

Os fotovoltaicos vieram para ficar

Painéis que transformam energia solar em eletricidade ganham espaço em todo o mundo

Divulgação / Blue Sol



Painéis fotovoltaicos na fachada da sede da Blue Sol, na China

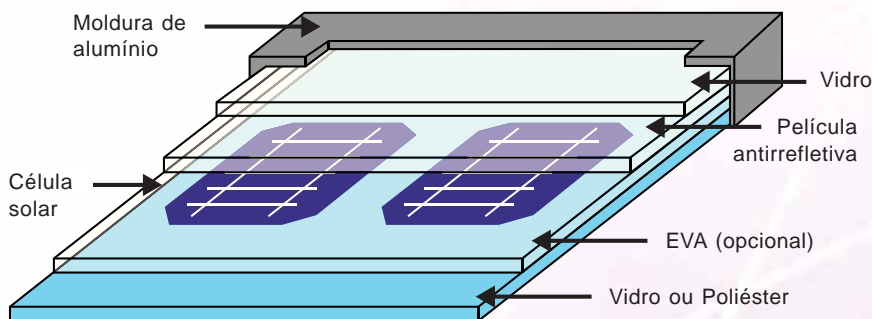
Se o leitor conferiu nossa matéria sobre a Glass Performance Days (GPD) na última edição, já sabe que os painéis fotovoltaicos são a aposta do mercado vidreiro – e de muitos

outros – no que se refere à contenção de energia. Embora a tecnologia de captação não seja nova – a primeira célula solar foi inventada no final do século 19 – só agora, com o agravamento do aque-

cimento global, é que os painéis fotovoltaicos passaram a ser encarados como opção viável.

Os números confirmam. De acordo com o estudo *Renewable energy policy network*, do órgão

Componentes do painel fotovoltaico



Estrutura

O painel fotovoltaico, sistema que converte a luz da emissão solar em energia elétrica, é considerado ambientalmente responsável por extrair energia de uma fonte renovável (a luz solar) e não emitir dióxido de carbono (CO₂) em seu funcionamento.

O painel é composto de quatro camadas de material, na seguinte ordem, a partir do lado exposto ao Sol: uma peça de vidro plano, uma película antirrefletiva (para minimizar a luz refletida pelo vidro, que não pode ser aproveitada), a célula solar e uma camada de fundo, que pode ser também de vidro ou de um polímero como o poliéster, por exemplo. O número total de camadas pode aumentar, dependendo do modelo e do fabricante (camadas de EVA podem ser usadas para proteção e vedação do sistema), mas essas quatro são as essenciais. Dando estrutura ao painel está uma grade de material rígido e condutor, como o alumínio, que transmite a energia elétrica.

A célula solar é a parte mais importante dessa estrutura. Ela é composta, basicamente, de duas camadas de um mesmo material semicondutor enriquecidas com materiais diferentes. O melhor exemplo de material, atualmente utilizado na maioria dos painéis solares, é o do silício. Uma célula solar tem duas camadas de silício: uma enriquecida com fósforo e outra enriquecida com boro. Sozinhas, essas duas camadas estão

PAÍS	Quantidade de energia elétrica fotovoltaica integrada à rede produzida anualmente (em mW)			
	2005	2006	2007	2008
Alemanha	1.900	2.800	3.900	5.400
Espanha	50	150	700	3.300
Japão	1.200	1.490	1.730	1.970
Califórnia (EUA)	220	320	480	730
Outros países da Europa	130	180	350	750
Coréia do Sul	15	35	100	350
Outros países do mundo*	30	80	250	450
TOTAL	3.500	5.100	7.500	12.950

*valores aproximados

Fonte: Renewable Energy Policy Network Report 2009 / REN21

internacional REN21, de 2005 para 2008, a produção de energia fotovoltaica no mundo quase quadruplicou, pulando de 3,5 GW para 12,5 GW. E toda essa transformação ocorreu, principalmente, de dois anos para cá. A Coréia do Sul, por exemplo, que havia fechado 2007 com uma produção de 0,1 GW, pulou para 0,35 GW no final de 2008. Na Alemanha, país que

mais produz energia fotovoltaica hoje no mundo, foi de 3,9 para 5,4 GW. E a Espanha foi a recordista de crescimento: de 0,7 para 3,3 GW.

No Brasil, a história ainda é diferente. Mas, antes de falarmos sobre o uso dessa tecnologia no País, é preciso entender como ela funciona e por que ela é tão eficiente.

em equilíbrio. Para que se possa criar eletricidade a partir delas, é preciso que a energia solar entre na equação.

