



Solar Térmico: Uso de paineis solares térmicos

Luis Roriz



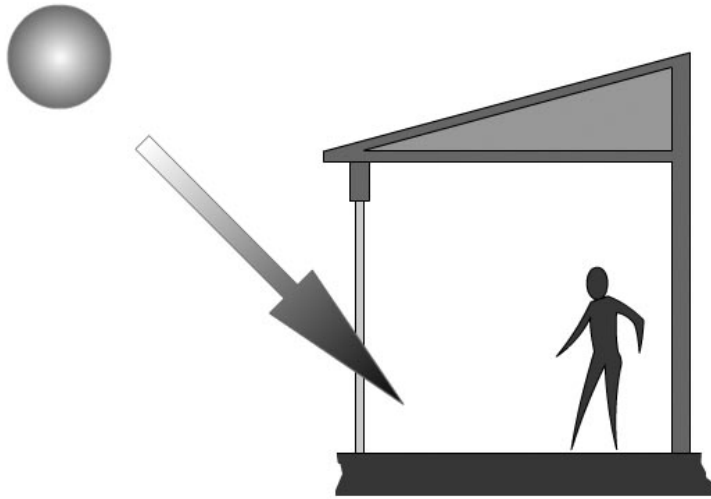
Aquecimento passivo

- O calor resultante da radiação solar pode ser aproveitado para o aquecimento de edifícios sem necessidade de recorrer a sistemas activos:
através da arquitectura do edifício combinando correctamente o aproveitamento dos raios solares ao longo do dia e do ano, a acumulação de calor na estrutura, o controlo do fluxo de calor através da estrutura do edifício e a ventilação natural.

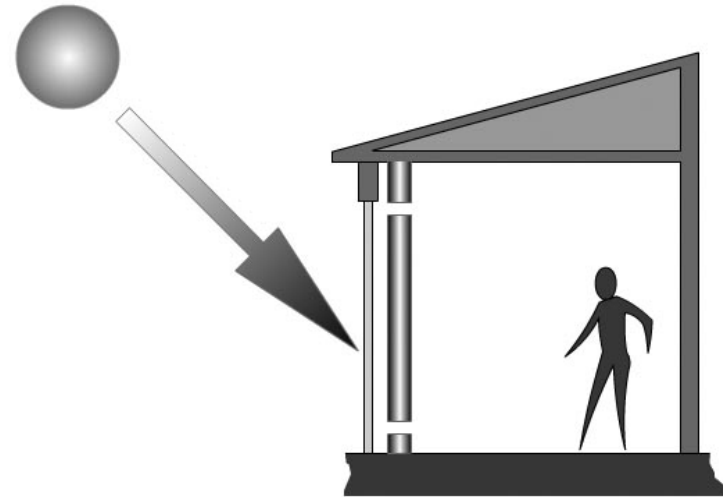




Aproveitamento da energia solar térmica



- por ganhos directos



- por ganhos indirectos

- envolvente activa (regulação do sombreamento da envolvente exterior, captação de calor da dupla envolvente e ventilação natural)



Aproveitamento do calor

- Sistemas de aquecimento de águas sanitárias e ambiente de edifícios: a radiação solar captada (absorvida por uma superfície) aquece, efectuando o aquecimento dum fluido que é utilizado para fins de aquecimento.
- O fluido térmico quente pode ser utilizado como fonte de calor para um sistema frigorífico de absorção, pelo que a radiação solar servirá neste caso como fonte de calor para a produção de “frio” (arrefecimento ambiente).





Imposições regulamentares

- RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006) impõe a obrigatoriedade de instalação de painéis solares para aquecimento de águas sanitárias nas novas construções, ampliações ou grandes reabilitações de edifícios que utilizem águas quentes sanitárias (AQS).
- Esta situação ocorre em habitações e em diversos tipos de edifícios de serviços.





