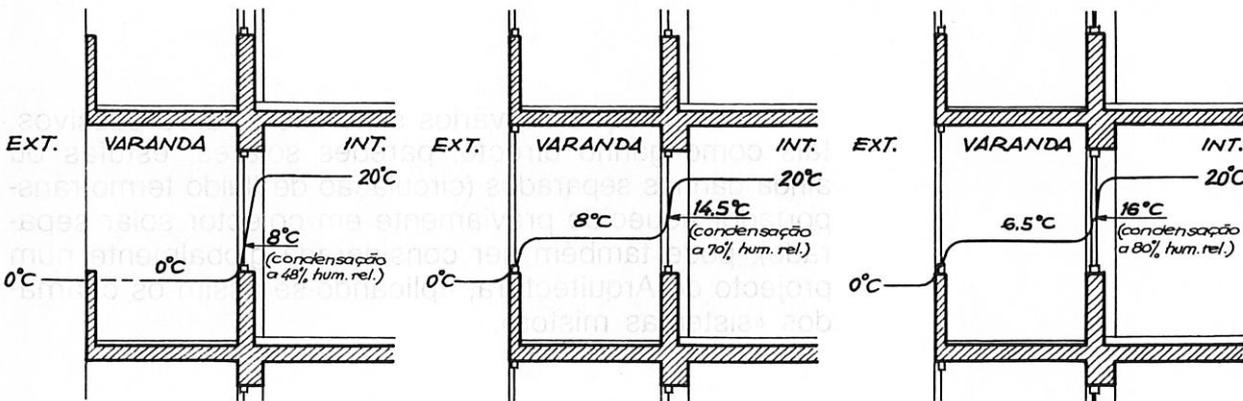
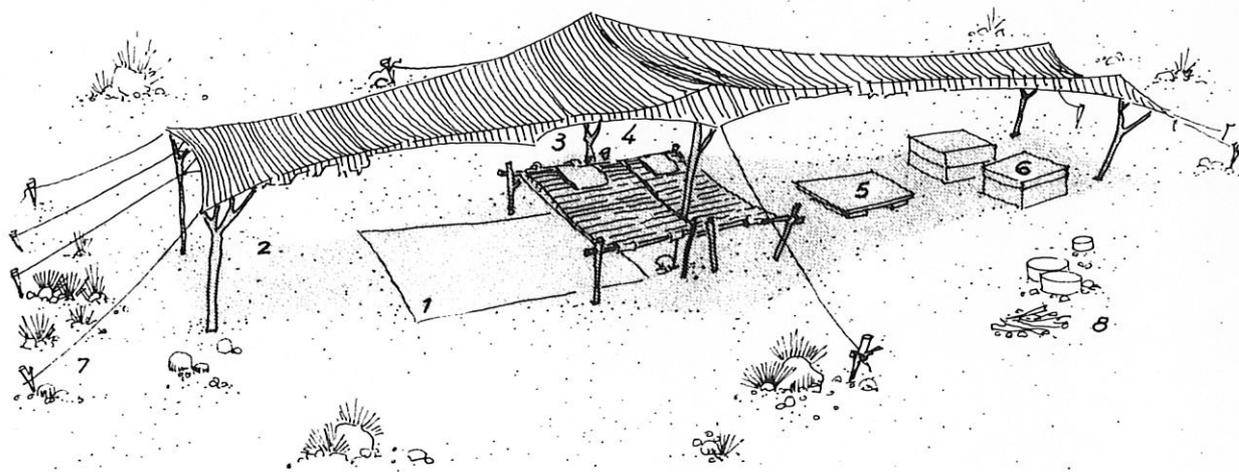


Fig. 104 — As varandas de edificios de vários pisos, quando fechadas e expostas a sul, podem apresentar efeitos idênticos aos das estufas e contribuir assim para melhores condições de ambiente térmico.

NOTA HISTÓRICA V. — *Mesmo as mais simples e rudimentares formas de habitação seguem os ensinamentos da cultura milenária do homem na relação com o ambiente que o rodeia. Esta tenda, com 1,5 m de altura e uma planta fascinante, longe de ser ficção, é, nos nossos dias, a casa de uma família de pastores nómadas, algures na Arábia.*

Aqui, os dias são muito quentes, com temperaturas que rondam os 45°C: as paredes da tenda são levantadas, o ar circula e só na sombra se encontra um refúgio ameno. Mas a noite chega depressa e sempre muito fria ($\pm 5^\circ\text{C}$): então, as paredes descem, o rebanho e um ou dois camelos, que são o meio de deslocação nestas paragens, são densamente reunidos em volta da tenda para produzirem o calor necessário da noite. Os filhos dormem num leito de peles (1), rodeados das ovelhas mais pequenas (2), junto da cama dos pais (3 e 4).

(5) Mesa. (6) Objectos pessoais e guarda-jóias! (7) Pasto do rebanho. (8) Fogueira.



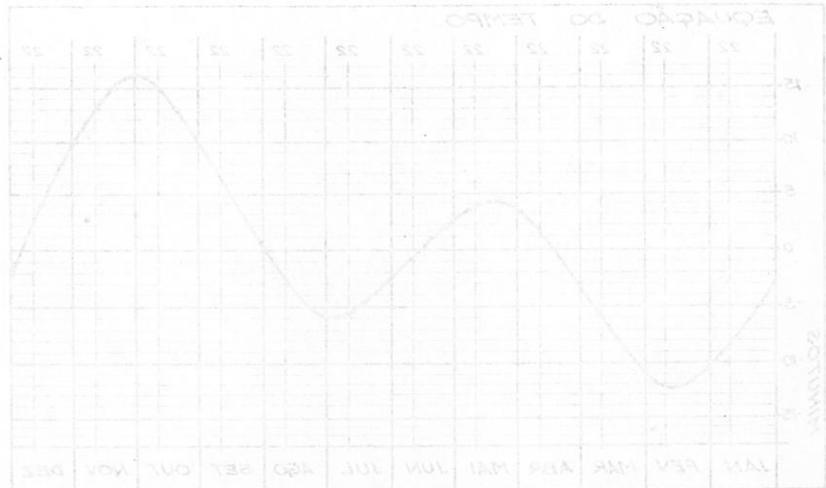
5 – APÊNDICES

- 5.1 ————— DIAGRAMAS SOLARES
- 5.2 ————— DADOS CLIMÁTICOS
- 5.3 ————— CONCEITOS FÍSICOS
- 5.4 ————— GLOSSÁRIO

5 - APÊNDICES

8.1	DIAGRAMAS SOLARES
8.2	DADOS CLIMÁTICOS
8.3	CONCEITOS FÍSICOS
8.4	GLOSSÁRIO

5.1 ————— DIAGRAMAS SOLARES



5.1 — Diagramas solares

O diagrama solar, que representa as linhas do movimento aparente do Sol no céu em cada mês do ano para uma determinada latitude geográfica, indica as alturas e azimutes solares para cada hora do dia. 172

Estas horas, assim como as expressas nas tabelas do nascer e pôr do Sol, referem-se à hora solar verdadeira para a longitude 0° (meridiano de Greenwich), ficando, pois, sujeitas à necessidade de conversão para a hora legal, o que é possível mediante a aplicação da seguinte fórmula: 173

$$HS - ET - (\lambda \times 4) + MH = HL \quad 174$$

em que:

- HS — hora solar;
- ET — equação do tempo (é um valor de correção mensal resultante da irregularidade do movimento de translação da Terra e obtém-se pela figura da equação do tempo);
- λ — longitude do lugar (com sinal negativo para oeste e positivo para este);
- MH — mudança de hora (em Portugal continental é igual a 0 do último domingo de Setembro ao último domingo de Março e igual a 1 do último domingo de Março ao último domingo de Setembro seguinte);
- HL — hora legal.

Equação do tempo (ET)	Mudança de hora (MH)	Longitude (λ)	Horas (HS)	Horas (HL)
15	0	0	12	12
10	0	0	11	11
5	0	0	10	10
0	0	0	9	9
-5	0	0	8	8
-10	0	0	7	7
-15	0	0	6	6
-20	0	0	5	5
-25	0	0	4	4
-30	0	0	3	3
-35	0	0	2	2
-40	0	0	1	1
-45	0	0	0	0
-50	0	0	0	0
-55	0	0	0	0
-60	0	0	0	0
-65	0	0	0	0
-70	0	0	0	0
-75	0	0	0	0
-80	0	0	0	0
-85	0	0	0	0
-90	0	0	0	0
-95	0	0	0	0
-100	0	0	0	0
-105	0	0	0	0
-110	0	0	0	0
-115	0	0	0	0
-120	0	0	0	0
-125	0	0	0	0
-130	0	0	0	0
-135	0	0	0	0
-140	0	0	0	0
-145	0	0	0	0
-150	0	0	0	0
-155	0	0	0	0
-160	0	0	0	0
-165	0	0	0	0
-170	0	0	0	0
-175	0	0	0	0
-180	0	0	0	0
-185	0	0	0	0
-190	0	0	0	0
-195	0	0	0	0
-200	0	0	0	0
-205	0	0	0	0
-210	0	0	0	0
-215	0	0	0	0
-220	0	0	0	0
-225	0	0	0	0
-230	0	0	0	0
-235	0	0	0	0
-240	0	0	0	0
-245	0	0	0	0
-250	0	0	0	0
-255	0	0	0	0
-260	0	0	0	0
-265	0	0	0	0
-270	0	0	0	0
-275	0	0	0	0
-280	0	0	0	0
-285	0	0	0	0
-290	0	0	0	0
-295	0	0	0	0
-300	0	0	0	0

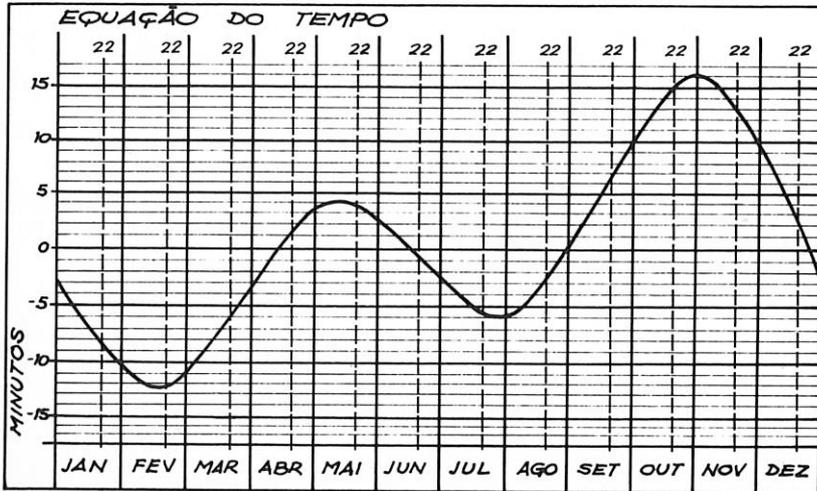


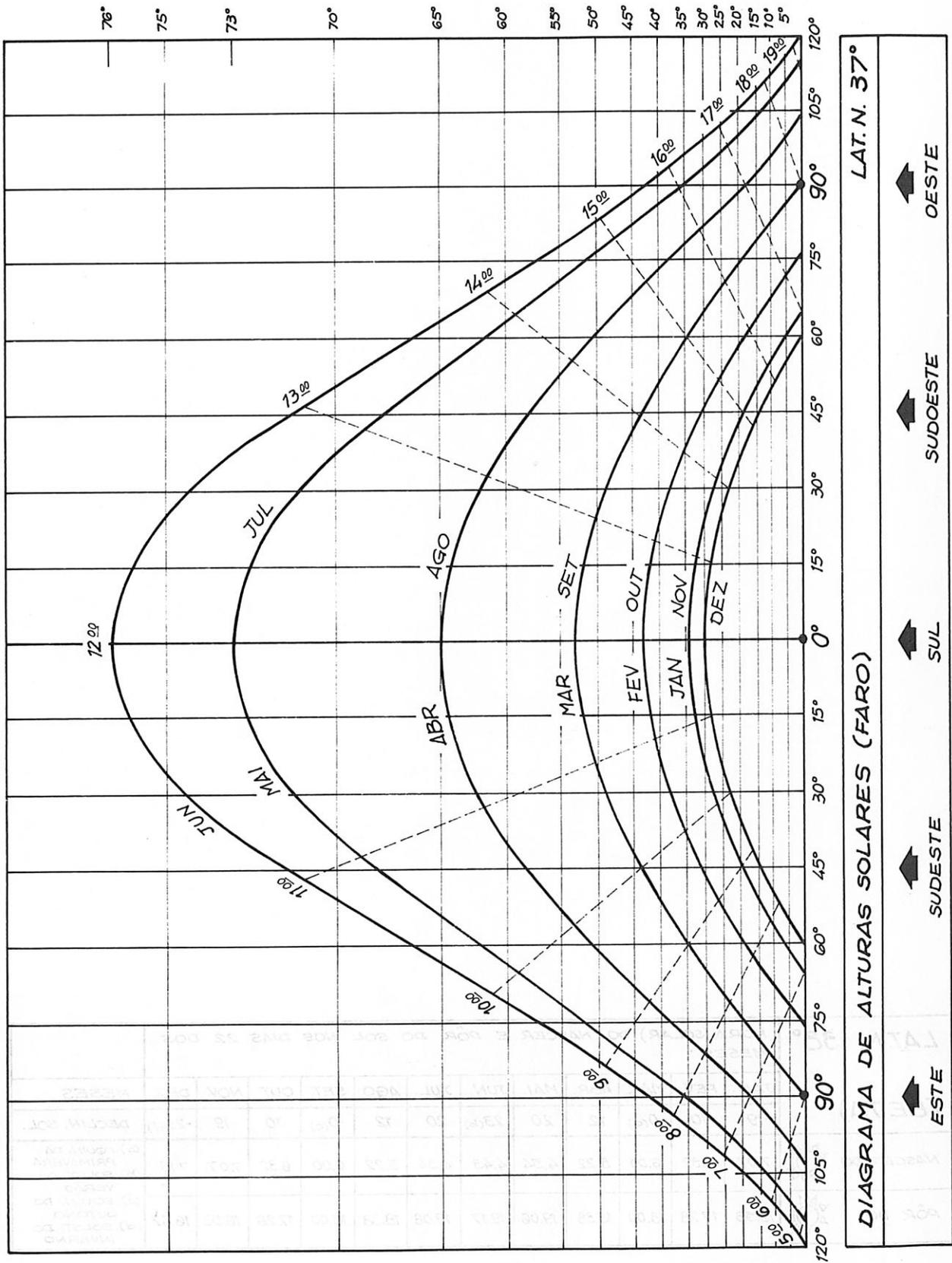
Fig. 105 — Valores da equação do tempo em minutos.

175 Exemplo:

Nascer do Sol a 22 de Outubro em Lisboa;
 Latitude 39° N. (aproximadamente);
 Longitude — 9° 11' 10" O.

$$6.33 - (+.15) - (-9^{\circ} 11' 10'' \times 4) + 0 = 6.54 \text{ hora legal}$$

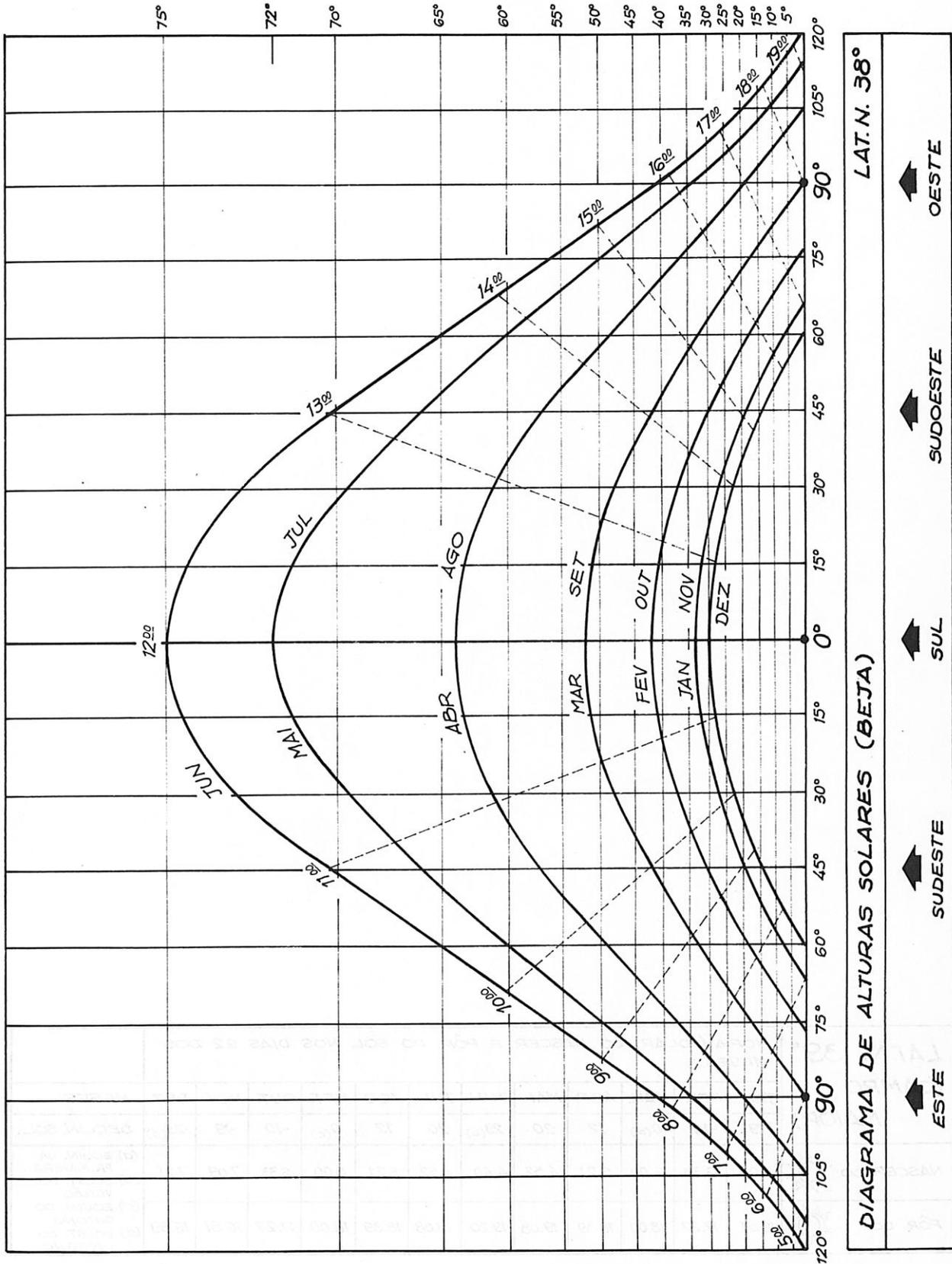
LAT.N. 37° (FARO)	HORA (SOLAR) DO NASCER E PÔR DO SOL NOS DIAS 22 DOS MESES :												MESES
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
	-19	-10	0 ^(a)	12	20	23 ^(b)	20	12	0 ^(c)	-10	-19	-23 ^(d)	DECLIN. SOL.
NASCER DO	7.04	6.31	6.00	5.24	4.57	4.44	4.57	5.24	6.00	6.31	7.04	7.15	(a). EQUIN. DA PRIMAVERA (b). SOLST. DO VERÃO (c). EQUIN. DO OUTONO (d). SOLST. DO INVERNO
PÔR DO	16.56	17.29	18.00	18.36	19.03	19.16	19.03	18.36	18.00	17.29	16.56	16.45	

