

É feita uma breve descrição das principais tecnologias para aproveitamento da energia solar por via térmica, disponíveis hoje em Portugal.

São referidas as oportunidades que resultam da exploração das tecnologias solares ditas passivas (o aproveitamento directo da energia solar na própria concepção/configuração e estrutura dos edifícios) e das tecnologias activas, com vários tipos de colectores solares e respectivas aplicações principais.

É referido o potencial em Portugal - do ponto de vista de energia final e energia primária - resultante da exploração da energia solar quer na área dos edifícios, quer na sua aplicação do tipo activo mais comum, a do aquecimento de água.

São apresentadas estimativas do impacte que estas tecnologias poderão ter para o cumprimento do Protocolo de Quioto, através do cálculo da redução de emissões de gases de efeito de estufa que resultará da sua adopção.

MANUEL COLLARES PEREIRA

Departamento de Energias Renováveis do INETI  
Estrada do Paço do Lumiar  
1649-038 Lisboa

Departamento de Física do IST  
Av. Rovisco Pais  
1049-001 Lisboa

collares.pereira@ineti.pt

# A ENERGIA SOLAR APLICAÇÕES TÉRMICAS

Portugal é um país sem recursos energéticos de origem fóssil, mas rico em recursos renováveis [1,5]. Recentemente tem aumentado entre nós a sensibilidade para o potencial que representam, sobretudo para a produção de electricidade, em particular através de uma importante estratégia de desenvolvimento da energia eólica. Contudo, a contribuição das energias renováveis vai muito para lá da questão da electricidade. Esta representa, afinal, apenas pouco mais de 20% da energia final total no nosso país.

Um exemplo concreto é o da energia solar, aliada ao clima suave de que beneficiamos. As aplicações desta forma de energia, exclusivamente no plano térmico, podem representar uma contribuição em termos de energia final superior à que resultará da energia eólica, mesmo quando estiverem instalados os 5000 MW que constituem o (notável) objectivo actual da nossa política energética nesta área.

Contudo, e apesar da abundância deste recurso solar (talvez o melhor da Europa), não temos ainda objectivos de política energética claros nesta matéria e uma abordagem que permita explorá-lo a fundo.

A curto prazo, as principais contribuições potenciais da energia solar na área da térmica são seguramente ao nível do aquecimento de água (sanitária, de processo industrial, etc.) e do aquecimento/arrefecimento ambiente.

Estas concretizam-se por duas grandes vias: as tecnologias solares passivas e as tecnologias solares activas, brevemente caracterizadas em seguida.

## TECNOLOGIAS SOLARES PASSIVAS

Estas tecnologias exploram o facto de qualquer edifício (que necessita de energia para aquecimento e arrefecimento) poder ser pensado, orientado, exposto à radiação solar (e também protegido dela), dotado de inércia térmica apropriada, bem isolado e naturalmente ventilado,

# AR: TÉRMICAS

integrado na sua envolvente urbana ou outra, por forma a reduzir de forma substancial a energia necessária para a sua climatização, ventilação e iluminação. Atendendo a que só o sector residencial e de serviços é responsável por um consumo em energia final de cerca de 23% (e onde se verifica uma das maiores taxas de aumento de consumo de energia em Portugal) percebe-se o enorme potencial que existe nesta utilização directa da energia solar, quer em novas construções quer na recuperação das construções existentes. Contudo esta contribuição não aparecerá directamente nas estatísticas da energia! Trata-se de evitar um consumo e ninguém pode depois medir esta contribuição de forma directa. Mas, se não implementarmos estas tecnologias, o sector residencial e de serviços poderá muito facilmente atingir os 30% de energia final em menos de 10 anos! Evitar este aumento de uso de energia final de 7% corresponderia a uma contribuição superior à contribuição potencial da energia eólica no mesmo período.

A implementação deste imenso potencial faz-se perfeitamente no âmbito das capacidades das actuais indústrias de construção e de materiais em Portugal, das capacidades de projecto e engenharia existentes e a um custo realmente baixo, que não depende de qualquer tipo de subsídio, ou ajuda de qualquer espécie, para se realizar. É apenas uma questão de tornar prática comum o que ainda o não é, uma questão de mudança cultural, quer dos consumidores (cidadãos que desconhecem este potencial, logo não o exigem) e prestadores de serviços habituados a proceder de uma forma diferente para um mercado que não os condiciona a uma prestação distinta.