Colector solar

- Para aproveitar a energia proveniente da radiação solar interessa que a superfície sobre a qual incide a radiação consiga absorver o máximo da energia radiante incidente e que essa energia, uma vez captada, seja fornecida ao fluido que se pretende aquecer.
- O dispositivo que faz a captação de energia (o colector solar) deve possuir uma superfície com elevada absorvidade para maximizar a captação de energia radiante incidente (que apresenta comprimentos de onda reduzidos, da ordem de 0,3 a 3,0 μm), ser isolado termicamente de forma a reduzir as perdas por convecção-condução e possuir uma baixa emissividade para os comprimentos de onda da radiação própria (que são mais elevados, da ordem de 3 a 30 μm).





Colector solar

- Geralmente o colector é composto pelo absorvedor, o componente do colector que absorve a radiação solar e transfere a energia térmica para o fluido que nele circula (normalmente uma mistura de água e anticongelante) e pela cobertura e caixa (termicamente isolada) que reduzem as perdas de calor para o exterior.





Colector solar

- O absorvedor deve estar otimizado para ter a maior absorvidade possível e a menor emissividade possível (tratamento da chapa metálica, com pintura preto-baço ou revestimento selectivo - absorvidade distinta para pequenos e grandes comprimentos de onda).
- A cobertura transparente deve possuir uma elevada transmissividade e conseqüentemente uma baixa reflectividade.
- O isolamento deve poder suportar temperaturas elevadas (o colector, quando está parado, pode atingir temperaturas superiores a 150°C).





Tipos de colector solar

- Existem diferentes tipos de colectores. Os mais simples são constituídos apenas por absorção. Colector Parabólico Composto (CPC) e colector de tubos evacuados podem ser utilizados no aquecimento de águas sanitárias e no aquecimento do gerador dos sistemas frigoríficos de absorção
- Os colectores planos com ou sem acumulação, com ou sem cobertura de vidro ou material sintético, são os mais utilizados para o aquecimento de água sanitária que se pretende atingir temperaturas próximas dos 60°C.





Controlo da quantidade calor absorvida

- Ao contrário do que ocorre quando é utilizada uma caldeira ou uma bomba de calor, a quantidade de energia recebida por um painel solar não está dependente do sistema de controlo actuando sobre o equipamento. Depende das condições climáticas sobre as quais o utilizador não tem controlo.
- O sistema necessita, na maioria dos casos, dum conjunto de acessórios e de equipamento auxiliar que permitem garantir a manutenção da sua funcionalidade, bem como garantir o fornecimento de calor sempre que necessário.





Tipo de sistemas solares térmicos

- Classificação em função de:
 - movimentação do fluido,
 - número de circuitos existentes,
 - fixo ou orientável,
 - forma de aquecimento de apoio,
 - forma como é garantido o não funcionamento quando as condições exteriores são adversas (evitar sobreaquecimento ou congelação da água no sistema).





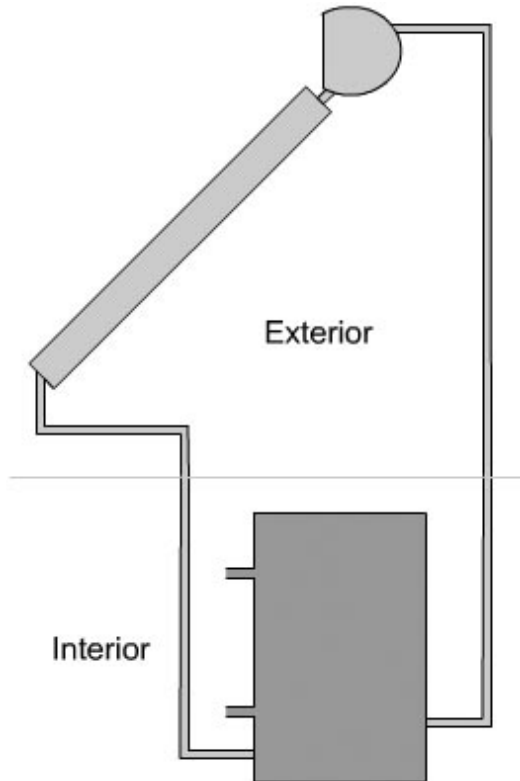
Sistema passivo e sistema activo

- Os sistemas, quanto à forma como é efectuada a circulação do fluido térmico, podem ser:
 - do tipo passivo: inclui os sistemas de termosifão sem acumulação integrada ou com acumulação integrada (Integral Collector Storage-ICS) e de tubos de calor,
 - do tipo activo em que a circulação é feita através de bombagem.

