

Guia para instalações solares

Versão Hemisfério Sul



Introdução

O atual panorama energético mundial e os problemas ligados a ele impõem um esforço coletivo voltado para a otimização do uso dos combustíveis fósseis.

Tal otimização passa por uma mais atenta planificação do consumo e do emprego das “energias renováveis”. Nesse sentido, o Sol é uma fonte inesgotável de energia e o seu aproveitamento se baseia em uma tecnologia que hoje atingiu plena maturidade e é capaz de garantir confiança, eficácia e sustentabilidade ambiental.

A Beretta se apresenta como protagonista no mercado, com um catálogo completo de painéis solares, caldeiras à condensação e complementos do sistema, para responder às exigências de seus clientes.

Com o presente “Guia para instalações solares”, pretendemos fornecer, de forma simples, mas não simplista, um instrumento para demonstrar o potencial econômico (em termos não só energéticos, mas também monetários) de tais sistemas.

Paralelamente às bases teóricas, forneceremos também todas as informações relativas à oferta de produtos do nosso catálogo e os dados técnicos e práticos necessários para uma correta instalação e manutenção do mesmo.

Salientamos que o correto dimensionamento, o funcionamento eficaz e a correta manutenção é a melhor garantia para o desenvolvimento e a difusão da tecnologia solar e a plena satisfação dos nossos clientes.

Agradecemos a todos aqueles que, dentro e fora da Companhia, têm contribuído com suas sugestões para a publicação do Guia, em especial ao Eng. Paolo Bertola, que, com a sua experiência, soube transmitir o conhecimento teórico e prático indispensável à compreensão dos princípios fundamentais das instalações solares e dos aspectos teóricos que determinam o correto dimensionamento dos mesmos.

Os autores

Giovanni Girardelli
Paolo Mauri

Versão:
Silvio Luiz Mantovani
Marta Regina Fochezato

Para facilitar a leitura do texto, serão utilizados os seguintes símbolos:



Pontos sobre os quais focalizar a atenção



Cálculos efetuados



Fórmula de aplicação geral

Índice

Capítulo 1	O panorama energético	7
Capítulo 2	A fonte energética solar	13
2.1	Regra prática para a verificação das condições de eficiência	23
Capítulo 3	Os painéis solares	27
3.1	Coletor plano	27
3.2	Coletor a vácuo	29
3.3	Eficiência da água dos sistemas coletores plano e a vácuo	31
Capítulo 4	Tipos de instalações	35
4.1	Sistema de circulação natural	35
	Características específicas	35
4.2	Sistema de circulação forçada com coletores planos	36
	Características específicas	36
4.3	Sistema de circulação forçada com painéis a vácuo	38
	Características específicas	38

4.4	Sistema de circulação Drain Back	40
	Características específicas	40
	Exemplo	41
4.5	Utilização dos tipos das instalações	42
Capítulo 5 Dimensionamento dos painéis solares		43
5.1	Cálculo do reservatório e produção diária	43
	Critério A: avaliação de consumo de água em base no número de pessoas presentes	45
	Critério B: avaliação de consumo de água em base no número de pessoas e no tipo de utilização	46
5.2	Exemplo de dimensionamento para instalação segundo o CRITÉRIO A	46
	Cálculo da superfície dos painéis	46
	Cálculo do número de painéis necessários	52
5.3	Exemplo de dimensionamento para instalação segundo CRITÉRIO B	52
	Cálculo da superfície dos painéis	52
	Cálculo do número de painéis necessários	55
5.4	Tabela resumida dos métodos de dimensionamento	56
	Segundo o CRITÉRIO A	58
	Segundo o CRITÉRIO B	58
Capítulo 6 Modalidades de instalações		59
6.1	Disposição de mais painéis em série ou em paralelo	62
6.2	Aterramento	63
6.3	Nível de pressão	63
6.4	Válvula de segurança	63
6.5	Purgar o ar	64
6.6	Limpeza do círculo solar	64
6.7	Verificação de vazamento na instalação solar	66
6.8	Esvaziar a instalação solar	66
6.9	Enchimento da instalação solar	67
6.10	Regular a vazão dos coletores	68
6.11	Verificar a regulagem na central de regulagem	68

6.12	Liste de verificação e controle	69
	Lista de verificação e controle : Sessão projeção / instalação sistema solar	69
	Lista de verificação e controle: Sessão colocada em exercício ...	70
	Lista de verificação e controle: Sessão manutenção	71
Capítulo 7	Cálculo do vaso de expansão	73
	Exemplo	74
Capítulo 8	Dimensionamento da instalação	77
8.1	Reservatórios térmicos de 200-300-430-550-1000 litros com dupla serpentina .	78
8.2	Reservatório de 150 litros com uma serpentina	80
8.3	Coletor solar Beretta	81
8.4	Coletor solar a vácuo Beretta	82
8.5	Grupo hidráulico: Kit hidráulico de retorno de 150L	82
8.6	Grupo hidráulico: Kit hidráulico de retorno	83
8.7	Grupo hidráulico: Kit hidráulico TOP	84
Capítulo 9	Manutenção	85
	Refratômetro manual	86
	Controle regular	86
	Manutenção ordinária	87
Capítulo 10	Esquema de instalação	89
Capítulo 11	Unidade de medidas	97
Capítulo 12	Normas	101
12.1	Normas italianas sobre a utilização dos painéis	101
12.2	Normas italianas e internacionais sobre construções dos componentes dos painéis solares	102
Apêndice A	bibliografia	105

O panorama energético

O Sol é a principal fonte de energia do nosso planeta.

Vivemos em um planeta pequeno, muito pequeno comparado às dimensões do Sol e do Sistema Solar.

O Sol, a nossa fonte de energia, é como uma fornalha um milhão de vezes maior que a Terra, acesa a 150 milhões de km de distância. A potência de sua radiação sempre aqueceu a Terra.

Esta radiação permitiu a criação da atmosfera, da vida e da geração das fontes de combustíveis fósseis que hoje utilizamos (gás natural, petróleo, carvão...).

Os combustíveis fósseis são gerados por processos de decomposição orgânica de organismos vivos e, para essa formação, foi necessário muito tempo.

Estima-se que a quantidade de combustível fóssil queimado hoje em um ano precisou de um milhão de anos para ser formado!

O ritmo atual da demanda de consumo energético não é compatível com a disponibilidade natural do ecossistema Terra - atmosfera - recursos.

Nos próximos 40-50 anos, haverá uma notável diminuição da disponibilidade de recursos, enquanto a população da Terra continuará a aumentar.

Existem tabelas que mostram projeções em longo prazo relacionadas ao mercado energético; todas as informações que obtemos concordam em demonstrar que entre 15-25 anos, no máximo, teremos um ponto em que a demanda superará a oferta.

Fig. 1.1
Diagrama do consumo mundial de petróleo, gás e carvão de 1965 a 2005 e linha da tendência da população do mundo em milhões de habitantes.

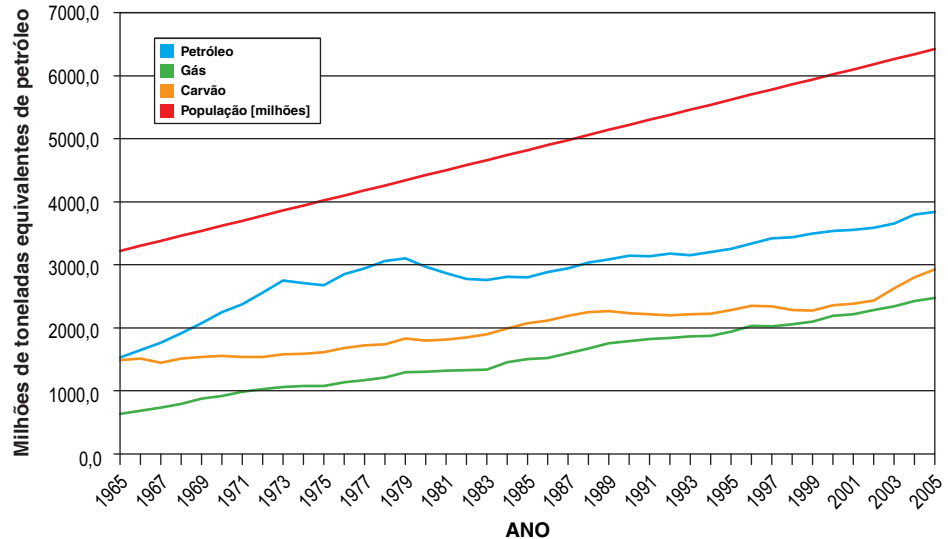
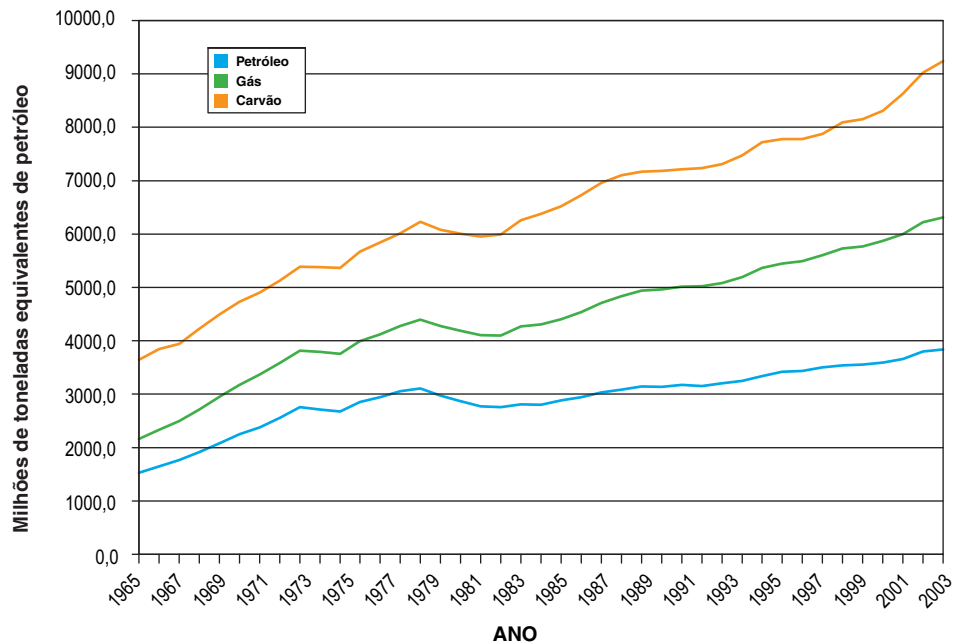


Fig. 1.2
Diagrama do consumo mundial de petróleo, gás e carvão acumulado de 1965 a 2005



O consumo segue a mesma linha de tendência do crescimento da população:

- Crescimento médio anual avaliado nos últimos 40 anos = 80 milhões de habitantes por ano;

- Crescimento do consumo total médio nos últimos 40 anos = 140 milhões de toneladas de petróleo equivalente ao ano.

Esse incremento médio de consumo anual é igual a atual capacidade produtiva do Kuwait.

Todos esses valores foram feitos supondo-se que as fontes continuarão sendo usadas do mesmo modo que hoje e, nas previsões mais otimistas, que serão introduzidas e incrementadas fontes de energias alternativas, tais como: hidroelétricas, eólicas, de biomassas, geotérmicas, solar fotovoltaico e solar térmico.

A discussão abre um panorama enormemente complexo. É um argumento de escolhas políticas globais e temáticas de equilíbrio sócio-político.

De fato, a única medida concreta, imediatamente aplicável, é procurar minimizar as previsões otimistas e passar a adotar, o mais rápido possível, as energias hoje definidas como **alternativas**.

A Comunidade Européia, em acordo com a norma 2001/77/EC, apresentou um programa de desenvolvimento das energias renováveis que indica o percentual de energia obtida de fontes alternativas a respeito do consumo anual total e a sua projeção para o ano 2010.

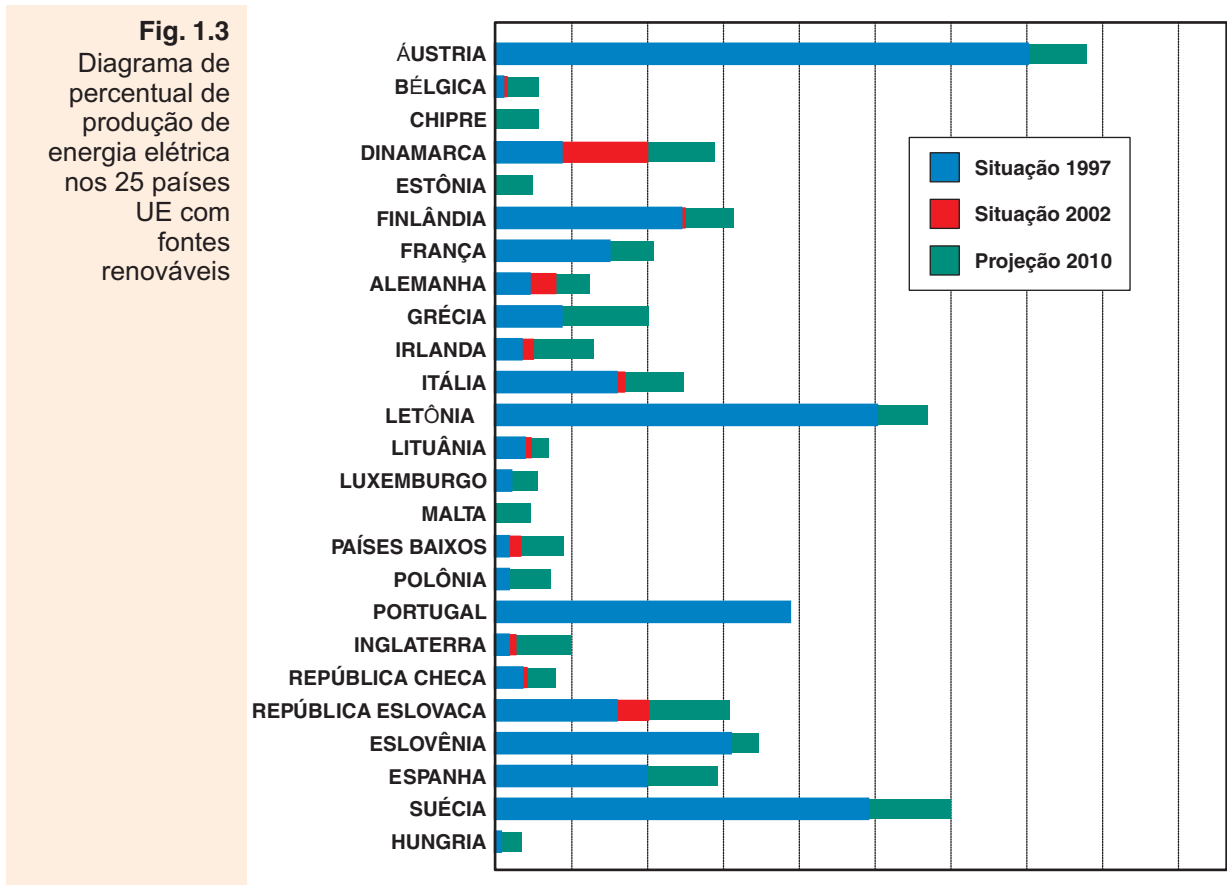
As tabelas se referem à produção de energia elétrica:

Tabela 1.1 - Fator de incremento = MWh(2010) / MWh(1995)

Tipo de Energia Renovável = RE	1995		2010		Fator de incremento
	MWh x 1000	%	MWh x 1000	%	
Hidroelétrica	307	13,0	355	12,4	1,2
Biomassa	22,5	1,0	230	8,0	10,2
Eólica	4	0,2	80	2,8	20,0
Geotérmica	3,5	0,2	7,0	0,2	2,3
Fotovoltaica	0,03	-	3	0,1	1440,0
RE total	337	14,3	675	23,5	2,0

O fator de incremento programado é igual a 2.

As divisões nos vários países foi assim acordada:



Como vemos no diagrama, o quadro não é assim tão negativo, mesmo se os dados se referissem somente à energia elétrica. Na realidade, os combustíveis fósseis são utilizados para produzir diretamente energia para a indústria, para indústria química, para o aquecimento e para a locomoção... Em suma, para produzir toda a energia convertida em itens materiais que utilizamos!

Antes que apresentar hoje as previsões para amanhã, é necessária uma série de informações para entendermos onde estamos.

Estima-se que as reservas de petróleo subterrâneas são de 5 bilhões de barris, suficientes para satisfazer o consumo do mundo pelos próximos 70 anos.

Por exemplo, se considerarmos o consumo atual de petróleo das principais macroáreas terrestres e o dividirmos pela relativa população, veremos que: cada americano consome 26 barris/ano, cada europeu 12, cada chinês só 2 (a China representa hoje somente 1,8% do consumo mundial).

Citamos, a seguir, exemplos que nos ajudarão a entender alguns dos motivos que estão na base de tal disparidade: o sistema de condicionamento USA, que

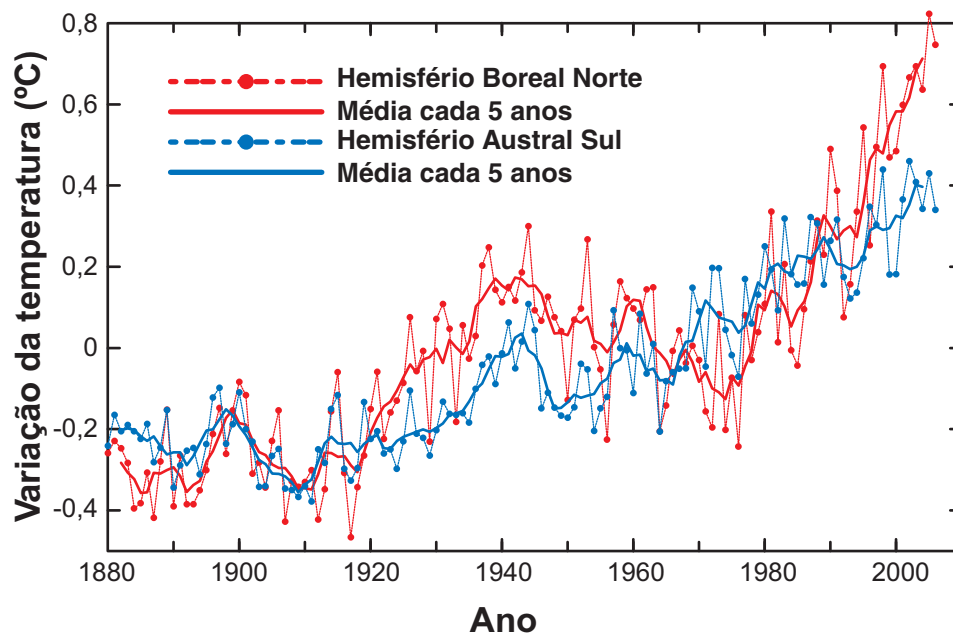
utiliza uma faixa de temperatura diferente da Europa. O *set-point* de temperatura para o aquecimento é geralmente superior a 2 ou 3°C, enquanto o condicionamento de verão, nos USA, se utiliza um *set-point* fixo de 18°C. Enquanto na Europa se eleva ao máximo de 7°C comparada a temperatura externa; estima-se que o mercado norte-americano tenha um consumo geral 30% maior.

E ainda: o consumo médio de um automóvel americano é de 7km/litro, enquanto o de um automóvel europeu é de 13km/litro. Uma diferença de 6km/litro que, multiplicado pelo número de automóveis que circulam nos USA, corresponde a toda produção petrolífera do Irã.

Economizando e utilizando objetos mais eficientes sem renunciar a nada é possível minimizar o impacto do homem sobre o meio ambiente, prolongando a utilização do hidrocarboneto para dezenas de anos enquanto se aguarda o desenvolvimento de tecnologias sempre mais avançadas com “peso” ambiental cada vez mais reduzido.

Na realidade, o consumo desenfreado de petróleo e gás como combustíveis produz poluentes atmosféricos e de dióxido de carbono, CO₂, principal culpado do efeito estufa que vemos no sistema atmosférico e que conduz a um aumento contínuo de temperatura.

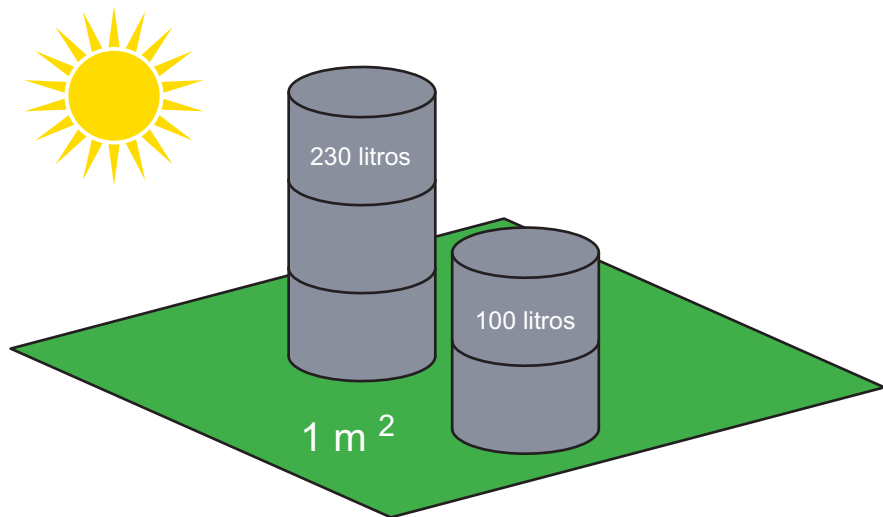
Fig. 1.4
Diagrama da
variação de
temperatura
dos hemisférios
de 1880
a 2006



Pensamos que, no panorama atual, a contribuição feita pelos painéis solares para a produção de água quente sanitária faz parte das ações necessárias e indispensáveis para a diminuição do consumo, economizando desde já.

Com base nas considerações e nos cálculos que exporemos a seguir, é possível afirmar que a utilização de painéis solares térmicos podem produzir um equivalente de petróleo avaliado em 100-230 litros/ano/m², ou seja, em cerca de 0,6-1,4 barril de petróleo/ano/m² que, se confrontado com o consumo médio por pessoa acima exposto, são dados que merecem ser levados em consideração.

Fig. 1.5
Um barril de petróleo:
equivale ao rendimento energético/
1m² solar



1 barril = 158,98 litro

A fonte energética solar

O Sol é a principal fonte de energia do nosso planeta.

O Sol irradia energia no espaço com uma potência de emissão total de $3,83 \times 10^{26}$ W. O relativo fluxo aos confins da nossa atmosfera é igual a 1353 W/m². Este valor é chamado “constante solar”.



$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo}}$$

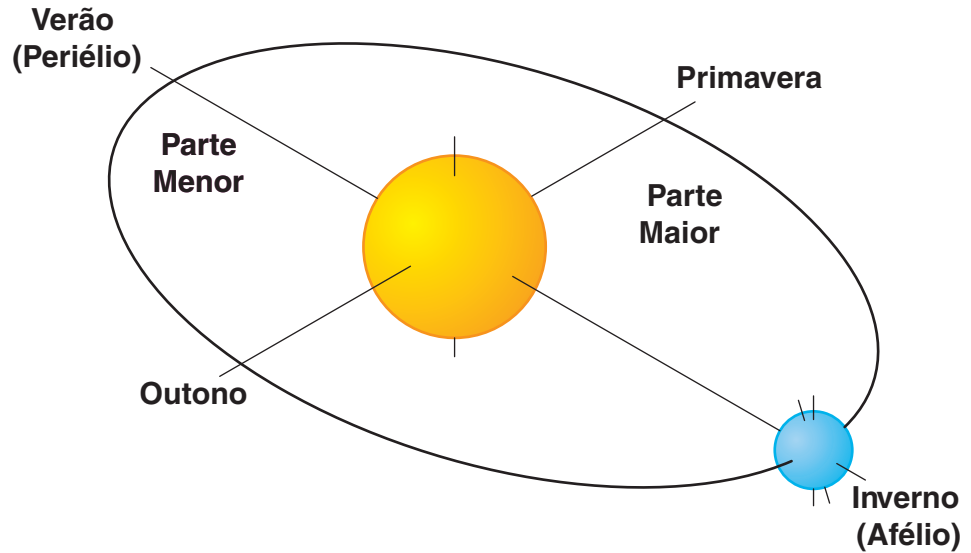
A órbita da Terra em torno do Sol não é circular, mas elíptica (com excentricidade 0,01672), o que faz variar a distância Terra-Sol no mínimo em 147 milhões de km (*periélio*, em janeiro) a um máximo de 152 milhões de km (*afélio*, em julho).

A distância média Terra-Sol é igual a 149,6 milhões de km e vem a ser também uma unidade de medida **UA = Unidade Astronômica**.

A representação aqui mencionada, mostra, em escala logarítmica, a dimensão do sistema Sol-Terra, porque é quase impossível a representação exata desse sistema em escala sobre uma folha.

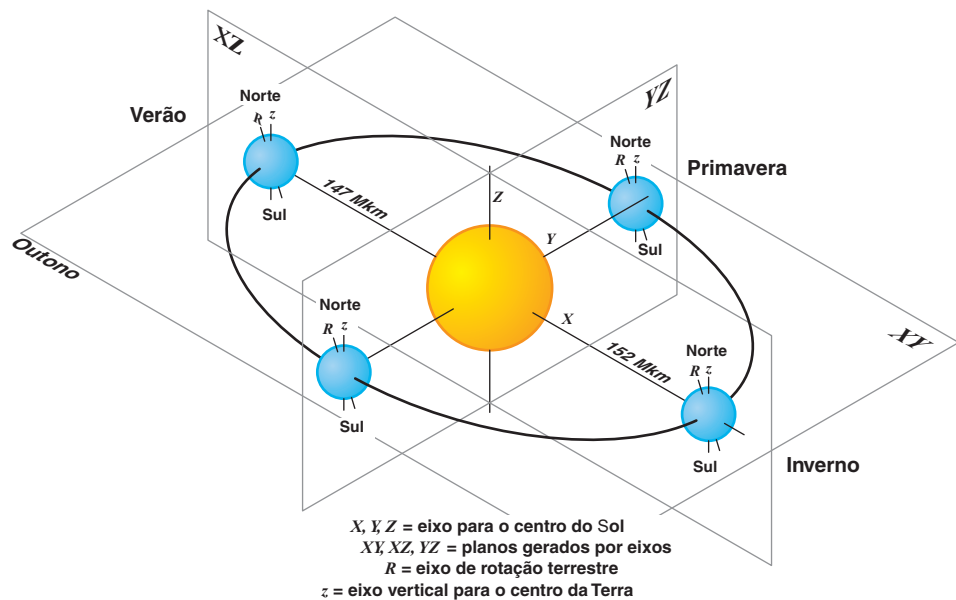
De fato a Terra tem um diâmetro de 12.756 km, o Sol de 1.390.000 km (é 108,9 vezes maior que a Terra) e a distância Terra-Sol é de 149.600.000 km (ou seja, 11.730 vezes o diâmetro terrestre).

Fig. 2.1
Órbita elíptica da Terra em torno do Sol (representação em escala logarítmica a base 10)



Contrariamente ao que se acreditava, não é a variação da distância do Sol que determina a alternância das estações, mas um mecanismo completamente diferente, ligado à inclinação do eixo polar terrestre.