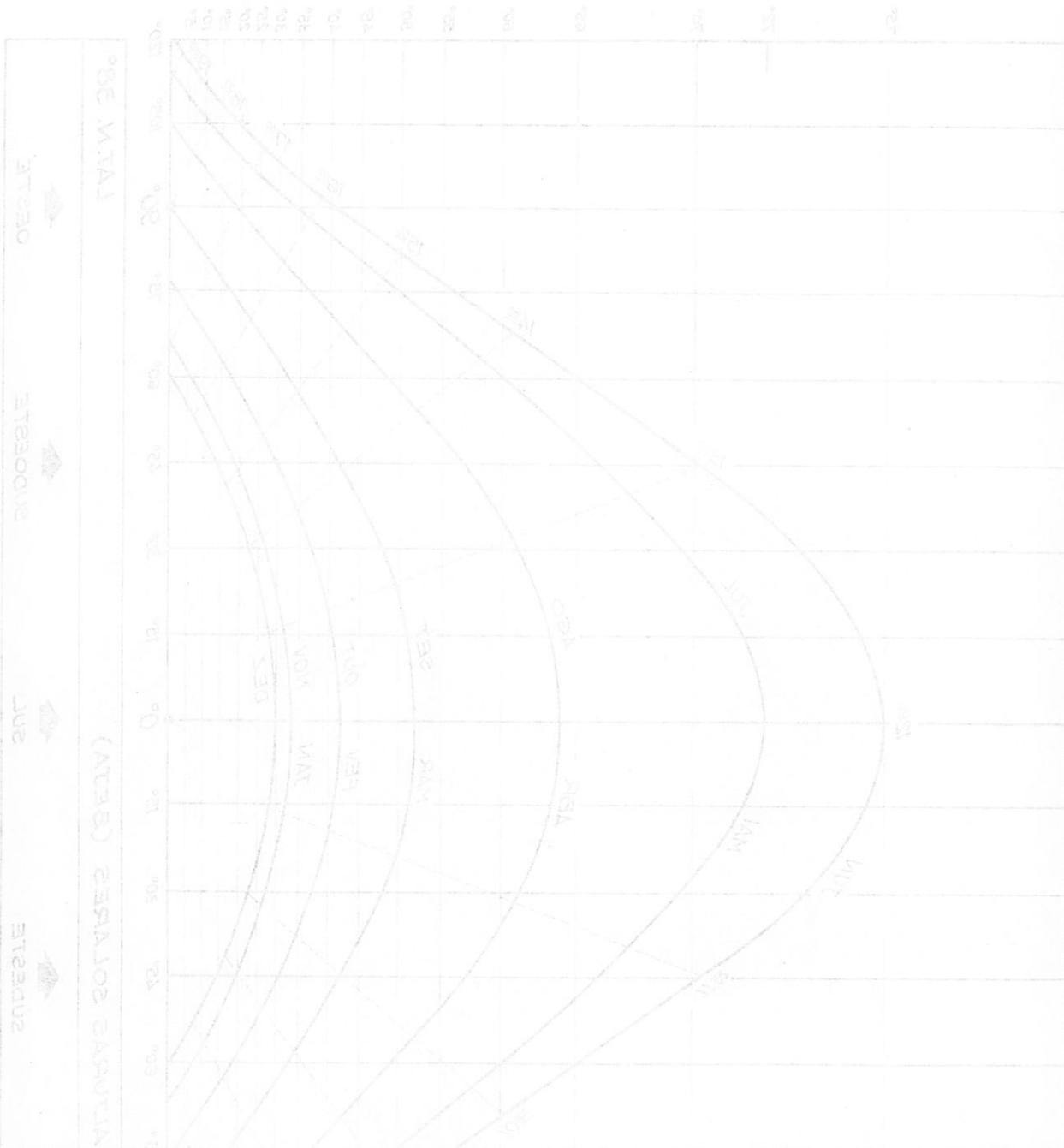


LAT. N. 37°

DIAGRAMA DE ALTURAS SOLARES (FARO)

ESTE SUDESTE SUL SUDESTE OESTE





LAT.N. 39° (CAMPO MAIOR)	HORA (SOLAR) DO NASCER E PÔR DO SOL NOS DIAS 22 DOS MESES :												MESES
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
	-19	-10	0 ^(a)	12	20	23 ^(b)	20	12	0 ^(c)	-10	-19	-23 ^(d)	
NASCER DO 	7.09	6.33	6.00	5.21	4.52	4.40	4.52	5.21	6.00	6.33	7.09	7.21	(a). EQUIN. DA PRIMAVERA (b). SOLST. DO VERÃO
PÔR DO 	16.51	17.27	18.00	18.39	19.08	19.20	19.08	18.39	18.00	17.27	16.51	16.39	(c). EQUIN. DO OUTONO (d). SOLST. DO INVERNO

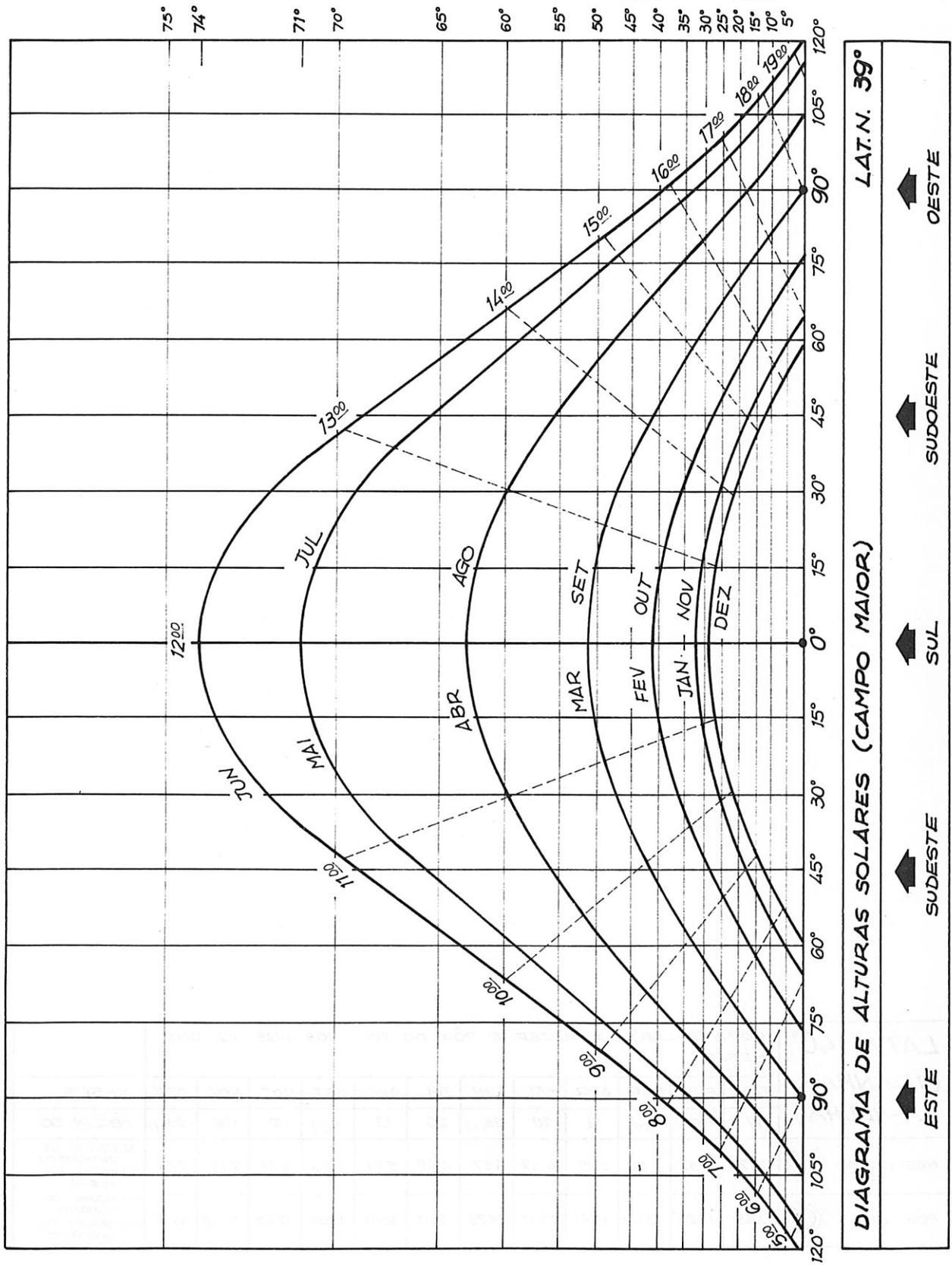


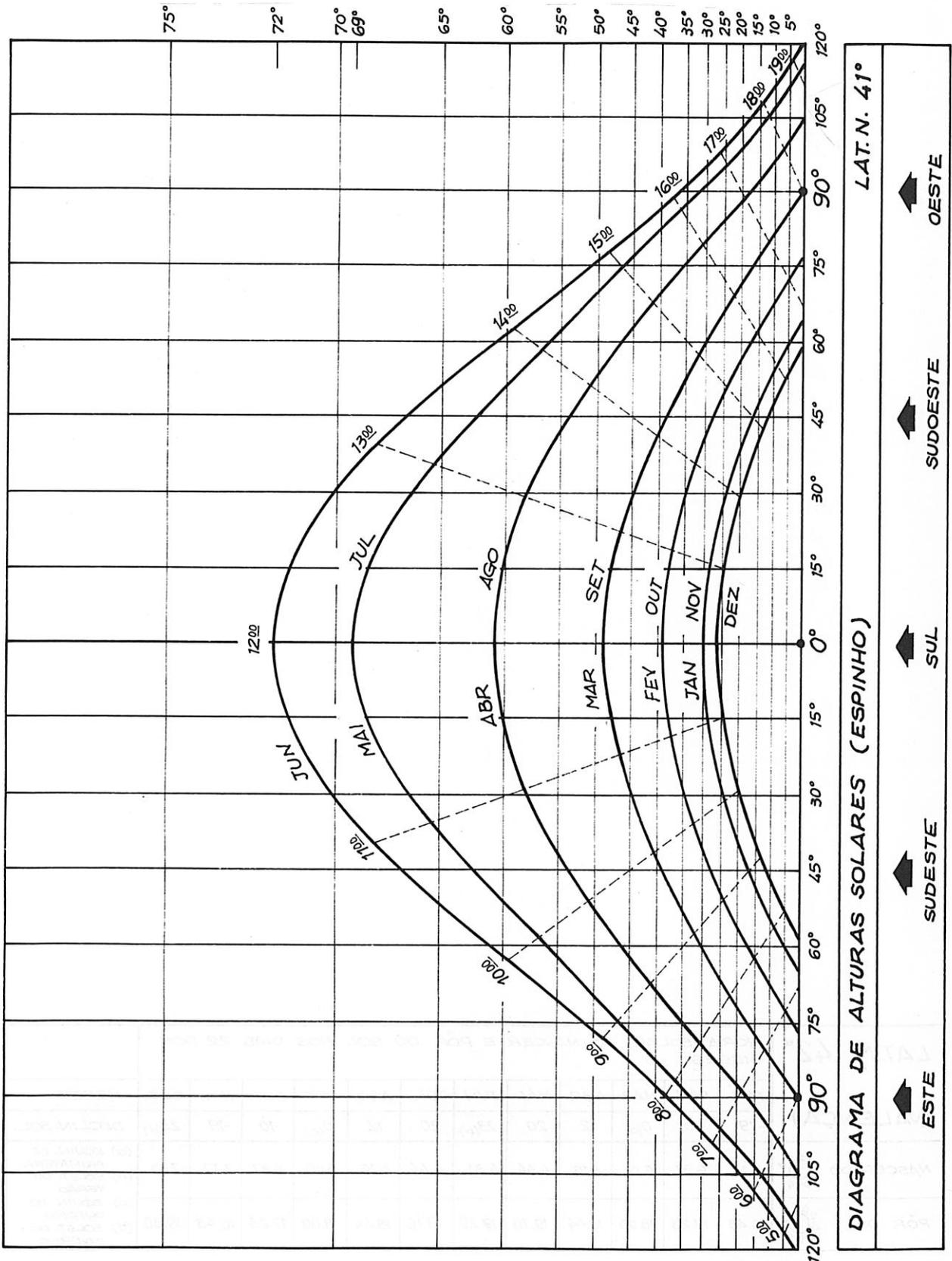
DIAGRAMA DE ALTURAS SOLARES (CAMPO MAIOR)
LAT.N. 39°
ESTE
SUDESTE
SUL
SUDESTE
OESTE

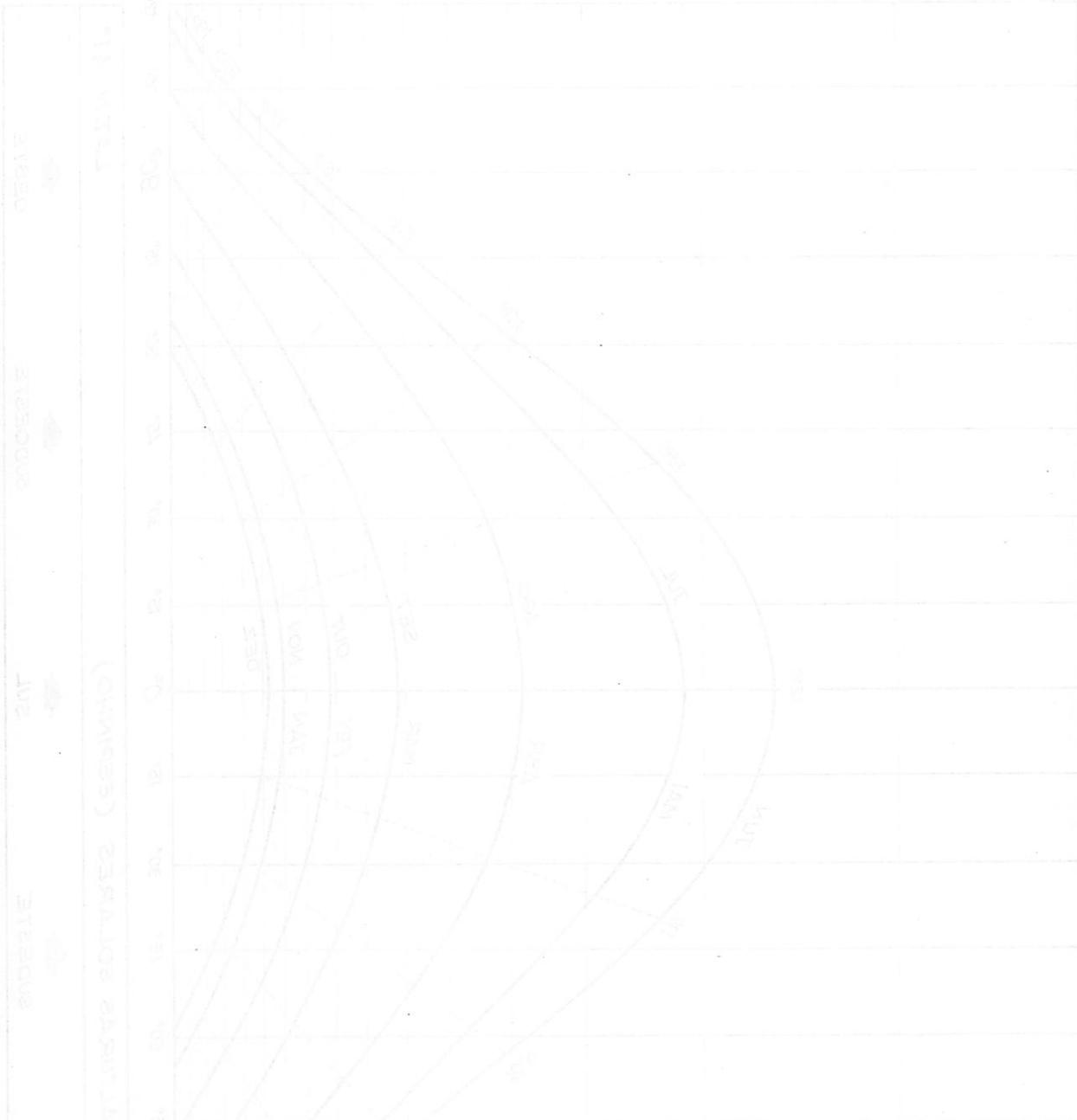


LAT.N. 40° (IDANHA- -A-VELHA)	HORA (SOLAR) DO NASCER E PÔR DO SOL NOS DIAS 22 DOS MESES :												MESES
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
	-19	-10	0 ^(a)	12	20	23 ^(b)	20	12	0 ^(c)	-10	-19	-23 ^(d)	
NASCER DO 	7.12	6.35	6.00	5.19	4.49	4.37	4.49	5.19	6.00	6.35	7.12	7.24	(a) EQUIN. DA PRIMAVERA (b) SOLST. DO VERÃO
PÔR DO 	16.48	17.25	18.00	18.41	19.11	19.23	19.11	18.41	18.00	17.25	16.48	16.36	(c) EQUIN. DO OUTONO (d) SOLST. DO INVERNO