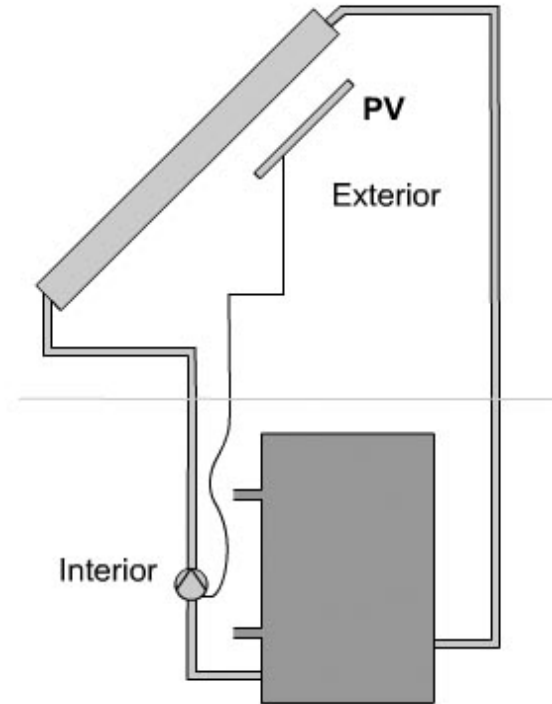




Sistema passivo e sistema activo



Sistema passivo



Sistema activo com
bomba accionada por PV





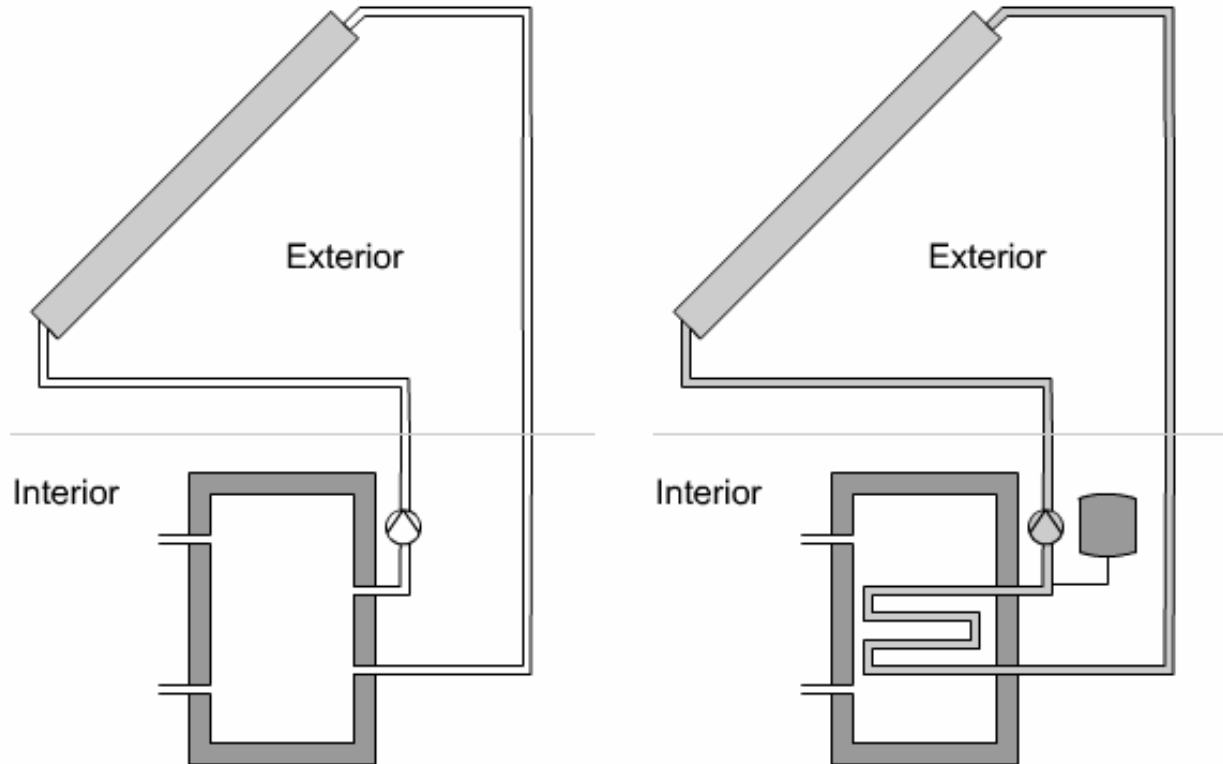
Sistema directo e indirecto

- Os sistemas em função do número de circuitos existentes podem ser directos e indirectos.
- Nos sistemas directos a água potável que é utilizada no edifício percorre o painel solar (a água, dado poder ser consumida, não pode ser tratada).
- Nos sistemas indirectos os circuitos do painel solar e das águas sanitárias são distintos. É possível efectuar o tratamento da água que circula no painel tendo em vista a preservação dos equipamentos (uso de inibidores, uso de anticongelante, regulação do pH da água).





Sistema directo e indirecto



Sistema directo

Sistema indirecto





Parâmetros mais relevantes