Fig. 2.2
Sistema Sol-Terra com a posição dos planetas nas 4 estações



As estações pelo hemisfério austral (Sul) são determinadas pelas seguintes condições:

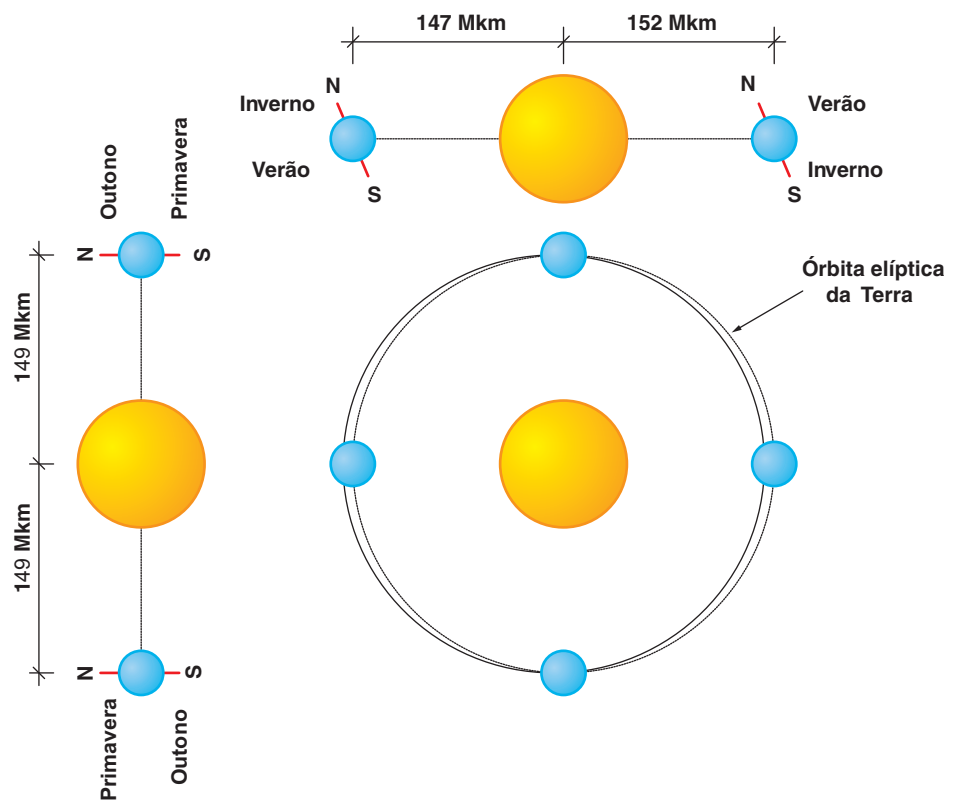
Tabela 2.1 - Terra-Sol: posição, distância e estações

Estações	Distância Sol-Terra [Milhões de km]	Posição da linha central Rotação da Terra R Ângulo z-R = 23,45°	Rotação da linha central Da Terra R anti-horário Considerando z
Primavera	149	Plano z-R paralelo no plano XZ passa por Y=-149	Z e R estão em planos Paralelos
Inverno	152	No plano XZ	Norte do eixo R em direção Ao Sol de z-R = 23,45°
Outono	149	Plano z-R paralelo no plano XZ passa por Y=+149	Z e R estão em planos Paralelos
Verão	147	No plano XZ	Norte do eixo R é oposto Ao Sol de z-R = 23.45°



O eixo polar da Terra tem uma inclinação em cerca de 23,45°

Fig. 2.3
Representação dos estágios com projeção nos planos horizontais XY e verticais XZ e YZ



A combinação dos efeitos da rotação da Terra ao redor do Sol e da rotação da Terra ao redor do seu próprio eixo determina as estações.

Portanto, assim se configuram as estações (por exemplo o hemisfério superior dito boreal):

- Verão: distância Terra-Sol = 147 milhões de km, inclinação do eixo terrestre $23,45^\circ$ em direção ao Sol.
- Inverno: distância Terra-Sol = 152 milhões de km, inclinação do eixo terrestre $23,45^\circ$ em direção oposta ao Sol.

Quando o Sol e a Terra se encontram em cima do eixo menor da elipse de rotação, tem-se o equinócio de primavera e de outono, ou quando se tem exatamente 12 horas de dia e 12 horas de noite.

No verão, as radiações solares são recebidas por um tempo maior de 12 horas “canônicas” e, sobretudo, com grande inclinação a partir do solo: a terra acumula uma maior quantidade de calor (maior a partir do período invernal ou para o outro hemisfério) e o ar permanece mais quente.

O calor (ou o frio) que nós sentimos não depende diretamente da radiação solar, mas do calor armazenado no solo: isto explica porque perdemos temperatura rapidamente quando saímos do nível do mar, em média de, em condições de verão, 1°C a cada +200m. Assim, na montanha, onde a radiação solar é maior porque estamos mais próximos do Sol, a temperatura é, conseqüentemente, inferior em relação a planície.

Isto, em particular, nos faz refletir sobre a peculiaridade do nosso planeta: de fato o calor acumulado no solo se dispersa e se acumula muito rapidamente, a fim de permitir uma oscilação de temperatura entre o dia e a noite de $5-30^\circ\text{C}$; um período de rotação também um pouco diferente tornaria a vida muito mais difícil: se fosse mais longo, por exemplo, a parte escura da Terra se tornaria gelada e a parte iluminada tórrida.

De fato o valor da constante solar é um valor médio entre o verão e o inverno; o valor maior é no inverno e o menor durante o verão, com uma oscilação média em torno de $\pm 3\%$.

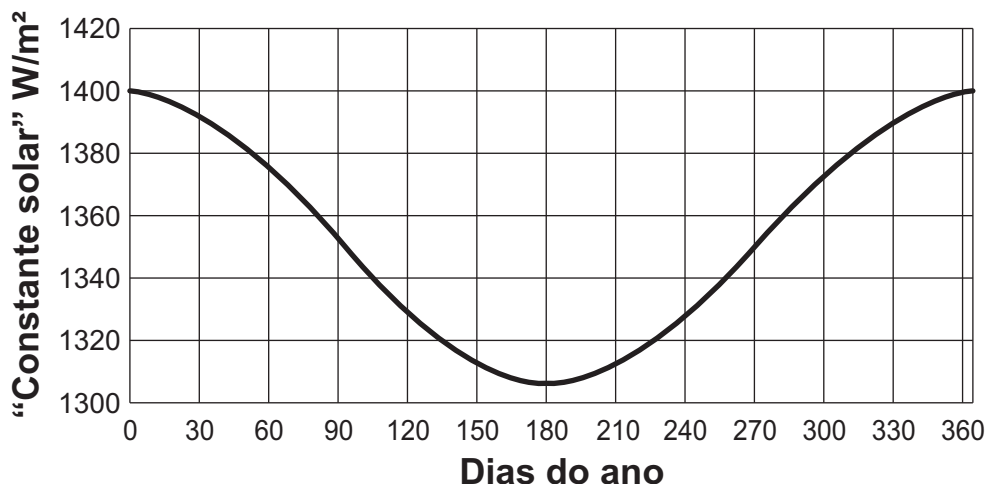
Esta variação deve-se à rotação da Terra sobre uma órbita elíptica que a leva a estar mais perto do Sol durante o período de verão (periélio, 3-5 de janeiro) e mais distante no inverno (afélio, 5 de julho).

Para a estimativa da constante solar I no dia N do ano, usa-se normalmente a expressão:



$$I = 1353 \cdot \left[1 + 0,034 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot N}{365,25} \right) \right] \text{ W/m}^2$$

Fig. 2.4
Diagrama dos valores da constante solar



Para saber a quantidade de massa de ar que nos envolve, foi definida, em nível internacional, a Massa de Ar Unitária (sigla MA1), intensa como a espessura da atmosfera padrão perpendicular aos raios do Sol, quando este está no Zenith e ao nível do mar.

Esta camada da atmosfera convencional tem uma espessura de cerca de 150 km.

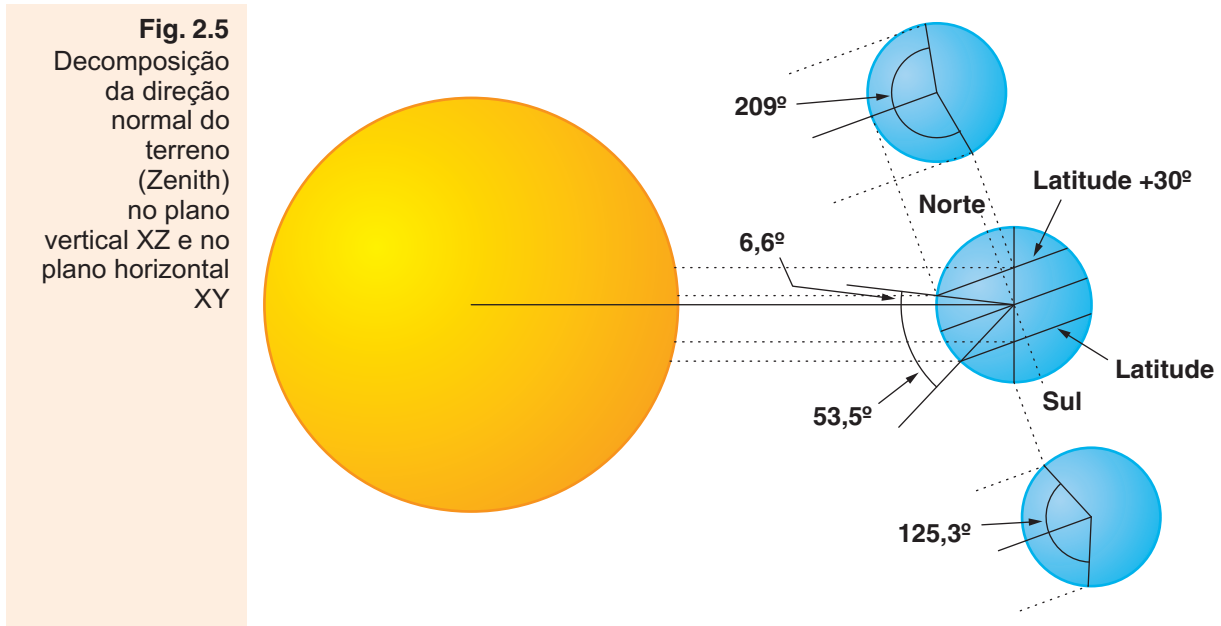


Massa de Ar Unitária = 150 km de ar

Em função da latitude e da hora do dia, o ângulo de inclinação z (ângulo de Zenith) entre a perpendicular do terreno e a direção dos raios solares muda, e por conseqüência, varia o valor da camada do ar: as nossas latitudes podem também atingir 1,5 a 2 vezes AM1.

Vamos a um exemplo em correspondência do solstício de verão no hemisfério norte um lugar com latitude de $+30^\circ$: o dia dura 209° sobre $360^\circ = 24 \times 209 / 360 = 13,93 = 13\text{h } 56'$ (o dia mais longo do ano).

No mesmo dia, no hemisfério austral em um lugar com latitude -30° , o dia dura $125,3^\circ$ sobre $360^\circ = 24 \times 125,3 / 360 = 8,35 = 8 \text{ h } 21'$ (o dia mais curto do ano).



Ao meio-dia, na superfície terrestre, há uma perpendicular inclinada com ângulo de $6,6^\circ$ a partir dos raios do Sol no plano vertical, ao amanhecer e ao pôr-do-sol, no plano vertical, 90° e a partir do plano horizontal $209^\circ / 2 = 104,5^\circ$.

Este ângulo espacial que nós decompomos em duas partes (vertical e horizontal) foi definido ângulo de Zenith.

A segunda posição relativa Sol-Terra, do dia e da hora em que nos encontramos, temos, para cada ponto do planeta, um determinado ângulo de Zenith.

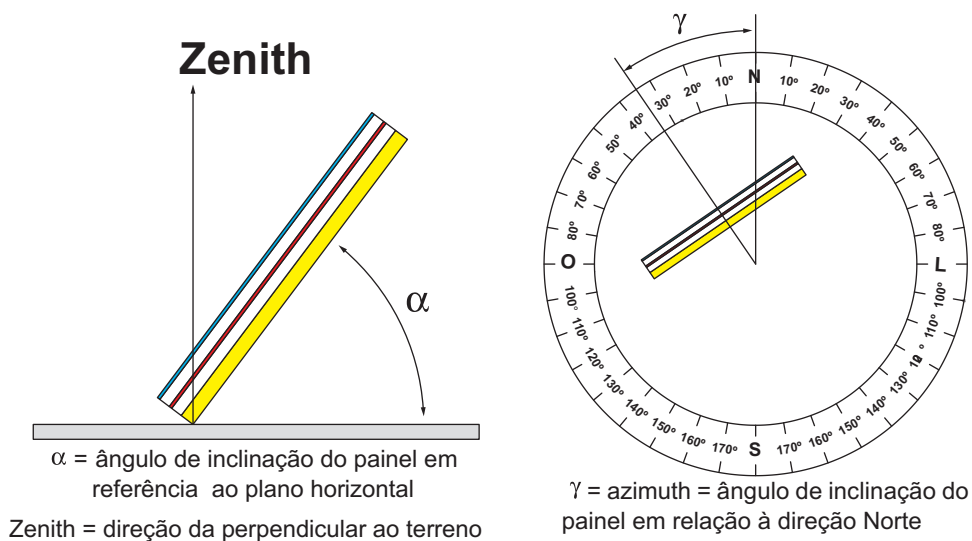
Existem cálculos complexos que permitem determinar o valor exato desse ângulo.

Por este motivo, devemos ter em conta a orientação relativa do plano do nosso painel, em relação ao Sul para o hemisfério boreal e em relação ao Norte para o hemisfério austral e da inclinação efetiva do mesmo em relação ao plano terrestre.



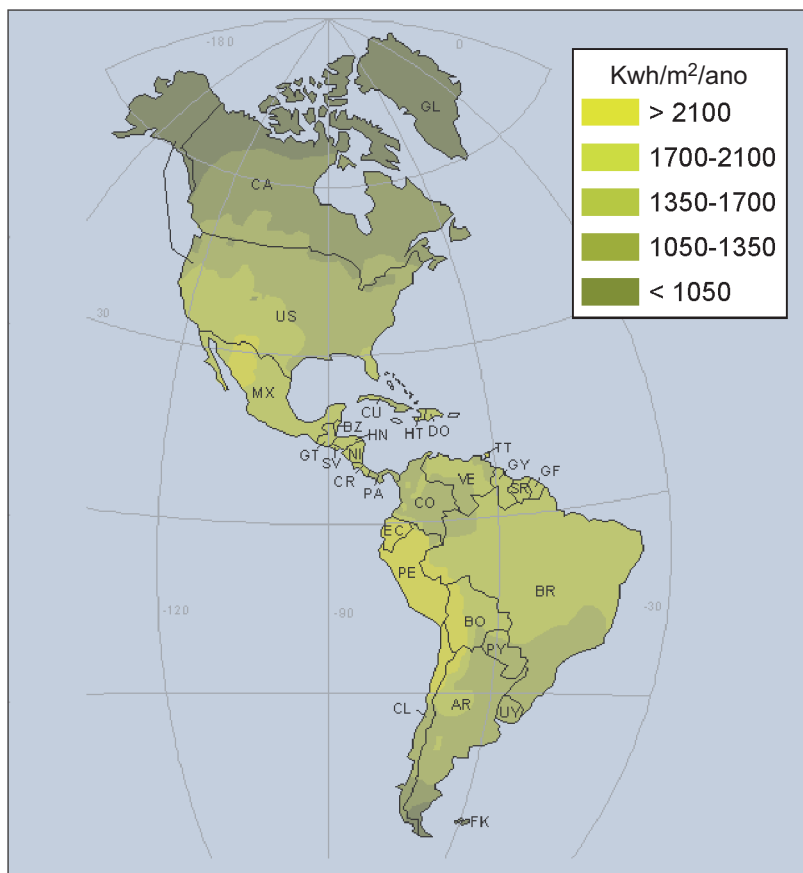
No hemisfério austral a condição ideal é em direção Norte.

Fig. 2.6



Com o propósito de utilizar todas as informações úteis a fim de conhecer o verdadeiro valor da radiação no terreno, relatamos, no mapa, o valor total de energia transferida do Sol a superfície terrestre no período de um ano.

Fig. 2.7
 Radiação específica anual sobre a planície horizontal em kWh/m²/ano



O valor da energia total é expresso em kWh/m²/ano que corresponde a:



$$1 \text{ kWh} = 859,9 \text{ kcal} \approx 860 \text{ kcal}$$

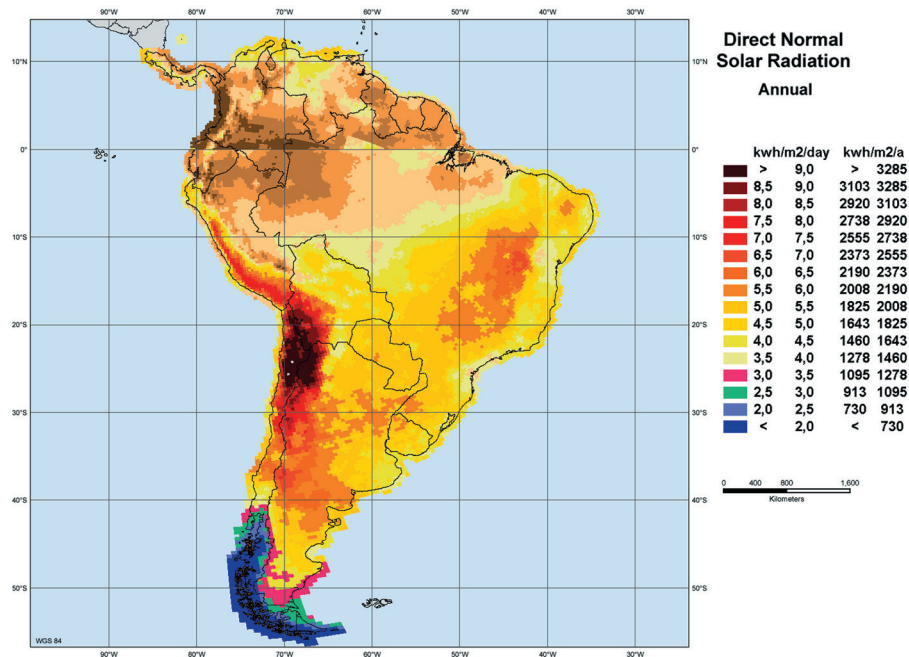
Pois 1 kcal aquece 1 kg de água a 1°C, se, por exemplo, quisermos aquecer de 15 a 40°C com um valor térmico de 25°C, quer dizer que:



$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal} \Rightarrow \frac{860}{25} = 34,4 \text{ litros de água quente a } 25^\circ\text{C}$$

Outro importante diagrama para o dimensionamento mostra, para a América do Sul, o valor do ângulo que o painel deve ter como referência a horizontal do solo para ter o máximo valor de radiação solar na hipótese de orientação Norte, ou ângulo de azimuth = 0.

Fig. 2.8
Mapa da América do Sul: ângulo da inclinação ótimo em referência ao solo



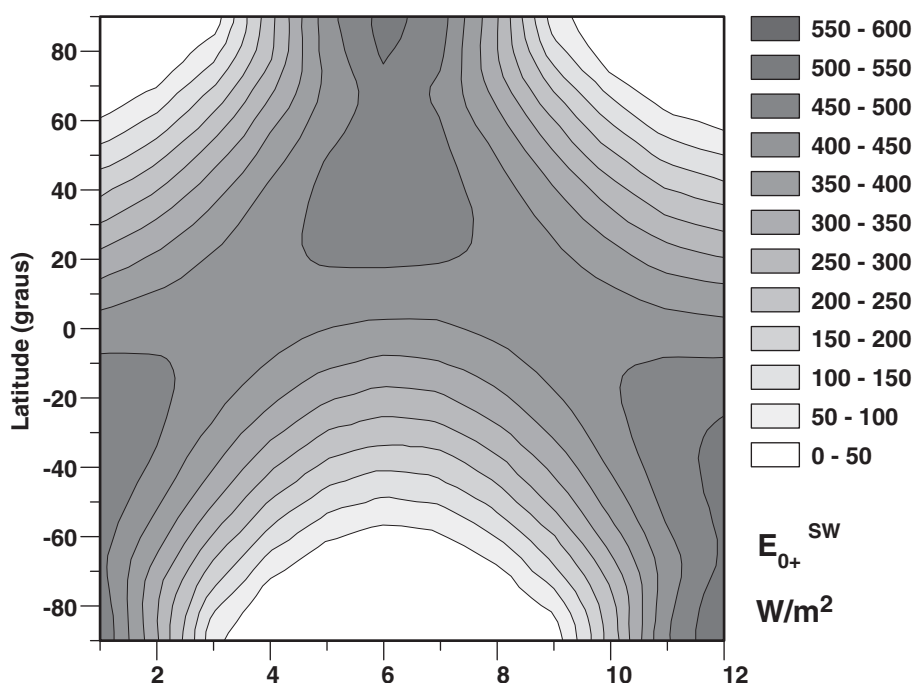
Comparando o mapa da inclinação ótimo do painel em referência ao solo com o mapa da América do Sul com indicação das latitudes, observa-se que o valor do ângulo ótimo corresponde aproximadamente ao valor da latitude.



ÂNGULO ÓTIMO DO PAINEL DE INCLINAÇÃO = LATITUDE°

A seguir, apresenta-se um outro mapa, com o valor médio da radiação diária sobre a superfície da Terra em um gráfico que tem por eixos o mês e a latitude. Deduz-se que a zona onde a média é máxima corresponde aos pólos durante os dias de verão, onde o Sol é sempre visível. Pólo Norte nos dias de verão e Pólo Sul durante os dias de inverno.

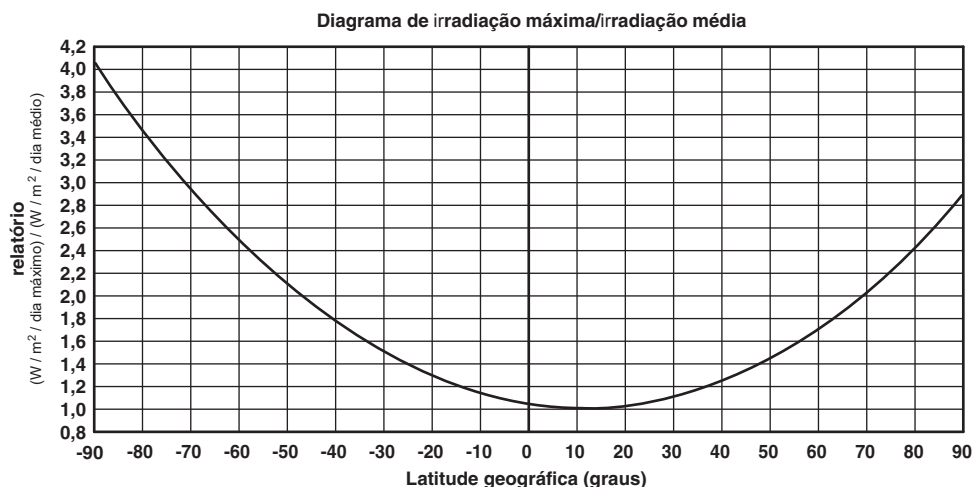
Fig. 2.9
Diagrama da radiação ao solo médio diário em função da latitude e dos meses



O diagrama de irradiação média diária no solo é em função da latitude e dos meses, reelaborado em termos de relativos entre energia máxima Disponível nos dias de maior radiação e o valor médio anual,

Mostra a variável k que nós utilizaremos para dimensionar o impacto solar em função da nossa posição geográfica (latitude).

Fig. 2.10
 Diagrama do valor da irradiação máxima em referência ao valor médio calculado no ano (k) com base na latitude



como se pode ver no gráfico, a irradiação não é igual entre o hemisfério Norte e o Sul, por causa da inclinação do eixo terrestre.

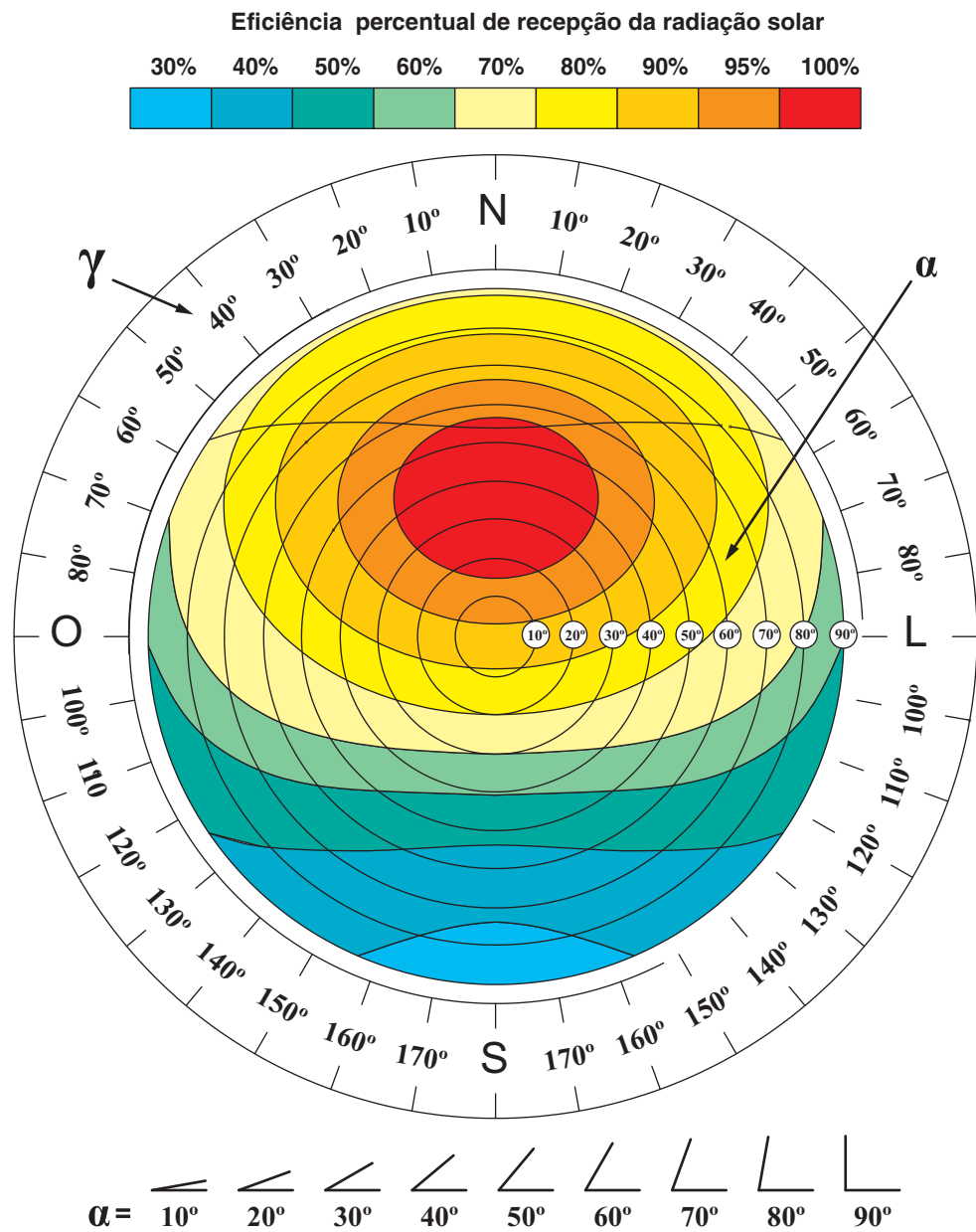
Tabela 2.2 - Conversão do gráfico da Fig. 2.10 em tabela com o coeficiente k

Lat°	k	Lat°	k
90	2,73	0	1,02
85	2,66	-5	1,05
80	2,61	-10	1,19
75	2,25	-15	1,21
70	2,16	-20	1,28
65	1,98	-25	1,31
60	1,74	-30	1,39
55	1,66	-35	1,49
50	1,52	-40	1,58
45	1,43	-45	1,76
40	1,36	-50	1,83
35	1,29	-55	2,20
30	1,24	-60	2,46
25	1,20	-65	2,73
20	1,17	-70	3,21
15	1,06	-75	3,54
10	1,02	-80	3,75
5	1,01	-85	4,11
0	1,02	-90	4,16

2.1 Regra prática para a verificação das condições de eficiência

O diagrama mais simples e eficaz de utilizar é aquele dado em função da posição (ângulo de azimuth) e da orientação do painel (ângulo de inclinação do painel em relação ao solo). Utiliza-se impondo a nossa orientação, por exemplo = 60° NO e os valores das inclinações em referência ao solo do painel, por exemplo = 40°. Correspondente a esses dois valores se obtém uma eficiente recepção em %. Com os dados obtidos tem-se o resultado igual a 90%.