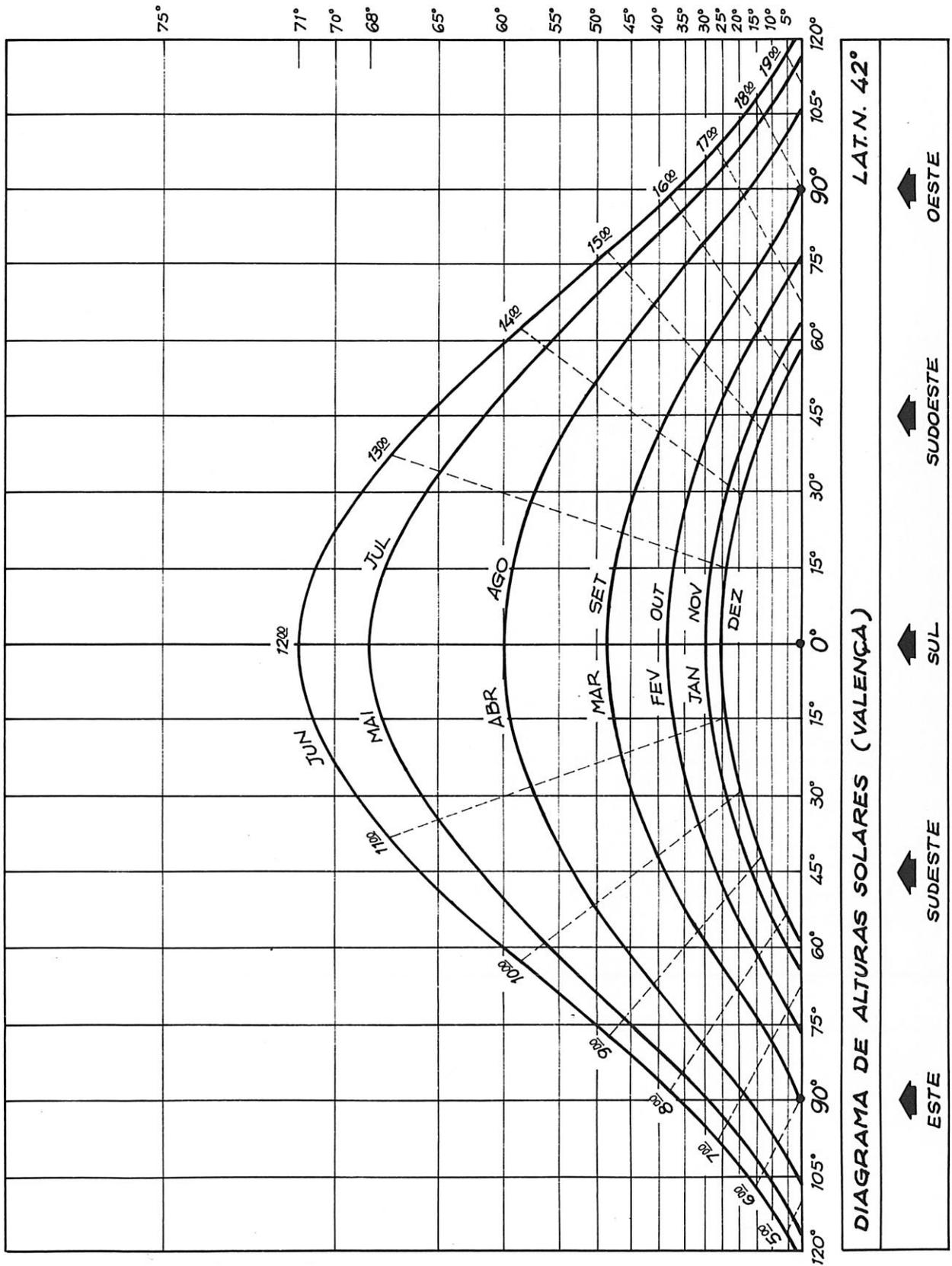


LAT.N. 41° (ESPINHO)	HORA (SOLAR) DO NASCER E PÔR DO SOL NOS DIAS 22 DOS MESES :												
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	MESES
	-19	-10	0 ^(a)	12	20	23 ^(b)	20	12	0 ^(c)	-10	-19	-23 ^(d)	DECLIN. SOL.
NASCER DO 	7.14	6.36	6.00	5.18	4.47	4.34	4.47	5.18	6.00	6.36	7.14	7.27	(a). EQUIN. DA PRIMAVERA (b). SOLST. DO VERÃO (c). EQUIN. DO OUTONO (d). SOLST. DO INVERNO
PÔR DO 	16.46	17.24	18.00	18.42	19.13	19.26	19.13	18.42	18.00	17.24	16.46	16.33	

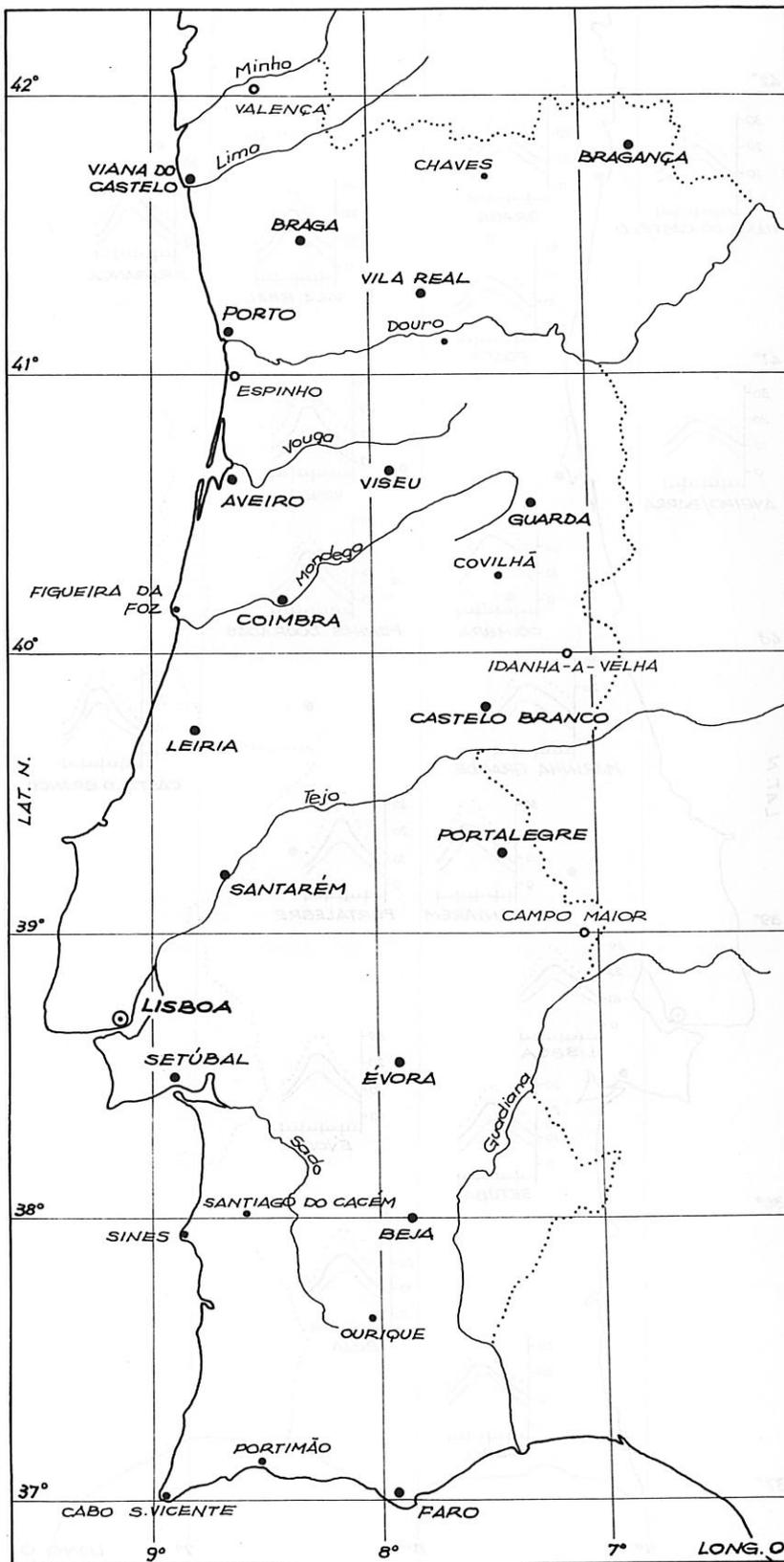


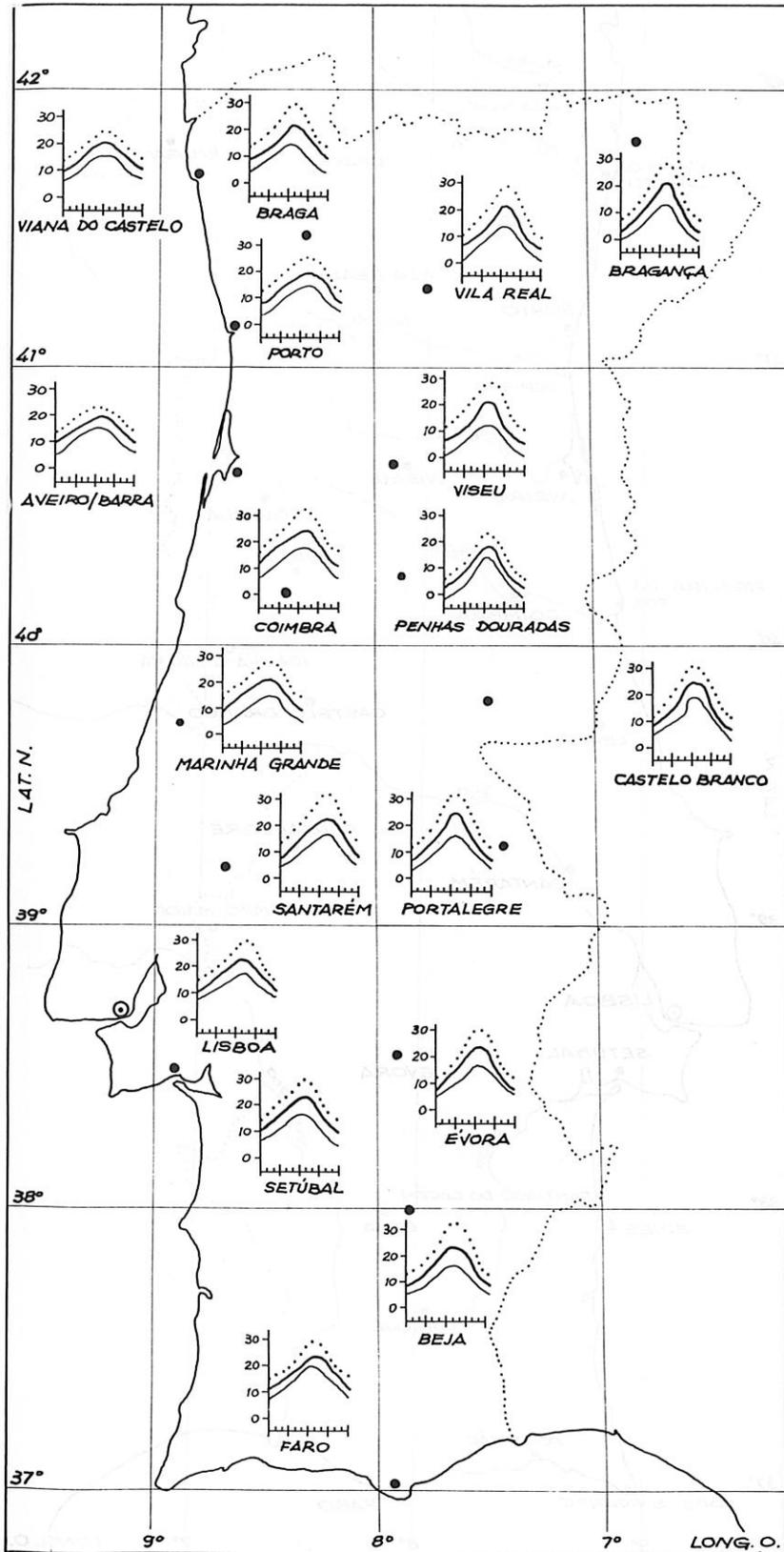


LAT.N. 42° (VALENÇA)	HORA (SOLAR) DO NASCER E PÔR DO SOL NOS DIAS 22 DOS MESES:												MESES
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
	-19	-10	0 ^(a)	12	20	23 ^(b)	20	12	0 ^(c)	-10	-19	-23 ^(d)	
NASCER DO 	7.17	6.37	6.00	5.16	4.44	4.31	4.44	5.16	6.00	6.37	7.17	7.30	(a). EQUIN. DA PRIMAVERA (b). SOLST. DO VERÃO (c). EQUIN. DO OUTONO (d). SOLST. DO INVERNO
PÔR DO 	16.43	17.23	18.00	18.44	19.16	19.29	19.16	18.44	18.00	17.23	16.43	16.30	



5.2 ————— DADOS CLIMÁTICOS

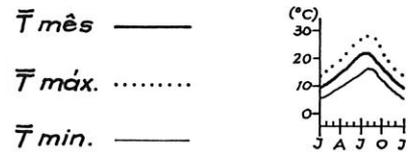




TEMPERATURA

temperatura média diária do ar
(°C)