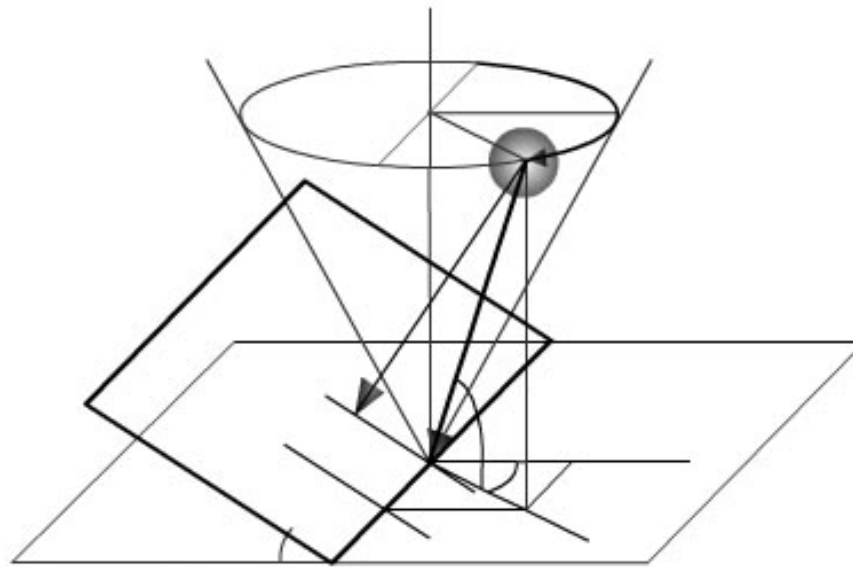
- Eficiência (rendimento) do colector (η): razão entre a radiação incidente no colector e a energia convertida em calor. Depende da diferença de temperatura entre o absorvedor e o meio ambiente, bem como da radiação solar global.
- Eficiência óptica (factor de conversão η_0): percentagem de radiação disponível no colector que pode ser convertida em calor ($\eta_0 = \tau \alpha$).
- Factor de perda de calor (η_K): perda de calor (em percentagem) devida ao desenho e isolamento do colector.
- Fracção Solar: percentagem de energia utilizada no aquecimento de água que pode ser coberta pelo sistema solar.
- Temperatura de estagnação: temperatura máxima que o absorvedor pode atingir (quando as perdas de calor para a atmosfera forem iguais ao calor absorvido pelo absorvedor).