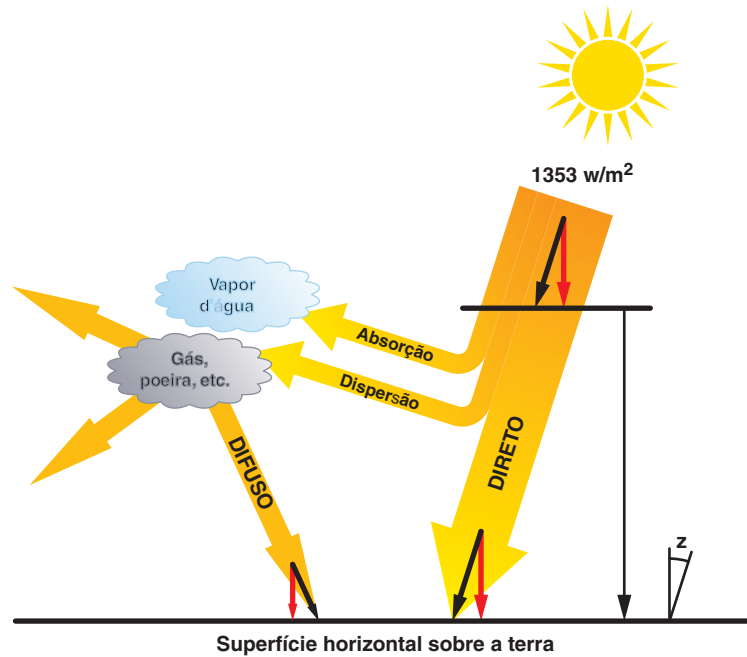
Fig. 2.11
Diagrama eficiência e percentual de recepção solar



A combinação dos fatores depende da posição e da disposição, somadas a natural presença de fenômenos atmosféricos, como a presença de nuvens e vento, determina o valor da radiação efetiva.

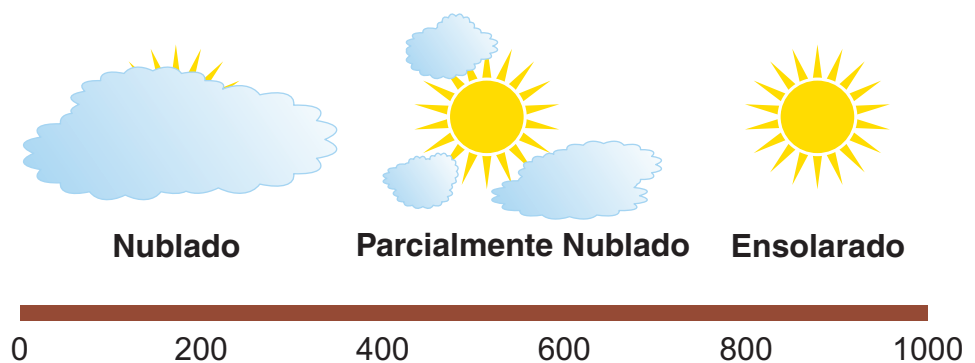
Resumindo, os raios solares penetram na atmosfera e originam dispersão (*scattering*) e difusão até produzir um valor real sobre a perpendicularidade do terreno, compreendida entre 100 e 1000 W/m².

Fig. 2.12
Descomposição do raio solar na passagem pela atmosfera



O valor real da potência de radiação transmitida ao terreno é outra função das condições meteorológicas.

Fig. 2.13
Potência ao terreno em função da presença de fenômenos atmosféricos W/m²



Um exemplo prático de valorização da potência colocada no território é aquele de validar quanta energia é necessária para a produção e a estocagem em um reservatório de 200 litros de água, captada a 15°C e elevada a 55°C.



$$Q = m \cdot C_p \cdot T$$

Em que:

- m = massa d'água;
- Cp = calor específico = 1kcal/kg/°C;
- T = diferença de temperatura (final-inicial).

Enquanto:



$$Q = 200 \text{ kg} \cdot 1\text{kcal/kg/}^\circ\text{C} \cdot 40 \text{ }^\circ\text{C} = 8000 \text{ kcal}$$

Dado que (ver capítulo sobre unidades de medidas) 1 kcal = 1,16/1000 kWh = 1/860 kWh:



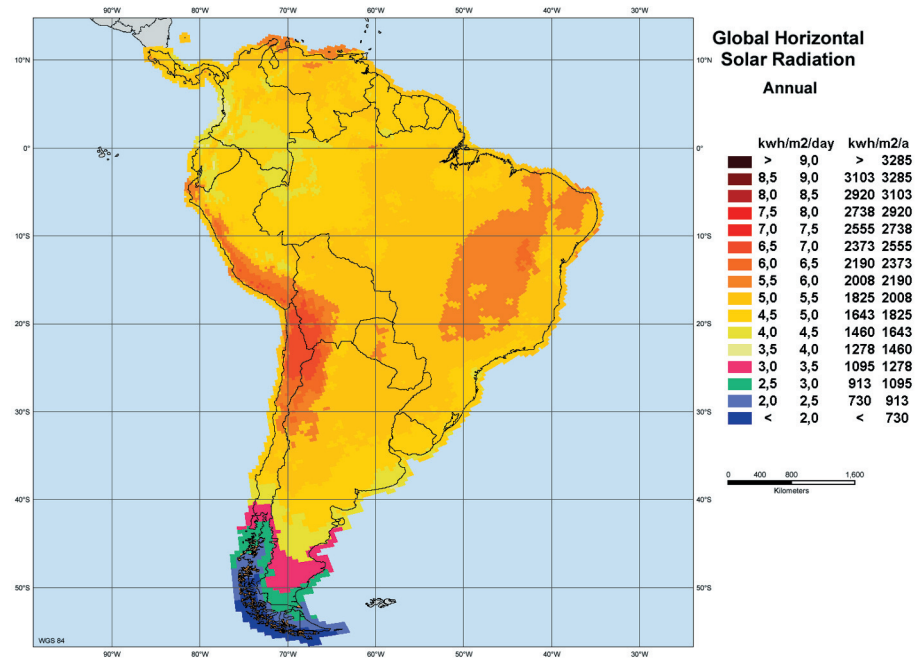
$$Q = 8000 \cdot \frac{1,16}{1000} \text{ kWh} = 9,28 \text{ kWh}$$

Utilizando o mapa de irradiação solar anual, podemos notar que se, por exemplo, nos encontramos em Caxias do Sul, onde o calor anual da área é de 1750 kWh/m²/ano, significa que para a produção dos 9,28 kWh = 9,28x365 dias/ano = 3387 kWh/ano ocorre que 3387/1750 = 1,94m² de superfície.¹

1. A superfície do painel efetiva corresponde a tal valor dividido pela eficiência total do painel.

A mesma solicitação feita no Brasil para a faixa de território irradiada 1900 kWh/m²/ano comporta, por outro lado, a demanda de $(9,28 \times 365) / 1200 = 3387 / 1900 = 1,8 \text{m}^2$ de superfície¹.

Fig. 2.14
Mapa do valor de kWh/m²/ano mostrando a superfície em função da posição

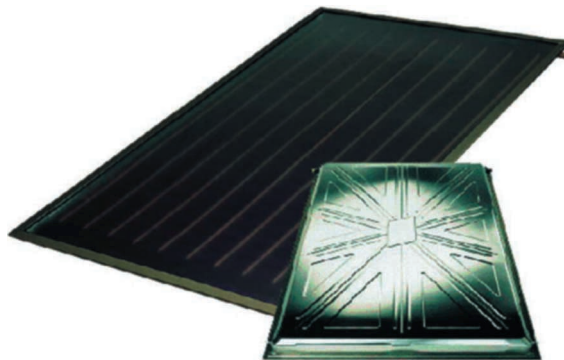


Os painéis solares

3.1 Coletor plano

O painel solar plano consiste em um sistema de captação, colocado no interior de um revestimento termicamente isolado e fechado, na parte superior por um lastro de vidro temperado. O vidro é transparente à radiação e permite uma eficiente transmissão de radiação solar. A parte interna definida absorve o calor, contém tubos de cobre nos quais circula o fluido a ser aquecido. Este tipo de painel pode ser utilizado, com as devidas precauções, durante todo o ano.

Fig. 3.1
Painel solar
plano



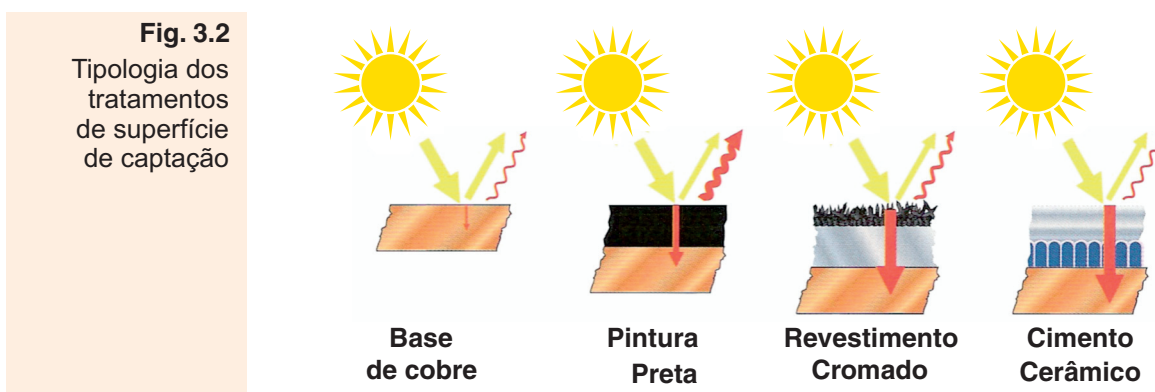
Coletor não seletivo - o painel tem um captador não tratado superficialmente para a absorção dos raios infravermelhos. A sua coloração reduz a reflexão, mas não é capaz de absorver completamente a radiação solar como o tipo seletivo. Tem um custo menor comparado ao tipo seletivo, mas também apresenta uma eficiência muito inferior. É indicado para usar principalmente em residências no período de verão e encontra ampla utilização nos sistemas de circulações naturais.

Apresenta uma eficiência inferior: absorção de 92% a 94% e emissões (perdas) de até 80% com pouca retenção da energia térmica absorvida.

Coletor seletivo - o painel tem um captador especialmente tratado sobre a superfície e permite desfrutar dos raios infravermelhos, tendo em vista a melhor absorção da radiação solar e reduzida reflexão. Este painel é mais caro, porém mantém uma boa eficiência também durante os meses de inverno.

Reduzida reflexão: absorção de 95%, emissões (perdas) de apenas 5% com retenção de 90% da energia térmica absorvida.

A superfície externa de captação do coletor solar é tratada com diversas metodologias que caracterizam as propriedades. A coloração externa final do tratamento do absorvedor é sempre de cor azul-escuro.

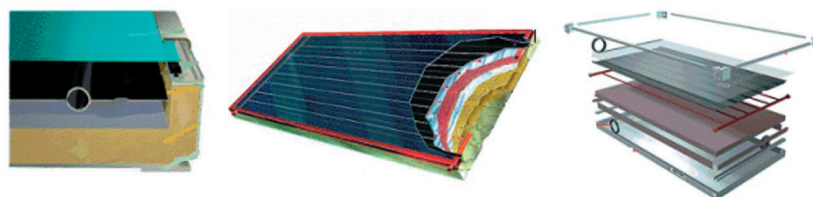


Os materiais utilizados para o tratamento superficial são:

- Depósito superficial de cobre;
- Tinta preta à base de níquel;
- Revestimento com depósito de cromo;
- Revestimento com depósito de cimento composto de óxido de metal e cerâmica.

Os painéis são assim compostos pela base externa, pelo sistema captador, pelo painel isolante inferior, unidos por um chassi externo.

Fig. 3.3
Componentes
de um painel
solar plano



3.2 Coletor a vácuo

Os coletores a vácuo são coletores de altíssima eficiência.

Os captadores solares são colocados dentro dos tubos, nos quais foi criado o vácuo, para reduzir as perdas de calor por convecção e condução. Os tubos são similares a dos “termos”, onde a importância do vácuo é um meio de reduzir notavelmente o mecanismo de dispersão térmica.

Podem ser de três tipos:

A. Tubo a vácuo ou fluxo direto: no interior de um tubo a vácuo o captador do tipo seletivo transforma diretamente o calor num fluido de troca. Podem ser orientados, através da rotação do tubo, em direção do Sol no momento da instalação; ou podem ser montados sobre tetos planos, pois o fluido de troca (água e glicol) é diretamente convertido pela bomba do circuito solar.

B. Tubos a vácuo com trocador de calor tipo *heat pipe* (tubo de calor): no interior do tubo a vácuo, o captador do tipo seletivo converte o calor em um tubo de calor *heat pipe*, onde no seu interno escorre um fluido específico colocado na depressão que desfruta do princípio da evaporação e condensação do fluido.

O fluido acumula calor sobre o captador até a evaporação. Sucessivamente sobre o bulbo de troca na extremidade superior, cede o calor ao fluido do circuito solar (água e glicol), condensando-o.

Este tipo de captador necessita de uma inclinação mínima de 20°- 30° para garantir uma recaída do fluido condensado no sentido do captador.

C. Os tubos a vácuo “Sydney”: o tubo a vácuo tem dupla parede. A parede interna do tubo contém o captador e o tubo de circulação direta do fluido, água e glicol; a parte externa recebe os raios solares canalizados por espelhos refletores. Este sistema evita as perdas de calor entre o vidro e o coletor.

Os preços destes componentes são superiores em relação aos coletores do tipo normal, porém conserva uma ótima eficiência também nas condições de vento nos meses inverniais e climas muito frios.

Fig. 3.4
Painel solar
a vácuo



Fig. 3.5
Tubo a vácuo
a fluxo direto e
molhado

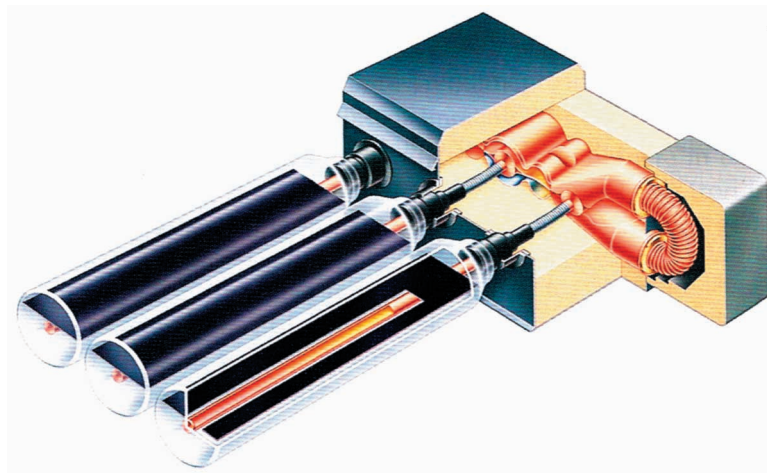


Fig. 3.6
Tubo a vácuo
tipo *heat pipe*

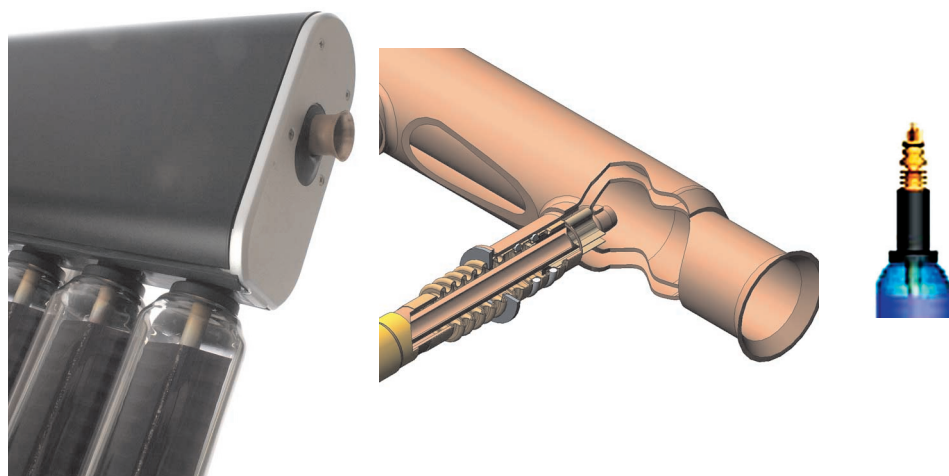
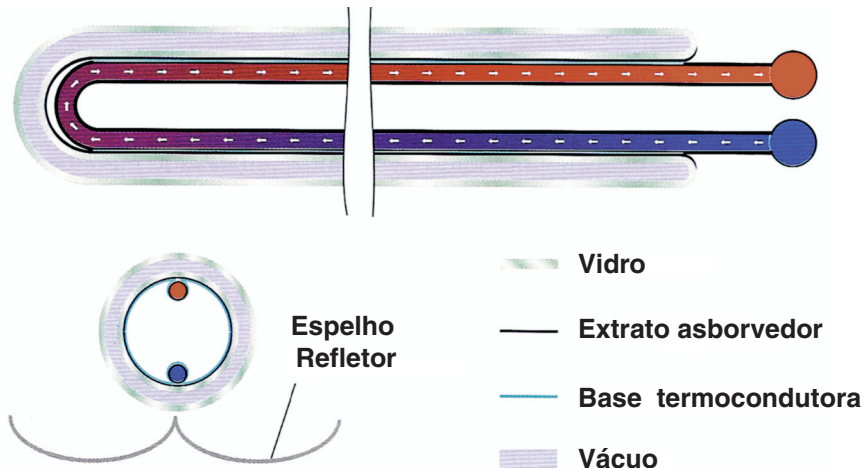
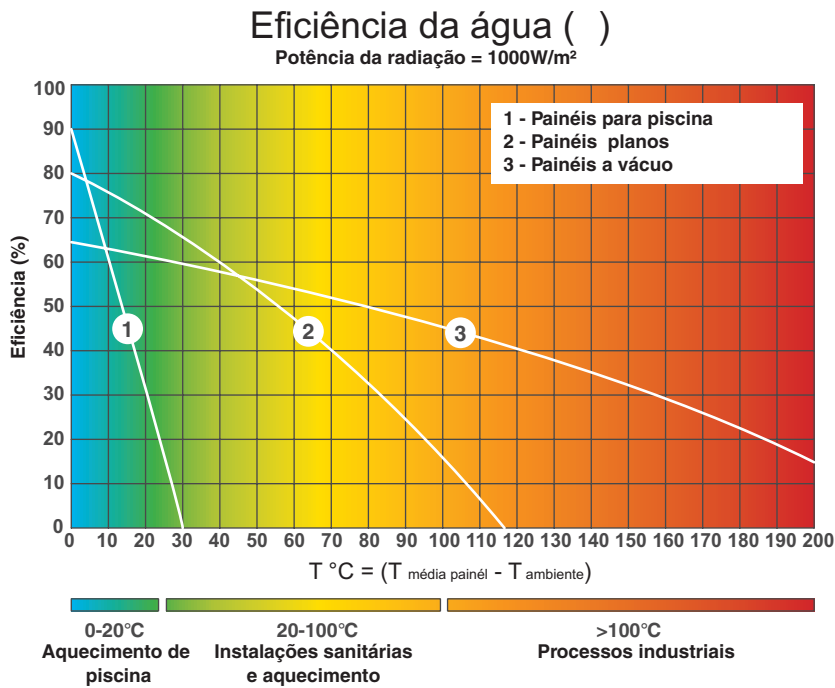


Fig. 3.7
Tubo a vácuo tipo Sydney



3.3 Eficiência da água dos sistemas coletores plano e a vácuo

Fig. 3.8
Diagrama da eficiência % em função da diferença de temperatura água-ambiente de instalação



A eficiência dos painéis solares é definida pela norma europeia EN 12975; é representada em valores percentuais e em função de três termos assim expressos:

$f(x)$

$$\eta_p = \eta_0 - \eta_1 - \eta_2$$

Onde:

- η_0 é a eficiência do painel em função da capacidade ótica de absorção e do fator de transmissão da cobertura, determinado em condição da temperatura *standard* (temperatura média do painel = temperatura ambiente);
- η_1 é a eficiência térmica linear dependente da diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura média do painel;
- η_2 é a eficiência térmica quadrática dependente do quadrado da diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura média do painel.

As curvas e os valores característicos dos coletores são determinados por institutos credenciados, que padronizam o desempenho com testes, segundo os métodos da norma EN 12975, como modo de garantir uma comparabilidade dos coletores.

O dado indicativo da eficiência do painel em condições de *standard* é η_0 .

Na realidade, utilizando os painéis para diversos empregos de produção ou com diferentes faixas de temperatura média d'água e da temperatura externa, obtém-se o diagrama representado, que põe em evidência as três curvas de trabalhos típicas das diversas tecnologias construtivas.

A eficiência real de um painel para as plantas de aquecimento é de cerca de 60%.



$$\eta_p = 60\% = 0,6$$

Para piscinas *swimming pool heating* existem dois particulares painéis de baixo custo, constituídos de simples tubos de material plástico de cor preta que transmite bem e com eficiência o calor apenas para diferença de temperaturas reduzidas. Como se pode notar pelo $T=20^\circ\text{C}$ a eficiência já é reduzida a 30%.

Isso significa que a utilização típica destes painéis é no período de verão, quando a temperatura do ar é alta e o valor da temperatura d'água no painel é similar, por isso a diferença de temperatura é pequena. Esse é o sistema ideal para manter a temperatura da piscina com um custo muito baixo.

O coletor plano tem um campo de uso muito amplo e é utilizado principalmente para produção de água quente sanitária e para centrais térmicas.

A utilização principal é para a produção de água quente sanitária, que necessita de um $T = 40-60^\circ\text{C}$, com um rendimento efetivo entre 60 e 70%.

A utilização ainda mais eficiente é aquela para a produção de água para o aquecimento, principalmente do tipo de baixa temperatura, onde a temperatura média d'água circulante no sistema fica em torno de 35°C; um T considerado baixo de 15-25°C nos meses de março-abril/setembro-outubro fornece uma eficiência >70%, enquanto, durante o período de inverno, supondo T maior em torno de 25-35°, alcança um rendimento em torno de 65-70%.

Os coletores a vácuo têm um campo de utilização ainda maior, são ótimos para produção de água quente sanitária e para centrais térmicas de calefação.

Para a produção de água quente sanitária, necessita de um $T = 40-60^{\circ}\text{C}$, com um rendimento >70%, enquanto para a calefação de sistemas a baixa temperatura a eficiência resulta em ser sempre superior a 70-75%.

Um último aspecto é a produção em nível industrial, pelo processo de produção, que vê como favorito o sistema de painéis a vácuo, sobretudo pela elevada temperatura solicitada: com $T=100^{\circ}$ o rendimento é ainda superior a 60%.

Tipos de instalações

4.1 Sistema de circulação natural

Características específicas

- Simplicidade;
 - Economia;
 - Manutenção reduzida;
 - Ausência de bomba e controle eletrônico.
-
- Não é possível efetuar a estratificação no reservatório;
 - Possível risco de congelamento;
 - Adequado para pequenos sistemas;
 - Impacto estético sobre a cobertura das edificações;
 - Nos sistemas monocircuito não se pode utilizar o glicol; o sistema monocircuito é utilizado somente em zonas quentes.