DISTRIBUIÇÃO POR MESES

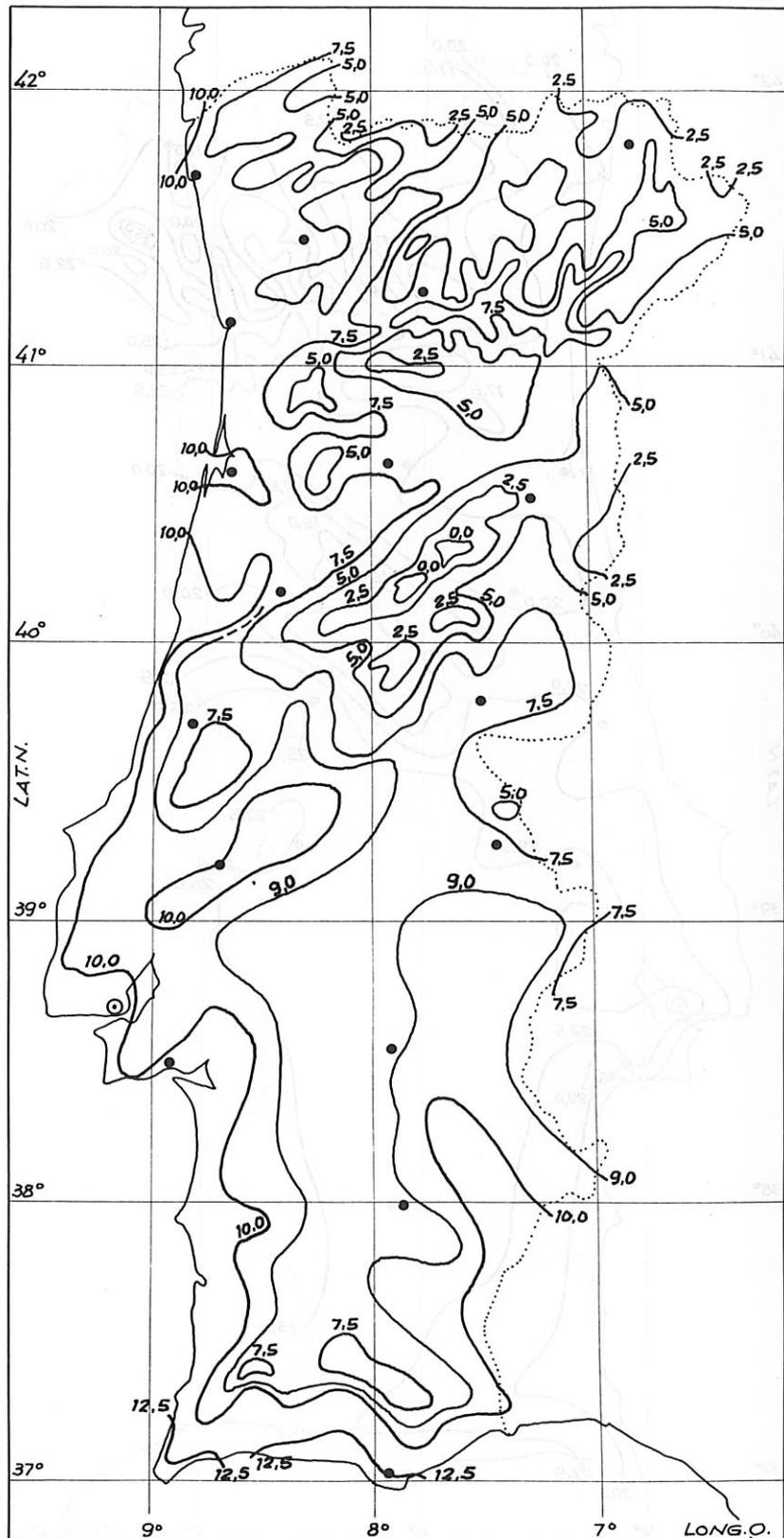


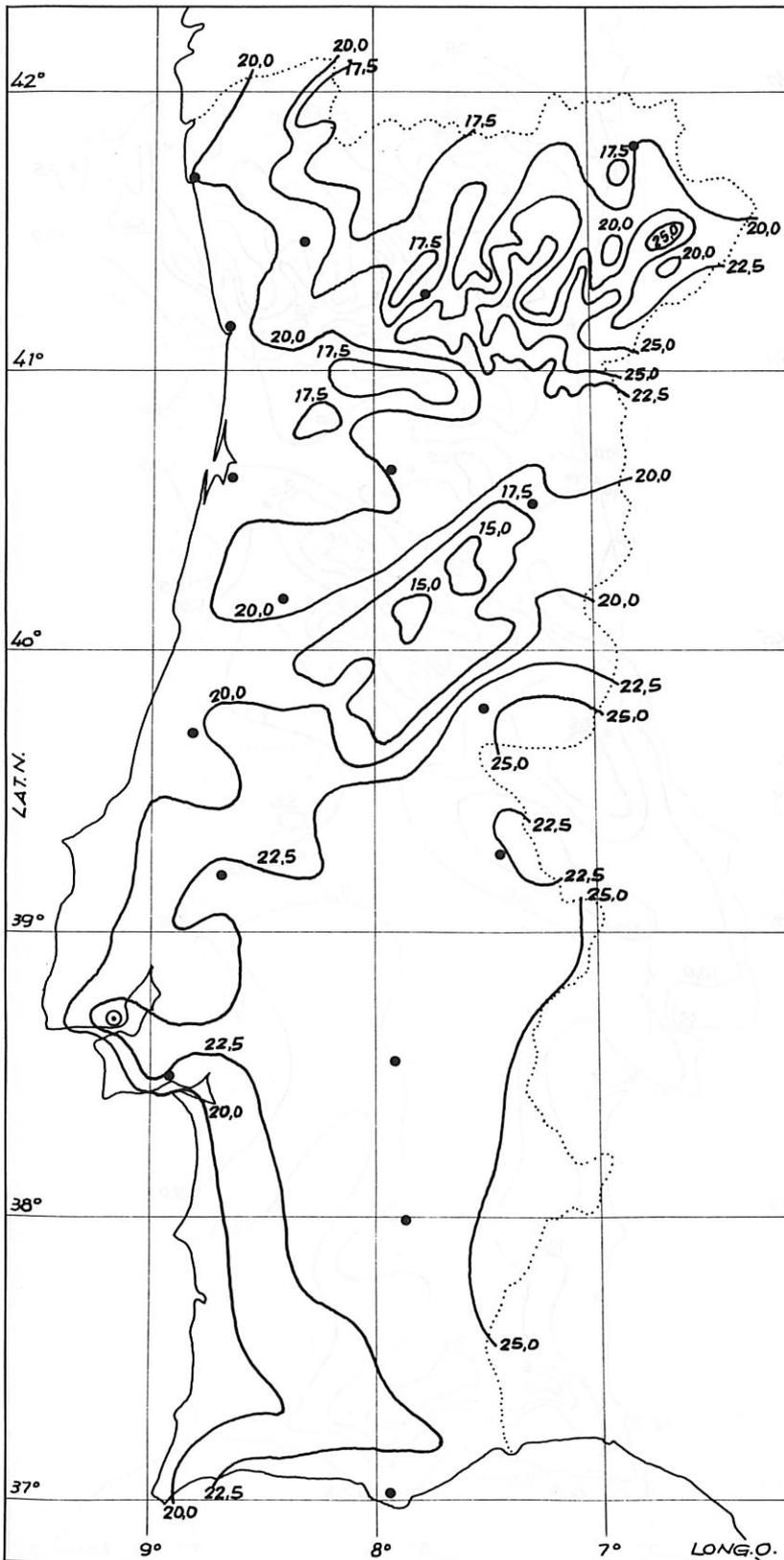
Fonte 33.

TEMPERATURA

temperatura média diária do ar
(°C)

JANEIRO





TEMPERATURA

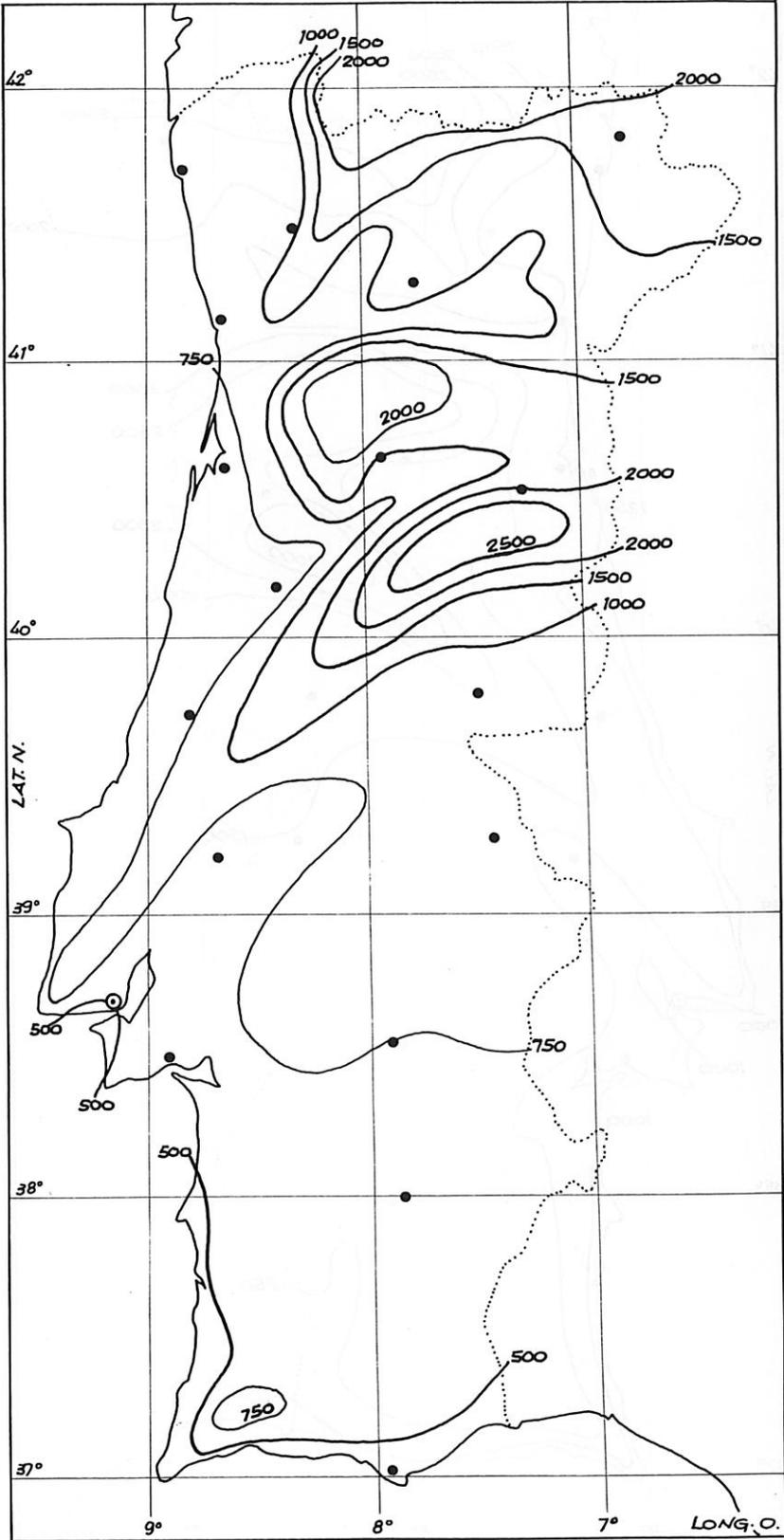
temperatura média diária do ar
(°C)

JULHO

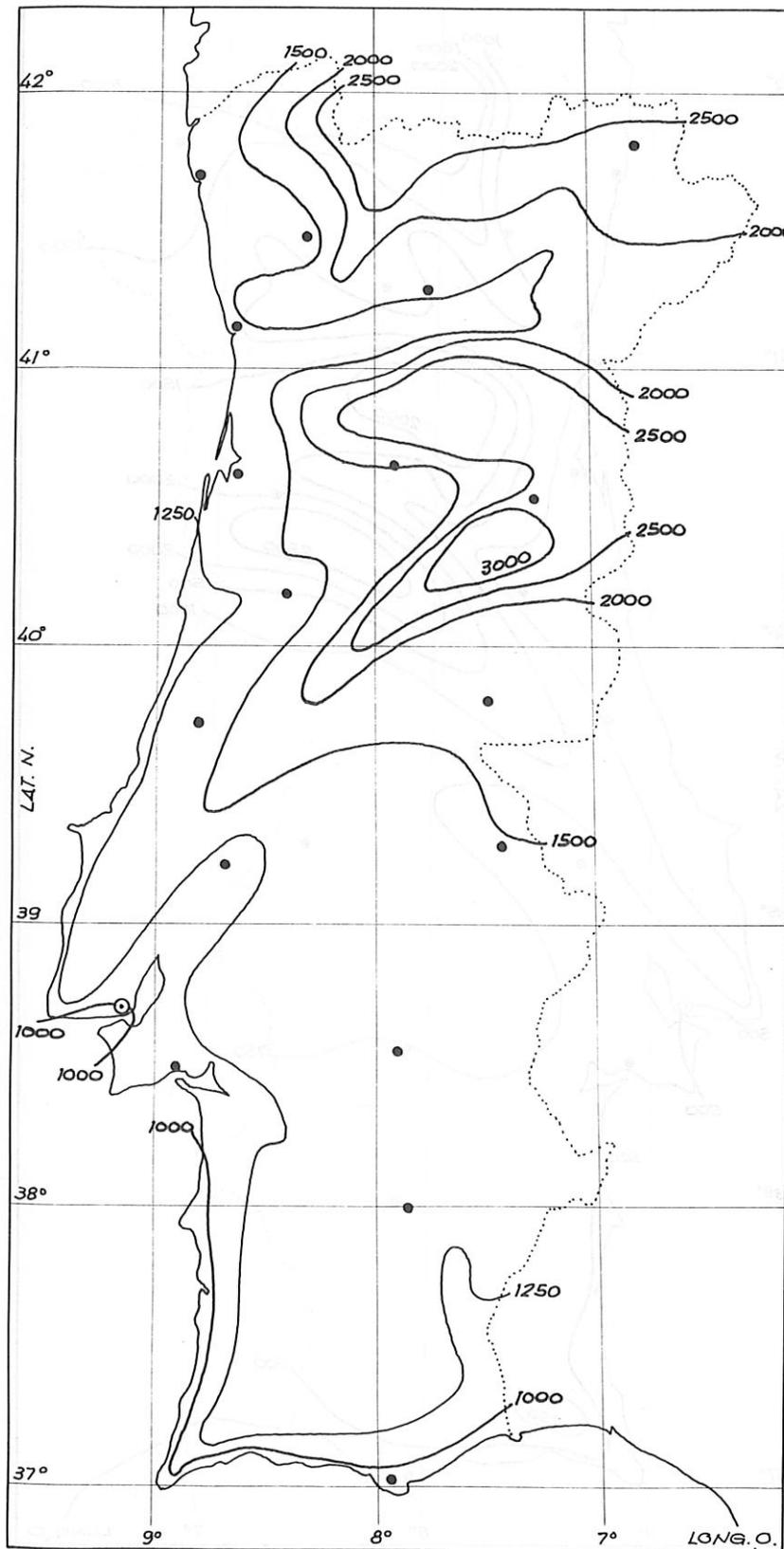
ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	DADOS CLIMÁTICOS	127
		5.2

GRAUS - DIA DE AQUECIMENTO

Base = 15°C
 número médio (1941-1970)
 1 OUTUBRO - 31 MAIO



Fonte 26.



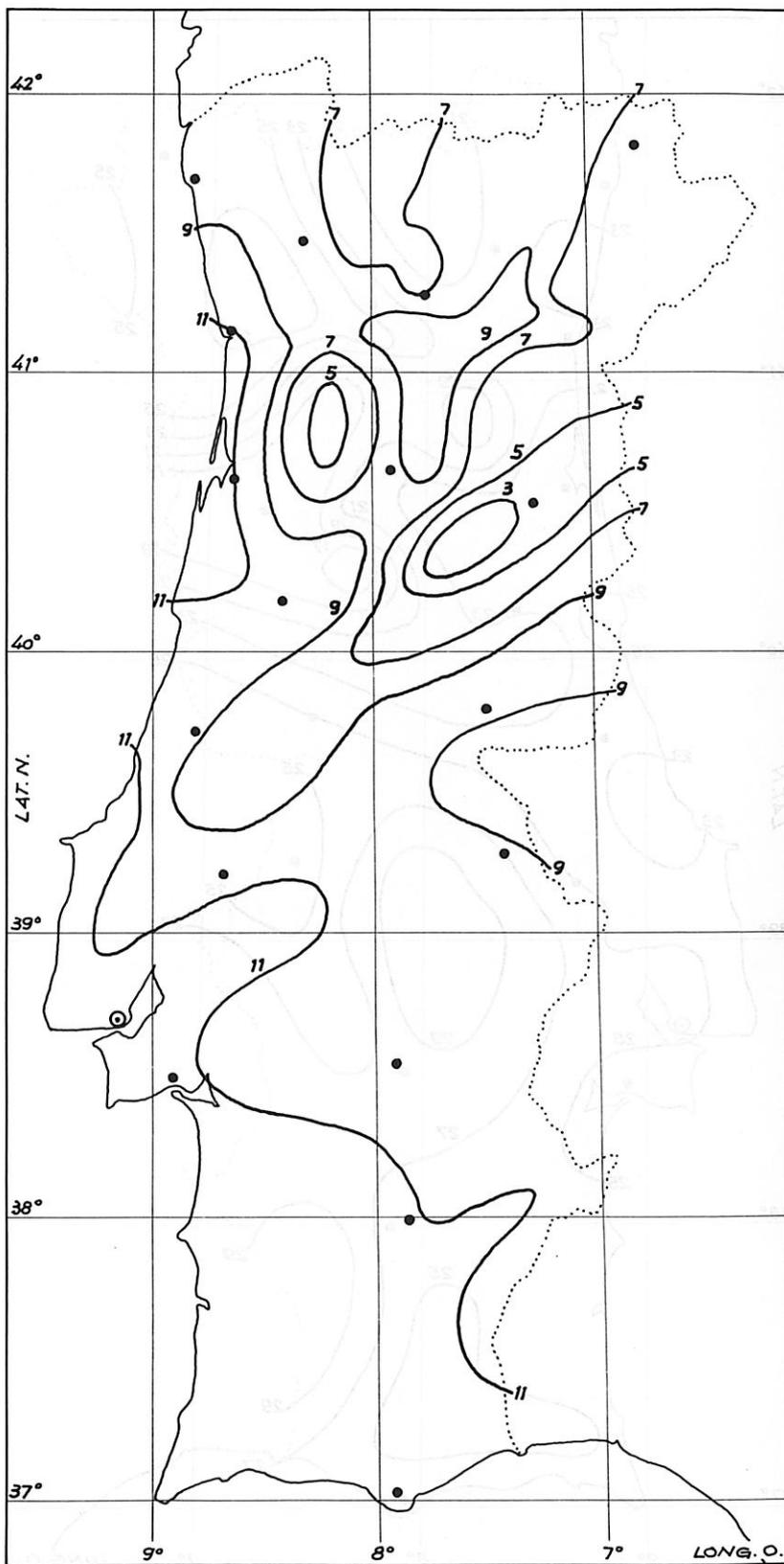
**GRAUS - DIA DE
AQUECIMENTO**

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

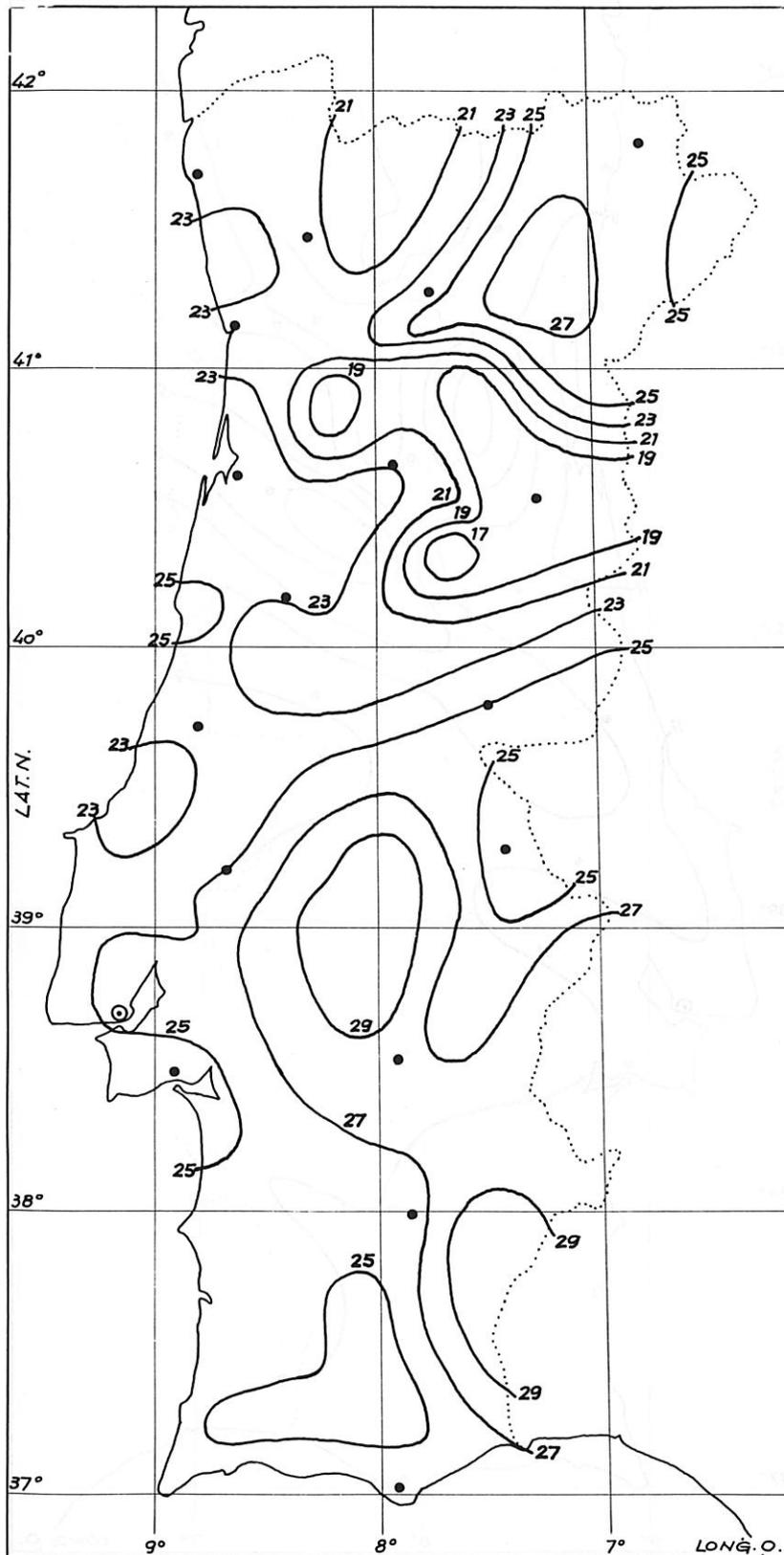
TEMPERATURA

temperatura do solo a 50 cm
(°C)

JANEIRO



Fonte 33.

