

**Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe**  
**Departamento de Geodésia – IG/UFRGS**

## **A ENERGIA RENOVÁVEL É O FUTURO**

**Autor do original:**

**José Santamarta Flórez**, Diretor do World Watch  
[worldwatch@nodo50.org](mailto:worldwatch@nodo50.org) - <http://www.nodo50.org/worldwatch>.

**Tradução:**

**Iran Carlos Stalliviere Corrêa** é vice-diretor do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica-CECO e Curador do Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe. Departamento de Geodésia - Instituto de Geociências-UFRGS, Porto Alegre-Brasil. <http://www.ufrgs.br/museudetopografia/> - [iran.correa@ufrgs.br](mailto:iran.correa@ufrgs.br)

A idade da pedra não acabou por falta de pedras, e a era dos combustíveis fósseis tampouco terminará pelo esgotamento do petróleo, do gás natural e do carvão.

As energias renováveis solucionarão muito dos problemas ambientais, como as mudanças climáticas, os resíduos radioativos, as chuvas ácidas e a contaminação atmosférica. Porém para isso temos falta de vontade política e dinheiro.



Em 2003 o consumo mundial de energia superou os 10.500 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep): 2.400 Mtep de carvão, 3.600 Mtep de petróleo, 2.300 Mtep de gás natural, 610 Mtep de nuclear, 590 Mtep de hidroelétrica e cerca de 950 Mtep de biomassa, fundamentalmente lenha, e quantidades ainda pequenas de geotermia, solar e eólica.

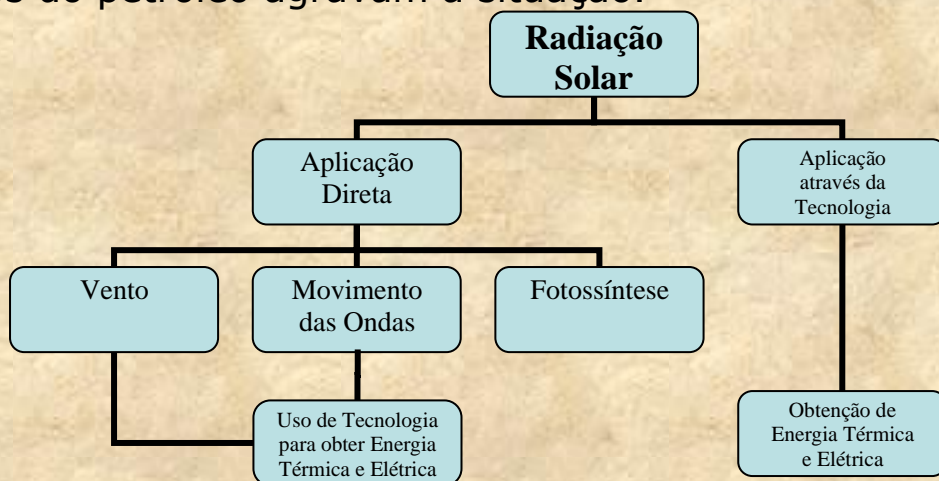
A produção, transformação e consumo final de tal quantidade de energia é a causa principal da degradação ambiental. O consumo está

desigualmente repartido, pois os países da OCDE, com 15% da população mundial, consomem 60% da energia, fator este que deve ser levado em conta na hora de repartir as responsabilidades da crise ambiental.

O consumo de energia primária, na Espanha, passou de 88 Mtep em 1990 para 132,6 Mtep no ano de 2003 (50,7% de aumento), ano em que a dependência energética alcançou os 78%, a pesar de que na produção nacional se incluiu, por razões metodológicas muito discutíveis, a energia nuclear. Se as previsões se cumprirem, as emissões de dióxido de carbono de origem energética aumentarão 58% entre 1990 e 2010, no cenário mais favorável, o que faz, matematicamente impossível, cumprir o Protocolo de Kioto.

A produção, transformação e uso final de tal quantidade de energia, também na Espanha, é a causa principal da degradação ambiental: 9 centrais nucleares em funcionamento e uma fechada definitivamente, um grave problema de resíduos radiativos sem solução, cerca de um milhão de represas que inundaram, de forma irreversível, 3.000 km<sup>2</sup>, e as emissões de gases estufa, que representam 77,73% do total. Além disso, se emitem 2,4 milhões de toneladas de dióxido de enxofre e 1,3 milhões de toneladas de óxidos de nitrogênio.

Ao ritmo atual de extração, as reservas estimadas de carvão durarão 1.500 anos, as de gás natural 120 anos e as de petróleo não menos de 60 anos. A melhor das tecnologias de extração incrementará a duração das reservas, ao alcançar as zonas marítimas profundas. Não existe um problema de esgotamento dos combustíveis fósseis em um horizonte imediato, ainda que o consumo atual seja 100.000 vezes mais rápido que sua velocidade de formação; a verdadeira questão é a dos sumidouros, como a atmosfera, aonde se acumula o dióxido de carbono e outros gases estufa, com o subsequente aquecimento. Os altos preços do petróleo agravam a situação.





A grave crise ambiental, o esgotamento dos recursos e os desequilíbrios entre o Norte e o Sul, são fatores que obrigam a desenvolver uma nova política energética. Em curto prazo a prioridade é incrementar a eficiência energética, porém esta tem limites econômicos e termodinâmicos, pelo que, a mais longo prazo só o desenvolvimento das energias renováveis permitirá resolver as grandes necessidades do futuro. As energias renováveis são a única solução sustentável, e a energia nuclear, de fissão ou fusão, só agravaria a situação e conduzem a um caminho sem saída, de proliferação nuclear e geração de resíduos radiativos.

## **O QUE SÃO AS ENERGIAS RENOVAVEIS?**

Sob a denominação de energias renováveis, alternativas ou moderadas, se englobam uma série de fontes energéticas que às vezes não são novas, como a lenha ou as centrais hidroelétricas, nem renováveis no sentido estrito (geotermia), e que nem sempre se utilizam de forma moderada ou descentralizada, e seu impacto ambiental pode chegar a ser importante, como as represas para usos hidroelétricos ou os monocultivos de bicompostíveis. Atualmente englobam uns 20% do consumo mundial, sendo seu potencial enorme, ainda que dificuldades de toda ordem tenham retardado seu desenvolvimento no passado.