Fig. 4.1
Habitação tipo com painéis há circulação natural sobre o teto

Fig. 4.2
Corte de um sistema a painéis com circulação natural

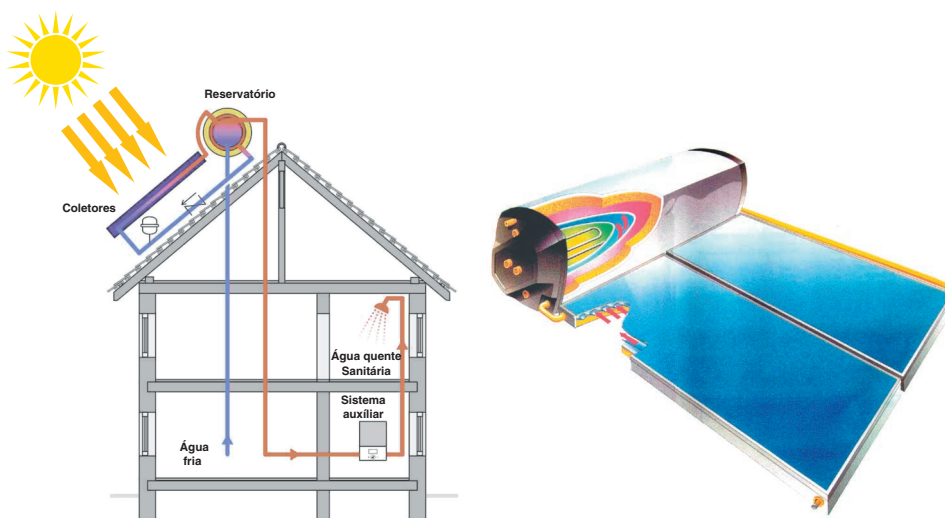
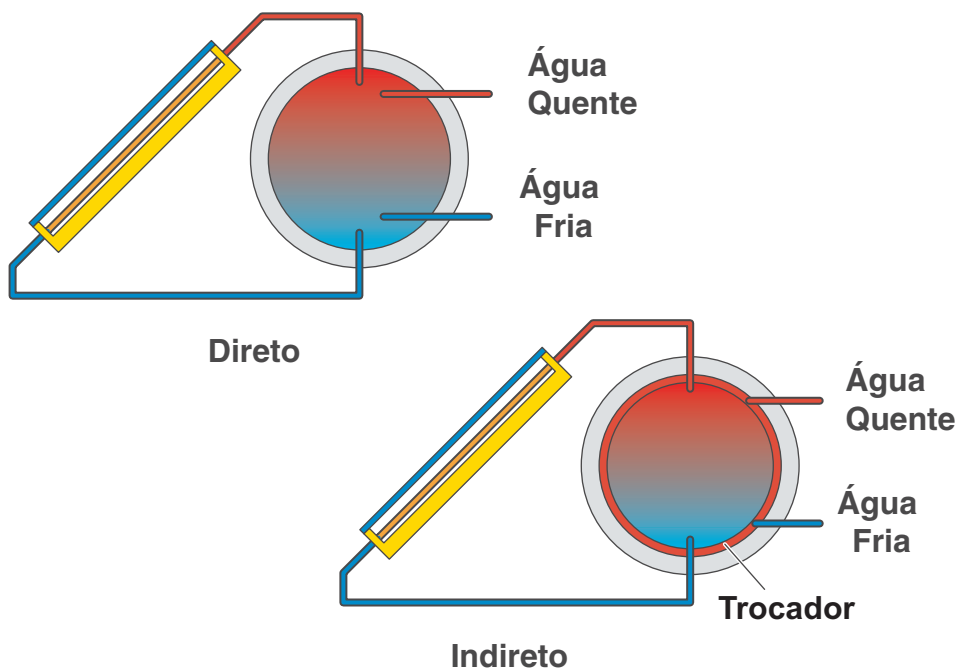


Fig. 4.3
Esquema simplificado de um modelo de circulação natural do tipo direto

Fig. 4.4
Esquema simplificado de um modelo de circulação natural do tipo indireto



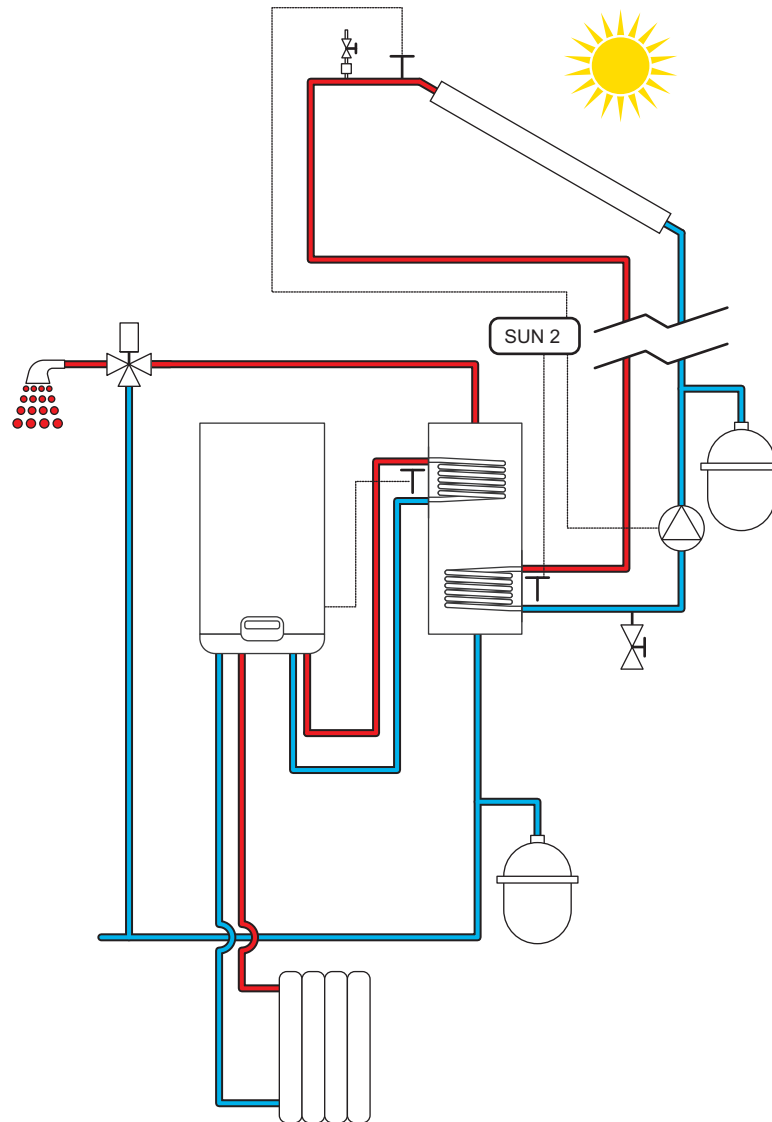
4.2 Sistema de circulação forçada com coletores planos

Características específicas

- Perfeita integração arquitetônica no teto da edificação;
- Ótima eficiência graças a valores de rendimento elevado em grande parte do ano.

- Temperatura nos coletores chegam até 110°C;
- Utiliza mescla de água e glicol;
- Sistema com bomba (também do tipo simples).

Fig. 4.5
Esquema de funcionamento a circulação forçada com painel plano

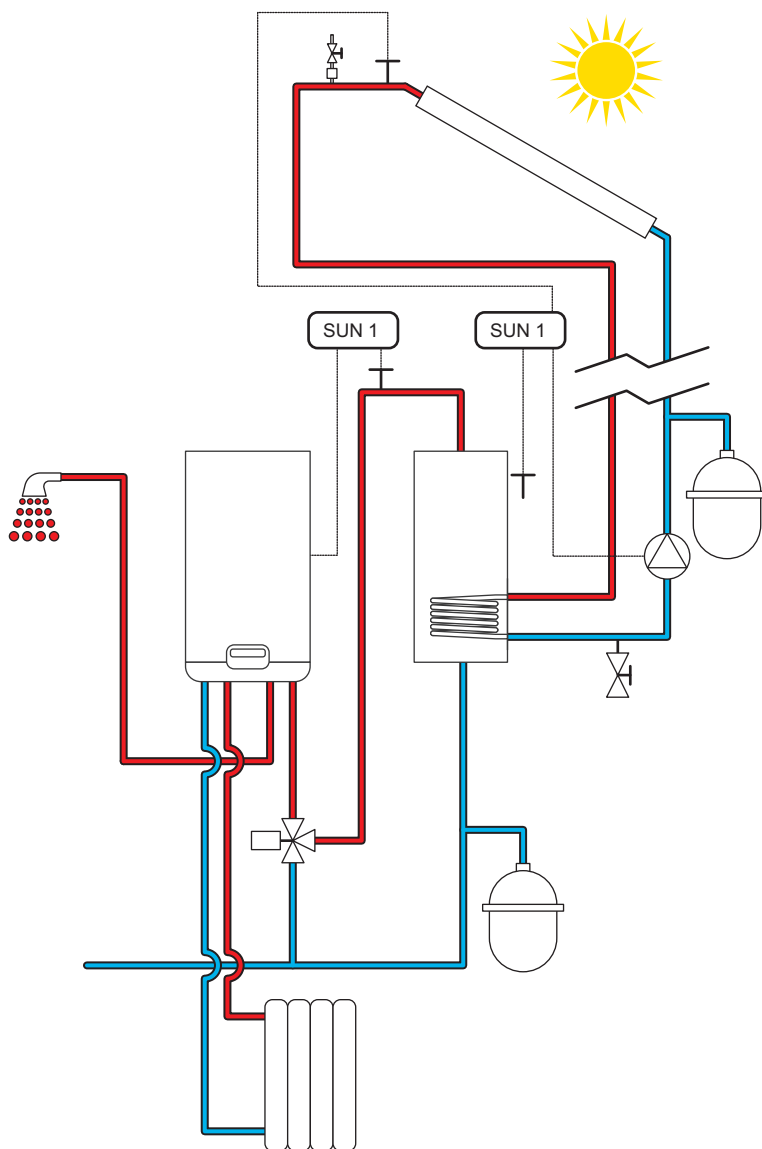


A caldeira em apoio é necessária para integrar no período de inverno a produção de água quente sanitária.

É um sistema com ótimo desempenho, mas comporta certa utilização de energia e suporte para manter a temperatura do reservatório.

Se utilizado um reservatório com uma só serpentina e uma caldeira em série com o reservatório, há uma grande economia de energia.

Fig. 4.6
Esquema de funcionamento a circulação forçada com painel plano, reservatório, uma serpentina e caldeira em série



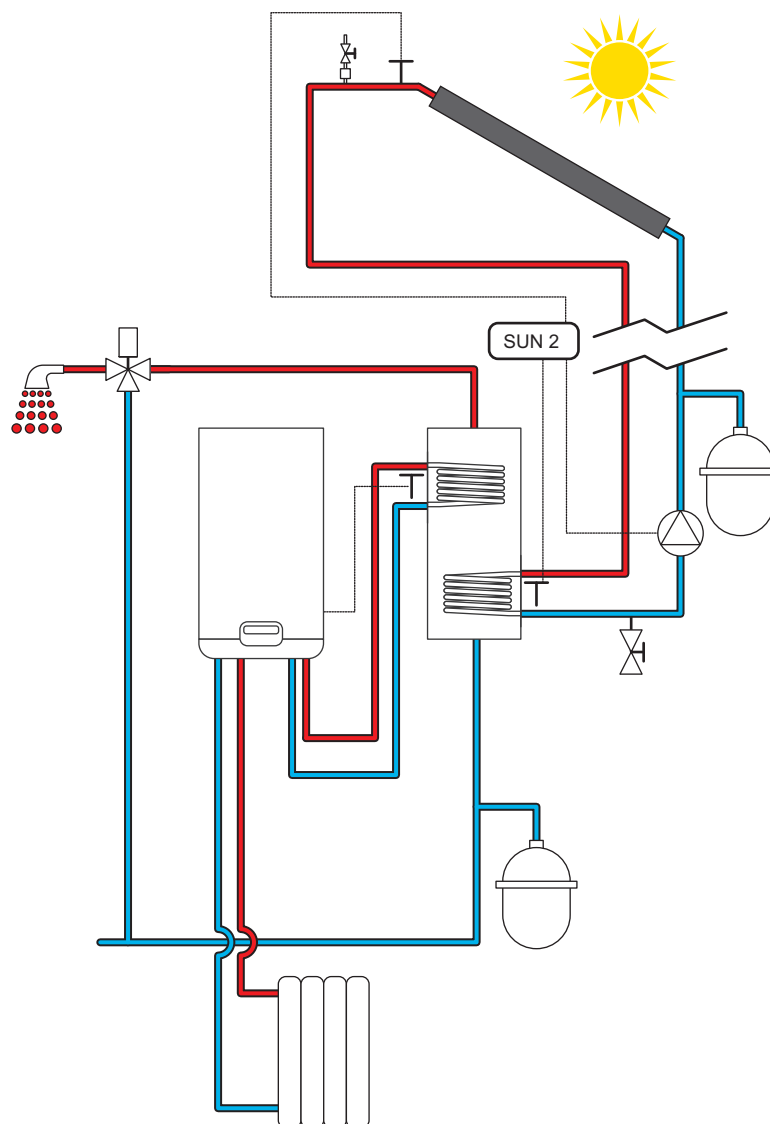
4.3 Sistema de circulação forçada com painéis a vácuo

Características específicas

- Perfeita integração arquitetônica no teto das edificações;
- Ótima eficiência dos painéis graças a valores de rendimento elevados em grande parte do ano.

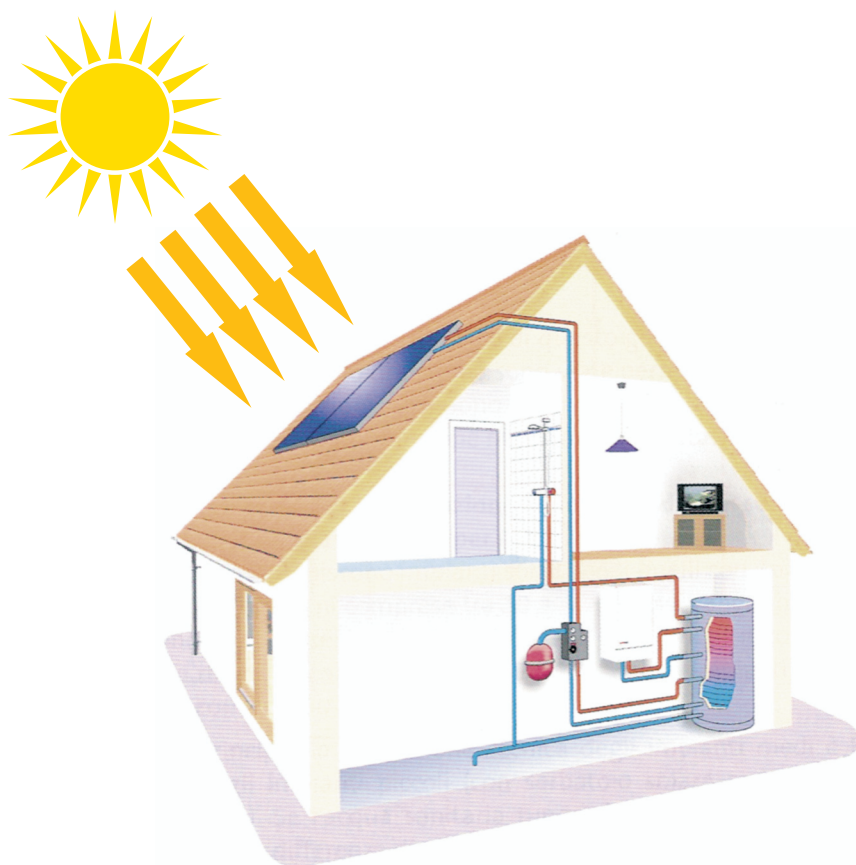
- Elevada temperatura nos coletores (180°C);
- Sistema com bomba e regulação eletrônica;
- Sistema de controle da temperatura do coletor sofisticado.

Fig. 4.7
Esquema de funcionamento à circulação forçada com painel a vacuo



Se utilizado um reservatório com uma só serpentina e uma caldeira em série ao reservatório de água quente, obtém-se uma ótima economia energética.

Fig. 4.8
Habitação com painéis solares sobre o teto, arquitetonicamente bem integrado



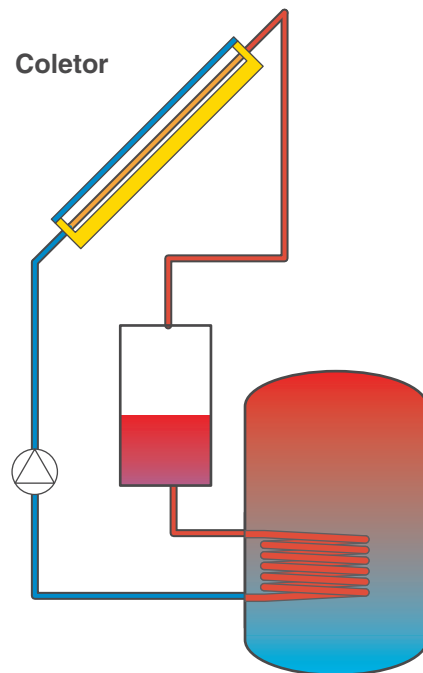
4.4 Sistema de circulação *Drain Back*

Características específicas

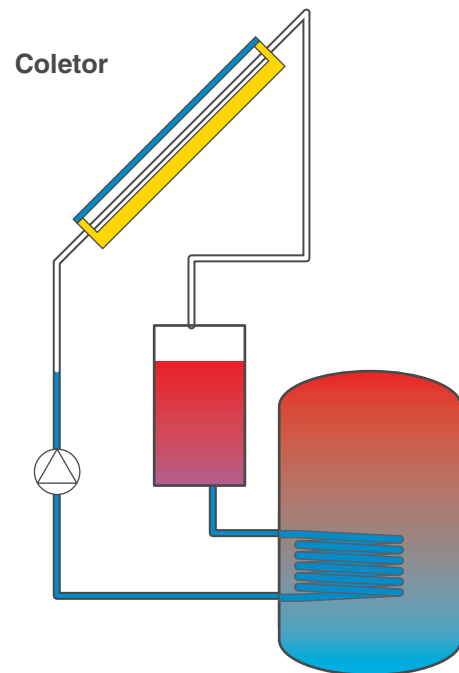
- Perfeita integração arquitetônica no teto da edificação;
- Não necessita mistura de água e glicol
- Não necessita de vaso de expansão;
- A circulação é feita por uma bomba com elevada prevalência e não por uma circuladora.

- Precisa efetuar um correto dimensionamento das seções dos tubos e da bomba para garantir o funcionamento.

Fig. 4.9
Esquema de funcionamento do sistema *Drain Back*



Durante o funcionamento o coletor está cheio de fluido



Quando o coletor não é aquecido pelo Sol, o sistema não trabalha e o fluido desce para o reservatório intermediário

Exemplo

Quando o coletor é aquecido pelo Sol, a bomba parte empurrando a água mais fria no coletor e o ar para o reservatório intermediário.

Quando a bomba se desliga, o coletor se esvazia.

Para fazer com que o ar fique no reservatório intermediário, a velocidade de circulação nas tubulações deve ser superior à velocidade de impulso do ar na água, ou seja, maior que 0,4 m/s, pelo qual o dimensionamento das seções dos tubos deve ser calculado com precisão em função das perdas de carga e do desempenho da bomba.

4.5 Utilização dos tipos das instalações

Fig. 4.10
Distribuição na Europa do mercado dos painéis solares

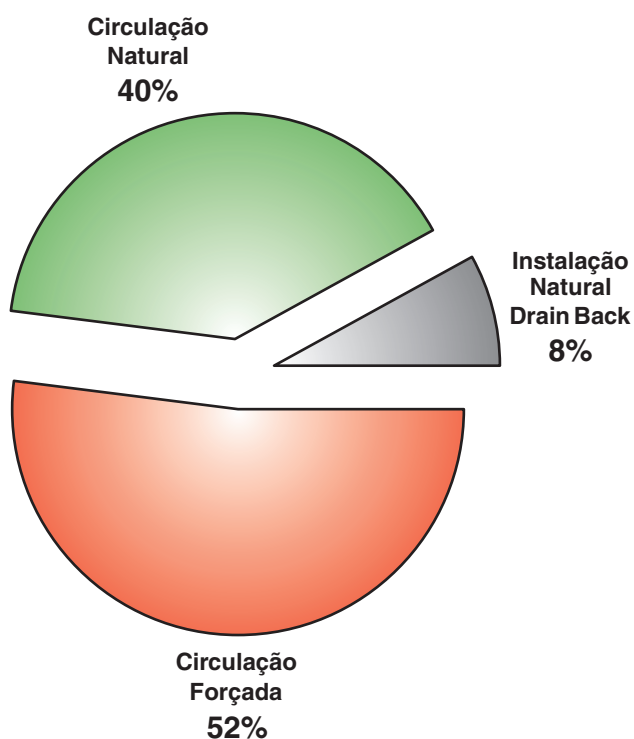
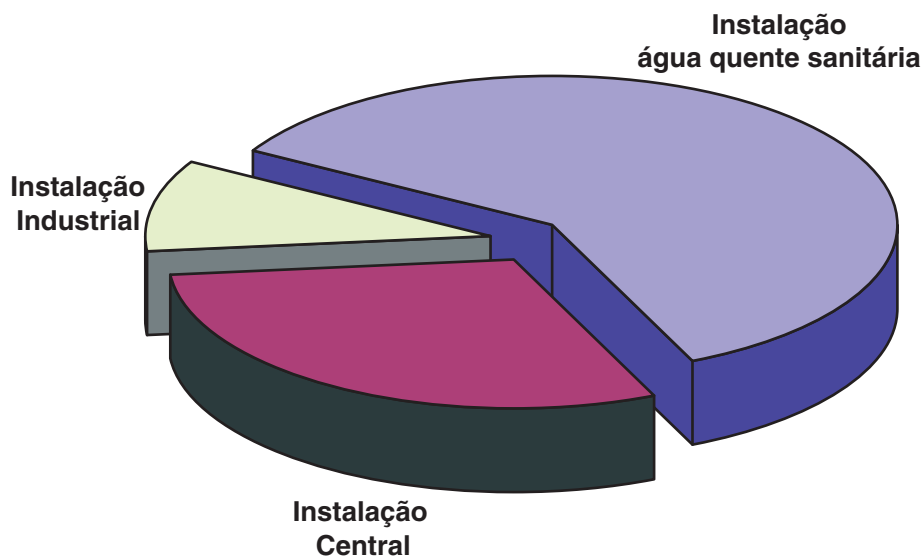


Fig. 4.11
Distribuição na Europa do sistema de painéis solares



Dimensionamento dos painéis solares

Para o dimensionamento do sistema de painéis é preciso primeiro estabelecer a quantidade de água quente que se deseja armazenar no reservatório.

Essa quantidade pode ser o total da demanda ou a estabelecido na fase do projeto.

Estabelecido a quantidade de água a produzir, é preciso considerar onde é possível posicionar os painéis sobre o teto da habitação, com base em suas posições e avaliar a real eficiência, até encontrar o valor necessário em m².

5.1 Cálculo do reservatório e produção diária

Para o dimensionamento do reservatório de acúmulo (normalmente chamado *boiler*) é necessário determinar o seu volume.

• Consumo d' água quente

É o consumo médio diário efetivo por pessoa, geralmente avaliado em litros.

Para a maioria das utilizações mais comuns, o valor é estabelecido na tabela indicada nos métodos A e B.

• Temperatura de utilização d'água quente

Para o uso sanitário, a utilização d'água quente é geralmente entre 38 e 42°C de temperatura.

A quantidade de energia fornecida pelos painéis é variável em função do período do ano.

Para o armazenamento d'água no reservatório, com volume superior a 300 litros, aconselha-se manter a temperatura da água quente, independente do período do ano, superior a 60°C, para evitar, em qualquer condição, a formação de bactérias como a Legionela.



Cada País tem uma norma referencial específica que deve ser respeitada

Para evitar o problema da estagnação do painel solar (que abaixa o nível de eficiência do sistema e é potencialmente prejudicial para os painéis), o reservatório será dimensionado no mínimo consumo durante o período do verão ou quando a potência máxima disponível é a imposição mínima. No reservatório d'água estocada, poderá haver uma temperatura mínima de inverno (quando a caldeira que apoia o sistema integrar a energia fornecida dos painéis), até chegar um máximo de 90°C no verão, em condições de plena potência dos painéis e mínima utilização. Uma válvula misturadora colocada depois do reservatório fornecerá água quente sanitária na temperatura desejada.



A válvula misturadora deverá ser posicionada próximo ao reservatório e, para utilização pública, deverá ter uma temperatura máxima de 42°C. Em todos os outros casos, as válvulas misturadoras serão postas diretamente sobre a utilização

• Temperatura d'água fria

O seu valor depende de muitos fatores, dentre os quais: a temperatura do terreno, a temperatura externa, a zona de procedência d'água e a natureza da rede de distribuição. Em geral, para cada País da Comunidade Européia existem dados tabulados que indicam a temperatura média para cada área geográfica. Muitas vezes, os mesmos dados podem ser encontrados junto às entidades que operam nos setores d'água em cada local.

• **Consumo diário d'água**

O diário de água pode ser determinado com base na temperatura de utilização e estocagem.

Existem dois critérios para avaliar o consumo diário d'água.

- **Critério A:** baseado no consumo médio de água por pessoa;
- **Critério B:** baseado no consumo por pessoa e no tipo de utilização.

Critério A: avaliação de consumo de água em base no número de pessoas presentes

Baseia-se na avaliação do consumo de água quente utilizada por uma pessoa a uma temperatura de 45°C e traduzida para nós na tabela para a temperatura de armazenamento de 60°C.

Este critério é utilizado quando se conhece o efetivo número de pessoas usuárias.

Tabela 5.1 - Consumo e temperatura de utilização pelo critério A

Uso civil	Temperatura de uso [Litro/pessoa/dia]	
	Uso 45°C	Uso 60°C
Habituação - Conforto elevado	75,0	56,0
Habituação - Conforto médio	50,0	37,5
Habituação - Conforto baixo	35,0	26,0
Máquina de lavar roupa (litro/lavagem)	20,0	15,0
Máquina de lavar louça (litro/lavagem)	20,0	15,0
Pensão e Agroturismo - Nível elevado	75,0	56,0
Pensão e Agroturismo - Nível médio	50,0	37,5
Hotel e Restaurante - Conforto elevado	75,0	56,0
Hotel e Restaurante - Conforto médio	50,0	37,5
Hotel e Restaurante - Conforto baixo	35,0	26,0
Hotel e Restaurante - Serviço cozinha médio (litro/refeição)	10,0	7,5
Hotel e Restaurante - Serviço cozinha elevado (litro/refeição)	15,0	11,0

Critério B: avaliação de consumo de água com base no número de pessoas e no tipo de utilização.

Se baseia na avaliação do consumo efetuado com base no tipo de utilização e no número de pessoas estimadas por unidade, para uma temperatura de armazenamento de 60°C.

Tabela 5.2 - Consumo e temperatura de utilização pelo critério B

Consumo Água 60°C	Hospital/Casa de Repouso	Casa de férias	Imóvel residencial unidade Pequena	Imóvel residencial unidade grande
Litro/dia/ppo	30-35	30-35	30-35	20-25
Nr. ppo ¹	= nr cama	1,5-2 pessoas/ Alojamento	1,5 pessoa/ Alojamento	1,5 pessoa / Alojamento

1. ppo = pessoa do plena utilização

Para obter o consumo diário absoluto em litros/dia, basta multiplicar o consumo do ppo pelo número de ocupações



$$\text{Consumo diário} = (\text{Litro/dia/ppo}) \times \text{Nr. ppo}$$

5.2 Exemplo de dimensionamento para instalação segundo o CRITÉRIO A

Cálculo da superfície dos painéis

Requer-se a produção de água quente sanitária para uma casa do tipo residencial habitada por 04 pessoas, com nível de conforto médio.

A casa está em São Paulo, na posição geográfica com latitude 23° 30', orientação Norte 20° NO, a casa está situada a 600m acima do nível do mar. Ângulo efetivo de inclinação do painel 30°.

1. Com base na tabela do critério A, uma habitação de nível médio tem um consumo diário estimado em 37,5 litros/pessoa/dia a uma temperatura de 60°C.
2. Para haver uma máxima eficiência dos painéis é ideal colocá-lo na direção Norte. Uma vez que a aba do telhado disponível para instalação dos painéis é orientada a 20° NO, utilizamos para avaliação da eficiência = 20° NO.

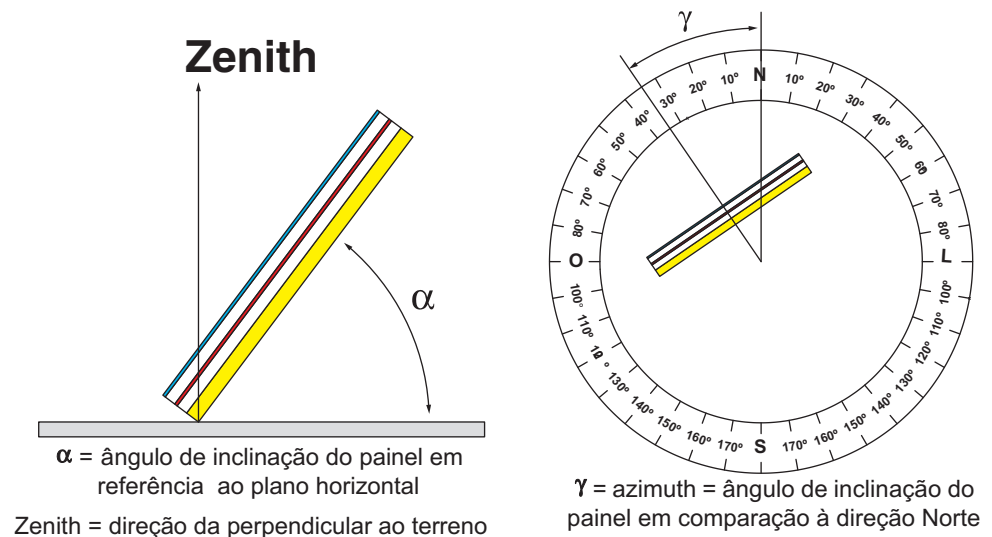
para a instalação dos painéis com orientação a 20° NO, utilizamos para o valor de eficiência = 20° NO.

3. Dada a nossa posição geográfica 23° 30'S e a quota de 600 slm, segundo a régua indicada a inclinação ótima deverá ser de 23°30', mas uma vez que você estiver em uma zona climática onde é possível nevar no período de inverno, aconselha-se a utilizar um ângulo maior de 45°; conseqüentemente escolhemos a inclinação arbitrária do painel em referência ao solo de 30°.