**TEMPERATURA**

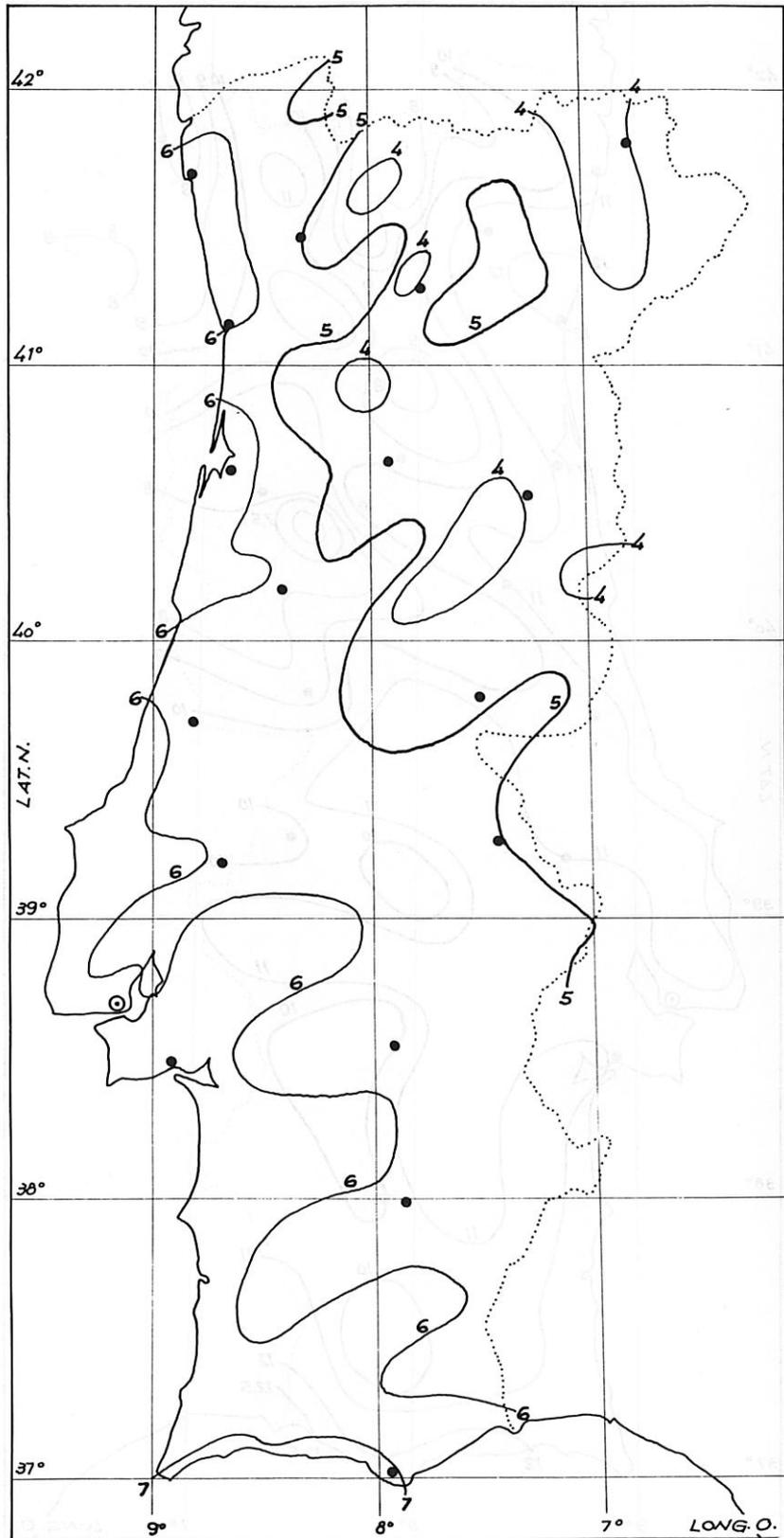
temperatura do solo a 50cm
(°C)

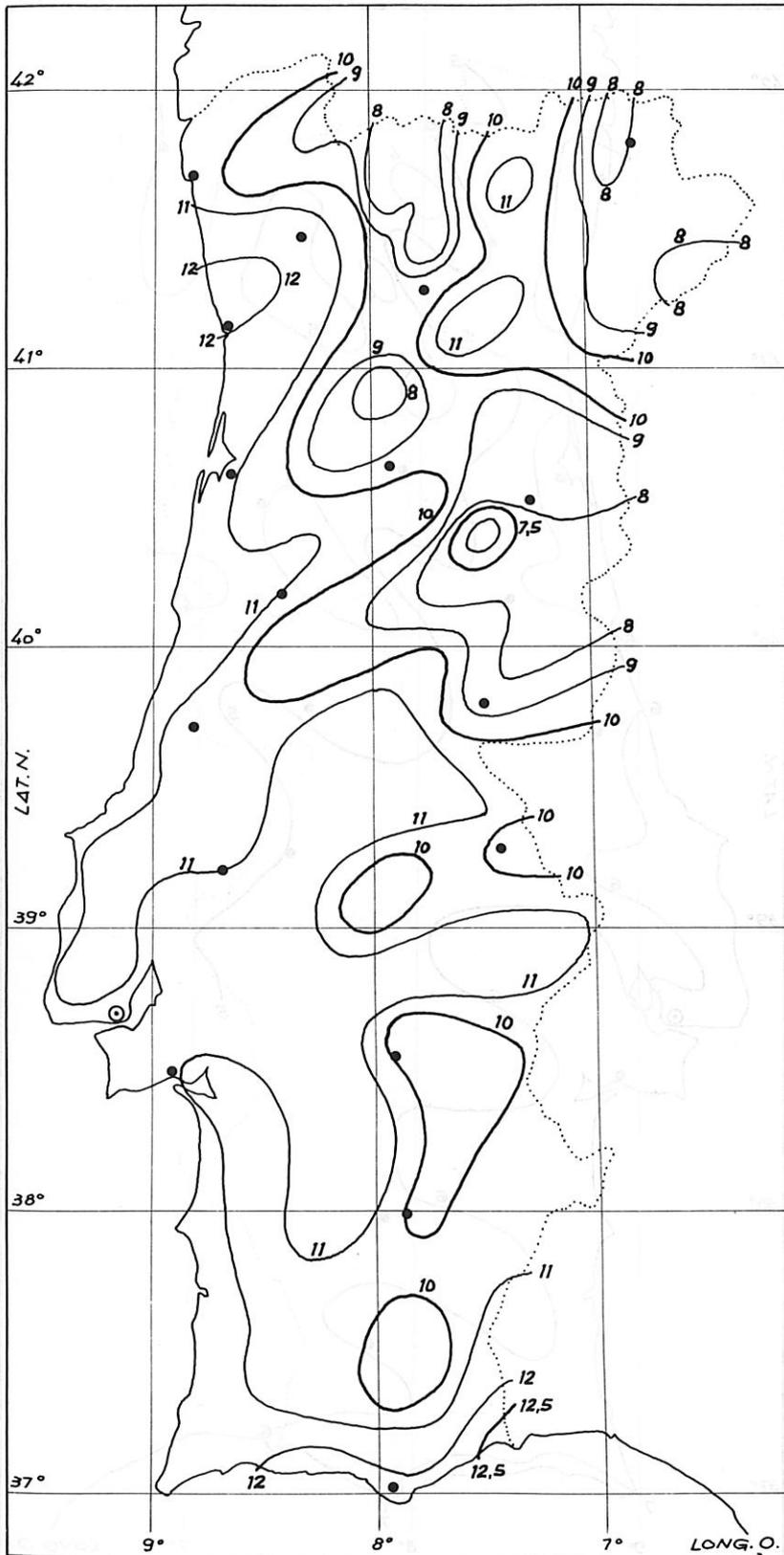
JULHO

HUMIDADE DO AR

Razão de mistura
(g/Kg)

JANEIRO





HUMIDADE DO AR

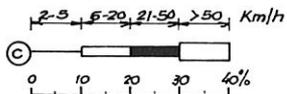
Razão de mistura
(g/Kg)

JULHO

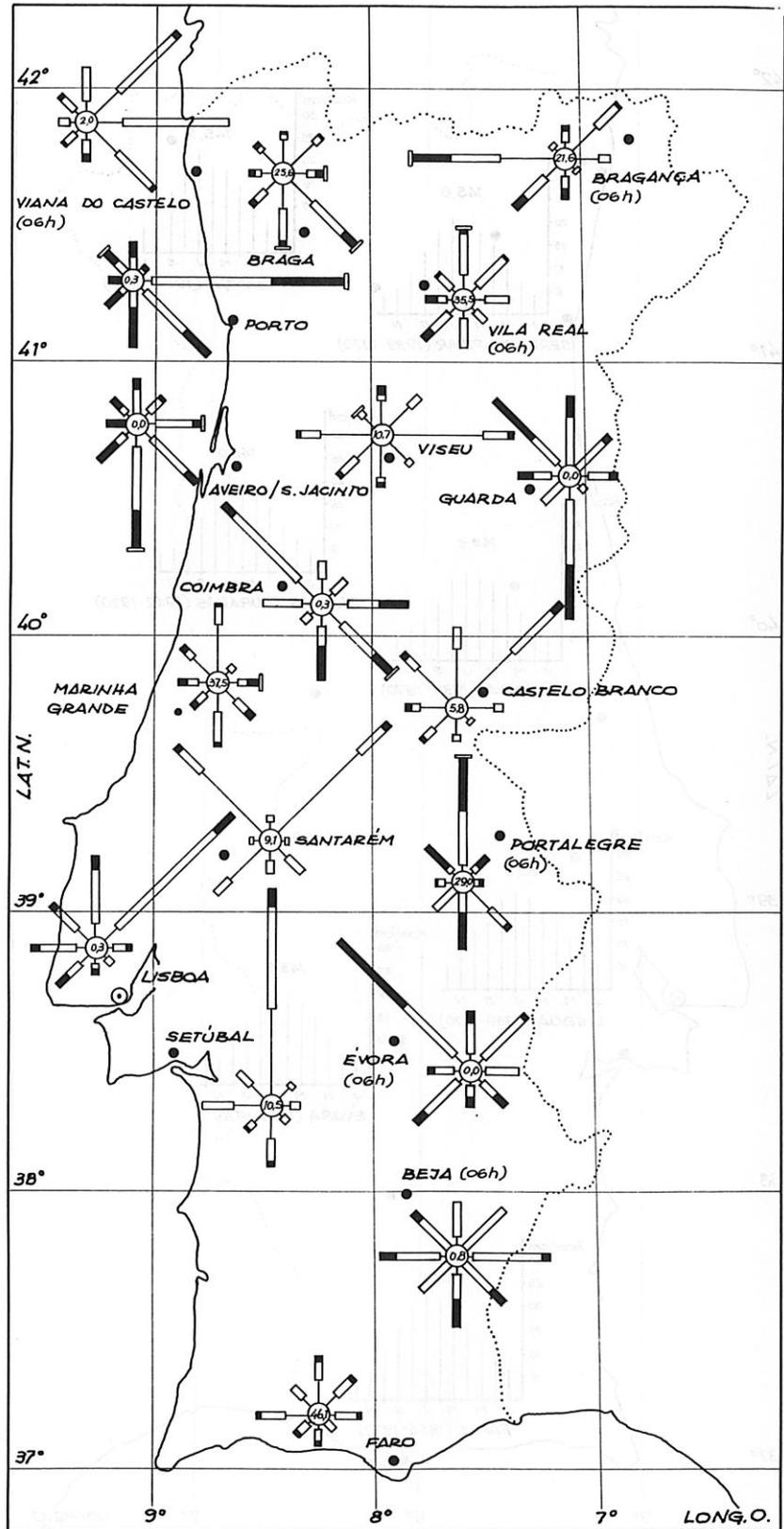
VENTO

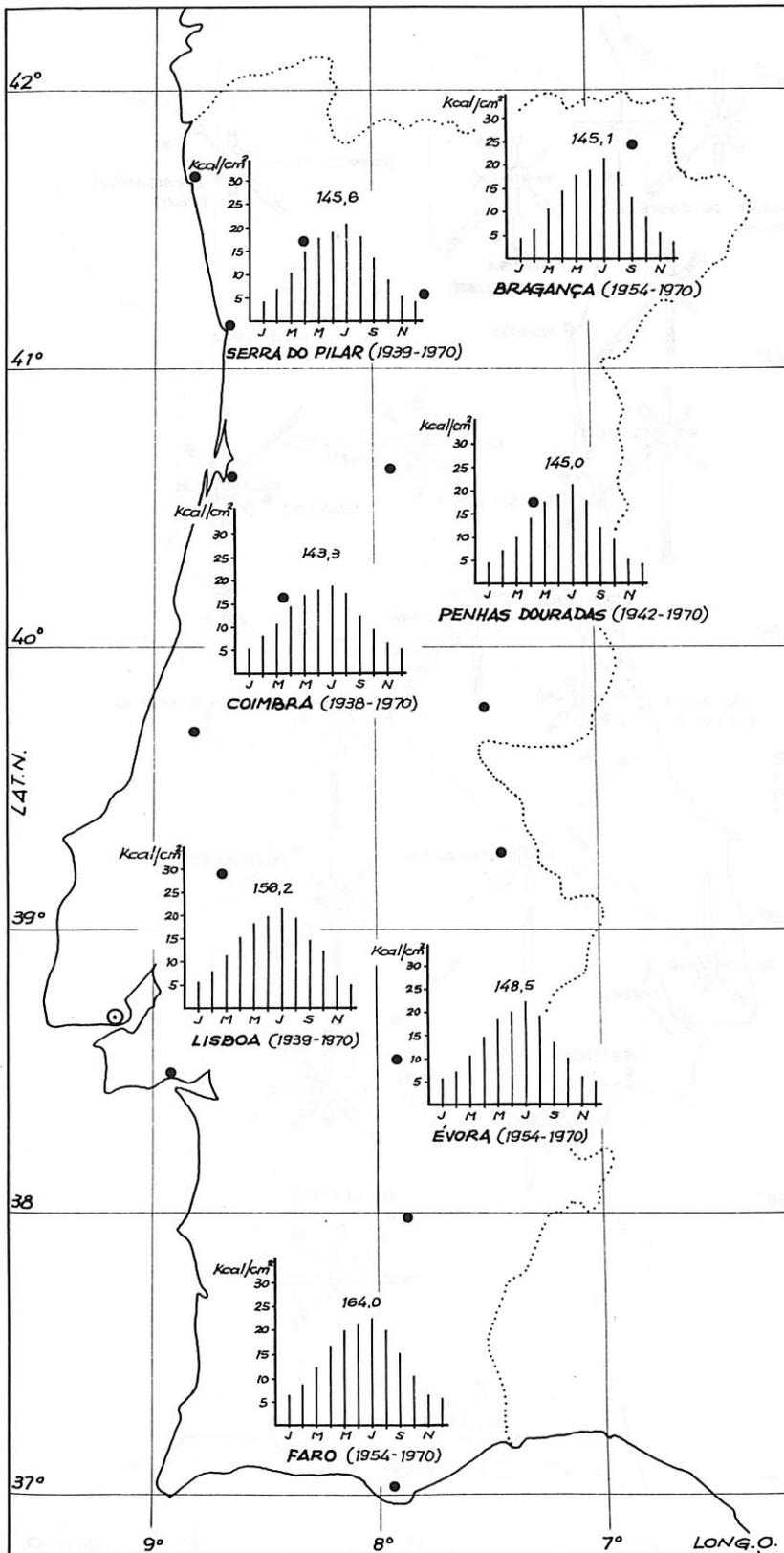
Frequência do rumo e da velocidade
do vento às 9 TMG