Com exceção da geotermia, a totalidade das energias renováveis deriva direta ou indiretamente da energia solar. Diretamente no caso da luz e do calor produzido pela radiação solar, e indiretamente no caso das energias eólica, hidráulica, marés, ondas e biomassas, entre outras. As energias renováveis, ao longo da história e até boa parte do século XIX, têm coberto as necessidades energéticas do homem.



Somente nos últimos cem anos têm sido superada, primeiro pelo emprego do carvão, e a partir de 1950 pelo petróleo e em menor medida pelo gás natural. A energia nuclear, com 441 centrais nucleares em 2003, com uma potência instalada de 360 GW, cobre uma parte insignificante do consumo mundial, e apesar de algumas previsões otimistas, seu papel será sempre marginal.



Ainda hoje, para mais de dois bilhões de pessoas dos países do Sul, a principal fonte energética é a lenha, afetada por uma autêntica crise energética, a causa do desflorestamento e do rápido crescimento demográfico. A biomassa, e fundamentalmente a lenha, representa 14% do consumo mundial, cifra que nos países do Sul se eleva a 35% globalmente, ainda que na Tanzânia chega a 90% e na Índia supera os 50%; no país mais rico, Estados Unidos, representa 4% do consumo global, porcentagem superior a da energia nuclear, na União Européia 3,7% e na Espanha 3%.

Em 1999 se aprovou o Plano de Fomento das Energias Renováveis, na Espanha, onde se estabeleciam os objetivos para o ano de 2010. Devido o desenvolvimento atual, o Plano não será cumprido, ainda que o IDAE tenha revisado e melhorado os objetivos e intenta criar as condições que permitam recuperar o tempo perdido. As energias renováveis no ano de 2003 representaram 6% do consumo de energia primária, cifra muito distante dos 12% que se queria alcançar em 2010. O Plano de 1999 e a Diretiva 2001/77/CE prevêem produção de 29,4% do total da eletricidade em 2010, com renováveis.





## O SOL NASCE PARA TODOS

A energia solar, absorvida pela Terra em um ano, é equivalente a 20 vezes a energia armazenada em todas as reservas de combustíveis fósseis no mundo e dez mil vezes superior ao consumo atual. O sol é a única fonte de matéria orgânica e de energia vital da Terra, e ainda que às vezes nos passa despercebido, já hoje estamos utilizando maciçamente a energia solar, em forma de alimentos, lenha ou energia hidroelétrica. Os mesmos combustíveis fósseis, cuja queima está na origem da deteriorização ambiental, não são outra coisa que energia solar armazenada ao longo de milhões de anos. A fotossíntese é hoje o emprego mais importante da energia solar, e a única fonte de matéria orgânica, isto é, de alimento e biomassa.

Ainda que todas as fontes energéticas, salvo a geotermia e a nuclear, procedem do sol, na acepção atual o termo solar tem um significado restringido ao emprego direto da energia do sol, seja em forma de calor ou de luz. O sol nasce para todos a cada dia e seguirá enviando-nos assombrosas quantidades de calor e de energia, alheio ao aproveitamento que podemos fazer dela. Sua maior virtude é também seu maior defeito, ao tratar-se de uma forma de energia difusa e pouco concentrada, vem daí as dificuldades de aproveitamento direto da radiação solar, em uma sociedade na qual o consumo de energia se concentra em umas poucas fábricas industriais e grandes metrópoles.

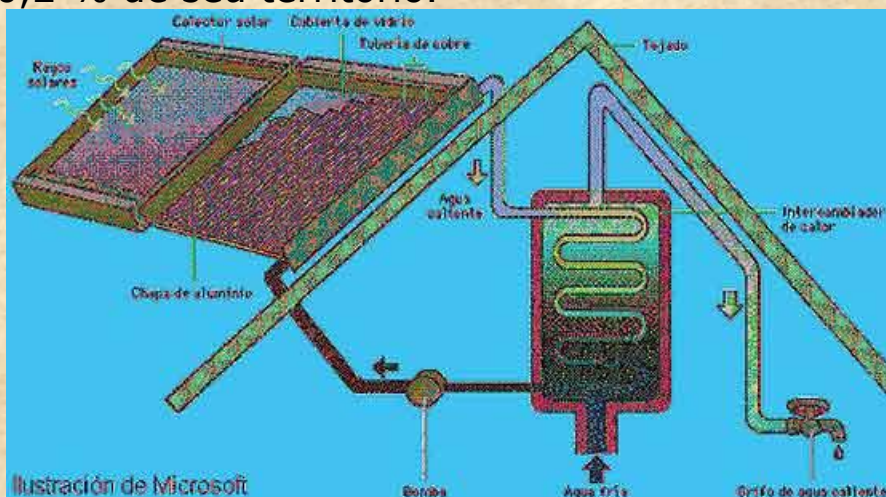
A distribuição da radiação solar registra grandes variações geográficas, pois vai desde dois kWh por m<sup>2</sup> por dia, no norte da Europa, a 8 kWh por m<sup>2</sup> no deserto do Saara. Igualmente importantes são as variações diárias e estacionais da radiação solar, e seus dois componentes, a radiação direta e a difusa. A radiação direta é a recebida do sol quando o céu está limpo (sem nuvens), e a difusa a que resulta de reflexões na atmosfera e nas nuvens.





O aproveitamento da energia solar pode ser indireto, através do vento (eólica) e a evaporação da água (hidráulica), entre outras formas, o direto, mediante a captação térmica ativa ou passiva e graças à captação foto iônica. Exemplo desta última é a captação fotoquímica que realizam as plantas, e o efeito fotoelétrico, origem das atuais células fotovoltaicas.

Os únicos impactos negativos se poderia dar no caso hipotético de grandes centrais solares no espaço, e em menor medida nas centrais de torre central, devido ao emprego, nestas, de substâncias potencialmente contaminantes, utilizadas para a acumulação e transmissão do calor. Outro possível efeito é o uso do território, devido às grandes superfícies requeridas, ainda que um país como Espanha poderia resolver todas suas necessidades de eletricidade com apenas 1.000 km<sup>2</sup>, 0,2 % de seu território.