Precisamente por isso está prestes a sair (mas sairá realmente quando?) uma nova regulamentação na área dos edifícios [2] que permite tornar a dificuldade inerente ao tempo que levam os processos puramente culturais a fazer o seu caminho, um tempo demasiado longo e que não podemos desperdiçar na situação em que estamos de sermos importadores de combustíveis fósseis para cerca de 90% da energia que usamos!

## TECNOLOGIAS SOLARES ACTIVAS

O segundo grupo de tecnologias utiliza os chamados colectores solares, equipamentos específicos destinados à captação da energia solar e sua posterior entrega a um sistema concreto de transformação/utilização.

Os mais comuns são os chamados colectores planos [3], placas negras, sensivelmente planas, colocadas dentro de caixas isoladas, com uma tampa de vidro transparente por cobertura. Água ou ar circula numa rede de tubos ou canais a elas associados, sendo assim aquecida. A aplicação poderá ser água quente sanitária, água quente de processo, calor ambiente, água de piscina aquecida, etc.

Contudo se a aplicação exigir uma temperatura mais elevada é necessário recorrer a formas de reduzir as perdas térmicas dos colectores solares, com utilização de materiais cujas propriedades ópticas sejam favoráveis à redução das perdas por radiação (recobrimentos ditos selectivos [3]), com recurso ao vácuo para redução/eliminação das perdas por convecção e condução e ainda pelo recurso a ópticas capazes de concentrar a radiação solar sobre um absorvedor progressivamente mais pequeno, para temperaturas progressivamente mais altas [4,5].

Em Portugal existe uma competência particular nesta área, com os colectores do tipo CPC (Fig. 1), aplicação de uma óptica dita “não produtora de imagem” (*non-imaging*), e que permitem combinar atributos dos colectores planos e dos concentradores convencionais (focalizantes ou *imaging*) [4,5].

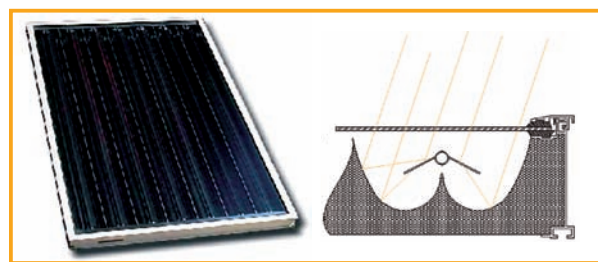


Fig. 1 - Colector solar do tipo CPC; fotografia do colector e pormenor em corte transversal.

Muitas aplicações tornam-se assim possíveis a temperaturas mais altas que as tipicamente fornecidas pelos colectores planos.

Em primeiro lugar merece destaque a possibilidade de se fazer frio com energia solar térmica, quer para refrigeração quer, e sobretudo, para condicionamento de ar. Outra possibilidade interessante é a do calor de processo a temperaturas em torno dos 100 °C e mesmo a produção de

vapor para fins industriais tem hoje já tecnologias disponíveis à espera de oportunidades reais de demonstração.

A produção de vapor (ou ar) a temperaturas mais altas é também possível e isso abre à energia solar térmica a possibilidade de contribuir para a produção de electricidade em centrais em tudo idênticas às centrais fósseis térmicas convencionais e a custos substancialmente inferiores aos da via da conversão solar directa, actualmente constituída pelo fotovoltaico, na vertente da produção centralizada.

Perspectivam-se já alguns projectos desta natureza para Portugal, ainda ao nível da demonstração [6].

No futuro teremos ainda outras aplicações resultantes da energia solar concentrada e fornecida a alta temperatura. Por exemplo: na produção de combustíveis a partir da pirólise da biomassa, nas tecnologias limpas do carvão, no processamento de materiais, na produção de hidrogénio (termólise da água), etc. Contudo, não há qualquer plano para se investir em Portugal neste sector ao nível da investigação e desenvolvimento, situação que urge corrigir já que temos condições para uma excelente contribuição, com grande interesse potencial.

Entretanto emergem como imediatamente disponíveis, outras aplicações muito interessantes como sejam: (i) a possibilidade de cozinhar usando energia solar [7] (Fig. 2); (ii) a de dessalinizar a água do mar [8]; (iii) a de descontaminar efluentes líquidos, quimicamente contaminados [9]; e (iv) a produção de água potável a partir de águas de superfície, biológica e organicamente contaminadas [10].