Recapitulando:

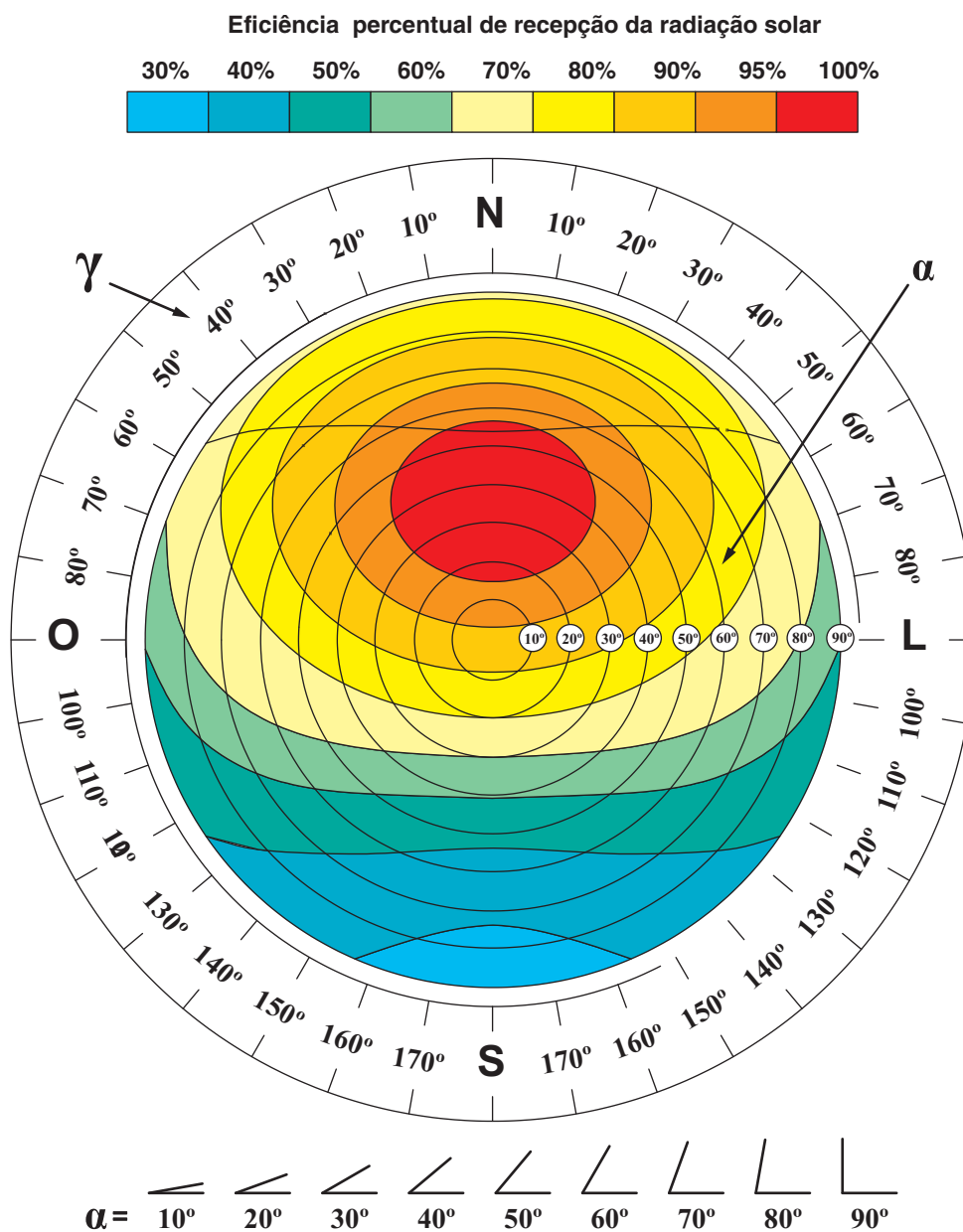
- posição geográfica da casa: latitude = 23° 30' N;
- orientação do teto referente ao Norte = 20° NO;
- ângulo efetivo de inclinação do painel instalado = 30°;

Fig. 5.1



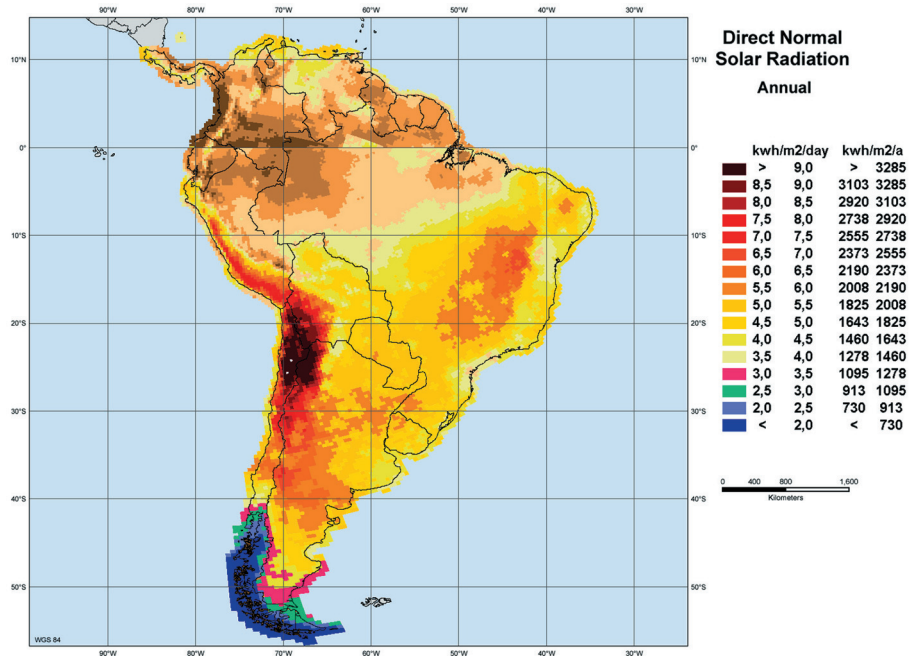
- Sobre o diagrama da eficiência % da recepção solar traça-se uma linha do centro segundo a direção 20° NO, individualizando o ponto da eficiência em correspondência à interseção com o círculo relativo a 30° de inclinação do painel. A eficiência individual recai na área correspondente a 95%.

Fig. 5.2
Diagrama de eficiência e % da recepção solar



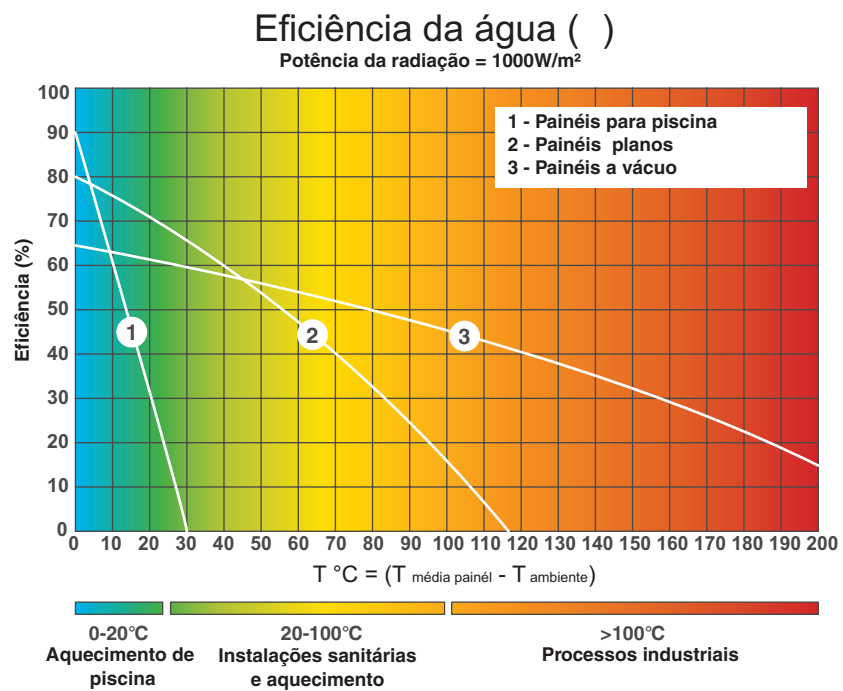
- A partir do mapa de radiação média anual, de acordo com a nossa posição, ou seja, a latitude, se identifica o valor médio anual da radiação que recebemos: veremos um valor médio anual da nossa área igual a 1100kWh/m²/ano.

Fig. 5.3
Mapa da América do Sul: ângulo da inclinação ótimo em referência ao solo



- Do diagrama de eficiência real do funcionamento do painel obtemos o valor do rendimento real em função da tipologia e da diferença de temperatura ambiente-fluido do painel;

Fig. 5.4
Diagrama da eficiência % em função da diferença de temperatura água-ambiente de instalação



Na hipótese de trabalhar com $T=50^{\circ}\text{C}$ entre a água e o meio ambiente, com um painel plano com eficiência igual a 100% ($= 1$).



$$\eta_p = 60\% = 0,6$$

Compomos os resultados:



$$Q = \text{energia anual} = \\ = 1700 \text{ kWh/m}^2/\text{ano} \cdot 1 \cdot 0,6 = 1020 \text{ kWh/m}^2/\text{ano}$$

Considerando que:



$$1\text{kWh} = 860 \text{ kcal}$$

Temos:



$$Q = 1020 \text{ kWh/m}^2/\text{ano} = 877220 \text{ kcal/m}^2/\text{ano}$$

Supondo que utilizamos água do aqueduto a uma temperatura média de 13°C e que pretendemos aquecer a uma temperatura de 60° para utilização doméstica sanitária.

O salto térmico que devemos realizar é igual a 47°C . Recordando que:



$$Q = m \cdot C_p \cdot T$$

Com:

- $Q = 877220 \text{ kcal /m}^2/\text{Ano}$
- $T = 47^{\circ}\text{C}$
- $C_p = \text{calor específico da água} = 1\text{Kcal/Kg/}^{\circ}\text{C}$

Obtendo a massa d'água **ma** que podemos aquecer para cada m² de painel em 1 ano:



$$m_a = \frac{Q}{C_p \cdot \tau} = \frac{877220}{1 \cdot 47} = 18664 \text{ kg} = \\ = 18664 \text{ litros} = 18,66\text{m}^3$$

Dividindo pelos dias do ano, obtemos a quantidade d'água **m** aquecida a 60°C que podemos produzir diariamente com 1m² de painel solar:



$$m = \frac{m_a}{365} = \frac{18664}{365} = 51,13 \text{ litro/dia}$$

O valor é calculado sobre a média anual, na realidade, entre o verão (dezembro-janeiro) e o inverno (julho-agosto) se pode chegar ao máximo em uma diferença de capacidade produtiva K que avaliamos 1,50 com base na Tabela 2.2, pág. 22 e do gráfico da Fig. 2.10 - pág. 22.

A máxima produção no verão será:



$$51,13 \cdot 1,50 = 76,65 \text{ litros/m}^2/\text{dia}$$

Para o dimensionamento de acumulação se aconselha um volume entre 60 e 80 litros para cada m² de painel colocado. Considerando como regra indicativa:



$$\text{Volume acumulado} = 80 \text{ litros/m}^2$$

No verão, ter-se-á uma produção quase coincidente com a capacidade do acúmulo e o sistema estará em equilíbrio; no inverno, ao contrário, ter-se-á uma produção insuficiente e se necessitará de uma integração com o sistema de produção de água sanitária da casa.

Cálculo do número de painéis necessários:

Pedido de água diária:



$$M = 37,5 \text{ litros/pessoa/dia} \cdot 4 = 150 \text{ litros/dia}$$

Área mínima de painéis a instalar:



$$A = \frac{150 \text{ litros/dia}}{76,65 \text{ litros/m}^2/\text{dia}} = 1,96\text{m}^2$$

Volume mínimo do reservatório de acúmulo:



$$V = 80 \text{ litros} \cdot A \text{ m}^2 = 80 \cdot 1,96 = 156,80 \text{ litros}$$

Um sistema solar que responde a essas exigências, por exemplo, compõe-se de um painel plano (SCF-25, com uma superfície efetiva de absorção igual a 2,2m²), com um reservatório de acúmulo de 200 litros.

5.3

Exemplo de dimensionamento para instalação segundo CRITÉRIO B

Cálculo da superfície dos painéis

Requer-se a produção de água quente sanitária para uma casa nova em construção, composta de 6 apartamentos, situada em Porto Alegre. Os dados relativos à posição da casa e do teto são os seguintes:

- posição geográfica da casa: latitude = 30° Porto Alegre.
- orientação do teto a Norte = 30°NO

- a inclinação do painel em relação ao solo deve resultar, com base na seguinte regra:



$$= 30^\circ$$

O diagrama da eficiência % da recepção solar traça uma linha do centro do diagrama segundo a direção 30°NO, intersectando o círculo em correspondência dos 30° de inclinação do painel encontramos o ponto de eficiência. A eficiência recai na área individualizada, que corresponde a = 100%. (=1)

A partir do mapa da radiação média anual, de acordo com a nossa posição, ou seja, a latitude, individualiza-se o valor médio anual da radiação que recebemos. O valor médio de radiação anual do terreno obtido para a nossa área é igual a 1750kWh/m²/ano.

O diagrama da eficiência real de funcionamento do painel que obtemos ao valor de rendimento efetivo em função da tipologia e da diferença de temperatura ambiente-fluido do painel é igual a:



$$p = 60\% = 0,6$$

Compomos os resultados:



$$Q = \text{energia anual} = \\ = 1750 \text{ kWh/m}^2/\text{ano} \cdot 1 \cdot 0,6 = 1050 \text{ kWh/m}^2/\text{ano}$$

Considerando que:



$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$$

Temos:



$$Q = 1.050 \text{ kWh/m}^2/\text{ano} = 903.000 \text{ kcal/m}^2/\text{ano}$$

Supondo que utilizamos água do aqueduto a uma temperatura média de 14°C e que queremos aquecer a uma temperatura em 60°C para utilização doméstica sanitária.

O salto térmico que devemos realizar é igual a 47°C. Recordando que:



$$Q = m \cdot C_p \cdot T$$

Com:

- $Q = 903.000 \text{ kcal /m}^2/\text{Ano}$;
- $T = 47^\circ\text{C}$;
- $C_p = \text{calor específico da água} = 1 \text{ kcal/kg/}^\circ\text{C}$;

obtemos a massa d'água **ma** que podemos aquecer para cada m² de painel em 1 ano:



$$m_a = \frac{Q}{C_p \cdot T} = \frac{903.000}{1 \cdot 47} = 19213 \text{ kg} = \\ = 19213 \text{ litros} = 19,21\text{m}^3$$

Dividindo pelos dias do ano, obtemos a quantidade d'água **m** aquecida a 60°C que podemos produzir diariamente com 1m² de painel solar:



$$m = \frac{m_a}{365} = \frac{19213}{365} = 52,90 \text{ litro/dia}$$

O valor é calculado sobre a média anual, na realidade, entre o verão (dezembro-janeiro) e o inverno (julho-agosto) se pode chegar ao máximo a

uma diferença de capacidade produtiva K que avaliamos 1,40 com base na Tabela 2.2 - pág. 22 e no gráfico da Fig. 2.10 - pág. 22.

A máxima produção no verão será:



$$52,90 \cdot 1,40 = 73,64 \text{ litros/m}^2/\text{dia}$$

Considera-se o volume de acúmulo:



$$\text{Volume acumulado} = 80 \text{ litros/m}^2$$

Cálculo do número de painéis necessários

A solicitação de água diária é avaliada considerando a tabela do critério B. Considerando uma unidade imobiliária de pequenas dimensões, o valor calculado é de 30 litros/ppo/dia com 1,5 ppo/alojamento x 6 alojamento:



$$M = 30 \cdot 1,5 \cdot 6 = 270 \text{ litros/dia}$$

Área mínima do painel de instalação:



$$A = \frac{270}{73,64} = 3,67 \text{ m}^2$$

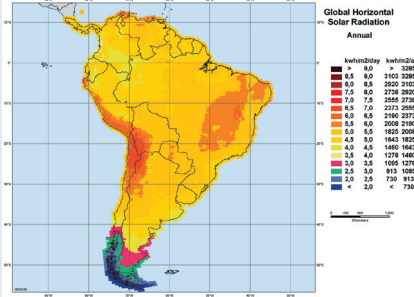
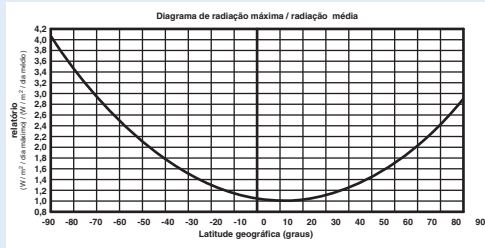
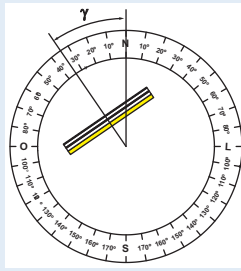
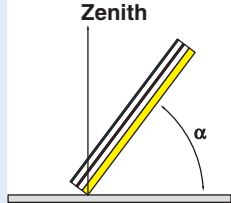
Volume mínimo do reservatório de acúmulo:



$$V = 80 \cdot 3,67 = 286 \text{ litros}$$

Uma implantação que responde a essas exigências, por exemplo, compõe-se de dois painéis de 2,2 m², com um reservatório de acúmulo de 300 litros.

5.4 Tabela resumida dos métodos de dimensionamento

Passos	Operações	Dados
1	Energia disponível ao ano	
	Posição: latitude coeficiente k	
2	Orientação referente ao Sul	
3	Inclinação do painel referente ao terreno	

Passos	Operações	Dados
4	Avaliação da eficiência η	
5	Eficiência de um painel para as plantas de aquecimento a partir de: $\eta_p = 60\% = 0,6$	
6	$Q = \text{energia disponível ao ano} \cdot \eta \cdot \eta_p$	
7	Temperatura de aquecimento da água	T_0
8	Temperatura de acúmulo	T_1
9	$\Delta t = T_1 - T_2$	
10	$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$	
11	Quantidade de água produzida em 1m ² de painel/ano	$ma = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T}$
12	Média de água produzida ao dia por m ² de painel	$m = \frac{ma}{365}$
13	Produção máxima no verão	$m_{\max} = m \cdot K$

Segundo o CRITÉRIO A

Passos	Operações	Dados
14/A	Consumo/pessoa/dia x nr. Pessoas	$M = \frac{\text{Litros}}{p/g} \cdot nrp$
15/A	Área dos painéis	$A = \frac{M}{m_{\max}} = m^2$
16/A	Volume de acúmulo	$V = 70 \cdot \frac{\text{litros}}{m^2} \cdot A$

Segundo o CRITÉRIO B

Passos	Operações	Dados
14/B	(Consumo/ppo/dia) x (ppo/alojamento) x nr. Alojamentos	$M = \frac{\text{Litros}}{p/g} \cdot nrp$
15/B	Área dos painéis	$A = \frac{M}{m_{\max}} = m^2$
16/B	Volume de acúmulo	$V = 70 \cdot \frac{\text{litros}}{m^2} \cdot A$

Modalidades de instalações

Para otimizar o rendimento, os painéis solares deverão ser dispostos conforme as indicações que serão vistas nos próximos capítulos.

Os fatores essenciais, repetimos, são os ângulos:

- = ângulo de inclinação do painel em referência ao plano horizontal;
- = azimuth = ângulo de inclinação do painel em referência à direção NORTE.

Além disso:

- A correta relação produção/consumo com base nas efetivas exigências.

O painel solar tem uma durabilidade de 20-30 anos, portanto, para garantir a sua qualidade, assegurada pelo fabricante, é importante que os critérios de instalação, aqui elencados, sejam respeitados:

- Proteção da chuva e do granizo;
- Proteção das partes sensíveis aos raios ultravioletas que podem deteriorar, com o tempo, os materiais;
- Presença de agentes poluentes na atmosfera;

- A variação da temperatura dos componentes de fixação e das partes adjacentes ao local estabelecido para colocação;
- A carga de neve durante o inverno;
- Ação do vento.

Com base nas nossas exigências específicas, será oportuno usar materiais apropriados para as partes de fixação (alumínio e aço inoxidável), prever sistema anti-granizo, estrutura de sustentação adequada para suportar ventos fortes e, se a neve puder atingir peso importante, prever um ângulo de fixação suficiente (ângulo > 45°) para garantir que a neve caia por gravidade, sempre compatível com a eficiência solicitada.

Amontagem pode ser feita no telhado ou no piso.

A escolha do ângulo deve ser estabelecida com base na latitude, na orientação e na tipologia de utilização:

- Para a instalação de produção de água quente sanitária utilizada durante o ano todo, é possível estudar um local ideal para o período de verão;
- Para a instalação de produção de água e integração ao aquecimento, é necessário otimizar a colocação para um ângulo favorável no período de inverno.

Os tubos de ligação do coletor ao reservatório de acúmulo e todas as vedações utilizadas devem ser específicas para a instalação solar: resistente até 200°C para os sistemas a vácuo e até 130-150°C para os painéis planos. A mesma resistência para suportar altas temperaturas deve ser respeitada para os isolantes térmicos que devem proteger a tubulação da dispersão térmica (tipo HT).

Materiais que podem ser mais adequados:

- Isolante em fibra mineral;
- Isolante em calha de lã de vidro/lã de rocha;
- Tubo Aeroflex;
- Tubo Armaflex HT.



As tubulações de cobre devem ser fixadas com solda do tipo “solda-brasagem forte” (superior a 450°C), as tubulações em aço inoxidável devem ser soldadas com TIG

As tubulações de ligação entre o coletor e o reservatório devem ser o mais curtas e mais bem isoladas possível. Ao ar livre, devem também apresentar isolamento com proteção específica contra bicadas de aves.



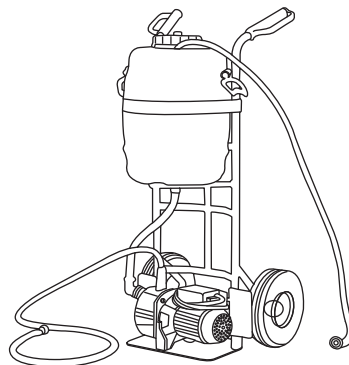
Nunca utilizar tubos em aço galvanizado e tubos de cobre com anel de solda estanhado ou à pressão.

Outros:

- Calcular a quantidade de glicol a ser misturada no circuito para garantir o correto funcionamento também na presença de temperatura abaixo de 0°C;
- Dimensionar de modo correto o vaso de expansão (ver método indicado); instalar também um vaso de expansão na rede de entrada d'água fria do eventual reservatório de água quente, como indicado nos esquemas do capítulo 10;
- Se tiver vários painéis à disposição, eles podem ser instalados em série ou em paralelo, avaliando as perdas de carga em proporção à demanda solicitada;
- Escolher o glicol com a oportuna compatibilidade de corrosão dos componentes do circuito. Para os painéis Beretta, indica-se a utilização de glicol tipo Beretta, como indicado nas especificações técnicas do painel;
- Efetuar o enchimento da instalação utilizando uma bomba de pressão para o fluido termovetor, para garantir um correto nível de pressão, como especificações indicadas na construção do painel;

Fig. 6.1

Sistema bomba de enchimento do fluido água + glicol

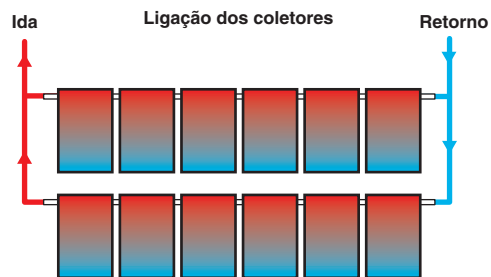


- Prever também a recuperação de eventual descarga da mistura água-glicol, para evitar a dispersão no meio ambiente;
- Assegurar a completa eliminação do ar do circuito.

6.1 Disposição de vários painéis em série ou em paralelo

É possível conectar uma série não maior que 6 coletores, considerando que, nessas condições, as perdas de carga aumentam e a potência da bomba deverá ser corretamente dimensionada.

Fig. 6.2
Esquema 1
do circuito
em série e
paralelo
simples



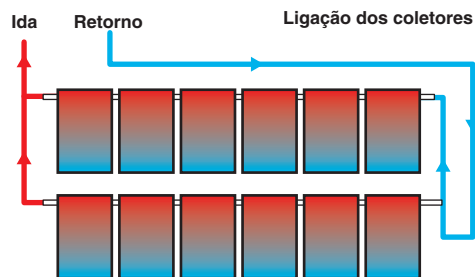
No caso de precisar mais de 6 coletores, é necessário estabelecer uma ligação mista em série e paralelo.

Nesse caso, para a instalação mais simples (Esquema 1), o comprimento das tubulações do percurso do fluido são diferentes para a série inferior em referência a superior, portanto, é possível um não perfeito equilíbrio do fluxo.

Para a correta passagem nos coletores, o anti-congelante deve escorrer sempre seguindo o mesmo percurso. Por isso é oportuno dispor as tubulações como ilustrado no esquema 2, com perdas equilibradas, obtendo deste modo:

- O fluxo do líquido é uniforme, sem a necessidade de componentes adicionais;
- No entanto, as tubulações terão um comprimento maior.

Fig. 6.3
Esquema 2
do circuito
em série e
paralelo,
com perdas
de carga
equilibrada



O princípio no qual foi baseado este tipo de esquema é chamado de Tichelmann.

6.2 Aterramento

Proteção anti-raios: a instalação dos sistemas de proteção anti-raios se baseia nos princípios indicados pelas normas específicas de cada país.

A proteção anti-raios se faz necessária para edifícios que:

- Superam nas dimensões de grande altura os edifícios vizinhos;
- Tenham risco de incêndio ou explosão;
- São de grande valor histórico e artístico (monumentos, palácios históricos etc.).

As tubulações do circuito solar devem ser ligadas a outras tubulações metálicas do edifício com um nó equipotencial. O correto aterramento da instalação deve ser feito por um electricista especializado e autorizado.

6.3 Nível de pressão

É preciso respeitar o nível de pressão de funcionamento, como prescrito nas indicações técnicas e utilizar um vaso de expansão conforme cálculo efetuado.



Atenção! A desconsideração destas duas prescrições é frequentemente fonte de mau funcionamento ou rupturas nas instalações solares e poderá invalidar as condições de garantia dos componentes

Lembre-se de que um dimensionamento pouco preciso do vaso de expansão pode resultar, no verão, em consequência de uma parada no sistema por superaquecimento, na perda de fluido termovetor, impedindo o sistema de entrar automaticamente em função.

6.4 Válvula de segurança

A válvula de segurança tem a tarefa de baixar a pressão em excesso provocada pela dilatação do volume d'água e glicol contido no sistema. Deve ser instalada sobre a linha de água fria.

A pressão de regulação da válvula de segurança serve para estabilizar a pressão de trabalho no circuito. Da válvula de segurança deve sair uma tubulação ligada a um ponto de descarga.

6.5 Purgar o ar

No ponto mais alto do circuito solar, é preciso instalar uma válvula desaeradora. No condutor de ida dos coletores, pode formar-se vapor no caso em que o mesmo coletor fique no estado dito “de estagnação” (a causa do superaquecimento não permite mais a circulação do líquido, em caso de reinício da bomba), para o qual é preciso prever na instalação um desareador manual (por exemplo: as válvulas desaeradoras dos aquecedores) ou um extrator automático com registro de interceptação separado; este deve permanecer fechado depois de colocado em funcionamento.