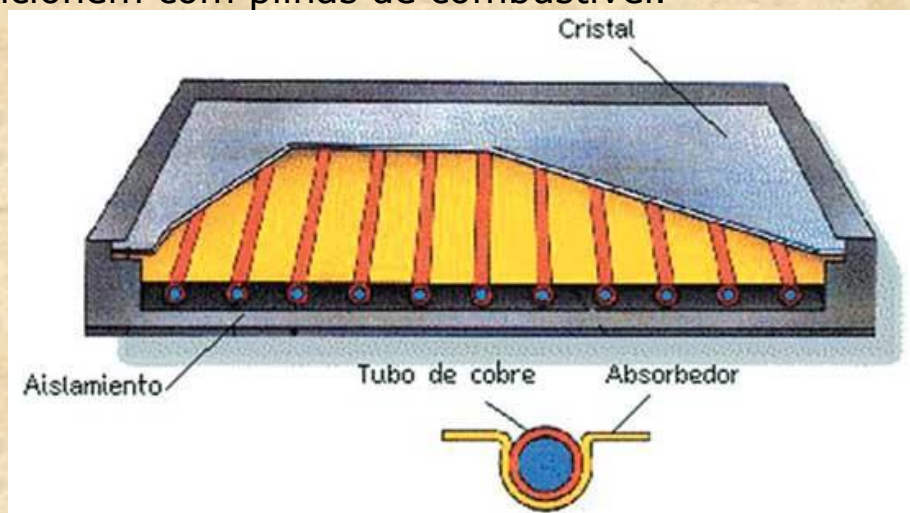




## HIDROGÊNIO

A produção de hidrogênio é um processo ainda imaturo tecnologicamente e oneroso, pelo qual se requer enormes estudos de investigação. Quando se chegar a produzir hidrogênio comercialmente, dentro de 10 ou 20 anos, e a partir de fatores tão abundantes como são a água, a energia solar e a eólica, os problemas energéticos e ambientais ficarão resolvidos, pois o hidrogênio, diferente de outros combustíveis, não é contaminante. O hidrogênio se produz por eletrólise, processo que requer grandes quantidades de eletricidade, a qual pode se obtida através das células fotovoltaicas e dos aerogeradores, armazenando desta forma a energia solar e eólica.

Em qualquer caso, nas próximas décadas, entraremos em uma economia baseada no hidrogênio como combustível secundário ou vetor energético. A energia primária, para sua obtenção, será a solar e a eólica, e a conversão se fará em pilhas de combustível, o que será uma grande revolução. Até o ano 2020 se espera que a maior parte dos veículos funcionem com pilhas de combustível.



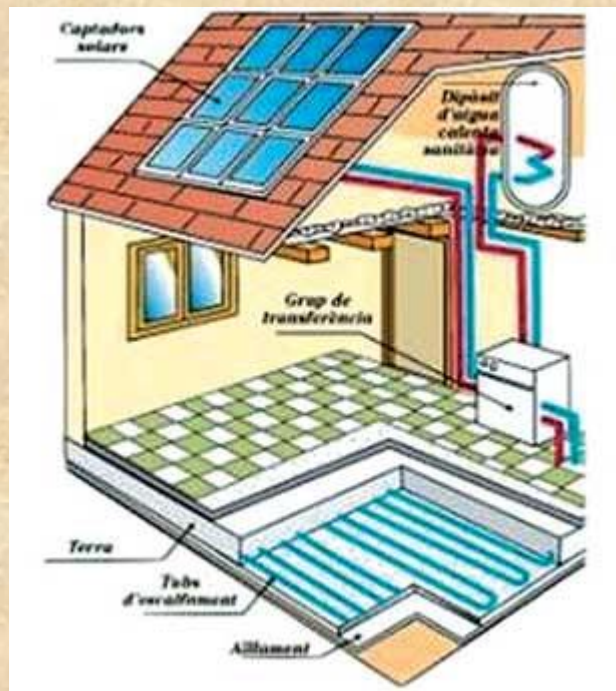
## DESDE A ANTIGA GRÉCIA ATÉ HOJE

O uso passivo da energia solar teve início em um passado muito distante. Na antiga Grécia, Sócrates assinalou que a casa ideal deveria ser fresca no verão e quente no inverno, explicando que "nas casas orientadas para o sul, o sol penetra pelo pórtico no inverno, enquanto que no verão o arco solar descrito se eleva sobre nossas cabeças e por cima do telhado, de maneira que tenha sombra". Na época dos romanos, a garantia dos direitos ao sol ficou incorporada na lei romana, e assim, o **Código de Justiniano**, compilando códigos anteriores, assinalava que "se um objeto está colocado de maneira a ocultar o sol a um heliocaminus, deve se afirmar que tal objeto cria sombra em um lugar aonde a luz solar constitui um bem necessário. Isto é uma violação do direito do heliocaminus ao sol".



Arquimedes, 212 a.C., segundo a lenda, utilizou espelhos incendiários para destruir os barcos romanos que sitiavam Siracusa.

Roger Bacon, no século XIII, propôs ao Papa Clemente IV o emprego de espelhos solares nas Cruzadas, pois "este espelho queimaria ferozmente qualquer coisa sobre a qual se o focasse. Devemos pensar que o Anticristo utilizará estes espelhos para incendiar cidades, campos e armas". Em 1839, o cientista francês Edmund Becquerel descobre o efeito fotovoltaico e em 1954 a Bell Telephone desenvolve as primeiras células fotovoltaicas, aplicadas posteriormente pela NASA nos satélites espaciais Vanguard e Skylab, entre outros.



A chamada arquitetura bioclimática, herdada do saber da arquitetura popular, é a adaptação da edificação ao clima local, reduzindo consideravelmente o gasto em calefação e refrigeração, em respeito a atual edificação. É possível conseguir, com um consumo mínimo, edifícios confortáveis e com oscilações de temperatura muito pequenas ao longo do ano, ainda que no exterior as variações climáticas sejam muito acentuadas.





O desenho, a orientação, a espessura dos muros, o tamanho das janelas, os materiais de construção empregados e o tipo de revestimento, são alguns dos elementos da arquitetura solar passiva, herdada da melhor tradição arquitetônica. Investimentos que raramente superam os 5% do custo da edificação, permitem agora energéticos de até 80% do consumo, se amortizando rapidamente sobre custo inicial.