Fig. 2 - Forno solar do tipo caixa com óptica CPC<sup>1</sup> incorporada.

Nestes dois últimos casos não é tanto a térmica solar que está em jogo mas sim o recurso ao espectro solar ultravioleta na presença de catalisadores. Existe muita investigação e desenvolvimento neste tópico em Portugal, ao nível institucional e empresarial, em colaboração com inúmeras empresas e instituições europeias, da América Latina e africanas.

Nesta breve abordagem à energia solar térmica activa, importa dar uma ideia do modo como é utilizada em Portugal, comparando com outros países da União Europeia (UE), indicando qual é a sua contribuição potencial e

referindo ainda as principais vantagens para o país de uma política que conduza à exploração desse potencial.

Em termos comparativos pode-se observar (Tabela 1) que o recurso à energia solar térmica activa em Portugal é muito inferior ao de outros países da UE, o que é um facto surpreendente, dado sermos o país com melhor recurso solar da UE e de termos tecnologia e engenharia de qualidade, nesta área. A Tabela 1 resume a situação para os países da UE (a quinze) (dados até 2002 e estimados para 2003 e 2005).

Na realidade presume-se que o nosso mercado em 2003 tenha sido da ordem de 9000 m<sup>2</sup>/ano [14]. Pode apreciar-se este valor em comparação com o da Alemanha (acima de um milhão de metros quadrados por ano) ou com os da Áustria e Grécia, na ordem de 24 vezes superiores ao nosso em termos anuais. E já com mais de três milhões de metros quadrados instalados no caso da Grécia, que é, aliás, o maior exportador europeu de colectores solares (mais de metade da sua produção anual).

Em metros quadrados de colectores solares instalados *per capita*, a situação em 2003 era a seguinte: Alemanha - 0,07; Áustria - 0,27; Grécia - 0,32; Portugal - 0,02. A nossa situação é muito inferior à da Alemanha e Áustria (que têm um recurso solar, em particular a Alemanha, bastante inferior ao nosso) e à da Grécia, país a muitos títulos comparável com Portugal, e que, neste particular, nos leva uma imensa vantagem.

Num estudo feito em 2001 [1], estimou-se que o número de metros quadrados a instalar para aquecer toda a água quente utilizada em Portugal, em todos os sectores, seria de 14,7 milhões de metros quadrados.

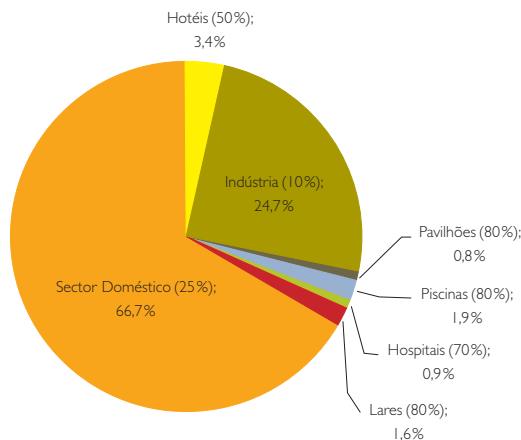


Fig. 3 - Distribuição do potencial de instalação de equipamento solar térmico por sector de actividade (adaptado de [1]).

PAÍS	Área acumulada de colectores solares (1975-2001) [m <sup>2</sup> ]	% mercado na UE 15	DESENVOLVIMENTO DO MERCADO					
			Área instalada em 2000 [m <sup>2</sup> ]	Área instalada em 2001 [m <sup>2</sup> ]	Crescimento do mercado [%]	Área instalada em 2002 [m <sup>2</sup> ]	Previsão de área instalada em 2003 [m <sup>2</sup> ]	Previsão de área instalada em 2005 [m <sup>2</sup> ]
ÁUSTRIA	1 791 000	17%	150 000	165 000	10%	180 000	200 000	220 000
BÉLGICA	26 900	0%	3 400	4 000	18%	5 500	8 000	15 000
DINAMARCA	332 000	3%	25 000	26 000	4%	10 000	6 000	6 000
FINLÂNDIA	26 000	0%	7 000	7 000	0%	9 000	12 000	20 000
FRANÇA (UE)	329 700	3%	15 000	18 700	25%	36 000	80 000	220 000
ALEMANHA	3 805 000	35%	615 000	1 000 000	63%	900 000	1 000 000	2 000 000
GRÉCIA	2 995 000	28%	170 000	180 000	6%	200 000	220 000	250 000
IRLÂNDIA	2 100	0%	400	500	25%	1 000	1 500	3 000
ITÁLIA	307 000	3%	28 000	35 000	25%	42 000	50 000	80 000
HOLANDA	204 000	2%	27 500	30 500	11%	37 000	45 000	75 000
NORUEGA	9 500	0%	2 000	2 500	25%	2 500	2 500	2 500
PORTUGAL	231 000	2%	5 500	6 000	9%	8 000	10 000	13 000
ESPAÑA	409 000	4%	41 000	55 000	34%	80 000	130 000	220 000
SUÉCIA	195 200	2%	18 200	20 000	10%	20 000	25 000	30 000
SUIÇA	295 000	3%	27 000	27 000	0%	30 000	33 000	40 000
REINO UNIDO	168 500	2%	10 000	17 500	75%	20 000	25 000	50 000
TOTAL (UE 15)	10 831 900	100%	1 118 000	1 567 700	40%	1 551 000	1 815 000	3 204 500