Energia recebida

- A energia recebida por um painel solar depende do ângulo que a superfície colectora faz com a direcção dos raios solares.



$$I_{DS} = I_D (\sin \alpha \cos \theta + \cos \alpha \cos Azs \sin \theta)$$



Orientação do painel

- O máximo de energia que uma dada geometria de painel pode captar tem lugar num painel orientável que poder ser mantido numa posição perpendicular aos raios solares. Estes paineis têm que permitir a rotação segundo dois eixos. Outros paineis orientáveis podem permitir apenas a sua rotação ao longo do dia, garantindo desta forma que o ângulo azimutal do painel é sempre nulo ao longo do dia (o painel está sempre orientado na direcção do azimute solar), mas não permitem variar a sua inclinação.





Cálculo da energia captada

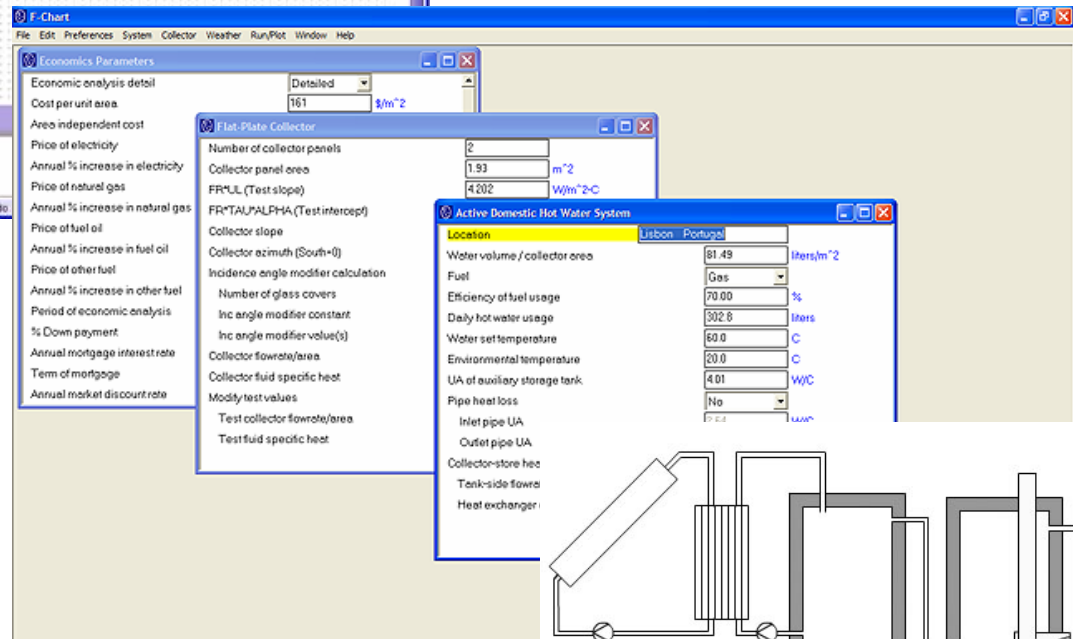
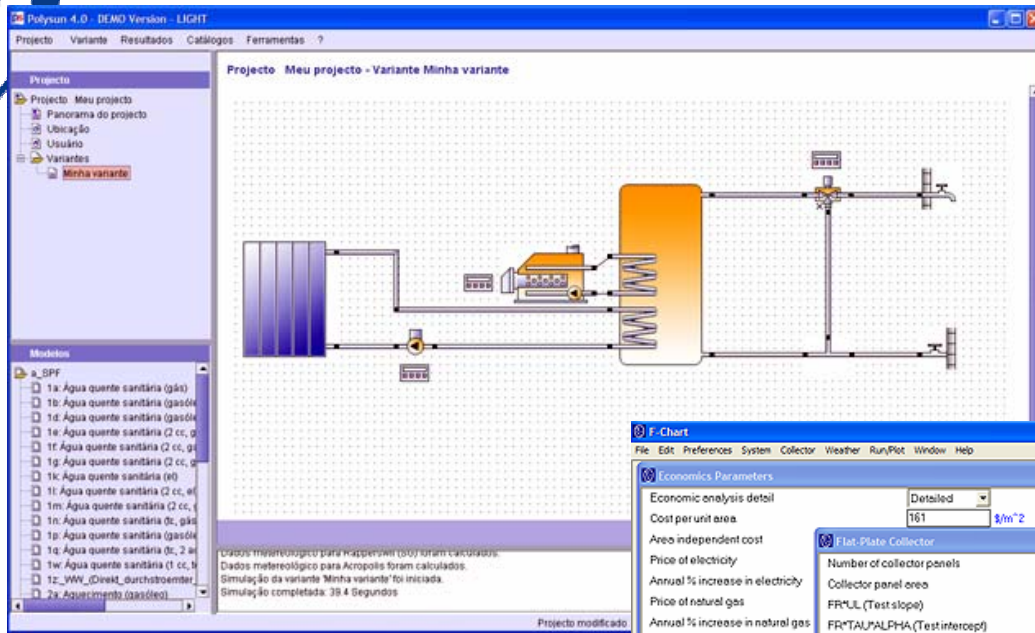
- Para um painel fixo, interessa geralmente conhecer o total de energia captada ao longo do ano (tendo em atenção as variações do ângulo de incidência dos raios solares na superfície de captação do painel, ao longo dos diferentes dias do ano, bem como as variações da intensidade da radiação devido às condições climáticas).
- É aconselhável o uso de programas que, incluindo uma base de dados climática, permitem de forma expedita o cálculo da energia captada.