O uso da energia solar na edificação pressupõe o desaparecimento de uma única tipologia construtiva, utilizada hoje, desde as latitudes frias do norte da Europa até o Equador. Se a habitação não se constrói adaptada ao clima, aquecê-la ou resfriá-la sempre será um grave problema que custará grandes quantidades de energia e dinheiro.

## **O COLETOR SOLAR**

O coletor solar plano, utilizado desde princípios do século para aquecer a água até temperaturas de 80 graus centígrados, é a aplicação mais comum da energia térmica do sol. Países como Alemanha, Áustria, Japão, Israel, Chipre ou Grécia tem instalados vários milhões de unidades.

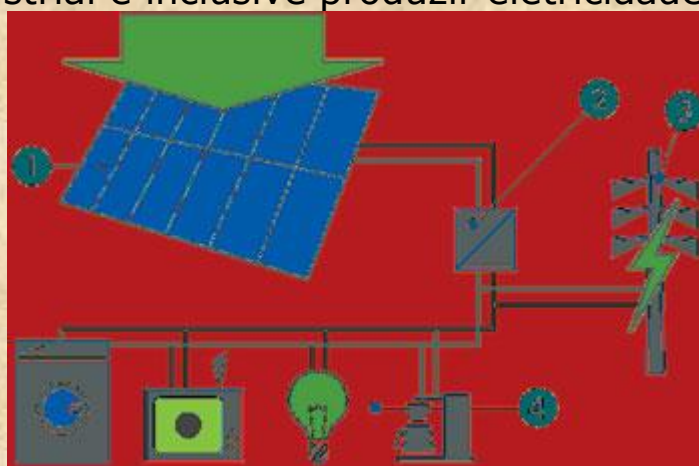
Os elementos básicos de um coletor solar plano são: a cobertura transparente de vidro e uma placa absorvente, pela qual circula a água ou outro fluido calor-portador. Outros componentes do sistema são: o isolamento, a caixa protetora e um depósito acumulador. Cada metro quadrado de coletor pode produzir anualmente uma quantidade de energia equivalente a 80 kg de petróleo.

As aplicações mais utilizadas são: a geração de água quente para casas, piscinas, hospitais, hotéis, industriais e a calefação, empregada em regiões de baixas temperaturas, que requerem aquecimento e que podem chegar a representar mais de uma décima parte do consumo. A diferença das tecnologias convencionais para aquecer a água, as investimentos iniciais são elevados e requerem um período de amortização compreendido entre 5 e 7 anos, se bem, como é fácil deduzir, o combustível é gratuito e os gastos de manutenção são baixos.





Mais sofisticados que os coletores planos são os coletores de vazios e os coletores de concentração, mais caros, porém capazes de alcançar temperaturas mais elevadas, o que permite cobrir amplos segmentos da demanda industrial e inclusive produzir eletricidade.



Os coletores solares de concentração lineal são espelhos cilíndricos-parabólicos, que dispõem de um conduto na linha focal por onde circula o fluido calor-transportador, capaz de alcançar os 400 graus centígrados. Com tais temperaturas se pode produzir eletricidade e calor para processos industriais. Os Estados Unidos operam com mais de 100.000m<sup>2</sup> de concentradores lineares, e a empresa "Luz Internacional", instalou na Califórnia seis centrais para produzir eletricidade, com uma potência de 354MW elétricos (1MW=1.000kW), e com rendimentos satisfatórios. O custo do kWh está em torno de 15 centavos de dólar, todavia superior ao convencional, porém interessante em numerosas zonas distantes da rede de distribuição, que tenha boa insolação. As perspectivas são propícias, apesar de alguns fracassos, tendo hoje vários projetos em marcha na Espanha e Índia, entre outros países. O plano do governo prevê produção de 180ktep no ano de 2010 de energia solar termoelétrica, com uma potência instalada de só 200 MW e uma produção de 458,9 GWh/ano.





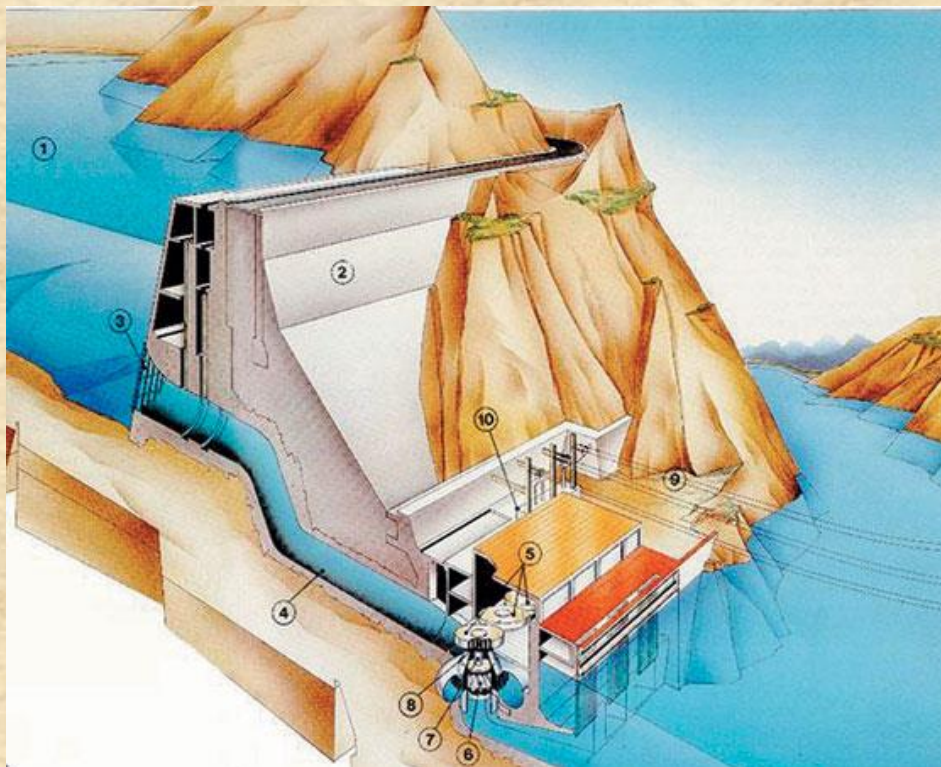
Os coletores pontuais são espelhos parabólicos em cujo foco se dispõe um receptor, é nele que se produz o aquecimento do fluido de transferência, posteriormente enviado a uma turbina centralizada, ou se instala diretamente um motor. As chamadas centrais solares de torre central consistem em numerosos espelhos de grande superfície (helióstatos) que, graças à orientação constante, concentram a radiação solar em um receptor de vapor situado no alto de uma torre.