JANEIRO



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





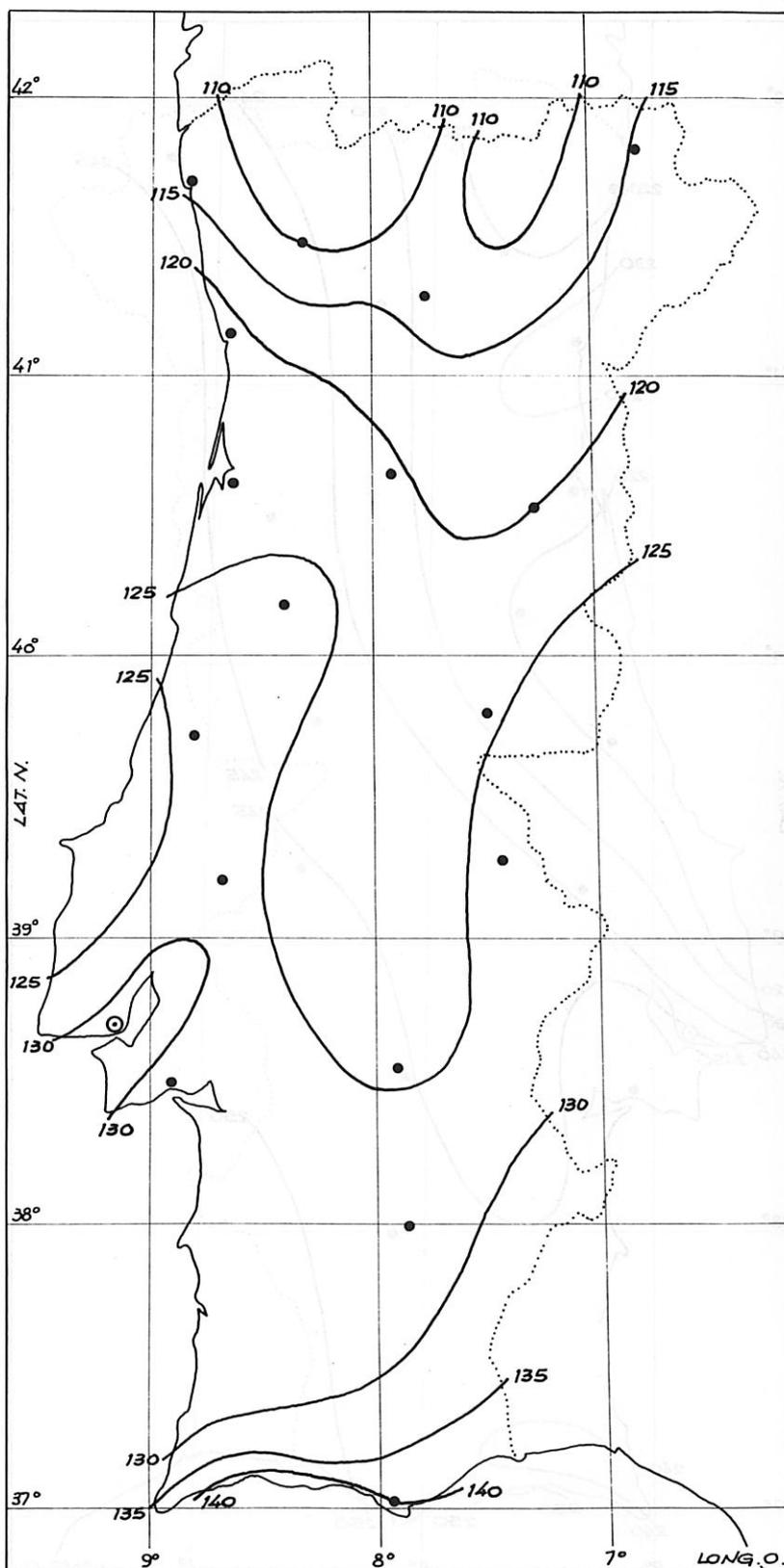
RADIAÇÃO GLOBAL
(Kcal/cm²)
ANO E DISTRIBUIÇÃO
POR MESES

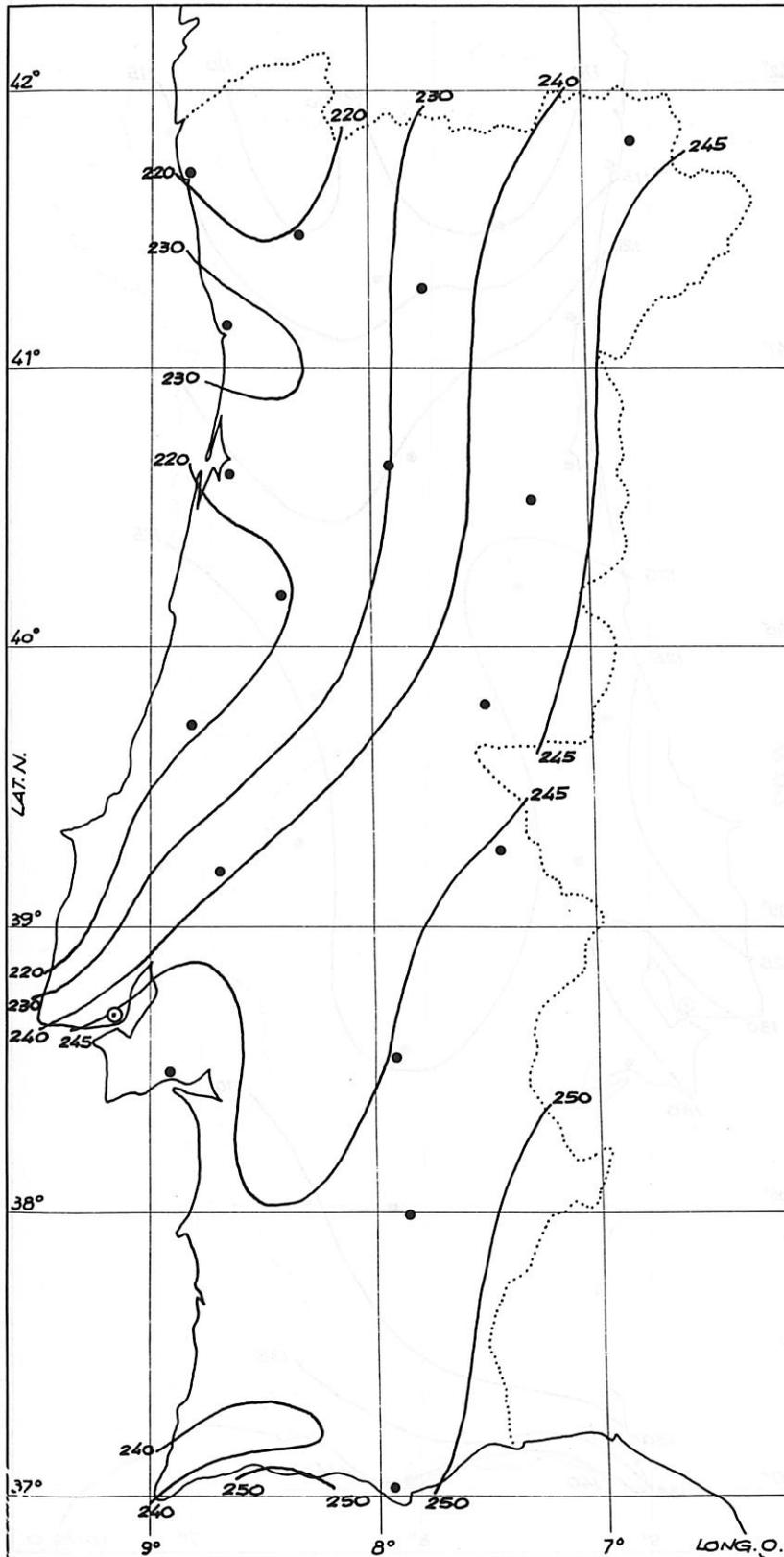
RADIAÇÃO GLOBAL

(KWh/m²)

valores médios (1941 - 1970)

MARÇO





RADIÇÃO GLOBAL

(KWh/m²)

valores médios (1941-1970)

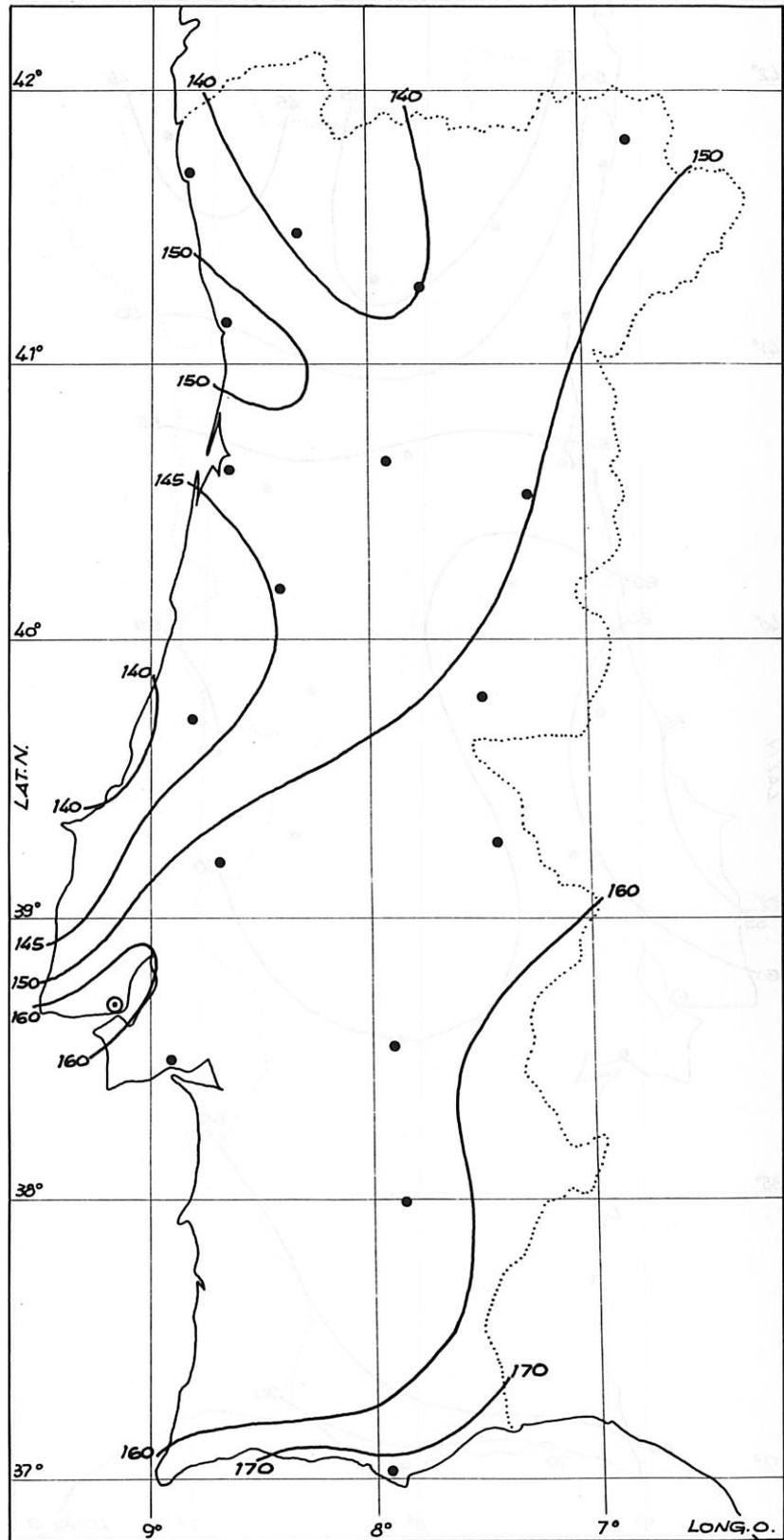
JULHO

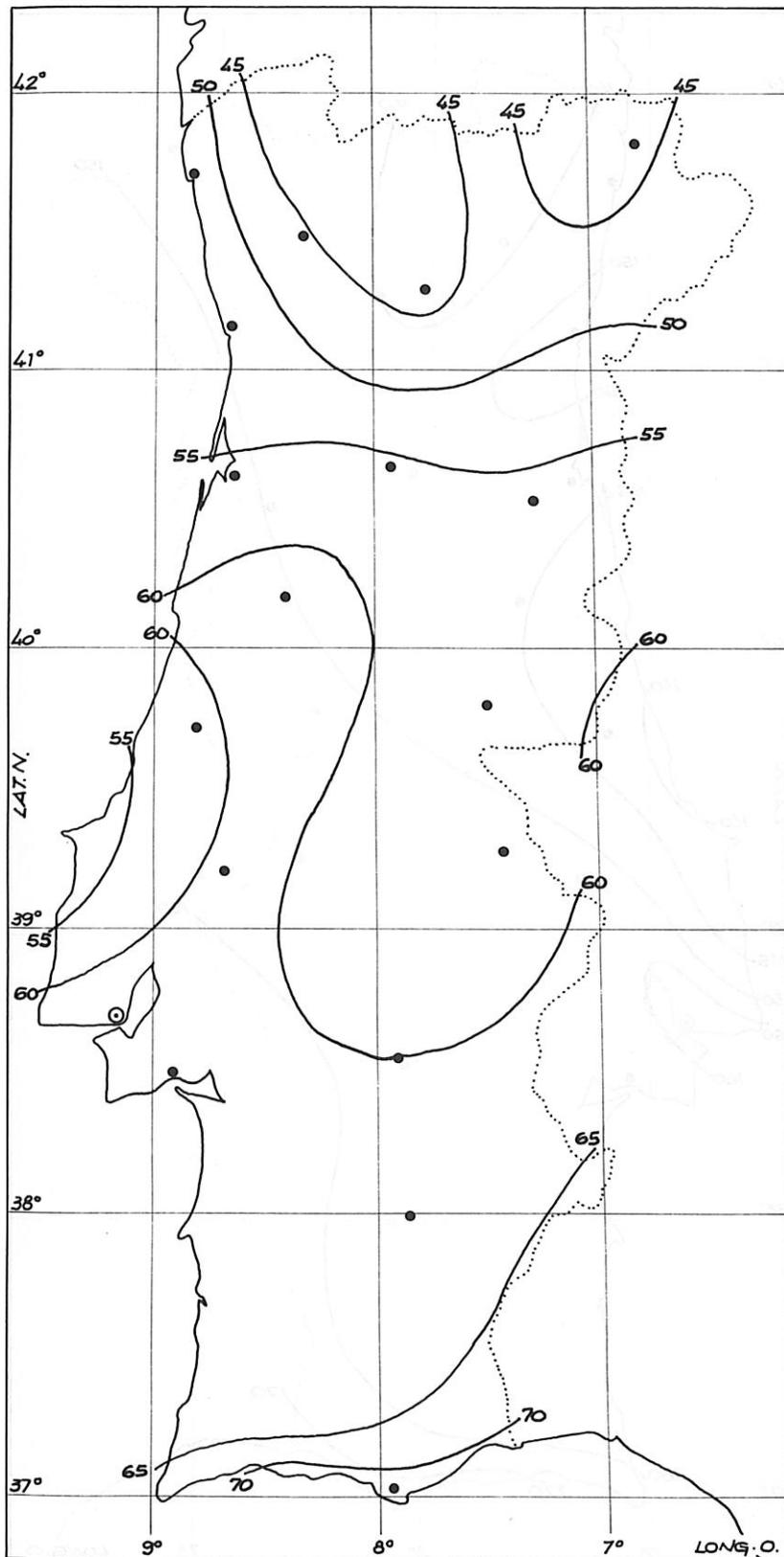
RADIAÇÃO GLOBAL

(Kwh/m²)

valores médios (1941 - 1970)

SETEMBRO





RADIÇÃO GLOBAL

(Kwh/m²)

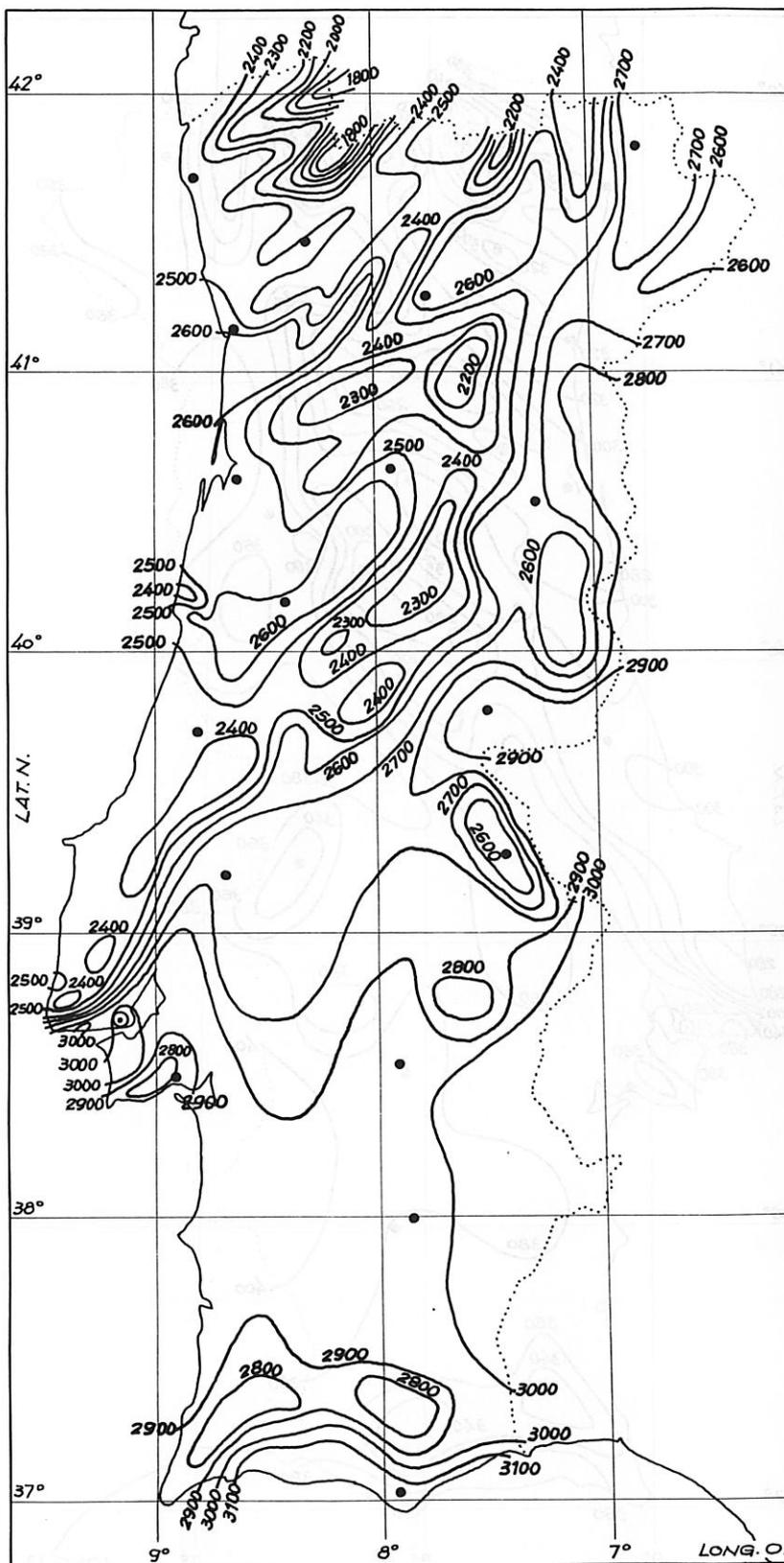
valores médios (1941 - 1970)