Programas

Polysun 4.0 da SPF
(Solartechnik Prüfung Forshung)



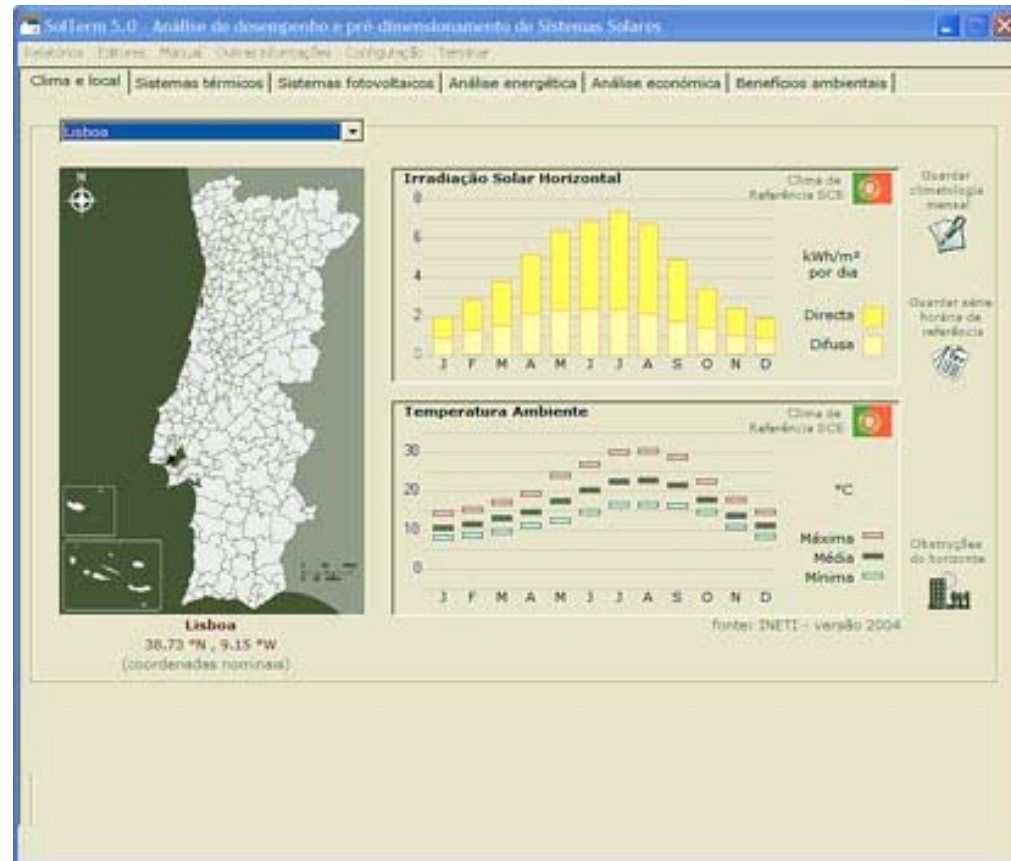
Solar Energy System Analysis
da F-Chart





Programas

Solterm 5 do INETI



DL 80/2006 Anexo VI: “A contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento de AQS **deve** ser calculada utilizando o programa SOLTERM do INETI e instalada por **instalador acreditado** pela DGEG”