O desenvolvimento de heliostatos de baixo custo, utilizando novos materiais como o poliéster, a fibra de vidro ou as membranas tensionadas de fibra de grafite e receptores mais confiáveis e eficientes, abre novas possibilidades ao emprego da energia solar para a obtenção de eletricidade.



A Espanha tem ainda muito por fazer em energia solar. Enquanto no ano de 2002 somente tínhamos  $522.561\text{m}^2$  de coletores solares, na Alemanha, com muito menos sol e menos superfície, tinham  $3.365.000\text{m}^2$  já em 2000. Na Grécia tinham  $2.460.000\text{m}^2$  e na Áustria  $2.170.000\text{m}^2$ . O objetivo é o de chegar a 336 ktep em 2010, instalando um total de  $4.500.000\text{m}^2$  adicionais. As novas normativas municipais, que obrigam a instalar coletores solares em todas as residências de novas construções ou grandes prédios habitacionais, permitirão relançar um mercado com enorme futuro. A demanda potencialmente atendível, com coletores solares planos, cresce a 6,1 Mtep.





## CÉLULAS SOLARES

A produção de eletricidade, a partir de células fotovoltaicas, é ainda seis vezes mais cara que a obtida em centrais de carvão, porém há apenas duas décadas era vinte vezes mais. Em 1960 o custo de instalar um só watt de células fotovoltaicas, excluindo as baterias, transformadores e outros equipamentos auxiliares, era em torno de 2.000 dólares; em 1975 era de apenas 30 dólares e em 2004 era de 2,62 dólares a 4,25 dólares, dependendo a quantidade e o tipo de instalação. Se em 1975 o kWh custava mais de 7 euros, o preço atual está entre 0,3 e 0,6 euros, o que permite que o emprego de células fotovoltaicas, para produzir eletricidade em lugares distantes das redes de distribuição, já compete com as alternativas existentes, como geradores elétricos a partir do petróleo.

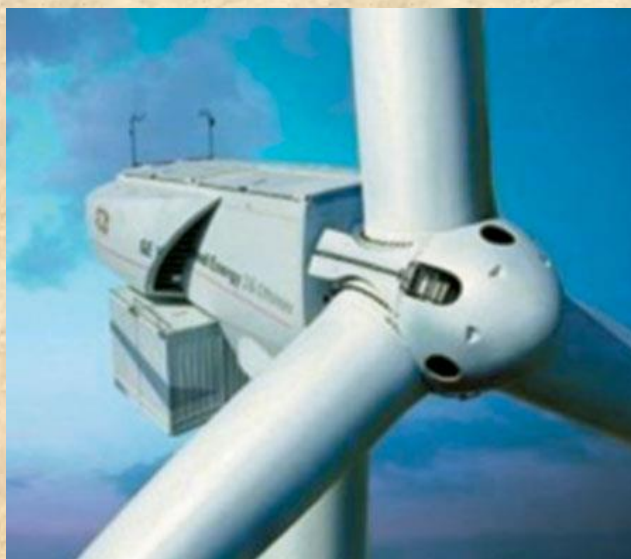
Hoje, nos Estados Unidos, a produção de um kWh custa de 4 a 8 centavos de dólar em uma central de carvão, de 4 a 6 nos parques eólicos, de 5 a 10 em uma central de petróleo, de 12 a 15 em uma central nuclear e de 25 a 40 centavos utilizando células fotovoltaicas.

Nos próximos anos se espera reduzir o custo do kWh a 12 centavos de euro, antes de 2010, e a 4 centavos para o ano 2030. Claro que nos custos anteriores não se incluem os resultados do deterioramento causado ao ambiente pelas distintas maneiras de produzir a eletricidade.





O efeito fotovoltaico, descoberto por Becquerel em 1839, consiste na geração de uma força eletromotriz em um dispositivo semicondutor, devido à absorção da radiação luminosa. As células fotovoltaicas convertem a energia luminosa do sol em energia elétrica, com um único inconveniente: o custo econômico todavia é muito elevado para a produção centralizada. Entretanto, as células fotovoltaicas são já competitivas em todos aqueles lugares distantes da rede e com uma demanda reduzida, como aldeias e residências sem eletrificação, repetidores de televisão, agricultura, faróis, calculadoras e outros bens de consumo. Ao longo de toda a década, o mercado fotovoltaico cresceu a ritmos anuais superiores a 40%, e já tem mais de 2.500 MWp instalados em todo o mundo. Calcula-se que deverão ser instalado ainda outros 85.000 MWp, investindo uns 50.000 milhões de euros, para conseguir que a fotovoltaica seja competitiva no mercado, o que implica um preço de 1 euro por watts. Para obter uma redução de 20% do preço, se deve duplicar a produção, segundo a curva de experiência ou de aprendizado.





Atualmente a maioria das células fotovoltaicas é de silício monocristalino de grande pureza, material obtido a partir da areia, muito abundante na natureza. A purificação do silício é um processo muito caro, devido à dependência do mercado de componentes eletrônicos, que requer uma pureza (silício de grau eletrônico) superior a requerida pelas células fotovoltaicas. A obtenção de silício de grau solar, diretamente do silício metalúrgico, cuja pureza é de 98%, reduziria consideravelmente os custos, ao igual que a produção de células a partir do silício amorfo ou outros procedimentos, hoje em avançado estado de investigação e cujos resultados podem ser decisivos na próxima década. A multinacional BP produz células de alto rendimento em sua fábrica de Madrid, a denominada Saturno. O apoio institucional, abrindo novos mercados, pode reduzir o tempo necessário para a plena competitividade das células fotovoltaicas.