Tabela 1 - Desenvolvimento do mercado do solar térmico na UE dos 15 (adaptado de [13]).

Realisticamente considerou-se que seria possível, em 10 anos, instalar 2,8 milhões de metros quadrados (a Grécia tinha feito mais ou menos isso nos últimos 10 anos!), de acordo com a Fig. 3, a que se acrescenta uma indicação da percentagem de conversão, consumo a consumo, em relação ao universo total, que essa quantidade implicava.

Subsequentemente o Programa E4 [11] veio estabelecer como meta para 2010, um milhão de metros quadrados de colectores solares. Estabeleceu também ser fundamental garantir a qualidade dos equipamentos, dos projectistas e dos instaladores. Para se chegar a esta meta não se deram ainda os passos necessários. Apesar de tudo, iniciativas importantes aconteceram na área da garantia de qualidade, com a certificação de colectores e de sistemas domésticos integrados [12] e com a formação de projectistas e instaladores em instituições como o Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI), o Instituto Português da Qualidade (IPQ), o Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), etc.

Para se ter uma ideia da importância de se alcançar estes objectivos, faz-se em seguida uma breve análise das suas principais consequências e uma comparação com os objectivos da energia eólica.

Como se referiu de início, o actual Governo elegeu como meta para a energia eólica 5000 MW instalados até 2010. Actualmente já estão instalados cerca de 1000 MW [17].

Um colector solar plano para aquecimento de água em Por-

tugal pode considerar-se que produz, em média, 750 kWh/m<sup>2</sup>/ano de energia útil, sob a forma de água quente [8].

Assim, se instalássemos um milhão de metros quadrados teríamos 750 GWh de energia útil por ano e, naturalmente com 2,8 milhões de metros quadrados atingir-se-iam os 2100 GWh.

Dado que 1000 MW de origem eólica produzirão, em média, [17] 2200 GWh de electricidade (energia final) por ano, pode concluir-se que aquele potencial de energia solar térmica é equivalente ao que está a ser realizado pela energia eólica, actualmente!

Se realizássemos todo o potencial associado ao aquecimento de água, 14,7 milhões de metros quadrados, teríamos uma contribuição idêntica (11 TWh por ano) à que resultará da contribuição da energia eólica em igual período, uma vez atingida a meta dos 5000 MW.

Em termos de energia final (EF) e de energia primária (EP), 1 milhão de metros quadrados e 2,8 milhões de metros quadrados de colectores solares representam (admitindo que substituem sobretudo o gás e a electricidade - com o *mix* verificado em 2002 [15] de combustíveis fósseis na sua produção - no sector doméstico) os valores referidos na Tabela 2, onde também se indicam, em percentagem, o que isso representa em relação aos valores globais de 2002.

Utilizando esta informação e os valores actuais da unidade de energia importada, é possível calcular o que representa a contribuição solar da Tabela 2, em cada um dos casos.

Área de colectores solares (milhão de m <sup>2</sup> )	EF (Ktep)	EP (Ktep)	% EF (2002)	% EP (2002)
1	106,3	124,6	0,6%	0,5%
2,8	297,5	348,8	1,6%	1,3%

Tabela 2 - Energia produzida em função da área de colectores instalada.

Com o petróleo a U.S.\$65,00/barril a ordem de grandeza da poupança com a redução da quantidade de combustíveis importados é da ordem de 15,5 milhões de euros/ano, no caso de 1 milhão de metros quadrados e de 46,4 milhões de euros/ano, no caso de 2,8 milhões de metros quadrados de colectores.