DEZEMBRO

INSOLAÇÃO

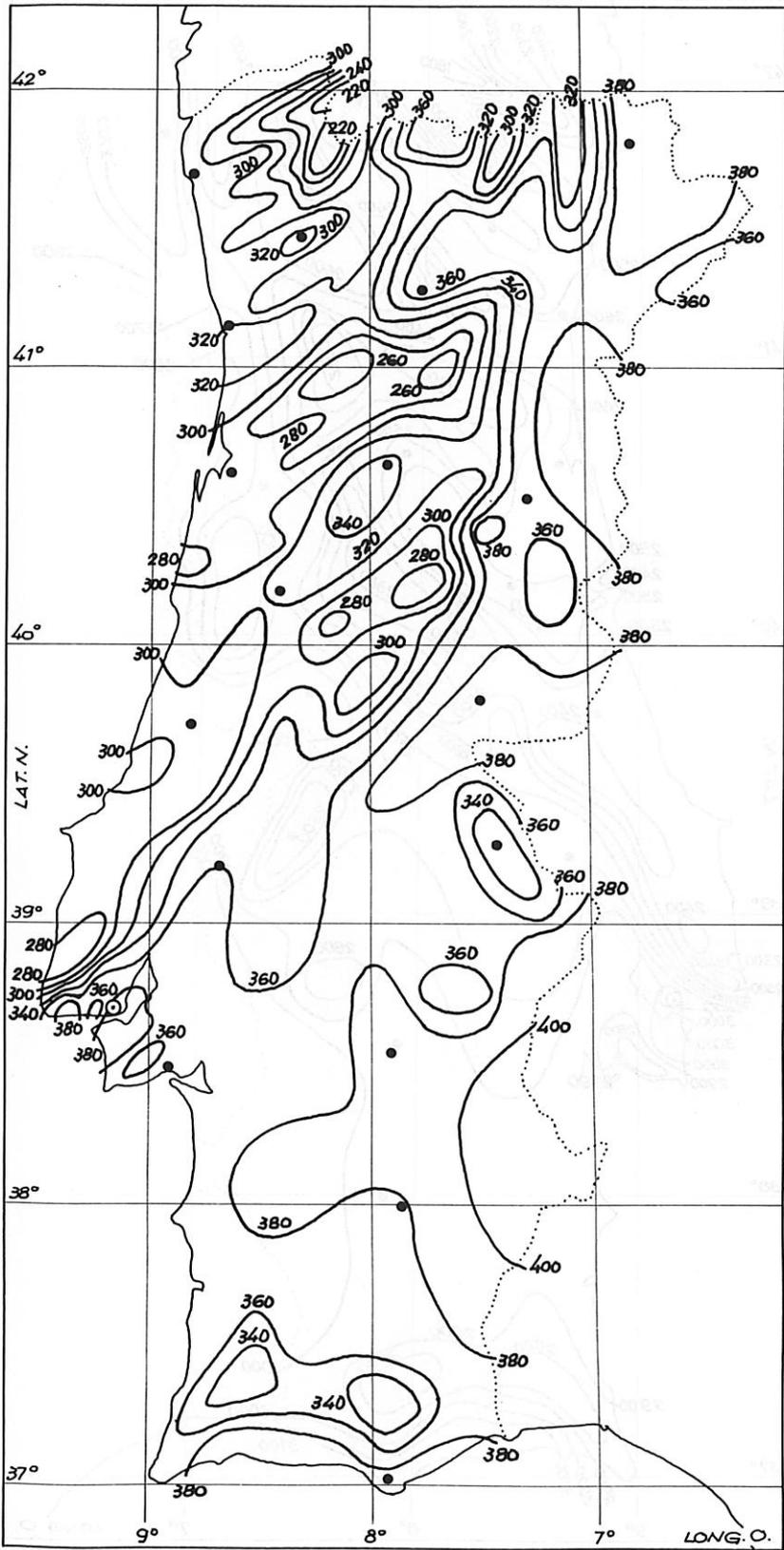
(horas)

ANO



140	DADOS CLIMÁTICOS	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
5.2		

INSOLAÇÃO
(horas)
JULHO

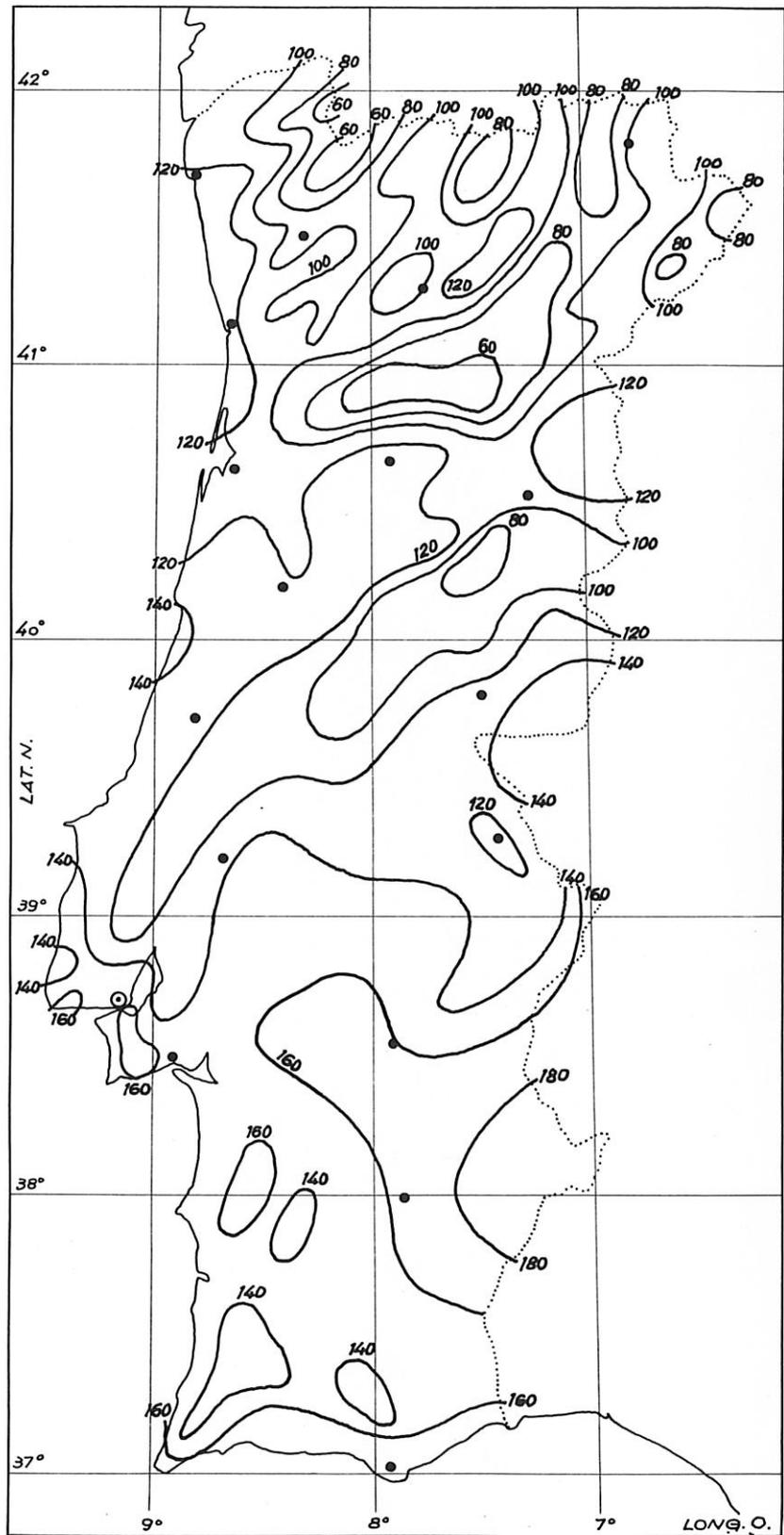


Fonte 33.

INSOLAÇÃO

(horas)

DEZEMBRO



5.3 ————— CONCEITOS FÍSICOS

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	CONCEITOS FÍSICOS	145
		5.3



FERRO
 $\rho = 7\,250\text{ kg}$

1m^3

ALUMÍNIO
 $\rho = 2\,700\text{ kg}$

1m^3

$\rho = \text{kg}/\text{m}^3$

FERRO
 $c = 0.15\text{ Wh}/\text{kg}\cdot\text{K}$

0°C

1kg

0.15 Wh

1kg

c

$c = \text{Wh}/\text{kg}\cdot\text{K}$

FERRO
 $S = 1093\text{ Wh}/\text{m}^3\cdot\text{K}$

0°C

1m^3

1093 Wh

1m^3

1°C

$S = \text{Wh}/\text{m}^3\cdot\text{K}$

$S = \rho \cdot c$

179 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO TÉRMICO S (em Wh/K)
 É a quantidade de calor armazenada por um elemento de construção (parede, soalho, etc.) quando a sua temperatura sobe de 1°C (Este valor obtém-se pelo produto de V — volume do elemento — por S)

180 CAPACIDADE ESPECÍFICA DE ARMAZENAMENTO TÉRMICO s (em Wh/m³K)
 É a quantidade de calor que um elemento de construção armazena por metro cúbico quando a sua temperatura aumenta de 1°C . (Este valor obtém-se pelo produto de ρ por c — capacidade específica — por S)

176 **5.3 — Conceitos físicos**

MASSA VOLÚMICA ρ (em kg/m³)
 É a massa de uma substância pela unidade de volume.

181 COEFICIENTE DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA λ (em W/mK)
 É a quantidade de calor que numa hora atravessa perpendicularmente uma substância maciça de 1 m^2 de superfície e 1 m de espessura quando a diferença de temperatura entre as superfícies é de 1°C . (Este valor obtém-se pelo produto de Q por A e t e dividindo por d e ΔT)

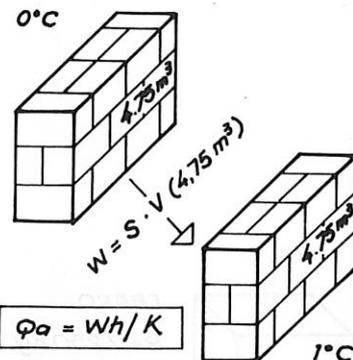
177 **CALOR ESPECÍFICO c** (em Wh/kgK)
 É a quantidade de calor necessária para aumentar de 1°C 1 kg de uma substância.

182 COEFICIENTE DE CONDUTÂNCIA TÉRMICA λ (em W/mK)
 É a quantidade de calor que numa hora atravessa perpendicularmente uma superfície de 1 m^2 de área e 1 m de espessura quando a diferença de temperatura entre as superfícies é de 1°C . (Este valor obtém-se pelo produto de Q por A e t e dividindo por d e ΔT)

178 **COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO TÉRMICO S** (em Wh/m³K)
 É a quantidade de calor necessária para aumentar de 1°C 1 m^3 de uma substância. (Este valor obtém-se pelo produto de c por ρ . Quanto mais pesada for a substância, tanto maior será o seu coeficiente de armazenamento térmico.)

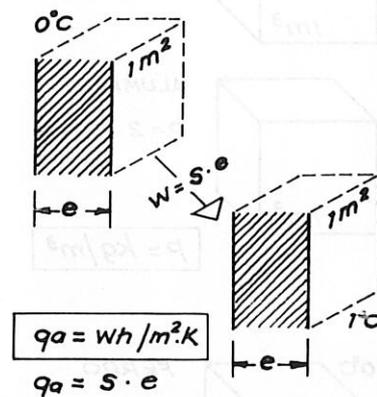
179 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO TÉRMICO Q_a
(em Wh/K)

É a quantidade de calor armazenada por um elemento de construção (parede, soalho, etc.) quando a sua temperatura sobe de 1°C. (Este valor obtém-se pelo produto de V — volume de elemento — por S .)



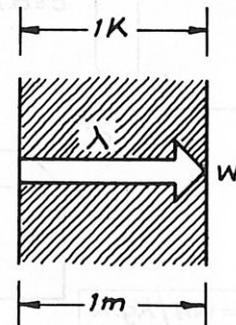
180 CAPACIDADE ESPECÍFICA DE ARMAZENAMENTO TÉRMICO q_a
(em Wh/m²K)

É a quantidade de calor que um elemento de construção armazena por metro quadrado quando a sua temperatura aumenta de 1°C. (Este valor obtém-se pelo produto de S por e — espessura do elemento.)



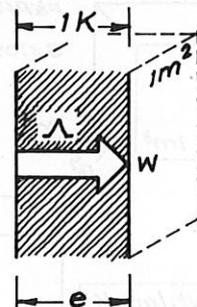
181 COEFICIENTE DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA λ
(em W/mK)

É a quantidade de calor que numa hora atravessa perpendicularmente uma substância maciça de 1 m² de superfície e 1 m de espessura quando a diferença de temperatura entre as superfícies interior e exterior for de 1°C. (É uma propriedade específica do material.)



182 COEFICIENTE DE CONDUTÂNCIA TÉRMICA Λ
(em W/m²K)

É a quantidade de calor que numa hora atravessa 1 m² de um elemento de construção (parede, janela, porta, telhado, etc.) quando a diferença de temperatura nas suas duas superfícies é de 1°C (este valor obtém-se pela razão de λ por e — espessura do elemento) ²⁷.



$\Lambda = \lambda / e$

²⁷ Também designado «coeficiente de permeabilidade térmica» (norma DIN).



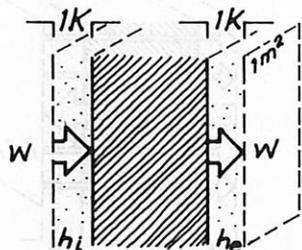
$$\frac{1}{\lambda} = m^2 K/W$$

$$\Lambda = e/\lambda$$

RESISTÊNCIA À CONDUTÂNCIA TÉRMICA 1/λ
(em m²K/W)

É a resistência de um elemento de construção (parede, janela, etc.) oposta à passagem de calor numa hora quando a diferença de temperatura nas suas superfícies é de 1°C (este valor obtém-se pelo inverso de λ)²⁸.

183

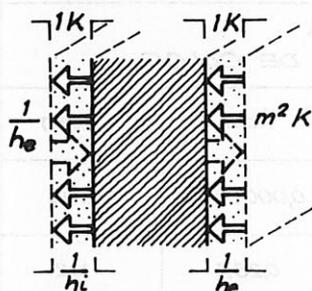


$$h_e(h_i) = w/m^2 \cdot K$$

COEFICIENTE DE CONDUTÂNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL INTERIOR h_i OU EXTERIOR h_e
(em m²K/W)

É o fluxo de calor trocado numa hora por convecção e radiação entre a superfície (interior ou exterior) de 1 m² de um elemento de construção (parede, janela, etc.) e o ambiente em contacto com ele (ar) quando a diferença de temperatura entre ambos é de 1°C²⁹.

184



$$\frac{1}{h_e} \left(\frac{1}{h_i} \right) = m^2 k/W$$

RESISTÊNCIA À CONDUTÂNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL INTERIOR $1/h_i$ OU EXTERIOR $1/h_e$
(em m²K/W)

É a resistência numa hora à passagem de um fluxo de calor por convecção ou radiação entre um elemento de construção e o ambiente que o limita (ar interior ou exterior) quando a diferença de temperatura entre ambos é de 1°C (este valor obtém-se pelo inverso de h_i ou de h_e)³⁰.

185

²⁸ Também designado «resistência à permeabilidade térmica» (norma DIN).

²⁹ Também designado «coeficiente de transição térmica interior ou exterior» (norma DIN).

³⁰ Também designado «resistência à transição térmica interior ou exterior» (norma DIN).

186. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA TOTAL k
(em $\text{W/m}^2\text{K}$)

É a quantidade de calor que numa hora passa através de um elemento de construção de 1 m^2 de superfície quando as temperaturas dos ambientes que o limitam (ar interior ou exterior) diferem de 1°C (este valor obtém-se pelo inverso de $1/k$, obtido pela soma de $1/h_1 + 1/A + 1/h_2$)¹.



$$k = \frac{Q}{A \cdot (T_1 - T_2)}$$

187. RESISTÊNCIA A TRANSMISSÃO TÉRMICA TOTAL $1/k$
(em $\text{m}^2\text{K/W}$)

É a resistência numa hora à passagem de um fluxo de calor através de 1 m^2 de um elemento de construção (parede, janela, etc.) quando as temperaturas dos ambientes que o limitam (ar interior ou exterior) diferem 1°C (este valor obtém-se pelo método de $1/h_1 + 1/A + 1/h_2$)².



$$\frac{1}{k} = \frac{A \cdot (T_1 - T_2)}{Q}$$

GLOSSÁRIO

CONVERSÃO DE UNIDADES DE MEDIDA
DE TRABALHO, ENERGIA E QUANTIDADE DE CALOR

	J	kJ	Wh	kWh	kcal	BTU
1 J = (1/3600) Wh = 1/3600	1	0,001	0,000278	0,00000278	0,000239	0,738
1 kJ =	1000	1	0,278	0,000278	0,239	0,738
1 Wh =	3600	3,6	1	0,001	0,86	3,41
1 kWh =	3600000	3600	1000	1	860	3412
1 kcal =	4200	4,2	1,163	0,001163	1	3,98
1 BTU =	1055	0,001055	0,000293	0,00000293	0,000252	1

¹ Também designado U ou U_0 .