A superfície ocupada não estabelece problemas. Na área mediterrânea se poderia produzir 90 milhões de kWh anuais por km<sup>2</sup> de superfície coberta de células fotovoltaicas, e antes do ano 2010, com os rendimentos previstos, se alcançará os 150 milhões de kWh por km<sup>2</sup>.

Pelo que se refere ao armazenamento, a produção de hidrogênio por eletrolises e seu posterior emprego para produzir eletricidade ou outros usos, pode ser uma ótima solução.

O objetivo do governo é ter instalado 143,7 MWp (megawatts pico) no ano 2010, destes 135 MWp novos, dos quais 61 MWp deveriam instalar-se antes de 2006 (15% em instalações isoladas e 85% em instalações conectadas a rede). Entre 1998 e 2001 se instalaram só 6,9 MWp. Enquanto na Alemanha tinham 87,5 MWp (sete vezes mais que na Espanha), graças ao programa 100.000 telhados solares, que prevê instalar 300 MWp entre 1999 e 2004.

Até a Holanda, com pouco sol e superfície, tinha mais potência instalada (12,2 MWp). O preço do kWh fotovoltaico, com as primeiras, cresce a 0,397 euros (máximo) e a 0,217 euros (mínimo), frente a 0,72 e 0,35 na Áustria, 0,48 na Alemanha e 0,39 e 0,23 em Portugal. Na Espanha se fabricaram 50,85 MWp de células fotovoltaicas em 2002 (36% da produção europeia), destinados quase que 90% a exportação. Os dois maiores fabricantes são Isofoton e BP Solar, ainda que no setor operem 182 empresas, que empregam mais de 4.000 pessoas. Os preços dos módulos fotovoltaicos se reduziram muito, desde 7,76 euros/Wp em 1990 a 3,3 euros/Wp em 2000. Na Espanha, com uma radiação solar diária superior na quase totalidade do território a 4 kWh por metro quadrado, o potencial é imenso. Só nos telhados das casas espanholas se poderiam produzir anualmente 180 TWh. No mundo, segundo o informe "*Solar Generation*" da Associação da Indústria Fotovoltaica Europeia e Greenpeace, se deveria chegar a 276 TWh no ano 2020, com um investimento anual de 75.000 milhões de euros.





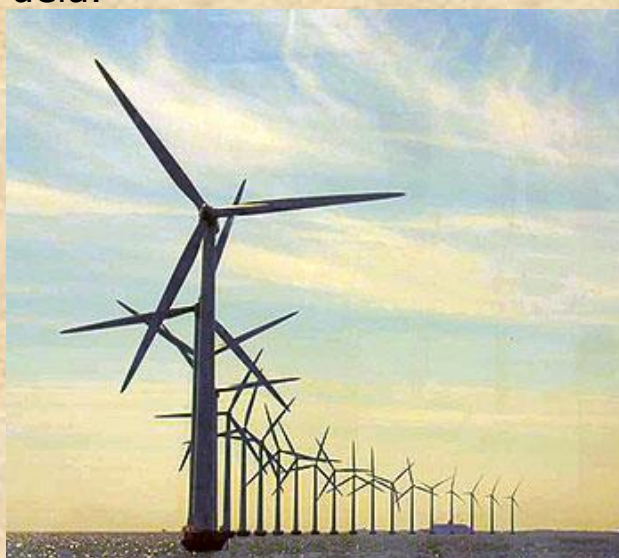
## **RIOS DE ENERGIA**

A energia hidroelétrica se gera fazendo passar uma corrente de água através de uma turbina. A eletricidade gerada por uma queda d'água depende da quantidade e da velocidade da água que passa através da turbina, cuja eficiência pode chegar a 90%. O aproveitamento elétrico da água não produz o consumo físico desta, porém pode entrar em contradição com outros usos agrícolas ou de abastecimento urbano, e sobretudo, as grandes centrais tem um grande impacto ambiental. As centrais hidroelétricas, em si mesmas, não são contaminantes; entretanto, sua construção produz numerosas alterações do território e da fauna e flora: dificulta à migração de peixes, a navegação fluvial e o transporte de elementos nutritivos águas abaixo, provoca uma diminuição do caudal do rio, modifica o nível dos níveis freáticos, a composição da água represada e o micro clima, e origina a inundação de terras cultiváveis e o deslocamento forçado dos habitantes das zonas alagadas. Na maioria dos casos é a forma mais barata de produzir eletricidade, ainda que os custos ambientais não tenham sido seriamente considerados.





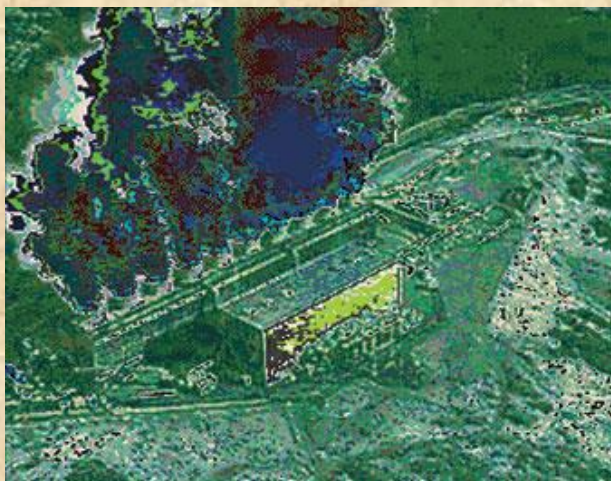
O potencial elétrico ainda sem aproveitamento é enorme. Apenas se utiliza 17% do potencial a nível mundial, com uma grande disparidade. Europa já utiliza 60% de seu potencial tecnicamente aproveitável. Os países do terceiro mundo somente utilizam 8% de seu potencial hidráulico. Na Espanha o potencial adicional tecnicamente desenvolvido poderia duplicar a produção atual, alcançando os 65 TWh anuais, ainda que os custos ambientais e sociais seriam desproporcionais. As minicentrals hidroelétricas causam menos danos que os grandes projetos, e poderiam proporcionar eletricidade a amplas zonas que carecem dela.