No que respeita à redução de emissões de gases equivalentes de efeito de estufa (GEE), quanto se pode esperar de uma contribuição desta ordem de grandeza?

Um equipamento solar com 4 metros quadrados, instalado em nossa casa para aquecer água, evita tantas emissões de GEE quanto as que um carro emite em média a viajar 10 000 km/ano, com um consumo de 8 litros aos 100 km.

Em termos globais, a instalação de 1 milhão de metros quadrados e de 2,8 milhões de metros quadrados de colectores solares correspondem [15] aos valores referidos na Tabela 3, em Mt de dióxido de carbono equivalente, num cenário de consumos energéticos em 2010.

Área de colectores solares (milhão m <sup>2</sup> )	Emissões evitadas (Mt CO <sub>2</sub> equiv.)		
	GN, GPL, Elec (Mix)	GN, GPL, Elec (GN CC)	GN, GPL, Elec (Carvão)
1	0,312	0,251	0,369
2,8	0,873	0,704	1,034

Tabela 3 - Emissões de GEE evitadas em função da área de colectores instalada (2010) (GN-Gas Natural, GN CC, Gás Natural Ciclo Combinado).

No cenário de 2002, aquelas emissões correspondem aos valores referidos na Tabela 4.

Os diferentes valores são obtidos quando se considera que a electricidade que se evita consumir é produzida: (i) pelo *mix* actual de todos os combustíveis que contribuem para a sua produção; (ii) apenas por gás em ciclo combinado; ou (iii) apenas por carvão. Deveria ser este último valor o considerado para este efeito de emissões evitadas em cálculos oficiais, pois o solar, combinado com electricidade em tarifário bi-horário (a melhor combinação solar/convenção quando a electricidade constitui o *back-up* ao solar), reduz mesmo o consumo de electricidade na base do diagrama e não nas horas de ponta. Aliás em 50% do ano

Área de colectores solares (milhão m <sup>2</sup> )	Emissões evitadas (Mt CO <sub>2</sub> equiv.)		
	GN, GPL, Elec (Mix)	GN, GPL, Elec (GN CC)	GN, GPL, Elec (Carvão)
1	0,404	0,329	0,438
2,8	1,130	0,922	1,227

Tabela 4 - Emissões de GEE evitadas em função da área de colectores instalada (2002).

a contribuição solar não exige praticamente *back-up*.

Nesta perspectiva e sabendo que o *deficit* para o cumprimento do Protocolo de Quioto se situa [16] em torno das 18 Mt, esta contribuição corresponde a uns respeitáveis 2% a 6%, consoante os valores tomados como referência, uma contribuição importante para a redução das multas que resultarão do incumprimento de Quioto. A actual legislação [16] já prevê multas de 40 euros/t, até um determinado valor máximo, mas é muito provável que subam pelo menos para 100 euros/t em 2010, sem restrições.

Mas há outras consequências muito importantes de uma opção explícita e forte pelo recurso à energia solar térmica activa no aquecimento de água. Destacam-se:

- O desenvolvimento de uma nova actividade económica, com a criação de milhares de novos empregos, na indústria, no comércio, na engenharia, nas instalações técnicas;
- O desenvolvimento de uma nova capacidade para exportação;
- A poupança para o utilizador;
- Um maior conforto e qualidade de vida;
- Um passo importante - indispensável - no caminho da sustentabilidade.

O terceiro ponto merece um comentário breve. Na realidade a energia solar exige um investimento feito de início, com zero de desembolso (manutenção à parte) durante o tempo de vida do sistema, normalmente superior a 15 anos. Nesse sentido é diferente da forma convencional de gastar dinheiro com a energia para aquecer água: um desembolso constante e permanente. Quer isto dizer que, ao fim de um período curto, (hoje entre 5 e 8 anos no caso do doméstico e frequentemente abaixo de 4 anos no caso da indústria, serviços, etc.) o investimento inicial se recupera e a energia fica gratuita por muitos mais anos. É neste sentido que o solar e as energias renováveis em geral são uma fonte de energia "económica". A forma de gastar o dinheiro é que é diferente!