Dúvidas na aplicação da metodologia

- ADENE aceita outros programas se aprovados por normas internacionais, mas actualmente não existem normas para a aprovação de programas para simulação do desempenho de painéis solares...
(tentativa de proceder com os programas de simulação do comportamento de sistemas de colectores solares de forma semelhante ao que ocorre com os programas de simulação detalhada do comportamento energético de edifícios, que devem ser creditados de acordo com a norma da ASHRAE 140-2004 “Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs”?)
- Não podem ser considerados os ganhos de sistemas solares instalados até ao final de 2004 e em perfeito funcionamento? (a creditação de instaladores de sistemas solares apenas teve lugar através da Portaria n.º 1451/2004 de 26 de Novembro, posteriormente alterada pela Portaria n.º 561/2006 de 12 de Junho)





Dúvidas na aplicação da metodologia

- O RCCTE em relação aos sistemas de colectores solares térmicos para AQS:
 - indica a área de colector para o caso dos edifícios de habitação (1 m²/ocupante), mas é omissa em relação aos edifícios de serviços;
 - nada é indicado em relação à orientação, inclinação e distância entre painéis;
 - não indica as condições nominais de utilização das AQS (ao longo do dia e ao longo do ano).
- A contribuição do sistema de colectores solares depende da utilização das AQS.





Dúvidas na aplicação da metodologia

- RCCTE, apenas contabiliza uso de energias renováveis para fins aquecimento de AQS . O regulamento não especifica como deve ser contabilizada essa energia para outros fins.
- A energia solar fotovoltaica pode ser utilizada para produção de electricidade para fins de ventilação, bombagem, iluminação e funcionamento de alguns electrodomésticos.
- O aproveitamento térmico pode servir para fins de arrefecimento utilizando um sistema de absorção com apoio solar.
- A fórmula referente ao limite do consumo global em termos de energia primária contempla as necessidade de aquecimento (N_{ic}), arrefecimento (N_{vc}) e águas quentes sanitárias (N_{ac}).





Dúvidas na aplicação da metodologia

- A contabilização da energia obtida por uma fonte renovável não está correctamente contemplada na actual formulação que apenas inclui esta energia no aquecimento de águas sanitárias (Nac).
- A redução associada à energia renovável não é indiferente no caso de ser associada a Nic, Nvc ou Nac, dado existirem limitações regulamentares para cada uma destas necessidades e não ser utilizado um factor de ponderação igual para cada um destes termos no cálculo do valor de Ntc.





Dúvidas na aplicação da metodologia

- Discutível onde incluir, p. e., a electricidade produzida por um painel fotovoltaico: se deduzida no valor do termo associado à climatização (repartido por N_{ic} e N_{vc} , Folhas de cálculo FC IV.2 e FC V.1f) ou no valor do consumo nominal para os ventiladores (Folhas de cálculo FC IV.1d e FC V.1f), se num termo genérico que deveria referenciar equipamentos em geral entrando directamente na fórmula de cálculo de N_{tc} indicado no Art.º 15º do regulamento.
- Discutível onde considerar e como repartir (por N_{ic} e N_{vc}) o calor captado por um painel solar térmico se existir um sistema frigorífico de absorção com apoio solar, no caso de parte do calor não ser aproveitado pelo sistema de absorção.





Casos estudo (A, B e C)

- Instalação servindo uma habitação unifamiliar na região de Lisboa, utilizando 2 colectores planos, modelo Ernst Schweizer MH 23 light (área total de 4.6 m²), com a inclinação de 48°, orientados a Sul.
- Possui um depósito vertical de 200 l (área externa de 2.71 m²) isolado (coeficiente de perdas térmicas de 2.71 W/K), permutador interno ao depósito, tipo serpentina (rendimento de 55%). Tubagem de DN 40 isolada com 36.0 mm de isolamento ($k = 0.030$ W/m.K). Comprimento total de tubagem de 70m, com percurso no interior de 50m e percurso no exterior de 20m.
- Temperatura nominal de consumo considerada: 60°C, utilização da água sanitária a 45°C obtida através de válvulas misturadoras.