O Plano de Fomento fixa como objetivo 720 novos MW, até alcançar os 2.230 MW. Entre 1998 e 2001 foram postas em funcionamento 95,4 MW, que pelo ritmo atual não se alcançará o



objetivo, devido às barreiras administrativas e o impacto ambiental. No ano de 2001 a potência das centrais hidráulicas, com menos de 10 MW, cresceram a 1.607,3 MW e a produção chegou a 4.825 GWh, e na grande hidráulica a potência foi de 16.399,3 MW e a produção foi de 39.014 GWh. Temos que lembrar que o ano 2001 foi excepcional, pois choveu muito mais do usual.



## **ENERGIA EÓLICA**

A energia eólica é uma variante da energia solar, pois esta deriva do aquecimento diferencial da atmosfera e das irregularidades do relevo da superfície terrestre. Somente uma pequena fração da energia solar, recebida pela Terra, se converte em energia cinética do vento alcançando esta, cifras enormes, superiores em várias vezes a todas as necessidades atuais de eletricidade. A energia eólica poderia proporcionar cinco vezes mais eletricidade que o total consumido em todo o mundo, sem afetar as zonas de maior valor ambiental.





A potência que se pode obter com um gerador eólico é proporcional ao cubo da velocidade do vento; ao duplicar-se a velocidade do vento a potência se multiplica por oito, vem daí que a velocidade média do vento seja um fator determinante na hora de analisar a possível viabilidade de um sistema eólico. A energia eólica é um recurso muito variável, tanto no tempo como no espaço, podendo mudar muito em distâncias muito reduzidas. Em geral, as zonas costeiras e os cumes das montanhas são as mais favoráveis e mais bem dotadas para o aproveitamento do vento com fins energéticos.



A conversão da energia do vento em eletricidade se realiza por meio de aereogeradores, com tamanhos que abrangem desde alguns watts até os 5.000 kilowatts (5MW). Os aereogeradores foram desenvolvidos intensamente desde a crise do petróleo em 1973, sendo construído desde então mais de 150.000 máquinas. A capacidade instalada era de 40.000 MW em 2003, concentrada na Alemanha, Espanha, Estados Unidos e Dinamarca.

Em 2004 já é competitiva a produção de eletricidade nos lugares aonde a velocidade média do vento supera os 4 m/seg. Se espera que dentro de uns poucos anos também as grandes máquinas instaladas no mar cheguem a ser rentáveis. A energia eólica não contamina e seu impacto ambiental é muito pequeno comparado com outras fontes energéticas. Daí a necessidade de acelerar sua implantação em todos os locais favoráveis, ainda que procurando reduzir as possíveis repercussões negativas, especialmente nas aves e na paisagem, em algumas localizações.



O carvão, e posteriormente a eletricidade, deram um impulso com o aproveitamento do vento até a crise energética de 1973, ano em que sobe vertiginosamente os preços do petróleo e se inicia o renascimento de uma fonte cujo aporte, nas próximas décadas, pode chegar a cobrir 20% das necessidades mundiais de eletricidade sem trocas das redes de distribuição.

No ano de 2004 a potência eólica na Espanha superou os 7.000 MW. O preço do kWh na Espanha era de 0,0628 euros no sistema de preços fixo, frente aos 0,09 da Alemanha, e é um dos mais baixos da União Europeia, porém o sistema de apoio ao preço tem demonstrado sua eficácia na Alemanha e na Espanha. Desde 1996 a 2002 o preço da tarifa eólica para os produtores, acolhidos ao Real Decreto 2366/94, tem abaixado 36,94%. Os custos da energia eólica são já competitivos com os das energias convencionais: uns 900 euros o KW instalado.

No ano de 2010, a Espanha chegará a 20.000 MW, e no ano de 2040 podemos chegar sem problemas a 100.000 MW, produzindo grande parte da eletricidade que consumimos, e também hidrogênio, porém para isso se devem superar certas dificuldades para integrar a energia eólica na rede elétrica, e superar a oposição irracional aos novos parques eólicos. Cada kWh eólico permitiria economizar um quilograma de CO<sub>2</sub>, entre outras substâncias contaminantes. A eólica é a maneira mais econômica de reduzir as emissões contaminantes e avançar até a sustentabilidade.

## **ENERGÍA GEOTÉRMICA**

O gradiente térmico, resultante das altas temperaturas do centro da Terra (superiores aos mil graus centígrados), gera uma corrente de calor até a superfície, corrente esta que é a fonte da energia geotérmica. O valor médio do gradiente térmico é de 25 graus centígrados por quilômetro, sendo superior em algumas zonas sísmicas



ou vulcânicas. Os fluxos e gradientes térmicos anômalos, alcançam valores máximos em zonas que representam à décima parte das terras emersas: costa do Pacífico na América, desde o Alaska até o Chile, ocidente do Pacífico, desde Nova Zelândia ao Japão, o leste da África e arredores do Mediterrâneo. O potencial geotérmico armazenado, nos dez quilômetros exteriores da crosta terrestre, supera em 2.000 vezes as reservas mundiais de carvão.

A exploração comercial da geotermia, a margem dos tradicionais usos termais, começou no final do século XIX, em Lardarello (Itália), com a produção de eletricidade. Hoje já são 22 os países que geram eletricidade a partir da geotermia, com uma capacidade instalada de 8.000 MW, equivalente a oito centrais nucleares de grande porte. Estados Unidos, Filipinas, México, Itália e Japão, nesta ordem, são os países com maior produção geotérmica.

Atualmente, uma profundidade de perfuração de 3.000 metros constitui o máximo economicamente viável; outra das limitações da geotermia é que as aplicações desta, eletricidade ou calor para calefações e estufas, devem encontrar-se nas proximidades do jazimento em exploração. A geotermia pode chegar a causar algum estrago ao ambiente, ainda que a reinjeção da água empregada na geração de eletricidade, minimiza os possíveis riscos.

Os países com maiores recursos, em ordem de importância, são China, Estados Unidos, Canadá, Indonésia, Peru e México. O potencial geotérmico espanhol é de 600 ktep anuais, segundo uma estimativa muito conservadora do Instituto Geomineiro da Espanha. Para o ano de 2010 se pretende chegar aos 150 Ktep. Os usos seriam calefação, água quente sanitária e estufas, não se contemplando a produção de eletricidade.

## **BIOMASSA**

A utilização da biomassa é tão antiga como o homem e o emprego do fogo para esquentar-se ou preparar alimentos, utilizando a lenha.