A válvula desaeradora e o registro de interceptação devem resistir a uma temperatura de até 200°C

6.6 Limpeza do circuito solar

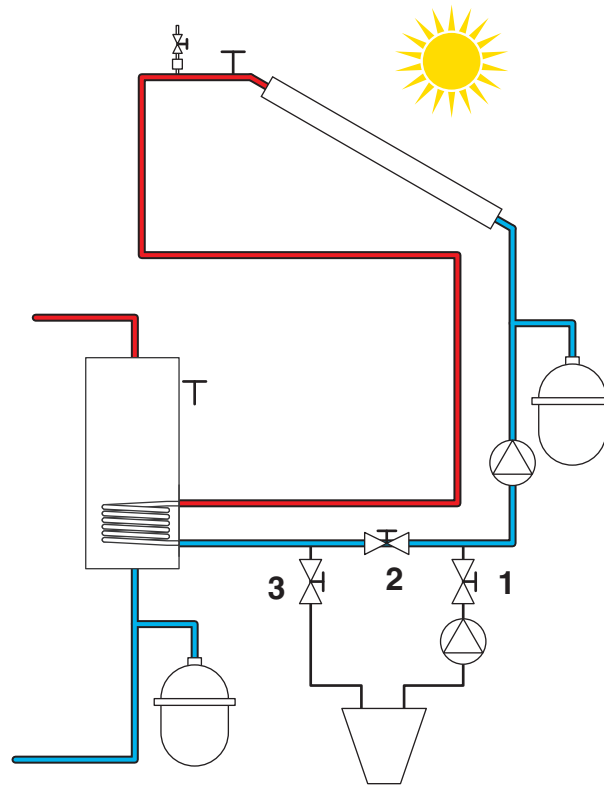
Para a limpeza e o reenchimento, utilizam-se dois registros, um de reenchimento e outro de descarga. Um terceiro registro de interceptação é usado entre eles para desconectar. O registro é posicionado no ponto mais baixo do circuito solar.



Importante! Antes de reencher o sistema com a mistura de água e anticongelante é preciso enxaguá-lo, fazendo circular a água. Dessa forma, toda a sujeira presente no circuito solar será retirada.

Para a limpeza, seguir a seqüência de operações aqui indicadas (Fig. 6.4):

Fig. 6.4
Posição e utilização dos registros de carregamento



- Fechar o registro de interceptação (2);
- Abrir o registro (1) e conectá-lo com um tubo de borracha e a um registro de água fria;
- Abrir o registro (3) e conectá-lo com um tubo de borracha a uma descarga d'água;
- Abrir todos os registros de interceptação antes da válvula desaeradora automática em vez de todas as válvulas desaeradoras manuais;
- Deixar a água correr com pressão no circuito solar por alguns minutos.



Esta operação deve ser seguida somente se as condições atmosféricas não apresentarem risco de neve, caso contrário, poderá congelar a instalação. Se os coletores ficarem sem funcionar por um longo tempo e estiverem desconectados do restante da instalação, é preciso protegê-la com um tampão, para evitar a umidade que poderá entrar. A água condensada que se forma, em condições de gelo, poderá congelar os coletores.

6.7 Verificação de vedação da instalação solar

Proceder como segue (Fig. 6.4):

- Concluir a fase de enxágue e fechar o registro (3);
- Elevar a pressão ao interior do circuito solar até atingir a pressão de 4 bar;
- Fechar o registro (1) e, em seguida, fechar o registro d'água;
- Abrir o registro de interceptação (2);
- Fazer partir do controle remoto a bomba do circuito solar, atravessando o desaerador para sair todo o ar do circuito solar.
- Verificar cuidadosamente todas as tubulações e acessórios;
- O sistema pode ser colocado para funcionar no período de teste somente com água no circuito.



Esta operação deve ser seguida somente se as condições atmosféricas não apresentarem risco de neve, caso contrário, poderá congelar a instalação. Após ter verificado, em qualquer dia, a instalação efetuará o enchimento na pressão correta com o fluido antigelo.

Alternativamente o controle de vedação pode ser feito com ar comprimido antes de continuar o processo de enxágue. Verificar a vedação de todos os acessórios com água com sabão.

6.8 Esvaziar o circuito solar

Proceder como segue (Fig. 6.4):

- Ligar os registros (1) e (3) mediante tubos de borracha com a descarga esvaziando o sistema em um recipiente;
- A quantidade de água coletada no recipiente pode ser misturada e utilizada para a preparação da correta quantidade de mistura de água e glicol;
- Lembrar-se de que uma pequena quantidade de água ficará sempre no interior do coletor; é possível “jogar fora” a água enquanto se efetua o enchimento (ver parágrafo 6.9).

6.9 Enchimento do circuito solar

Verificar a pressão existente no vaso de expansão com um manômetro. Prevendo-se usar o anticongelante, a água e o glicol deverão ser misturados em um recipiente, seguindo os dados indicados pelos produtores, a fim de garantir a segurança anticongelamento a uma temperatura que seja de 10 K inferior à temperatura mínima média, sobre a qual se segue, na zona geográfica específica, o cálculo de projeto da instalação de aquecimento. O reenchimento é executado conforme descrito abaixo:

- Fechar o registro de interceptação (2);
- Conectar, com tubos de borracha, uma bomba de enchimento ao recipiente e ao registro (1);
- Levar um tubo de borracha do registro (3) ao recipiente;
- Abrir todos os registros de interceptação à montante da válvula automática desaeradora ou todas as válvulas manuais do desaerador;
- Encher o circuito do coletor com a bomba com a mistura de água e glicol até que o fluido comece a sair pelo registro (3);
- Pela cor e viscosidade do fluido, pode-se reconhecer quando, pelo registro (3), não sai mais só água, mas começa a sair a mistura de água e glicol;
- Fechar o registro (3);
- Fazer sair a pressão até o valor indicado nas instruções do coletor;
- Fechar o registro (1);
- Desligar a bomba;
- Abrir o registro de interceptação (2);
- Ligar a bomba do circuito solar, posicionando-a no automático, de modo a retirar o ar do circuito;
- Abrir várias vezes manualmente a válvula desaeradora manual;
- Fazer sair o ar da bomba agindo sobre o parafuso de desaeração da bomba;
- Caso ainda reste ar no circuito, ligar e desligar várias vezes a bomba em intervalos de dez minutos;
- Depois de alguns dias e depois de ter extraído completamente o ar, fechar o registro de interceptação à montante das válvulas desaeradoras;

- Verificar, por exemplo, de manhã cedo, quando o coletor não transportar calor, a pressão inicial no interior do circuito solar e eventualmente acrescentar mais fluido;
- Aplicar o isolamento ao circuito solar, isolando-o em todos os pontos sem deixar fugas.

6.10 Regular a vazão dos coletores

Proceder como segue:

- Posicionar a bomba ao regime de funcionamento mais baixo;
- Se o sistema possuir um misturador de vazão, verificar o valor desejado;
- Se for verificado, pode ser mantido este regime de funcionamento;
- Se a vazão lida for acima de 70% da solicitada, reduzir a vazão, parcializando a válvula próxima da bomba;
- Se a vazão lida for inferior à quantidade solicitada, então o regime da bomba deve ser aumentado. Seguir as operações conforme descrito acima.
- Se sobre o sistema não há um medidor de vazão, a bomba se instala, em função da primeira, ao regime mais baixo;
- Nos dias de céu claro, verifica-se, nos termômetros, a diferença de temperatura entre a ida e o retorno;
- Se nos momentos de forte insolação, superar por mais de 5 minutos os 30°C de diferença de temperatura entre a ida e o retorno do painel, o regime de funcionamento deverá ser aumentado.

6.11 Verificação da regulagem do controle remoto solar

O posicionamento do controle remoto solar deve ser efetuado seguindo as instruções de uso.

- Para o sistema de controle Beretta SUN1, aconselha-se utilizar um $T = 5-6^{\circ}\text{C}$;
- Para o sistema de controle Beretta SUN2, aconselha-se utilizar um $T_{\text{on}} = 8^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{off}} = 3^{\circ}\text{C}$.

6.12 Listas de verificação e controle

Juntamos nas páginas seguintes, 3 tabelas, nas quais estão contidas listas de verificação e controle para serem efetuadas nas várias fases de trabalho em projetos, no local e pôr em funcionamento os painéis solares.

Lista de verificação e controle: Seção projeto/instalação sistema solar

Data	
Endereço	
Proprietário	

Pt.	Controle	Verificado
1	Foram respeitadas todas as indicações do fabricante para instalação do coletor?	
2	Foram respeitadas as orientações previstas para o dimensionamento do coletor?	
3	A ancoragem no teto foi feita corretamente?	
4	O coletor está acessível para a manutenção?	
5	As portas de acesso ao local do reservatório solar tem dimensões suficientes para passar o reservatório solar?	
6	Foram escolhidas as pressões corretas para o funcionamento da instalação solar?	
7	Foi prevista uma proteção anti-raio (aterramento para coletores e circuito dos coletores)?	
8	O sensor de temperatura do coletor foi montado no lugar correto?	
9	Foi ligada uma proteção de sobretensão para o sensor do coletor?	
10	O sensor do coletor e do reservatório estão ligados corretamente ao controle remoto solar?	
11	O fluido termovetor que deve sair da purga foi recolhido em um recipiente?	
12	A ida e o retorno do circuito do coletor estão ligados corretamente?	
13	A bomba foi instalada no circuito de retorno (parte fria)?	
14	As tubulações foram montadas considerando as dilatações?	
15	O isolamento dos tubos externos estão impermeabilizados e resistentes a altas temperaturas e aos raios UV, está protegida contra as bicadas dos pássaros?	
16	Os furos de passagem no teto para as tubulações foram impermeabilizados?	
17	Foi controlada a impermeabilização do teto?	
18	O circuito foi carregado com a correta quantidade de anticongelante?	
19	Foram fornecidas as instruções para o uso e para a manutenção?	

Lista de verificação e controle: sessão colocada em funcionamento

Data	
Endereço	
Proprietário	

Pt.	Controle	Verificado
Preenchimento do sistema		
1	Foi seguido o enxágue do sistema	
2	Foi seguida a prova de vedação a pressão bar	
3	Que tipo de glicol foi utilizado:	
4	Quantidade de enchimento l, mistura.....%, Verificado até a -°C	
5	Pressão pré-colocada ao vaso de expansão bar	
6	Pressão do funcionamento do sistemabar a°C de temperatura de ida	
7	Pressão da intervenção da válvula de segurançabar	
8	A descarga da válvula de segurança foi ligada a um recipiente?	
Desaerador do circuito do coletor		
9	O registro do desaerador automático foi fechado?	
Ânodo		
10	No reservatório solar o ânodo anticorrosão está gasto?	
Bomba		
11	Foi verificado o sentido de rotação da bomba?	
12	Que vazão foi obtida l/h?	
13	Válvula de retenção está em posição de funcionamento	
Controle de regulagem		
14	Diferencial da temperatura de entrada do circulador no circuito solar K	
15	Diferencial da temperatura no desligamento do circulador no circuito solar K	
16	Controle de funcionamento do circulador executado	
17	Temperatura na parte de água quente disponível..... °C	
18	Limitação da temperatura máxima no acumulador °C	
19	Temperatura de regulagem do misturador.....°C (máx. 60°C)	
Indicações para gerenciar a instalação		
20	Funcionamento e gerenciamento do controle de regulagem	
21	Função e utilização do aquecimento auxiliar	
22	Função do ânodo anticorrosivo	
23	Intervalo da manutenção	
24	Possui a documentação do sistema solar	
25	Possui as instruções para uso	

Lista de verificação e controle: sessão de manutenção

Data	
Endereço	
Proprietário	

Pt.	Controle	Verificado
	Circuito do coletor	
1	Pressão do exercício do sistemabar a°C de temperatura de ida	
2	Verificação de vazamento do circuito do coletor	
3	Verificação da válvula de segurança	
4	Anticongelante verificado até - °C	
5	Valor pH do fluido termovetor pH	
6	Desaeramento do circuito dos coletores	
7	Verificação do fluxo l/h	
8	Válvula de retenção funcionando	
9	Limpeza do filtro (se existir)	
	Coletores solares	
10	Verificação visual dos coletores	
11	Limpeza dos coletores, se necessária	
12	Verificação visual da fixação dos coletores	
13	Verificação visual da impermeabilidade do teto	
14	Verificação visual do isolamento	
	Reservatório de acumulação esmaltado	
15	Estado de desgaste do bastão de ânodo	
	Controle de regulação	
16	Verificação e funcionamento da bomba na posição on/off/automático	
17	Verificação do display de todos os sensores de temperatura	
18	Temperatura nominal desejada na parte do reservatório à disposição vem mantida	
19	Verificação do funcionamento do misturador da água sanitária	
	Contador de calor/Controle de funcionamento (se presente)	
20	Produção do circuito solarkWh de..... a.....	
21	Número de horas de funcionamentoh de..... A.....	

Cálculo do vaso de expansão

As normas europeias prevêm que os vasos de expansão das instalações solares sejam oportunamente dimensionados. As normas que determinam o cálculo são as EN 12976-1 e ENV 12977.



O propósito é dotar a instalação solar de um sistema de segurança que, no caso de superaquecimento, devido à persistência da irradiação na ausência de consumo, restabeleça o funcionamento da instalação sem intervir na recuperação (colocado na carga do sistema).

A instalação pode ser dimensionada prevendo que a válvula de segurança não intervenha nunca, em caso de máxima temperatura e na ausência de consumo.

O dado a identificar é o volume total de água contida no sistema :



$$VU = (VC \cdot e + VP) \cdot k$$

Onde:

- VU = Volume útil do vaso de expansão, em litros;
- VC = Conteúdo do fluido no circuito solar, em litros;

- e = Coeficiente de dilatação do fluido: 0,045 de água, 0,070 da mistura água-glicol;
- VP = Quantidade de fluido nos painéis solares, em litros;
- k = Constante de segurança, o valor normalmente atribuído é igual a $k=1,1$;

Determina-se, então, o volume nominal, que serve para determinar o valor em função das pressões do exercício:



$$VU = VC \cdot \frac{PF + 1}{PF - PI}$$

Onde:

- VN = Volume nominal do vaso de expansão, em litros;
- VU = Volume útil do vaso de expansão, em litros;
- PI = Pressão inicial de enchimento do sistema, em bar. Recomenda-se: $P_{stática} + 0,5$ bar;
- PF = Pressão final, em bar. Recomenda-se: pressão de abertura da válvula de segurança $- 0,5$ bar.



O vaso de expansão deve ser instalado no retorno do circuito solar, com tubo de ligação voltado para baixo e sem isolamento térmico.

Exemplo

Dados nr. 3 painéis solares contendo cada um 2,5 litros de líquido (água e glicol), e um sistema de tubulação em serpentina acoplados, contendo 30 litros (VC) de água e glicol.



$$VP = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ litros}$$

Em que:



$$VU = (VC \cdot e + VP) \cdot k = (30 \cdot 0,07 + 7,5) \cdot 1,1 = 10,6 \text{ Litros}$$

Utilizando uma válvula de segurança, para uma pressão máxima de 6 bar, é necessário utilizar, para os cálculos, uma pressão final de trabalho, igual a:



$$PF = 6 - 0,5 = 5,5 \text{ bar}$$

Supondo ter uma pressão estática do sistema de 1,2 bar, corresponde a uma pressão inicial igual a:



$$PI = 1,2 + 0,5 = 1,7 \text{ bar}$$

Valida-se o volume do vaso de expansão como:



$$VN = VU \cdot \frac{PF + 1}{PF - PI} = 10,6 \cdot \frac{5,5 + 1}{5,5 - 1,71} = 12,6 \text{ litros}$$

O vaso de expansão a ser utilizado deverá ter um volume dimensionado em $\pm 10\%$ a mais do valor calculado.



A lógica deste método de cálculo é que vasos muito pequenos comportam pressão muito alta (determinando uma intervenção muito frequente dos dispositivos de segurança); por outro lado, vasos muito grandes comportam, ao invés, pressão muito baixa, insuficiente para ativar os instrumentos de segurança ligados à pressão, isto é, às válvulas de segurança.

Dimensionamento da instalação

O presente capítulo disponibiliza aos projetistas as informações necessárias ao dimensionamento hidráulico das instalações solares.

Estão aqui descritos os dados relativos ao desempenho dos reservatório e dos kits da bomba fornecidos pelo catálogo da Beretta que acompanha os próprios coletores solares.

Lembramos que a vazão do fluxo no interior do circuito solar deve ser de tal forma que garanta que o calor armazenado pelo coletor seja eficazmente removido do mesmo e, em contrapartida, não seja tão alto para aumentar muito a perda de pressão nas tubulações e também a quantidade de energia que deve ser fornecida pela bomba de circulação.



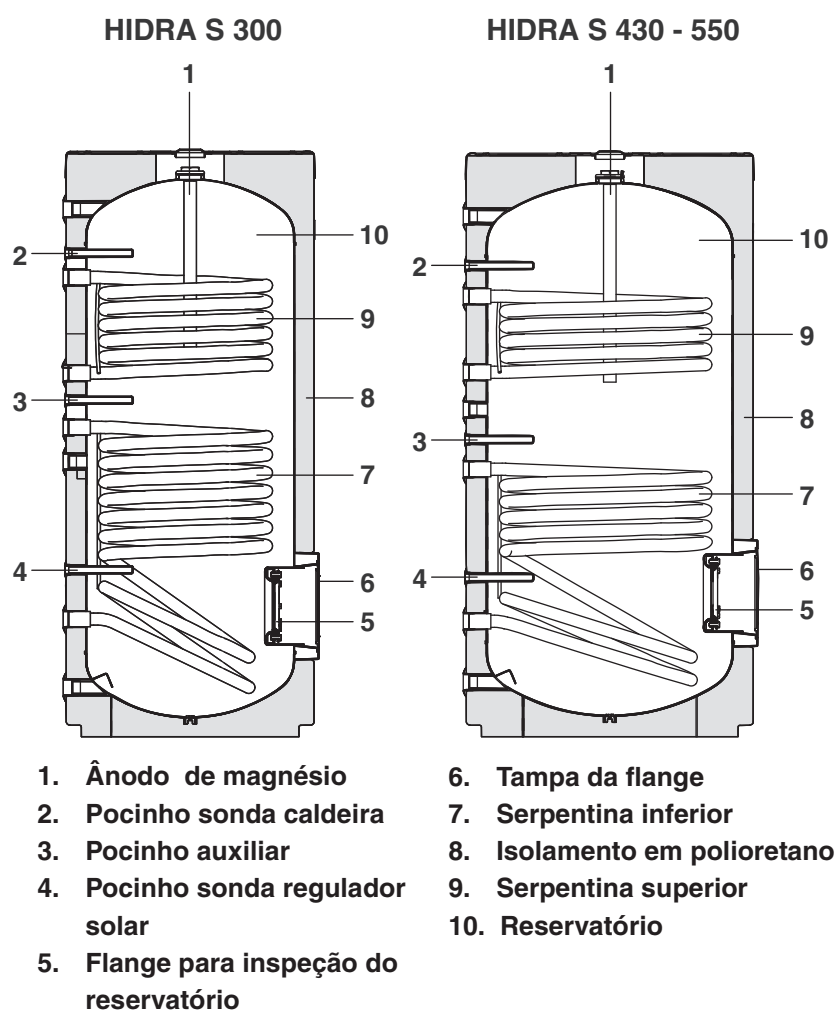
A quantidade de fluxo deve ser cerca de 30-40 l/(m²h) para cada metro quadrado de coletor solar

8.1 Reservatórios térmicos de 200-300-430-550 1000 litros com dupla serpentina

Código	Modelo
20001224	Reservatório Hidra S 200
20001225	Reservatório Hidra S 300
20001226	Reservatório Hidra S 430
20001227	Reservatório Hidra S 550
20001400	Reservatório Hidra S 1000

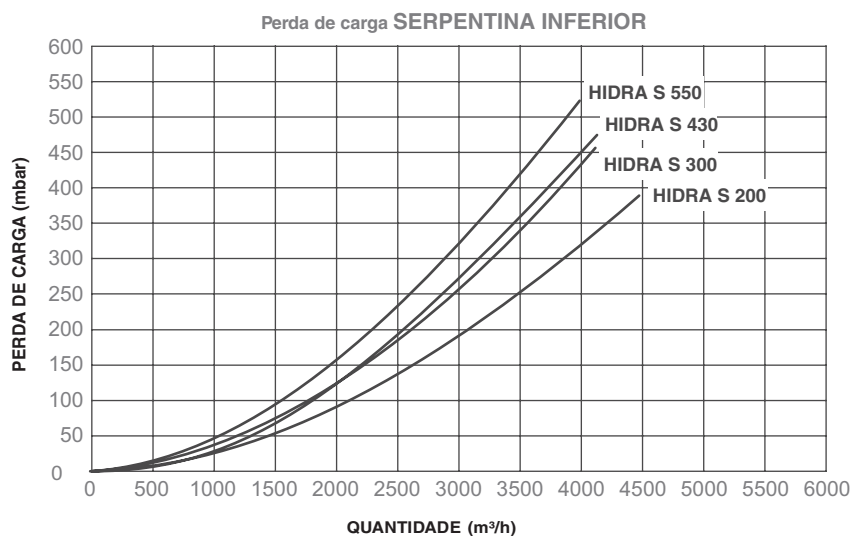
Esses reservatórios têm dupla serpentina: a serpentina inferior é dedicada à parte do sistema relativa à ligação com os painéis solares; a superior, para a parte ligada ao circuito da caldeira.

Fig. 8.1
Reservatórios
térmicos
solares Beretta
com dupla
serpentina



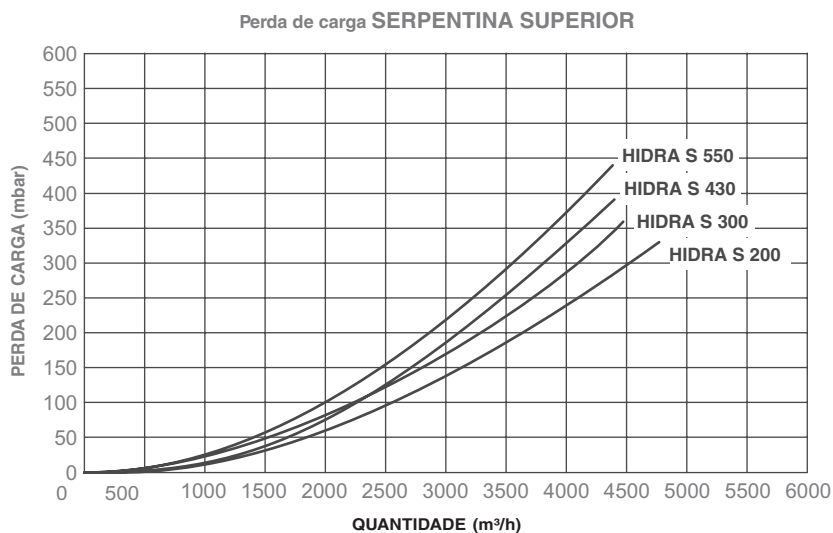
A serpentina inferior, dedicada ao circuito solar, tem comprimento crescente proporcional ao volume de armazenamento; conseqüentemente, as perdas de cargas são diferentes para cada um dos reservatórios.

Fig. 8.2
Diagrama das perdas de carga dos reservatórios térmicos Beretta (serpentina inferior)



A serpentina superior, dedicada ao circuito da caldeira, tem comprimento igual para todos os modelos.

Fig. 8.3
Diagrama das perdas de carga dos reservatórios térmicos Beretta (serpentina superior)



8.2 Reservatório de 150 litros com uma serpentina

Código	Modelo
20001399	Reservatório Hidra M 150

Fig. 8.4
Reservatório térmico solar Beretta com serpentina inferior apenas para circuito solar



Fig. 8.5
Diagrama da perda de carga do reservatório térmico para uma serpentina

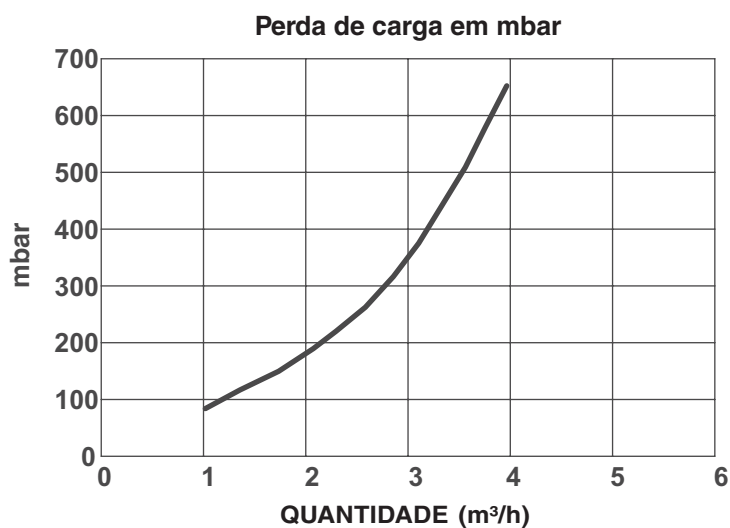


Tabela 8.1 - Desempenho de um reservatório térmico de 150 a 300 litros com uma serpentina

		150 litros	300 litros
Capacidade	l	150	300
Superfície de câmbio	m ²	0,85	1,4
Potência (T 35 k)*	kW	27	44
Produção a.c.s. (T 35 k)*	l/h	663	1081
Tempo aquecimento. (T 35 k)*	min	15	18
Perda de carga	mbar	182	138
Primeiro resultado	m ³ /h	2	3
Espessura de isolamento	mm	=50	=50
Dispersão térmica 65°C	kWh/24h	1,7	2,4
Temperatura máxima do exercício	°C	95	95

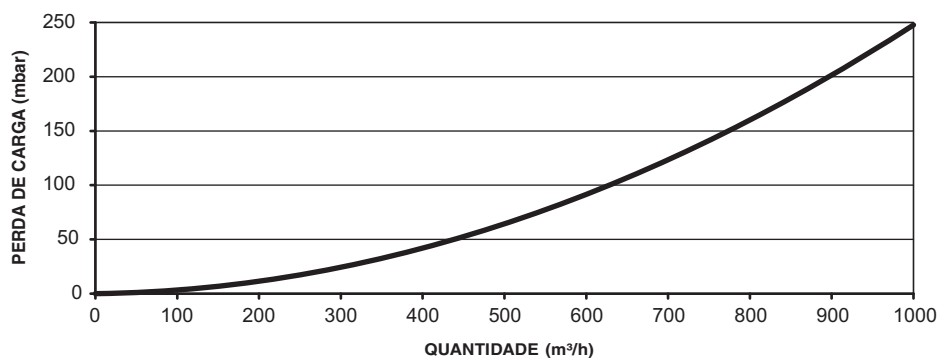
8.3 Coletor Solar Beretta

Código	Modelo
1150379	Coletor solar SC-B 06

Fig. 8.6
Coletor
SC-B 06 Beretta



Fig. 8.7
Diagrama da
perda de carga
do coletor
solar plano
Beretta,
medida com a
temperatura
da água em 20°C