² Também designado R ou R_0 .

5.4 — Glossário

- Absorção** — Quantidade de radiação solar absorvida por uma superfície, geralmente expressa em percentagem.
- Absorvente** — Elemento que absorve a radiação solar e que transmite o calor ao fluido termotransportador.
- Activo** — Diz-se de um sistema de captação solar, armazenamento e transferência térmica que, para efeito do seu funcionamento, necessita de um contributo energético exterior.
- Altura de um astro** — Ângulo que faz a direcção de um astro com o plano do horizonte, passando pelo ponto do observador; correntemente empregue para o Sol.
- Ângulo de incidência** — Ângulo formado pelos raios solares com a linha perpendicular ao plano de captação; determina a quantidade de energia incidente numa superfície.
- Azimute** — Ângulo formado pelo plano vertical de um astro e o plano meridiano do ponto de observação; utiliza-se frequentemente para o Sol.
- Bioclimatismo** — Princípio de concepção arquitectónica que visa a utilização dos factores climáticos como elementos favoráveis à sua própria concepção e à necessidade de satisfazer as exigências de conforto térmico.

152	GLOSSÁRIO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
5.4		

- Caloria** — Unidade de medida para avaliar a quantidade de calor; igual à quantidade de calor necessária para elevar de 1°C 1 g de água.
- Calor irradiante** — Quantidade de calor transportada pela radiação de um certo comprimento de onda, transmitida de um material emissor para um material receptor.
- Capacidade calorífica** — Quantidade de calor que um corpo pode armazenar por unidade de volume; exprime-se em Wh/m³ e obtém-se através do produto da massa específica pelo calor específico.
- Coeficiente de forma** — Relação entre a superfície exterior total das paredes em contacto com o ar e o volume habitável; permite avaliar a proporção das perdas térmicas de um edifício.
- Clima** — Sucessão de circunstâncias atmosféricas e meteorológicas que caracterizam uma região do globo terrestre (humidade, temperatura, pressão atmosférica, precipitação, vento, insolação, etc.).
- Comprimento de onda** — Distância de duas fases consecutivas do movimento ondulatório.
- Condução térmica** — Transferência de calor por contacto directo entre corpos num dado espaço de tempo; depende do coeficiente de condutibilidade térmica do material.
- Conforto termo-higrométrico** — Sensação subjectiva de conforto dependendo de factores físicos, fisiológicos e psicológicos; corresponde às condições normais do corpo humano sem fazer actuar os mecanismos de defesa contra o frio ou o calor.
- Constante solar** — Radiação solar recebida constantemente no topo da atmosfera terrestre e em superfície perpendicular aos raios solares; exprime-se em W/m².
- Convecção** — Transferência de calor entre um fluido móvel líquido ou gasoso e uma superfície ou dentro do próprio fluido.
- Corpo negro** — Absorvente teórico, supostamente capaz de absorver a totalidade da radiação nele incidente e com o mais alto poder de emissão possível.
- Desfasamento** — Atraso dos sinais térmicos exteriores, com diminuição da amplitude da onda térmica, motivado pela inércia térmica de uma parede.

ENERGIA SOLAR PASSIVA-1	GLOSSÁRIO	153
		5.4

- Ecossistema** — Diz-se da integração da biocenose (comunidade de plantas e animais) nos factores do meio num sistema funcional.
- Efeito de estufa** — Aquecimento provocado por uma parede translúcida disposta sobre um recinto fechado, originando uma boa penetração da radiação solar e obstruindo a radiação infravermelha (baixa temperatura).
- Emissividade** — Percentagem de radiação térmica emitida por um corpo comparada com a emitida pelo corpo negro à mesma temperatura.
- Equinócio** — Uma das duas ocasiões anuais em que o Sol se cruza com o equador celeste e a duração dos dias e das noites é idêntica (mais ou menos 22 de Setembro e 22 de Março).
- Fluido termotransportador** — Fluido líquido ou gasoso destinado a transferir a energia térmica de um meio para outro.
- Fusão nuclear** — Combinação de dois núcleos de átomos leves num só, acompanhada de uma importante libertação de energia.
- Ganho de calor** — Aumento de calor contido num espaço, resultante da radiação solar directa, do calor produzido por pessoas, luzes, equipamentos ou outras fontes.
- Graus-dia** — Parâmetro climático expresso pela diferença, em graus (°C), entre a temperatura média diária exterior e uma temperatura interior de conforto estabelecida numa determinada base, geralmente de 18°C. O número total de graus-dia durante a estação de aquecimento é indicador da severidade da estação fria.
- Homeotermia** — Fenómeno fisiológico que permite manter constante a temperatura do corpo humano, independentemente das temperaturas às quais é submetido, dentro de certos limites.
- Humidade relativa** — Relação entre a quantidade de vapor de água contida no ar e a quantidade máxima que ele pode suportar, à mesma temperatura e pressão atmosférica; exprime-se em percentagem.

154	GLOSSÁRIO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
5.4		

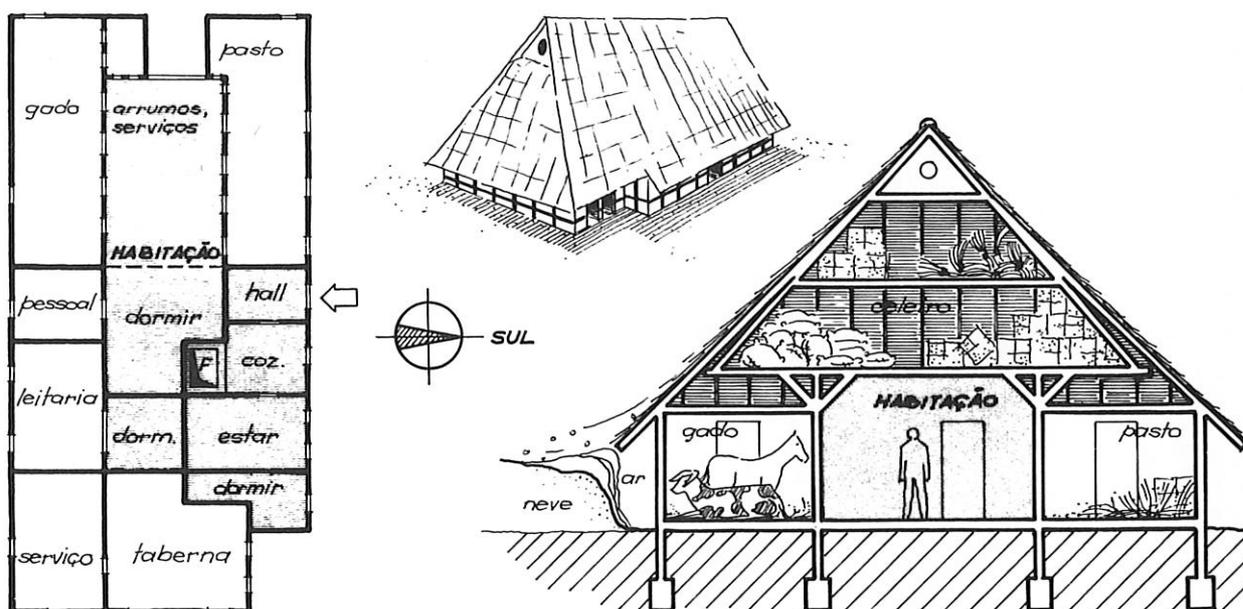
- Inércia térmica** — Propriedade de uma parede em retardar e amortecer a onda térmica exterior na sua transmissão para o interior.
- Infiltração** — Movimento incontrolado do ar exterior para o interior do edifício, através de fendas ou juntas de janelas, portas ou outras partes da construção.
- Infravermelhos** — Gama de radiações invisíveis, de comprimento de onda de $0,7 \mu$ (mícrones) a 1 mm.
- Insolação** — Tempo do Sol descoberto num local, durante um intervalo de tempo considerado, e que se expressa em horas.
- Isolamento térmico** — Qualidade de uma parede de dificultar a transmissão de calor em regime permanente.
- Isolante** — Material ou sistema usado para prevenir a perda ou ganho de calor pela limitação da condução ou convecção.
- Irradiação** — Transporte de energia térmica por meio de ondas eletromagnéticas.
- Janelas solares** — Aberturas desenhadas e construídas para admitirem, primeiramente, ganhos solares num determinado espaço.
- Joule** — Unidade de medida correspondente à energia necessária para deslocar uma massa de 1 kg a uma distância de 1 m.
- Kelvin** — Unidade da escala termodinâmica de temperaturas numericamente igual a 1°C ; geralmente usada para diferenças de temperatura.
- Massa térmica** — Capacidade de armazenamento de calor potencial, utilizável num dado sistema (paredes de bidões de água, pavimentos de tijolo maciço ou betão, etc.).
- Microclima** — Condições climáticas próprias de uma muito pequena extensão de superfície terrestre.

- Pára-vapor** — Componente da construção impenetrável ao fluxo da humidade, usado para prevenir a condensação de vapores nas paredes e outros locais de isolamento.
- Parede de água** — Construção de parede por meio de contentores de água, num sistema de aquecimento que combina simultaneamente a captação e o armazenamento de calor.
- Passivo** — Diz-se de um sistema de captação solar, armazenamento e transferência térmica que, para efeito do seu funcionamento, não necessita de um contributo energético exterior.
- Perdas de calor** — Diminuição da quantidade de calor contido num espaço, resultante da sua passagem através de paredes, janelas, portas ou outras partes da construção.
- Pintura selectiva** — Camada de tinta com um forte poder absorvente da radiação solar e um fraco coeficiente de emissão da radiação infravermelha, que origina elevadas temperaturas na sua superfície quando sujeita à radiação solar.
- Ponte térmica** — Elemento ou parte da parede de uma construção que, pela sua natureza ou acabamento, revela uma resistência térmica mais baixa.
- Reflexão** — Quantidade de luz reflectida por uma superfície em relação à quantidade nela incidente, expressa em percentagem.
- Regime permanente** — Diz-se de um estado teórico onde a distribuição de temperatura entre as duas faces de uma parede é constante ao longo do tempo.
- Rendimento** — Percentagem da energia solar incidente em sistemas solares e que é aproveitada para o aquecimento.
- Resistência térmica** — Oposição que um material apresenta a não ser penetrado pelo calor; valor inverso da condutância térmica.
- Retardamento** — Intervalo de tempo entre a absorção da radiação solar por um material e a libertação para o espaço da sua energia térmica.
- Solar** — Arquitectura cuja concepção básica integra os elementos de sistemas de captação da radiação solar na sua envolvente.

156	GLOSSÁRIO	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
5.4		

- Solarizada** — Arquitetura cuja concepção nada deve às técnicas solares, que apenas incorpora componentes solares na sua envolvente, sem que esta tenha, para o efeito, alguma especificidade.
- Solstício** — Uma das duas ocasiões anuais em que o eixo da Terra se encontra no plano perpendicular ao plano da elíptica passando pelo centro do Sol (mais ou menos 22 de Dezembro e 22 de Junho).
- Termocirculação** — Movimento de um fluido, devido ao seu aquecimento, que origina zonas de densidades diferentes.
- Ultravioleta** — Gama de radiações invisíveis de comprimento de onda de $0,01 \mu$ a $0,4 \mu$ (mícrones).
- Watt** — Unidade de potência que corresponde à energia de 1 Joule por segundo.
- Zénite** — Ponto da esfera celeste situado na vertical ascendente do observador.

NOTA HISTÓRICA VI. — A arquitectura rural tradicional, independentemente do seu grau de elaboração, é geralmente um bom testemunho da forma como os povos de diferentes culturas sabiam integrar o habitat no clima. No Centro e no Norte da Europa (Alemanha e Dinamarca), o clima é frio, as temperaturas de Inverno atingem facilmente os -25°C e as casas rurais caracterizam-se fundamentalmente pelo notável modo de isolamento como são concebidas: sob os telhados altos situam-se vários «sótãos», que são aproveitados para celeiros agrícolas, constituindo uma excelente zona térmica intermediária; exceptuando uma pequena área a sul, a habitação é rodeada pelas zonas de serviços agrícolas e o estábulo ($\pm 500\text{ Wh/cabeça de gado!}$) situa-se na parte mais fria, a norte; a escassa radiação solar justifica janelas pequenas, que são protegidas com portadas isoladas; colocado num ponto central (F), um fogão a lenha produz o calor necessário à habitação.



BIBLIOGRAFIA

LIVROS

- 1 — AUDIBERT, Pierre
Les Énergies du Soleil
Paris, 1978
- 2 — AYDINLI, S.
«Ueber die Berechnung der zur Verfügung stehenden Solarenergie
und des Tageslichtes»
F. d. *VDI*, Reihe 6, n.º 79
Duesseldorf, 1981
- 3 — BMFT
48 Solarhauser
Karlsruhe, 1982
- 4 — BARDOU, Patrick, e ARZOUMANIAN, V.
Archi de Soleil
Roquevaire, 1978
- 5 — BINZ, Armin (SES)
Energie-bewusstes Bauen mit dem Klima und der Sonne
Zuerich, 1983
- 6 — BOWDITCH, N. LL. D.
American Practical Navigator
EUA, 1962
- 7 — CSOPT
Regras de Qualidade Térmica de Edifícios — Estudo
Lisboa, 1984
- *8 — DOERNACH, R., e HEID, G.
Das Naturhaus
Frankfurt, 1982
- 9 — FERREIRA, H. Amorim (SMN)
O Clima de Portugal, fasc. XIII
Lisboa, 1970
- 10 — GOESELE, K., e SCHUELE, W.
Schall, Waerme, Feuchtigkeit
Wiesbaden, Berlin, 1977

160	BIBLIOGRAFIA	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
—		

- 11 — GRANDJEAN, Étienne
Wohnphysiologie
Zuerich, 1972
- *12 — HEBGEN, Heinrich
Bauen mit der Sonne
Essen, 1982
- 13 — HEBGEN, Heinrich
Die Energiespar Wohnung
Wiesbaden, 1981
- *14 — HILLMANN, G., NAGEL, J., e SCHRECK, H.
Klimagerechte und energiesparende Architektur
Karlsruhe, 1983
- 15 — INMG
Anuário Climatológico de Portugal, vol. xxxi
Lisboa, 1983
- 16 — IZARD, J.-L., e GUYOT, A.
Archi bio
Roquevaire, 1978
- *17 — KOBLIN, W., KRUEGER, E., e SCHUH, U. (BRBS)
Handbuch Passive Nutzung der Sonnenenergie
Muenchen, 1984
- *18 — KIRALY, Josef
Architektur mit der Sonne
Karlsruhe, 1984
- *19 — KRUSCHE, P. e M., ALTHAUS, D., e GABRIEL, I.
Oekologisches Bauen
Wiesbaden, Berlin, 1982
- 20 — LOG ID
Mensch und Pflanze
Karlsruhe, 1982
- 21 — LEBENS, Ralph M. (CEC)
Passive Solar Architecture in Europe
Londres, 1980
- 22 — MECV
Construire avec le climat
Paris, 1979
- 23 — ME-DC
Amélioration thermique de l'habitat existant
Paris, 1977
- 24 — MATA, L. A., e MARQUES, C. V. (INMG)
Climatologia da Radiação Solar em Portugal
Lisboa
- *25 — MAZRIA, Edward
The Passive Solar Energy Book
EUA, 1979

- 26 — MENDES, J. C. (INMG)
Contribuição para o Conhecimento do Número Médio de Graus-Dia e da Temperatura Exterior de Cálculo para Aquecimento em Portugal Continental
Lisboa, 1983
- 27 — MEYER, S. (ITGLTU)
Untersuchungen zur Einsetzbarkeit von Wohngewachshaeusern
Hannover, 1981
- 28 — MILLIGAN, C., e ALVES, R.
Énergie pour la vie
Paris, 1977
- 29 — OAL
Dados Astronómicos para Portugal
Lisboa, 1985
- 30 — RWE
Bau-Handbuch Technischer Ausbau 1981/82
Essen, 1980
- *31 — RWE
Bau-Handbuch Technischer Ausbau 1985/86
Essen, 1984
- 32 — ROCHA, M. S. (INMG)
A Radiação Solar Global em Portugal Continental
Lisboa, 1982
- 33 — SMN
Atlas Climatológico de Portugal Continental
Lisboa, 1974
- 34 — SAGE, Konrad
Handbuch der Haustechnik
Berlin, 1972
- 35 — SCHWARZ, Ulrich
Gruenes Bauen
Hamburg, 1982
- 36 — SZOKOLAY, S. V.
Solar Energy and Building
Londres, 1977
- 37 — US (IGP)
Seminar Passive Nutzung von Solarenergie
Stuttgart, 1982
- 38 — WEICHARDT, Heinz
Gruene Solararchitektur
Karlsruhe, 1982
- 39 — WENDEHORTS, Reinhard
Baustoffkunde
Hannover, 1970

162	BIBLIOGRAFIA	ENERGIA SOLAR PASSIVA-1
—		

PUBLICAÇÕES PERIÓDICAS

- 40 — *L'Architecture d'aujourd'hui*
Paris
N.ºs 192, 209, número especial (1980)
- 41 — *Arquitectura*
Lisboa
N.º 140
- 42 — *Bauwelt*
Berlin
N.ºs 23-76, 47-76, 1/2-80, 21-80, 6/7-82
- 43 — *Deutsche Bauzeitschrift*
Guetersloh (RFA)
N.ºs 12/83, 2/84, 4/84, 6/84

Nota. — São assinaladas com * as fontes consideradas de consulta fundamental.

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 Setembro de 1987

Depósito legal n.º 17 945/87



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.