Ainda hoje, a biomassa é a principal fonte de energia para usos domésticos, empregada por mais de 2.000 milhões de pessoas no Terceiro Mundo. Os empregos atuais são: a combustão direta da lenha e os resíduos agrícolas e a produção de álcool como combustível para os automóveis no Brasil. Os recursos potenciais superam os 120.000 milhões de toneladas anuais, recursos que em suas duas terças partes correspondem a produção das florestas.

É a biomassa uma energia alternativa? Ao longo do planeta o consumo de lenha está ocasionando um desflorestamento galopante.

No caso do Brasil, se tem criticado o emprego de grande quantidade de terras férteis para produzir álcool, para substituir a



gasolina nos automóveis, quando a metade da população daquele país está subalimentada *(o que não é uma verdade; nota do tradutor)*.

Por outra parte, a combustão da biomassa é contaminante. No caso da incineração de lixos, a combustão emite contaminantes, alguns deles cancerígenos e disruptores hormonais, como as dioxinas.

Também é muito discutível o uso de terras férteis para produzir energia em vez de alimentos, ou o emprego de lenha sem proceder ao reflorestamento das superfícies devastadas.

Na Espanha, atualmente, o potencial energético dos resíduos crescem a 26 Mtep, para uma quantidade que em toneladas físicas supera os 180 milhões: 15 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos com um potencial de 1,8 Mtep, 12 milhões de toneladas de lodos de depuradoras, 14 milhões de toneladas de resíduos industriais (2,5 Mtep), 17 Milhões de toneladas de resíduos florestais (8,1 Mtep), 35 Milhões de toneladas de resíduos agrícolas (12,1 Mtep), 30 Milhões de toneladas de matadouros e 65 Milhões de toneladas de resíduos da criação de gado (1,3 Mtep). A reciclagem e a reutilização dos resíduos permitirão melhorar o meio ambiente, economizando importantes quantidades de energia e de matérias primas, por sua vez se trata de suprimir a geração de resíduos tóxicos e de reduzir as embalagens plásticas. A incineração não é desejável, e provavelmente tão pouco a produção de bicompostíveis, dadas suas repercussões sobre a diversidade biológica, os solos e o ciclo hidrológico. A grande prazo, o hidrogênio é uma solução mais sustentável que o etanol e o metanol.

O Plano de Fomento das Energias Renováveis na Espanha prevê que a biomassa chegue a 10.295 ktep. Hoje, apenas chegamos a 3.600 ktep (incluindo os biocarburantes e o biogás), com um incremento ínfimo em relação á anos anteriores. E as perspectivas não são muito melhores. Com as políticas atuais, no ano de 2010, dificilmente se superará 50% dos objetivos do Plano (pouco mais de 5 Mtep). Os restos de madeira, como sustenta ANFTA (Associação Nacional de Fabricantes de Madeiras), são altamente valiosos para serem queimados, pois constituem a matéria prima base da indústria de madeira aglomerada e somente ser queimada como aproveitamento último. A Espanha é muito deficitária em restos de madeira (se importam mais de 350.000 m<sup>3</sup>), e de madeira em geral (se importa mais de 50%). Ademais o CO<sub>2</sub> se acumula nas madeiras (cada metro cúbico de madeira aglomerada, fixa 648 kg de CO<sub>2</sub>), o qual será liberado pela queima. A utilização de restos de madeira gera mais emprego nas zonas rurais e se produzem móveis de madeira ao alcance de todos. A reciclagem deve ter prioridade frente ao uso energético e os únicos resíduos de madeira que se deveriam incinerar são os ramos finas de pinos, as cascas das árvores e o pó do lixamento. *(este material, em vez de ser incinerado poderia servir de adubo, as cascas*



*de árvores podem ser utilizadas para vasos ornamentais e jardins, o pó de lixamento ou serragem do corte podem ser utilizadas como matéria para adubo de jardins e plantações; nota do tradutor).*

Os custos de extração, transporte e das operações de limpeza do desmonte para as plantas de biomassa são de 0,16 euros por kg, aos quais temos que agregar os de armazenagem, corte, secagem, densificação e o custo do combustível auxiliar. Hoje as centrais termoelétricas de biomassa não são viáveis economicamente, e, além disso, esses resíduos também são necessários para o solo (aporte de nutrientes, erosão).

## **REFERÊNCIAS**

### **Internet**

[www.idae.es](http://www.idae.es); [www.appa.es](http://www.appa.es); [www.ciemat.es](http://www.ciemat.es); [www.energias-renovables.com](http://www.energias-renovables.com); [www.ehn.es](http://www.ehn.es); [www.eufores.es](http://www.eufores.es); [www.gamesa.es](http://www.gamesa.es); [www.isofoton.es](http://www.isofoton.es); [www.bpsolar.com](http://www.bpsolar.com); [www.erec-renewables.org/default.htm](http://www.erec-renewables.org/default.htm)

### **Revistas**

APPAINFO

Eficiencia Energética y Energías Renovables, boletín del IDAE. Números 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

C.V. Revista internacional de energía y medio ambiente Energética XXI

Era Solar; Tecnoambiente; Infopower; Tecnoenergía; Energía. Ingeniería Energética y Medioambiental World Watch.

### **Livros e estudos**

- ANFTA (Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros) (2002). Restos de madera: demasiado valiosos para ser quemados. Madrid.
  - ASIF (2003): Hacia un futuro con electricidad solar. Madrid.
  - Goldenberg et al. (1988): Energy for a sustainable world, John Wiley and sons, New Delhi.
  - IDAE (1999). Plan de Fomento de las Energías Renovables en España. Madrid.
  - Johansson, T. B. et al. (1993): Renewable Energy, Island Press, Washington; D. Deudney y C. Flavin: "Renewable energy: The power to Choose", New York, Norton, 1983.
  - Maycock, P. (2004): Photovoltaic technology, performance, cost and market forecast. PV Energy systems, Casanova.
- Ministerio de Economía (2002). Planificación de las redes de transporte eléctrico y gasista 2002-2011. Madrid.
- Ogden, J.M. et Williams R. H. (1989): Solar Hydrogen. Moving Beyond Fossil Fuels, World Resources Institute, Washington.