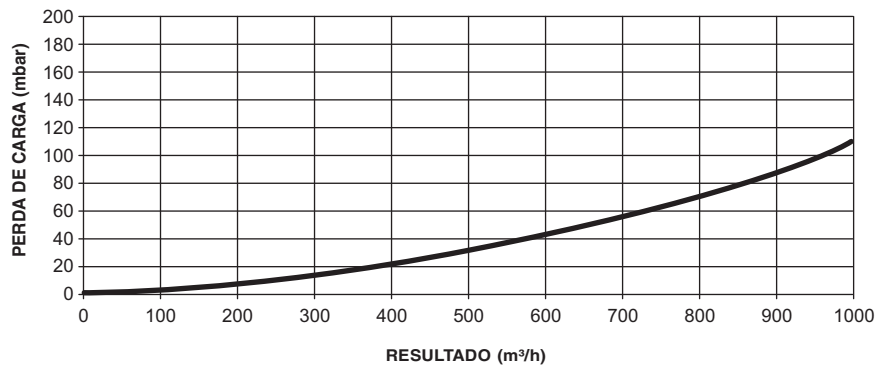
8.4 Coletor solar a vácuo Beretta

Código	Modelo
1151009	Coletor solar SC-V06

Fig. 8.8
Coletor
SC-V06 Beretta



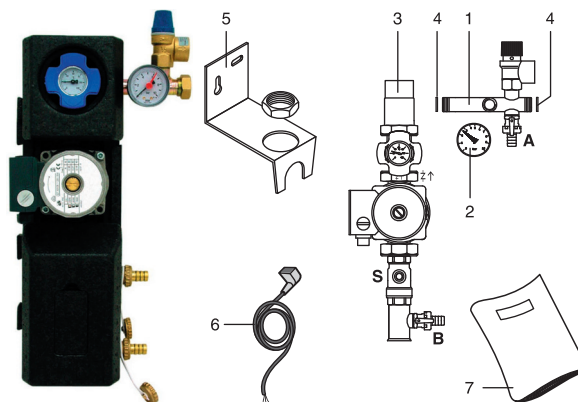
Fig. 8.9
Diagrama da
perda de carga
do coletor
solar a vácuo
Beretta



8.5 Grupo hidráulico: Kit hidráulico de retorno 150 L

Código	Modelo
1150459	Kit grupo hidráulico de retorno 150 L

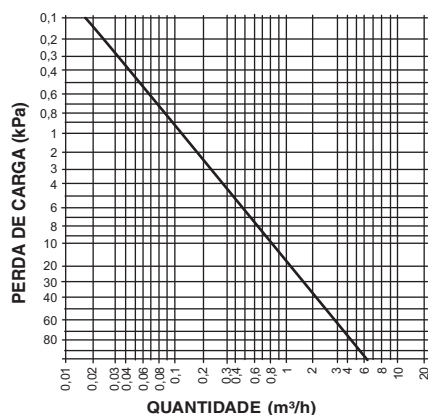
Fig. 8.10
Kit hidráulico de
retorno de
150 Litros



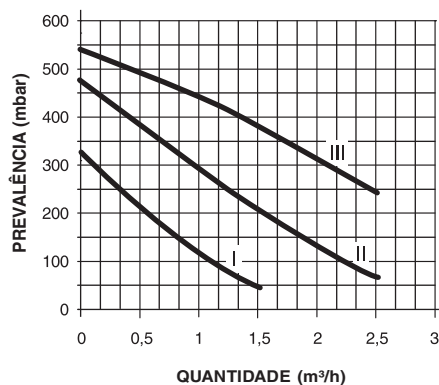
1. Grupo de segurança (composto de: válvula de segurança e registro de descarga da instalação [A])
2. Manômetro
3. Grupo de retorno (composto de: termômetro, válvula de retenção, circuladora, válvula de esfera [S] e registro de carga da instalação [B])
4. Guarnição
5. Kit suporte para muro
6. Cabo elétrico
7. Manual de instrução

Fig. 8.11
Diagramas em referência ao kit hidráulico de retorno de 150 litros

Perda de carga grupo hidráulico



Circulação



8.6 Grupo hidráulico: Kit hidráulico de retorno

Código	Modelo
1150479	KIT GRUPO HIDRÁULICO DE RETORNO

Fig. 8.12
Kit hidráulico de retorno

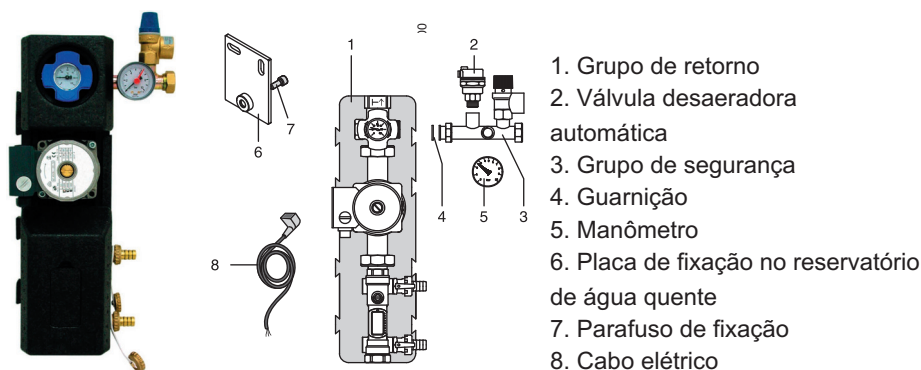
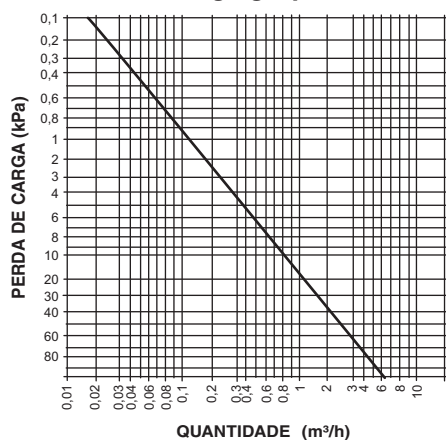
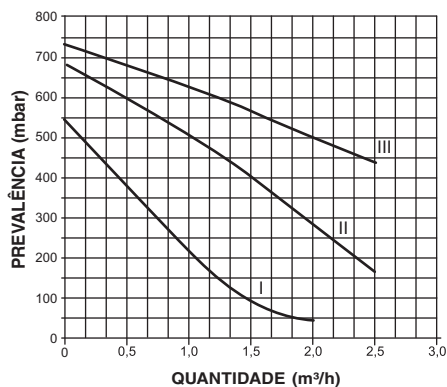


Fig. 8.13
Diagrama em referência ao kit hidráulico de retorno

Perda de carga grupo hidráulico



Circulação



8.7 Grupo hidráulico: Kit hidráulico TOP

Código	Modelo
1150469	KIT GRUPO HIDRÁULICO TOP

Fig. 8.14
Kit hidráulico
TOP

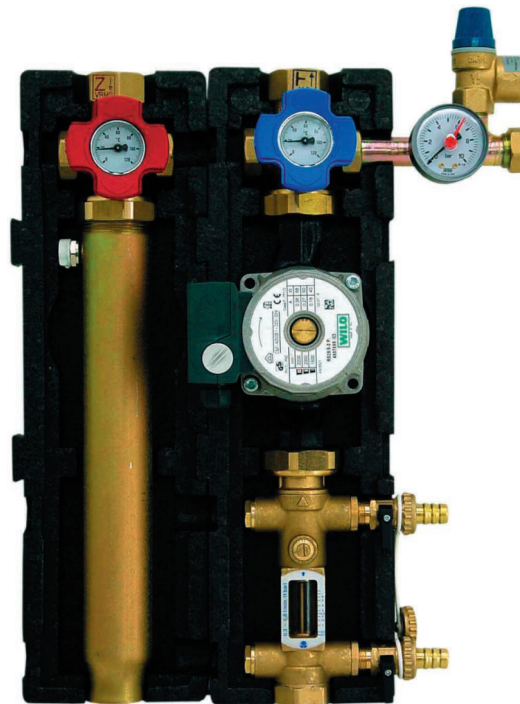
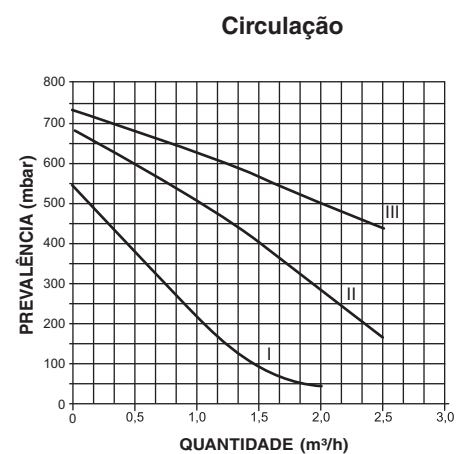
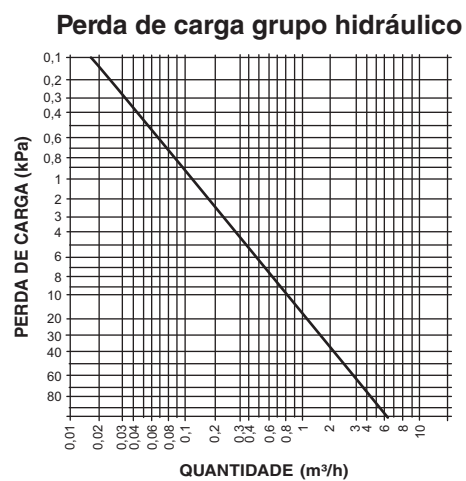


Fig. 8.15
Diagrama
em referência ao
kit hidráulico
TOP



Manutenção

Para a manutenção de um sistema solar, deve haver um controle periódico de todos os componentes. Tal controle permite ao responsável pela instalação detectar eventuais irregularidades ou mal funcionamento apresentado.

As instalações solares são erroneamente consideradas, por muitos, como instalações que não precisam de manutenção.

Aconselha-se, todavia, inspecionar a instalação anualmente.



Uma das operações mais importantes é a verificação do valor do pH e o ponto de congelamento do fluido termovetor. A cada 5 anos se aconselha substituir completamente o fluido.

Ambos os valores sofrem variações durante o funcionamento do sistema por causa da degradação químico-física das moléculas de glicol devido ao calor. Todos esses fatores afetam significativamente sobre a capacidade de proteção do glicol.

A segurança anticongelante, dependendo da localização do sistema, deverá ser inferior a -17°C (segurança-antiexplosão).

Se se prevê usar o anticongelante, a água e o glicol devem ser misturados em um recipiente, seguindo os dados indicados pelo produtor, de modo que se

garanta a segurança anticongelamento até uma temperatura que seja de 10°C inferior à temperatura mínima média da área geográfica, determinada pelo cálculo do projeto do sistema de aquecimento.

O valor do pH revelado com a relativa medida deve ser igual a 7,5. Um valor de pH inferior (menor de 7) poderá, de fato, causar danos aos tubos de cobre.

Refratômetro manual

Com o refratômetro manual, é possível controlar o conteúdo exato de anticongelante do material, e para alguns modelos, uma vez conhecido o tipo de glicol utilizado, haverá diretamente a leitura da temperatura de proteção anticongelante.

Fig. 9.1
Refratômetro
Manual



Além disso, para uma correta manutenção, citamos os itens a serem verificados com regularidade, a fim de garantir o bom funcionamento do sistema de painéis solares.

Controle regular

- Verifique se a pressão do circuito permanece constante;
- Verifique se a presença de radiação solar ativa a bomba de circulação;
- Em condições de máximo isolamento e a bomba em funcionamento, verificar que a diferença de temperatura entre a ida e o retorno do coletor seja de, no máximo, 30°C;
- Com o circuito desligado (de noite e com o céu totalmente nublado) e a bomba parada, verificar se os tubos de ida e de retorno do sistema solar estão frios e com a mesma temperatura;

- Se durante a circulação se ouvir ruídos no interior dos condutores, verificar a presença de ar no sistema.

Manutenção ordinária

- Manter limpo o vidro de cobertura no coletor;
- Verificar com o refratômetro a concentração de anticongelante (a cada 2 anos) e determinar se o valor medido corresponde ao que é inicialmente colocado no circuito;
- Controlar o ânodo anticorrosão no reservatório de água sanitária.

Se houver problemas durante o funcionamento, citamos uma lista útil de defeitos e possíveis causas na tabela abaixo.

Tabella 9.1 - Defeitos de funcionamento

Tipo de defeito	Possível causa
Perda da pressão nos circuitos dos coletores	O circuito tem perdas
	Se a válvula de segurança for acionada com perda de fluido
	O vaso de expansão pode estar danificado.
	O gelo depois de um período de frio intenso danificou o circuito porque a proteção antigelo não foi suficiente
A bomba não parte no automático	Falta a corrente elétrica
	O controle de gestão está desligado ou danificado
	Foi atingida a temperatura máxima do reservatório
	O sensor da temperatura está com defeito
	A bomba está parada ou com defeito
A bomba está em funcionamento, mas não chega calor aos coletores	Há ar no circuito solar
	A válvula de intercepção e/ou a válvula de não retorno estão fechadas
	Formou-se vapor no interior do coletor
	A bomba tem partida retardada
	A vazão é excessivamente baixa
A bomba entra em funcionamento com retardamento	O sensor colocado no coletor está danificado ou causa um contato não correto
	A regulagem está errada

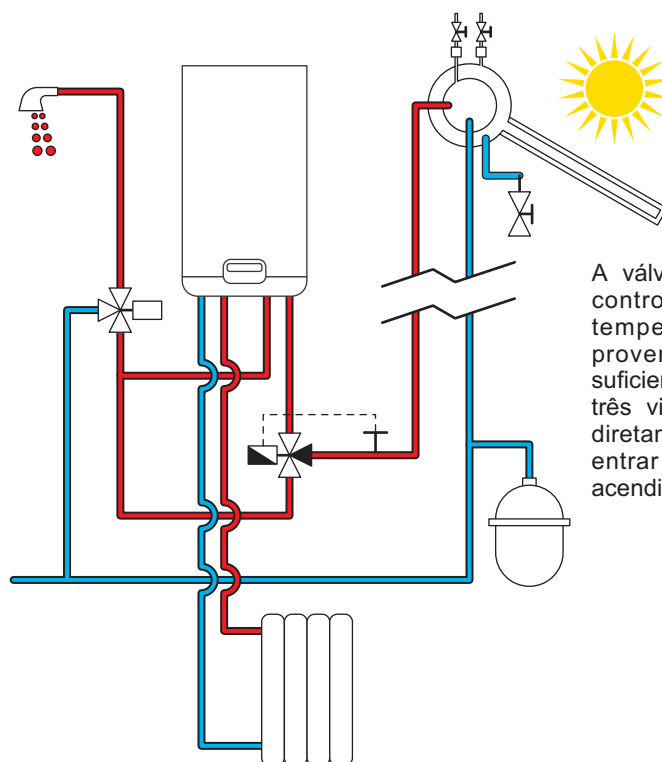
Tabela 9.1 - Defeitos de funcionamento

Tipos de defeito	Possível causa
O reservatório esfria rapidamente	O isolamento do reservatório não é suficiente
	Os tubos de ida e retorno não estão mal isolados
	A refrigeração é causada pelo circuito do coletor: a válvula de retenção está aberta ou com defeito
	A refrigeração é causada pelo circuito de aquecimento auxiliar: A válvula de retenção está aberta ou com defeito
	A bomba de recirculação entra muitas vezes em função

Esquemas de Instalação

Apresentamos, a seguir, os esquemas de tipologias de instalações mais utilizados.

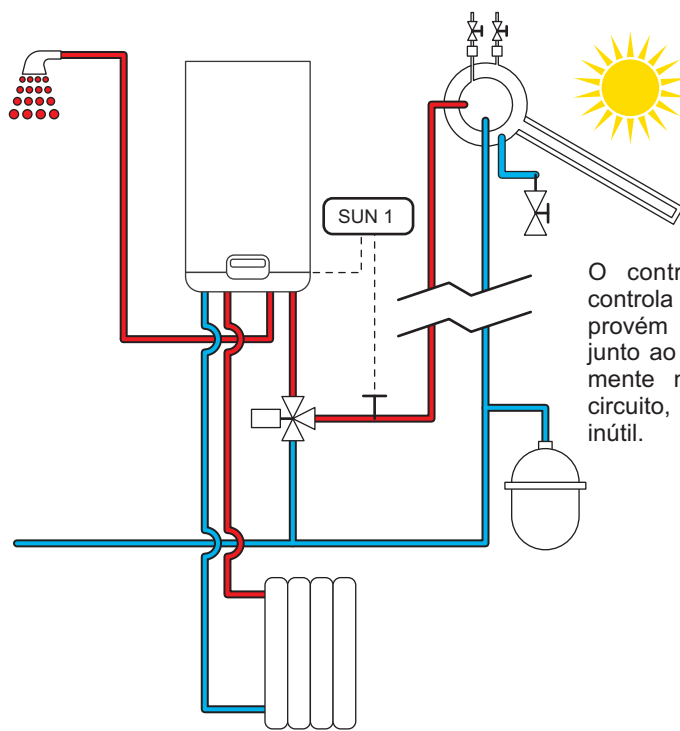
Fig. 10.1
ESQUEMA DE
INSTALAÇÃO S01:
instalação à circu-
lação natural
sem controle
eletrônico



CIRCULAÇÃO
NATURAL

A válvula três vias motorizada é controlada por um sensor de temperatura. Quando a água proveniente do reservatório é suficientemente quente, a válvula três vias desvia o fluxo da água diretamente utilizada sem fazer entrar na caldeira, evitando o acendimento inútil.

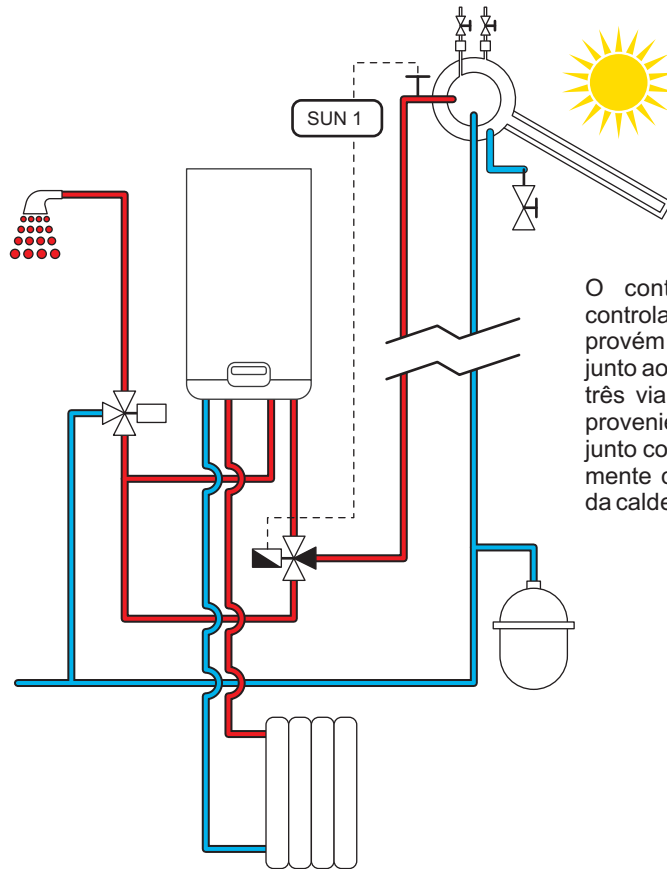
Fig. 10.2
ESQUEMA DE
INSTALAÇÃO S02:
 instalação à circulação natural com controle eletrônico



CIRCULAÇÃO NATURAL

O controle remoto solar SUN1 controla a temperatura d'água que provém do reservatório que está junto ao coletor e intervém diretamente na caldeira em série ao circuito, evitando o acendimento inútil.

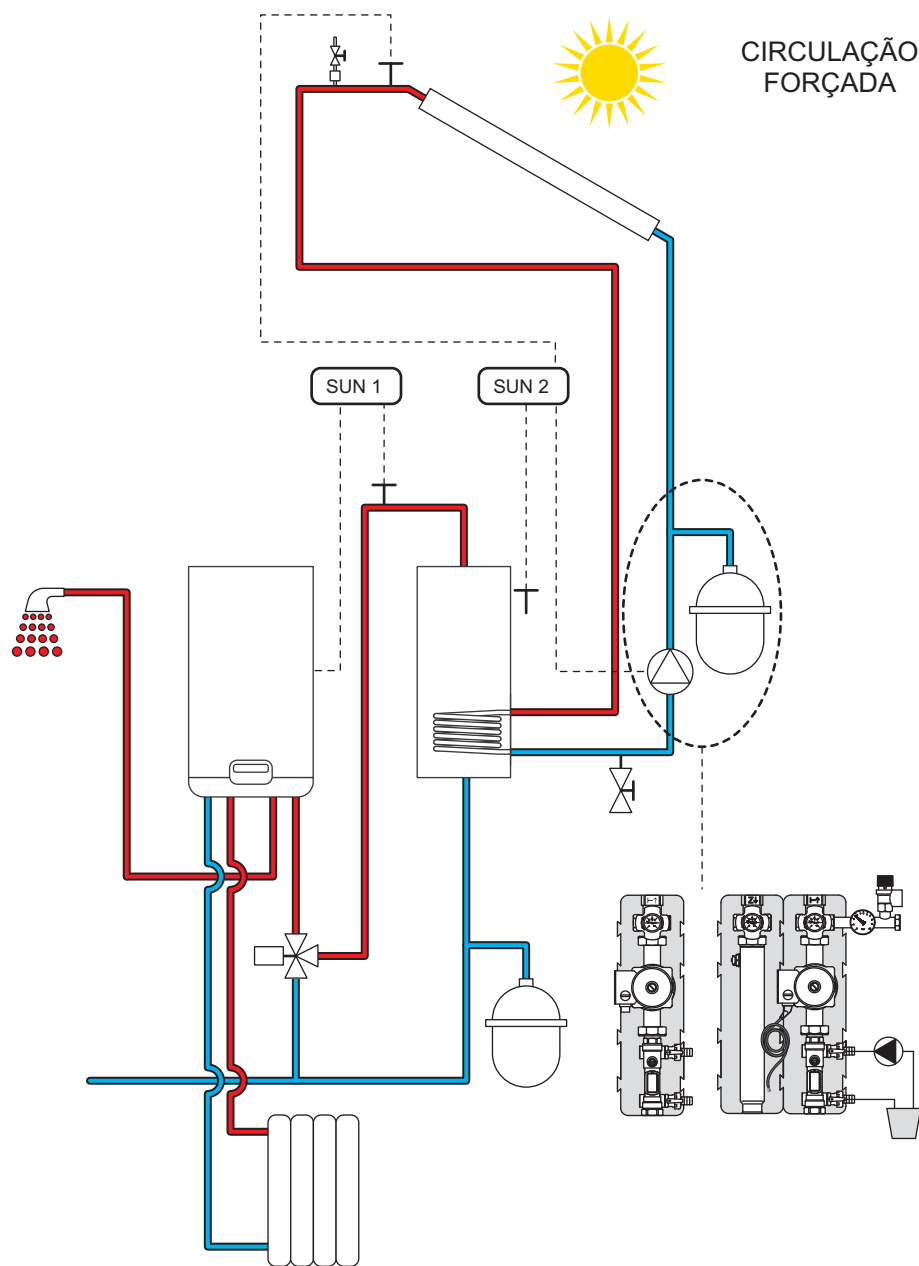
Fig. 10.3
ESQUEMA DE
INSTALAÇÃO S03:
 instalação à circulação natural com controle eletrônico



CIRCULAÇÃO NATURAL

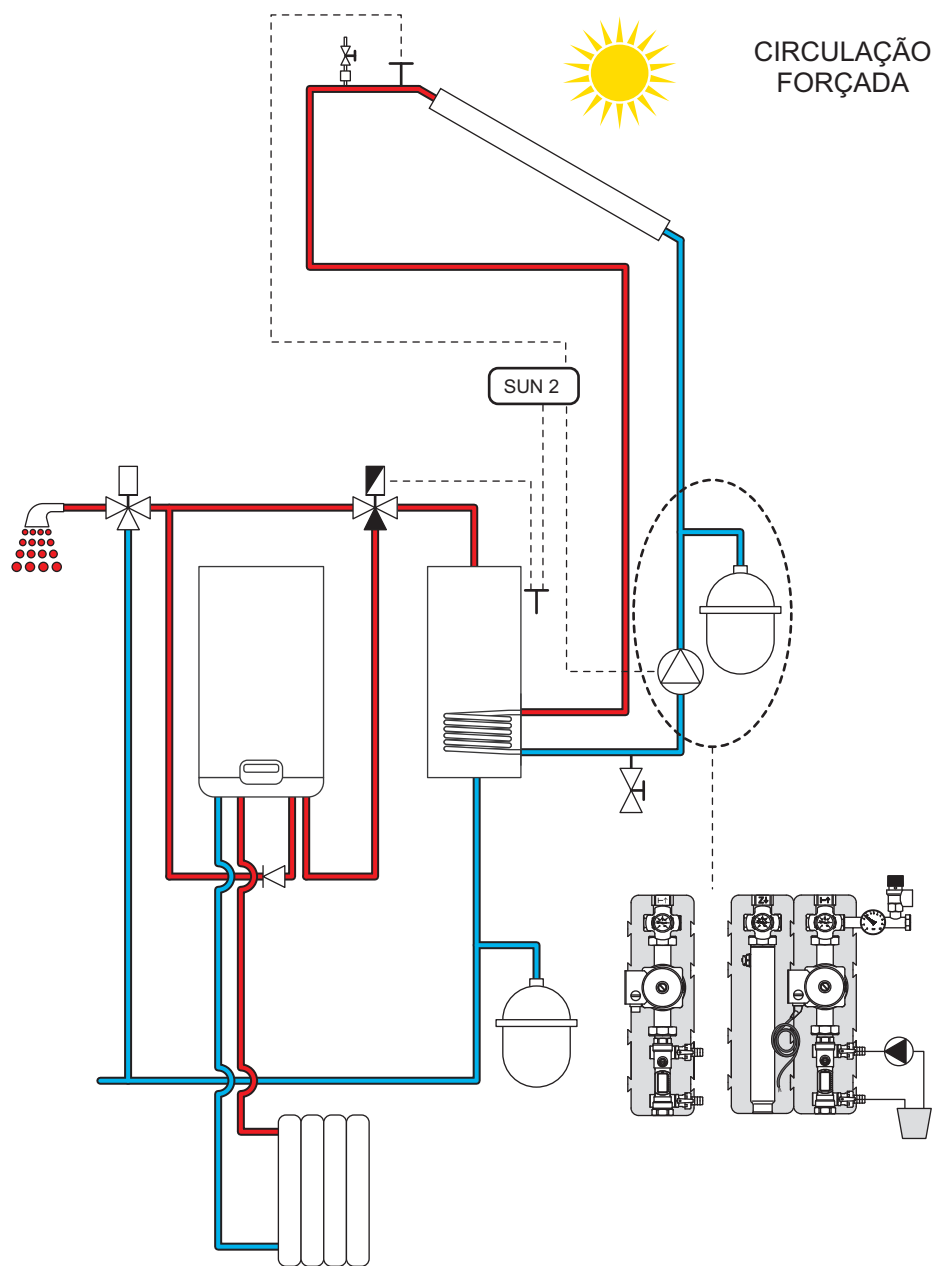
O controle remoto solar SUN1 controla a temperatura d'água que provém do reservatório que está junto ao coletor e intervém na válvula três vias motorizada. Caso a água proveniente do reservatório que está junto com o coletor esteja suficientemente quente, evita o acendimento da caldeira.