## CONCLUSÃO

A energia solar pode contribuir de uma forma muito significativa para reduzir a nossa actual dependência dos



combustíveis fósseis e os impactes ambientais a eles associados, no sentido do cumprimento dos compromissos de Quioto. Mostrou-se como apenas com a energia solar passiva e com o aquecimento de água com colectores solares se pode obter uma contribuição somada superior ao resultado esperado da contribuição da energia eólica. Se for adicionada a contribuição do solar activo noutras áreas- climatização, produção de electricidade por via térmica, e muitas outras - percebe-se que o solar tem um potencial enorme num país como o nosso. Que esperamos para adoptar a energia solar térmica nas nossas vidas de todos os dias? Que discurso nos convencerá à mudança de cultura que a sua adopção representa?

Não seria uma excelente ideia aceitar como boa a palavra dos especialistas e tornar o solar obrigatório, pelo menos nos novos edifícios ou em remodelações dos existentes, levando os portugueses a fazer, por imposição hoje, aquilo que farão por cultura amanhã, ganhando desde já conforto e dinheiro? É isso que se propõe para os novos edifícios nos novos regulamentos referidos [2], os quais se espera que sejam aprovados muito em breve.

Entretanto é fundamental apostar na investigação e desenvolvimento para fazer evoluir de forma permanente a tecnologia que já existe (e de qualidade!) em Portugal nesta área da energia solar e para produzir as novas tecnologias e os produtos que correspondem às outras aplicações da energia solar e que ainda estão longe do mercado.

## REFERÊNCIAS

- [1] *Fórum Energias Renováveis* - publicação INETI, 2002.
- [2] *Regulamentos*: RCCTE e RSECE.
- [3] John A. Duffie and William A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley and Sons, 1980.
- [4] Ari Rabl, *Active solar collectors and their applications*, Oxford University Press, 1985.
- [5] Manuel Collares Pereira, *Energias Renováveis: a Opção Inadiável*, SPES, 1998.
- [6] Manuel Collares Pereira, “O solar térmico e a produção de electricidade”, *Energias Renováveis*, SPES, #55, 2005.
- [7] M. Collares Pereira, J. P. Almeida and J. Correia de Oliveira “Description and testing of a novel solar box type cooker incorporating CPC type optics” ISES Solar World Congress, Goteborg, June, 2003.
- [8] Manuel Collares Pereira, João Farinha Mendes and Pedro Horta, - “Advanced solar dryer for salt recovery from brine effluent from Desalination MED plant”, Eurosun, Freiburg, June 2004
- [9] M. Collares Pereira, S. Malato, J. Blanco, M.I. Maldonado, P. Fernández, D. Alarcón, J. Farinha Mendes and J. Correia de Oliveira, “Engineering of Solar Photocatalytic Collectors”, *Solar Energy* 77 (2004) 513-524.
- [10] M. Collares Pereira and Julio Chaves “New CPC solar collector for planar absorbers immersed in dielectrics. Application to the treatment of contaminated water”, aceite em *Journal for Solar Energy Engineering* (2005).
- [11] E4 - Eficiência Energética, Energias Endógenas, Programa do Governo PS (2001) e Informação Energia, #27 2002, DGGE
- [12] LECS Laboratório de Ensaio de Colectores Solares (INETI [www.ineti.pt](http://www.ineti.pt)); CERTIF ([www.certif.pt](http://www.certif.pt))
- [13] ESTIF - European Solar Thermal Industry Federation, Renewable Energy House 26, Rue du Trone B-1000 Bruxelles.
- [14] APISOLAR - Associação Portuguesa dos Industriais da Energia Solar ([www.apisolar.pt](http://www.apisolar.pt))
- [15] M.Collares Pereira, Pedro Horta e Ricardo Aguiar, “As emissões de GEE evitadas pelo recurso às energias renováveis: caso concreto da Energia Solar”, RESB #53,2004
- [16] Pacote Legislativo “Alterações Climáticas - Vencer na Economia do Carbono” Ministério do Ambiente, Janeiro 2003
- [17] Ana Estanqueiro, “Energia Eólica: o desenvolvimento em Portugal, na Europa e no Mundo” - Energias Renováveis, SPES, #55, 2005

## NOTAS

<sup>1</sup> Cortesia da empresa AO SOL, Energias Renováveis, Lda ([www.aosol.pt](http://www.aosol.pt)).

<sup>2</sup> Cortesia da empresa SUN-CO, Companhia de Energia Solar S.A. ([sun-cook.com](http://sun-cook.com), [www.sun-co.pt](http://www.sun-co.pt)).