Consumos diários

Consumo diário (l/h)		
hora	Caso A	Caso B
1-5	0	6
6	0	7
7	10	7
8-9	40	7
10	10	7
11-18	0	7
19-20	10	7
21	20	7
22	20	6
23-24	0	6

Caso C:
habitação apenas utilizada nos meses de Julho e Agosto, tendo utilização igual à que ocorre nesses meses no caso B.

Consumo diário: 160 l/dia





Fracção solar

- Fracção solar:
 - Caso A: 79.4%,
 - Caso B: 81.2%
 - Caso C: 97.6%,
- Rendimento global do sistema:
 - Caso A: 29%,
 - Caso B: 30%,
 - Caso C: 6%
- Produtividade:
 - Caso A: 536 kWh/m²colector,
 - Caso B: 546 kWh/m²colector,
 - Caso C: 107 kWh/m²colector
- Fabricante apresenta um valor indicativo de 501 kWh/m².ano para utilizações usuais destes painéis.





Comparação

Mês	Caso A		Caso B		Caso C	
	Painéis	Apoio	Painéis	Apoio	Painéis	Apoio
Janeiro	171	106	177	100	0	0
Fevereiro	172	73	177	68	0	0
Março	190	75	195	70	0	0
Abril	204	42	209	36	0	0
Maiο	213	35	217	31	0	0
Junho	206	29	209	25	0	0
Julho	237	11	240	8	240	8
Agosto	248	6	249	4	249	4
Setembro	230	27	233	24	0	0
Outubro	212	53	219	47	0	0
Novembro	185	77	191	72	0	0
Dezembro	177	100	182	95	0	0
Total	2445	634	2498	580	489	12

Calor fornecido pelos painéis solares e sistema de apoio (em kWh)





Casos estudo (D e E)

- Consumo de água idêntico ao do caso A.
- Instalação idêntica à anterior, mas painéis orientados a SE:
 - Caso D: painéis com inclinação de 35° ;
 - Caso E: painéis com inclinação de 15° .





Resultados

- Fracção solar:
 - Caso A: 79.4%,
 - Caso D: 76.3%
 - Caso E: 72.0%.
- Rendimento global do sistema:
 - Caso A: 29%,
 - Caso D: 29%,
 - Caso E: 28%.
- Produtividade:
 - Caso A: 536 kWh/m²colector,
 - Caso D: 515 kWh/m²colector,
 - Caso E: 486 kWh/m²colector,
- Fabricante apresenta um valor indicativo de 501 kWh/m².ano para utilizações usuais destes painéis.





Aspectos a ter presente

- A actual situação regulamentar pode conduzir a problemas na implementação de painéis solares térmicos por diversos motivos:
 - imposição de instalação de painéis solares térmicos nos casos em que, à partida, é reconhecido que será uma solução não rentável,
 - articulado regulamentar deficiente e que não cumpre o imposto pela UE no que respeita a livre concorrência,
 - indefinição regulamentar das condições nominais de utilização horária e mensal de AQS,
 - indefinição regulamentar do posicionamento dos painéis solares (inclinação, orientação, limite de obstrução),
 - indefinição de metodologia a seguir, caso seja utilizado um programa distinto do Solterm.



Conclusões

- Uma elevada fracção solar não significa necessariamente que se tenha um rendimento global anual elevado (ou boa produtividade do colector).
- Posicionamentos distintos de painéis podem conduzir a rendimentos semelhantes, mas com fracções solares e produtividades distintas.
- Numa instalação solar térmica para AQS, funcionando todo o ano:
 - o rendimento previsível ronda os 30%;
 - a fracção solar deve ser superior a 75%;
 - a produtividade deve ser superior a 500 kWh/m²colector.