Fig. 10.4
ESQUEMA DE
INSTALAÇÃO S04:
 instalação à circula-
 ção forçada
 com controle
 eletrônico



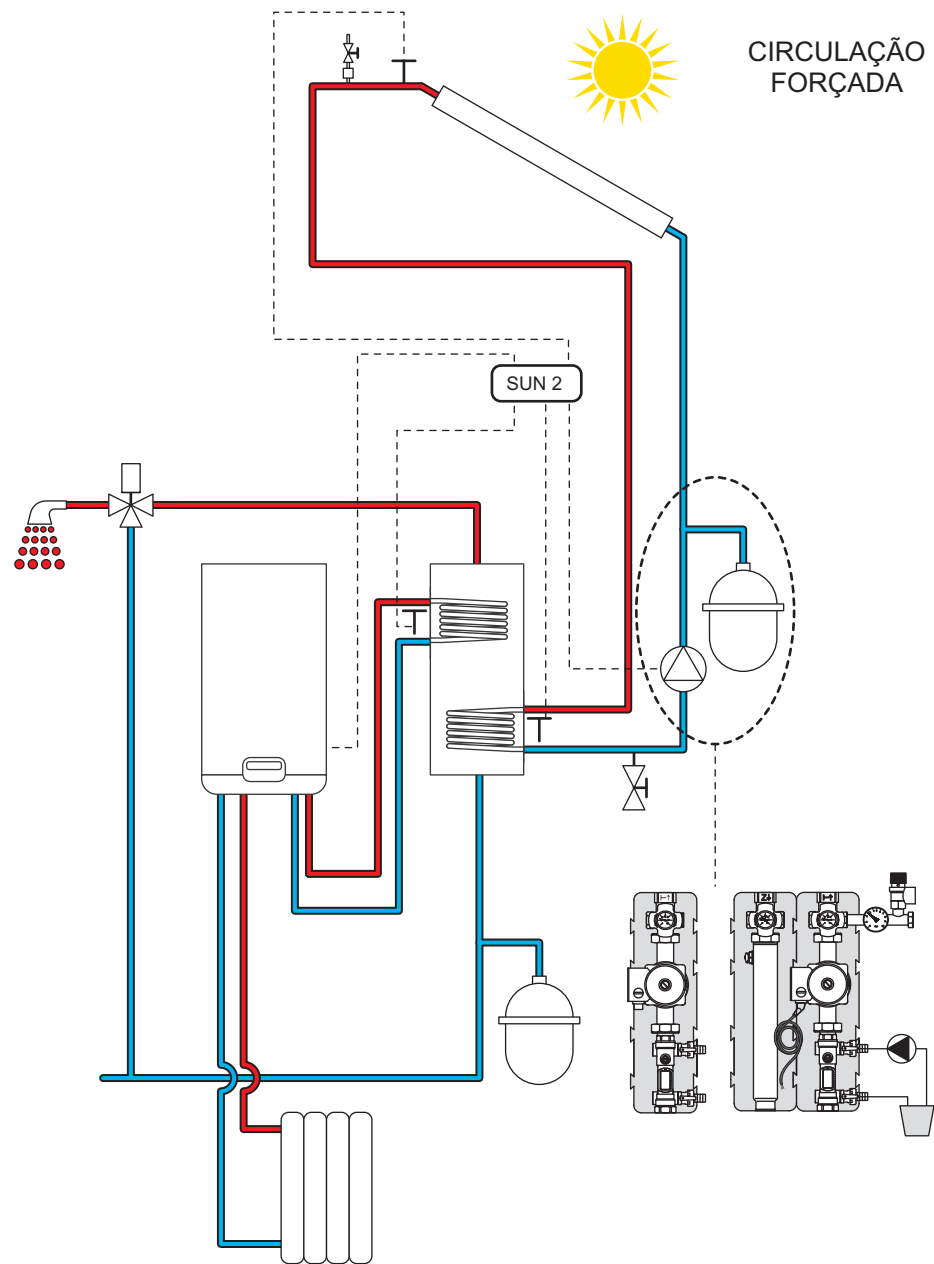
O controle remoto solar SUN1 controla o funcionamento do circuito solar comandando a bomba com base no T entre o coletor e o reservatório de água quente. O segundo central SUN1 intervém diretamente na caldeira em série ao circuito, evitando o acendimento.

Fig. 10.5
ESQUEMA DE
INSTALAÇÃO S05:
 instalação à circula-
 ção forçada
 com controle
 eletrônico



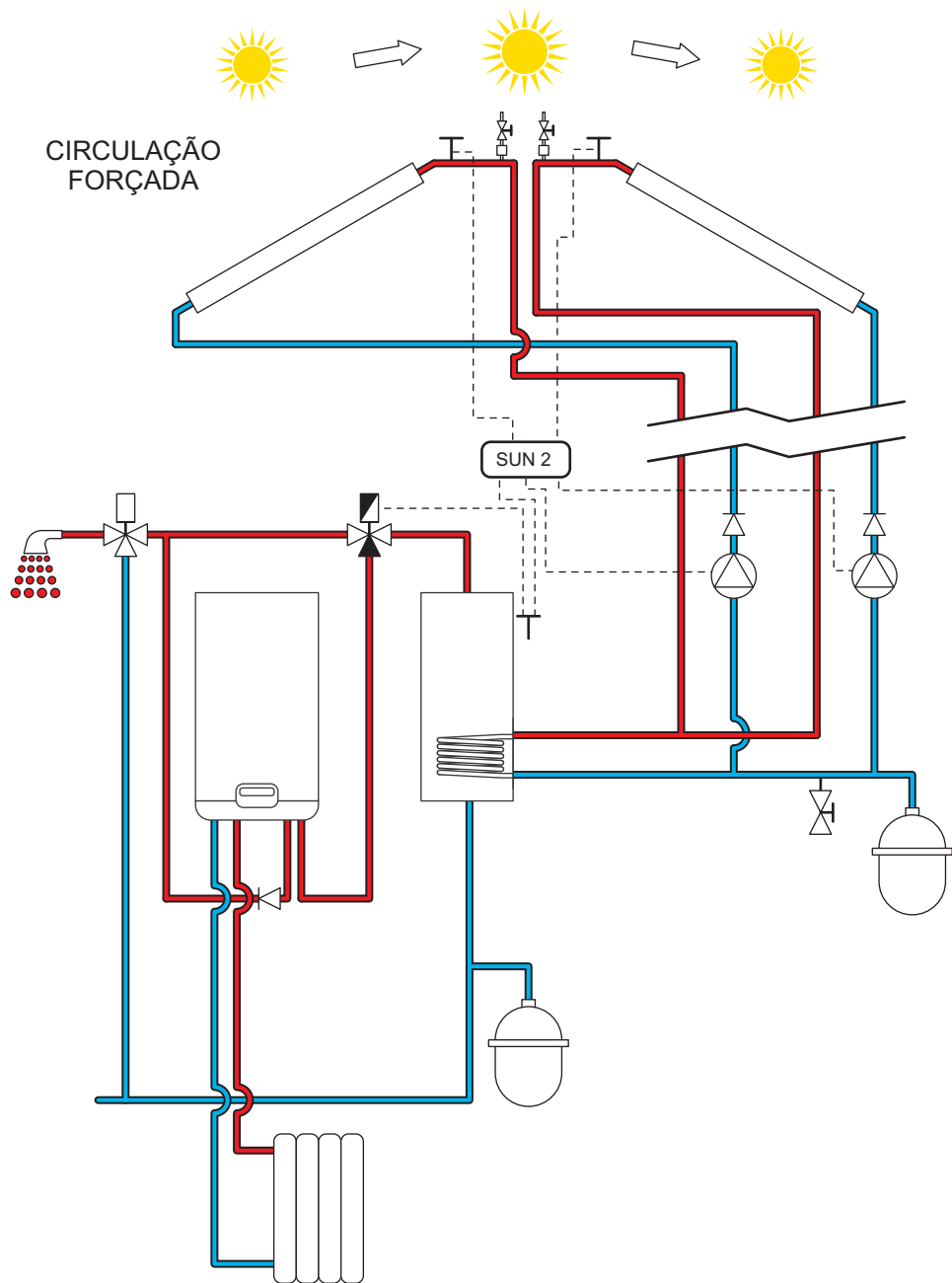
O controle remoto solar SUN1 controla o funcionamento do circuito solar, comandando a bomba com base no ΔT entre o coletor e reservatório térmico. Uma válvula três vias motorizada e controlada por um sensor de temperatura intervém rapidamente no caso em que a água proveniente do reservatório de acúmulo esteja suficientemente quente, evitando o acendimento da caldeira.

Fig. 10.6
ESQUEMA DE
INSTALAÇÃO S07:
instalação à circu-
lação forçada
com controle
eletrônico



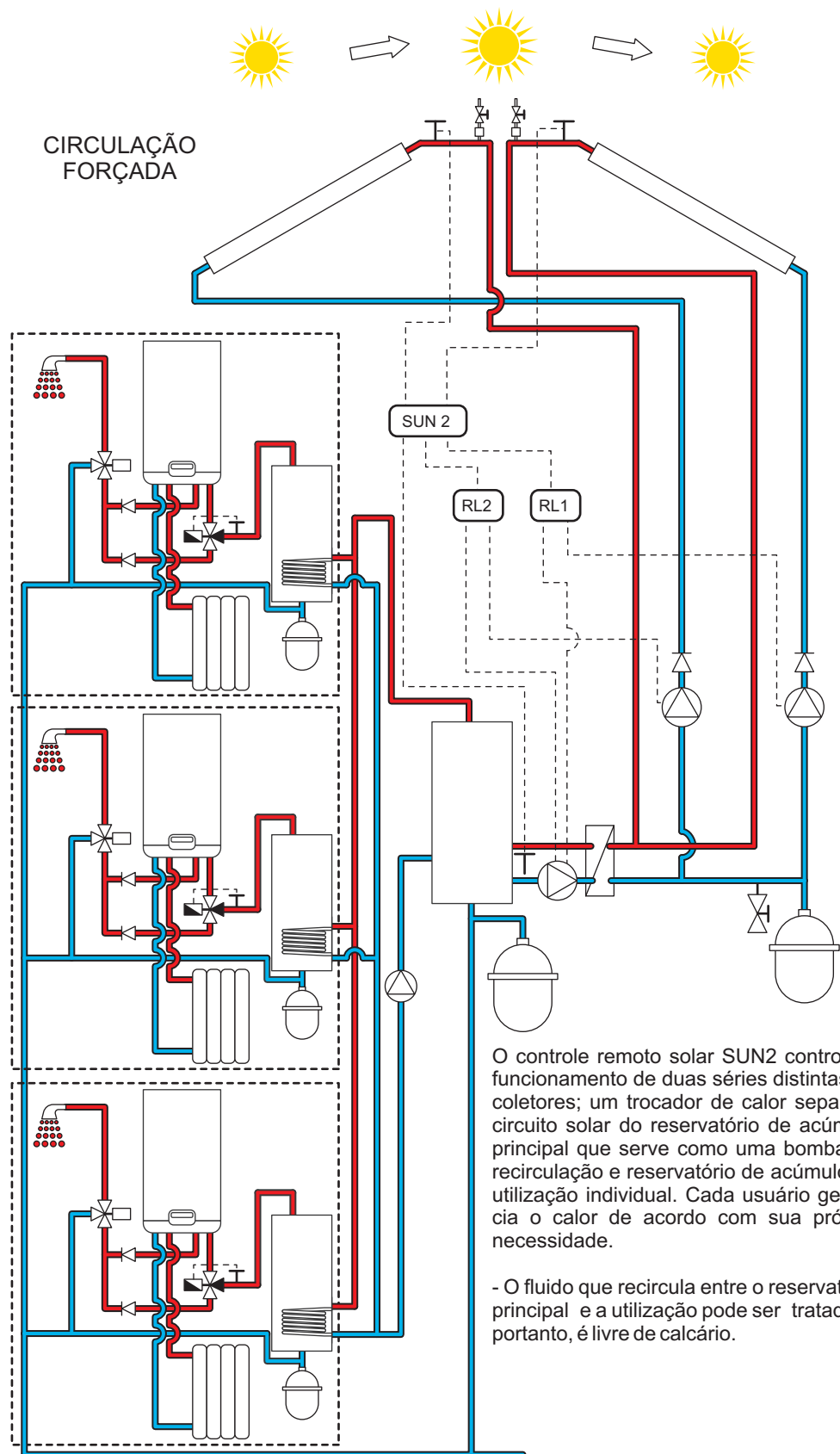
O controle remoto solar SUN2 controla tanto o funcionamento do circuito solar que comanda a bomba com base no T entre o coletor e o reservatório térmico quanto o funcionamento da caldeira de apoio.

Fig. 10.7
ESQUEMA DE
INSTALAÇÃO S09:
instalação à circula-
ção forçada
com controle
eletrônico



O controle remoto solar SUN2 controla o funcionamento de duas séries distintas de coletores; a válvula três vias motorizada gerencia o acendimento da caldeira em série.

Fig. 10.8
ESQUEMA DE
INSTALAÇÃO S12:
 instalação à circu-
 lação forçada
 para gerenciar
 vários usuários



Unidade de medidas

Apresentamos as tabelas que resumem as conversões entre a unidade de medidas de energia e potência, normalmente utilizadas nos nossos cálculos.

Tabela 11.1 - Energia

	kJ	kcal	KWh
1 kJ =	1	$\frac{23,9}{1000}$	$\frac{0,278}{1000}$
kcal	$\frac{4816}{1000}$	1	$\frac{1,16}{1000}$
kWh	3600	600	1

Tabela 11.2 - Potência (= Energia/Tempo)

	kJ	kcal	KWh
kJ	1	$\frac{1}{1000}$	0,860
kcal	1000	1	860
kWh	1,162	$\frac{1,162}{1000}$	1

Além disso, indicamos a conversão entre o sistema técnico, Sistema Internacional e o sistema anglosaxônico para todas as grandezas de pressão, temperatura, potência e trabalho.

Tabela 11.3 - Pressão (= Força/Superfície)

Denominação	Unidade	Conversão
pascal [N/m ²]	Pa	1 Pa = 1 N/m ² 1 kPa = 0,01 bar = 0,1 N/cm ² = 0,10 m _{H2O} = 7,5 mmHg = 0,0099 atm = 0,145 psi = 0,02088 lbf/ft ² = 0,334 ft _{H2O}
bar	bar	1 bar = 100'000 Pa = 100 kPa = 1,0197 kg/cm ² = 10,198 m _{H2O} = 750 mmHg = 0,987 atm = 14,5 psi = 33,455 ft _{H2O}
milibar	mbar	1 mbar = 100 Pa = 0,010 m _{H2O} = 0,750 mmHg = 0,00102 kg/cm ² = 0,0145 psi = 2,088 lbf/ft ² = 0,033 ft _{H2O}
milímetro de mercúrio	mmHg	1 mmHg = 133,322 Pa = 0,133 kPa = 0,00133 bar = 0,0136 m _{H2O} = 0,00131 atm = 0,00136 kg/cm ² = 0,01934 psi = 2,78 lbf/ft ² = 0,045 ft _{H2O}
atmosfera técnica [kgf/cm ²]	at, kg/cm ²	1 at = 1 kg/cm ² = 735,56 mmHg = 10 m _{H2O} = 98066,50 Pa = 98,067 kPa = 0,981 bar = 0,968 atm = 14,22 psi = 2048,16 lbf/ft ² = 32,81 ft _{H2O}
atmosfera métrica	atm	1 atm = 101'325 Pa = 760 mmHg = 1,033 at = 10,33 m _{H2O} = 1,01 bar = 14,696 psi = 2116,22 lbf/ft ² = 33,9 ft _{H2O}
metros de coluna d'água	m _{H2O}	1 m _{H2O} = 9806 Pa = 0,09806 bar = 73,55 mmHg = 0,9806 N/cm ² = 0,09678 atm = 0,0999 at = 1,4224 psi = 204,8 lbf/ft ² = 3,28 ft _{H2O}
pé d'água	ft _{H2O}	1 ft _{H2O} = 2988,87 Pa = 0,0299 bar = 0,3048 m _{H2O} = 22,419 mmHg = 0,0295 atm = 0,03048 kg/cm ² = 0,4335 psi = 62,42 lbf/ft ²
libra por polegada ao quadra	psi	1 psi = 6'894,76 Pa = 6,894 kPa = 0,069 bar = 0,703 m _{H2O} = 51,715 mmHg = 0,689 N/cm ² = 0,068 atm = 0,0703 kg/cm ² = 144 lbf/ft ² = 2,31 ft _{H2O}
libra por pé ao quadrado	lbf/ft ²	1 lbf/ft ² = 2'988,87 Pa = 2,99 kPa = 0,0299 bar = 0,3048 m _{H2O} = 22,418 mmHg = 0,299 N/cm ² = 0,0295 atm = 0,0305 at = 0,433 psi = 62,424 lbf/ft ²

Tabela 11.4 - Temperatura

Denominação	Unidade	Conversão
kelvin	K	K = °C + 273,15; K = 1,8×°R; K = [5/9×°F] + (459,67/1,8)
grau centígrado	°C	°C = (°F - 32)×5/9; °C = K - 273,15; °C = (5/9)×°F - (32/1,8)
grau fahrenheit	°F	°F = 9/5×°C + 32; °F = °R - 459,67; °F = (9/5)×K - 459,67
grau rankine	°R	°R = (5/9) K; °R = 491,67 + (9/5)×°C; °R = 459,67 + °F

Tabela 11.5 - Potência (= Trabalho/Tempo)

Denominação	Unidade	Conversão
quilowatt	kW	1 kW = 1,36 CV = 1,34 hp = 737,56 lbf×ft/s = 4'4253,7 lbf×ft/min = 859,84 kcal/h = 3'412,14 btu/h = 101,97 kgf×m/s
cavalo / vapor	CV	1 CV = 0,735 kW = 0,986 hp = 75 kg×m/s = 542,47 lbf×ft/s = 632,41 kcal/h = 2'509,62 btu/h = 75 kgf×m/s
quilograma força por metro por segundo	kgf×m/s	1 kgf×m/s = 0,01 kW = 0,013 CV = 0,013 hp = 7,23 lbf×ft/s = 433,98 lbf×ft/min = 8,43 kcal/h = 33,46 btu/h
quilocaloria por hora	kcal/h	1 kcal/h = 0,0012 kW = 0,0016 CV = 0,00156 hp = 0,8578 lbf×ft/s = 51,47 lbf×ft/min = 3,97 btu/h = 0,12 kgf×m/s
cavalo / vapor	HP	1 HP = 1,014 CV = 0,746 kW = 550 lbf×ft/s = 33000 lbf×ft/min = 641,19 kcal/h = 2'544,43 btu/h = 76,04 kgf×m/s
libra pé força por segundo	lbf×ft/s	1 lbf×ft/s = 0,0013 kW = 0,0018 CV = 0,0018 hp = 60 lbf×ft/min = 1,166 kcal/h = 4,63 btu/h = 0,138 kgf×m/s
libra pé força por minuto	lbf×ft/min	1 lbf×ft/min = 0,000023 kW = 0,0167 lbf×ft/s = 0,019 kcal/h = 0,077 btu/h = 0,0023 kgf×m/s
unidade térmica britânica por hora	BTU/h	1 btu/h = 0,00029 kW = 0,216 lbf×ft/s = 12,97 lbf×ft/min = 0,25 kcal/h = 0,030 kgf×m/s

Tabela 11.6 - Trabalho - Energia - Momento - Força - Calor

Denominação	Unidade	Conversão
joule	J	1 J = 1N×m = 0,102 kgf×m = 0,00024 kcal = 8,85 lbf×in = 0,74 lbf×ft = 0,00095 BTU
quilograma força por metro	kgf×m	1 kgf×m = 9,807 J = 0,0023 kcal = 86,80 lbf×in = 7,233 lbf×ft = 0,0093 BTU
cavalo / vapor por hora	CV×h	1 CV×h = 270'000 kgf×m = 0,736 kW×h = 632,41 kcal = 2'509 BTU
quilocaloria	kcal	1 kcal = 4,1868 kJ = 426,93 kgf×m = 0,0016 CV×h = 0,0012 kW×h = 37'056,3 lbf×in = 3'088 lbf×ft = 3,97 BTU
quilowatt por hora	kW×h	1 kW×h = 3'600 kJ = 1,36 CV×h = 859,8 kcal = 3'412,14 BTU
libra força polegada	lbf×in	1 lbf×in = 0,113 J = 0,0115 kgf×m = 0,083 lbf×ft = 0,0001 BTU
libra força pé	lbf×ft	1 lbf×ft = 1,356 J = 0,138 kgf×m = 0,324 cal = 12 lbf×in = 0,0013 BTU
cavalo / vapor versus hora	HP×h	1 HPh = 2,684 MJ = 641,19 kcal = 1,014 CV×h = 0,746 kW×h = 1'980'000 lbf×ft = 2'544,43 BTU
unidade térmica britânica	BTU	1 BTU = 1'055,056 J = 107,58 kgf×m = 0,0004 CV×h = 0,252 kcal = 0,00029 kWh = 9'338,03 lbf×in = 778,17 lbf×ft

Normas

12.1 Normas italianas sobre a utilização dos painéis

- **Legge 10/91** sul risparmio energetico e il decreto di attuazione **DPR 412/93**.
- **Legge 46/90** sulla sicurezza degli impianti negli edifici civili e il **DPR 447/91**.
- Leggi e normative in materia di vincoli storico-artistico e paesaggistico o ambientale e dei regolamenti edilizi comunali.
- **UNI 8211: 1981**. Impianti di riscaldamento ad energia solare. Terminologia, funzioni, requisiti e parametri per l' integrazione negli edifici.
- **UNI 8477-1: 1983**. Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia radiante ricevuta.
- **UNI 8477-2: 1985**. Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione degli apporti ottenibili mediante sistemi attivi e passivi.
- **UNI EN ISO 9488: 2001**. Energia solare. Vocabolario.
- **UNI ENV 12977-3: 2004**. Impianti solari termici e loro componenti.

12.2 Normas italianas e internacionais sobre construções dos componentes dos painéis solares

- **UNI 7885: 1978.** Prove sul vetro. Determinazione dei fattori di trasmissione dell'energia solare.
- **UNI 8211: 1981.** Impianti di riscaldamento ad energia solare. Terminologia, funzioni requisiti e parametri per l'integrazione negli edifici.
- **UNI 8212/1: 1986.** Collettori solari piani a liquido. Prova di esposizione in condizioni di stagnazione a secco.
- **UNI 8212/2: 1986.** Collettori solari piani a liquido. Prova di sbalzo termico esterno.
- **UNI 8212/3: 1986.** Collettori solari piani a liquido. Prova di sovrappressione.
- **UNI 8212/4: 1986.** Collettori solari piani a liquido. Prova di tenuta all'acqua.
- **UNI 8212/5: 1987.** Collettori solari piani a liquido. Prova di sbalzo termico interno.
- **UNI 8212/6: 1987.** Collettori solari piani a liquido. Prova di resistenza alla grandine.
- **UNI 8212/7: 1987.** Collettori solari piani a liquido. Misura delle perdite di carico.
- **UNI 8212/8: 1987.** Collettori solari piani a liquido. Prova in nebbia salina.
- **UNI 8212/9: 1987.** Collettori solari piani a liquido. Prova del rendimento termico.
- **UNI 8477/1: 1983.** Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta (Appendice A sostituita dalla UNI 10349).
- **UNI 8477/2: 1985.** Energia solare. Valutazione degli apporti ottenibili mediante sistemi attivi o passivi.
- **UNI 8796: 1987.** Impianti solari. Collettori solari a liquido. Criteri di certificazione.
- **UNI 8872: 1985.** Collettori solari piani a liquido. Criteri per la progettazione ed il controllo dei requisiti di affidabilità e durabilità
- **UNI 8873/1:1987:** Impianti solari. Accumuli ad acqua. Criteri di accettazione.

- **UNI 8873/2: 1987.** Impianti solari. Accumuli ad acqua. Metodi di prova.
- **UNI 8937: 1987.** Collettori solari piani ad aria. Determinazione del rendimento termico.
- **UNI 9711: 1991.** Impianti termici utilizzando energia solare. Dati per l'offerta, l'ordinazione ed il collaudo.
- **ISO 9059: 1990.** Solar energy. Calibration of field pyrheliometers by comparison to a reference pyrheliometer.
- **ISO 9060: 1990.** Solar energy. Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation.
- **ISO 9459/1: 1993.** Solar heating. Domestic water heating systems. Part 1: Performance rating procedure using indoor test methods.
- **ISO 9459/2: 1995.** Solar heating. Domestic water heating systems. Part 2: Outdoor test methods for system performance characterization and yearly performance prediction of solar-only systems.
- **ISO 9459/3: 1997.** Solar heating. Domestic water heating systems. Part 3: Performance test for solar plus supplementary systems.
- **ISO 9806/1: 1994.** Test methods for solar collectors. Part 1: Thermal performance of glazed liquid heating collectors including pressure drop.
- **ISO 9806/2: 1995.** Test methods for solar collectors. Part 2: Qualification test procedures.
- **ISO 9806/3: 1995.** Test methods for solar collectors. Part 3: Thermal performance of unglazed liquid heating collectors (sensible heat transfer only) including pressure drop.
- **ISO 9808: 1990.** Solar water heaters. Elastomeric materials for absorbers, connecting pipes and fittings. Method of assessment.
- **ISO 9845/1: 1992.** Solar energy. Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions. Part 1: Direct normal and hemispherical solar irradiance for air mass 1,5.
- **ISO 9846: 1993.** Solar energy. Calibration of a pyranometer using a pyrheliometer.
- **ISO 9847: 1992.** Solar energy. Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.
- **ISO/TR 9901: 1990.** Solar energy. Field pyranometers. Recommended practice for use.

- **ISO/TR 10217: 1989.** Solar energy. Water heating systems. Guide to material selection with regard to internal corrosion.
- **ISO/TR 12596: 1995.** Solar heating. Swimming-pool heating systems. Dimensions, design and installation guidelines.
- **ASHRAE 74-1988: 1988.** Method of Measuring Solar-Optical Properties of Materials.
- **ASHRAE 93-1986: 1986/91.** Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors.
- **ASHRAE 95-1987R: 1987.** Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Domestic Water Heating Systems.
- **ASHRAE 96-1980R: 1980.** Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Unglazed Flat-Plate Liquid-Type Solar Collectors.

Bibliografia

- **Fig. 1.1** - Diagrama do consumo mundial de petróleo, gás e carvão de 1965 à 2005 e linha da tendência da população do mundo em milhões de habitantes. Elaborado pela *BP statistical review full report workbook 2006*.
- **Fig. 1.2** - Diagrama do consumo mundial de petróleo, gás e carvão de 1965 à 2005; reelaboração pela *BP statistical review full report workbook 2006*.
- **Tabela 1.1** - Fator de incremento = $Mwh(2010) / Mwh(1995)$: *European Commission: Renewable Energies in Numbers*.
- **Fig. 1.3** - Diagrama do percentual de produção de energia elétrica nos 25 países UE com fontes renováveis. *European Commission: Renewable Energies in Numbers*.
- **Fig. 1.4** - Diagrama da variação de temperatura dos hemisférios de 1880 à 2006. *Data @NASA GISS Surface Temperature Analysis Graphs*.
- **Fig. 2.7** - Radiação específica anual sobre a planície horizontal em $kWh/m^2/ano$. Reelaborado pela *European commission Institute for Environment and sustainability*

- **Fig. 2.9** - Diagrama da radiação ao solo médio diário em função da latitude e dos meses. Retirado pela: *Renewable Energy di Bent sørensen, Elsevier Academy Press, ISBN: 0-12-656153-2*.
- **Fig. 2.14** - Mapa América do Sul; *Global orizontal solar radiation annual* reditado pela: *NREL/UNEP/Global Enviroment Facility nov. 2005*.



é uma marca do Grupo Riello

Revendedor