Extraindo a energia

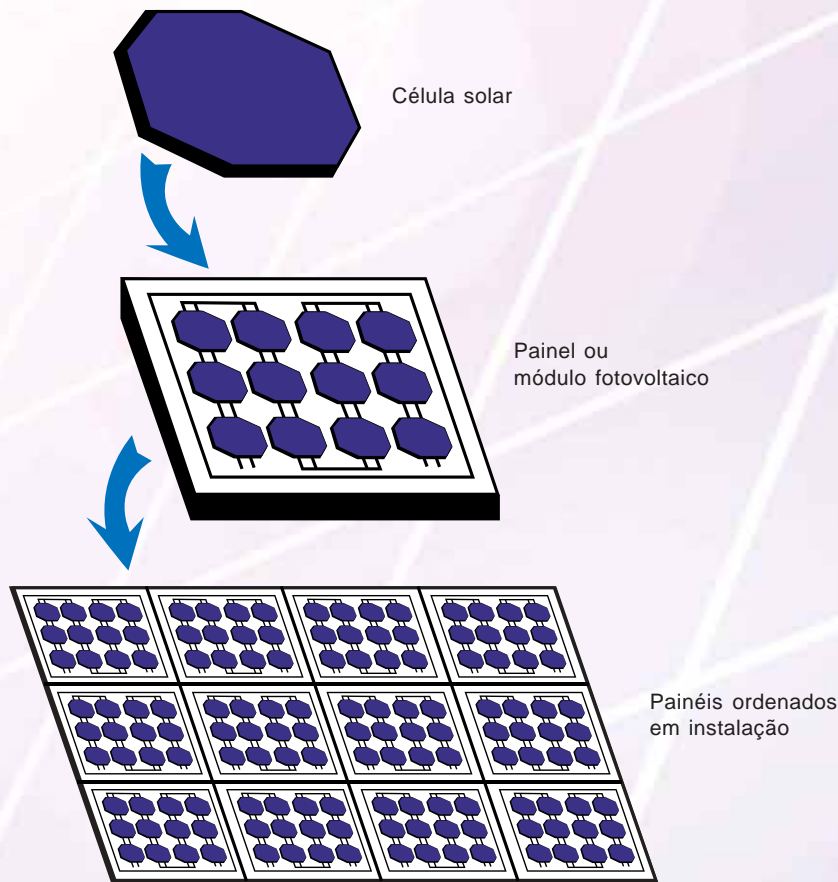
É preciso frisar que um painel fotovoltaico não utiliza a energia térmica do Sol. Quem faz isso são os painéis solares, que utilizam um sistema mecânico para aquecer a água de uma edificação a partir do calor irradiado pelo Sol. Muito comuns em residências do Brasil, os painéis solares não criam eletricidade, diferente do que acontece com os fotovoltaicos.

No fotovoltaico, o processo começa quando a luz solar atinge o painel. Essa luz contém fótons (uma partícula elementar, como os nêutrons e elétrons). Quando os fótons batem nas camadas de silício, eles forçam os elétrons a se separar de seus núcleos. Isso faz com que as duas camadas de silicóneo fiquem magneticamente carregadas.

É daí que se explica o fato de existirem duas camadas de silicóneo, cada uma misturada a um elemento diferente: enquanto a camada de silicóneo com fósforo fica negativamente carregada (-), a de silicóneo com boro fica positivamente carregada (+). Isso faz com que elas criem um campo elétrico entre si.

A junção entre as duas camadas, propositadamente, não permite que os elétrons da parte negativa encontrem as lacunas da positiva. Por isso, fios elétricos

Organização do sistema

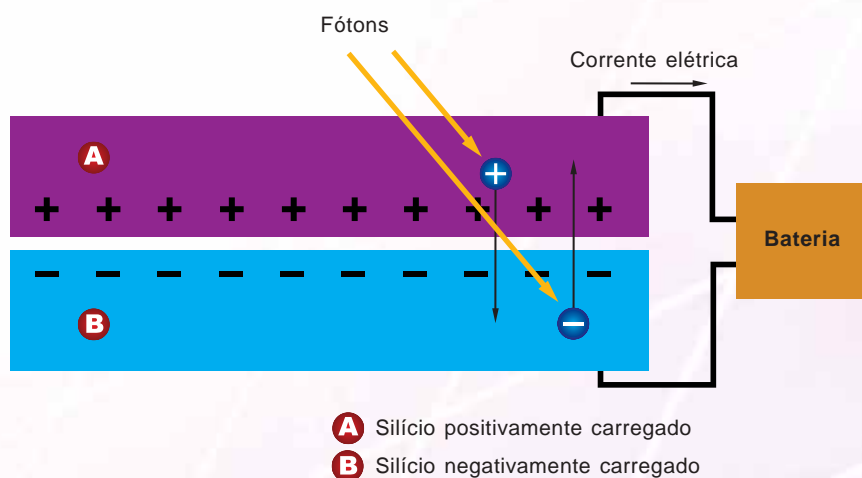


Divulgação / Instituto Ideal



Central Solar Fotovoltaica de Amareleja, em Moura, Portugal, o maior parque solar fotovoltaico do mundo, com produção anual de 93 milhões de kWh

Célula fotovoltaica: como funciona a captação de energia



Divulgação / LabSolar - UFSC



Arte feita sobre foto do Maracanã (RJ) mostra como ele ficaria com painéis fotovoltaicos, segundo estudo da UFSC: estádio poderia gerar mais de 4 mil mWh/ano

comuns são conectados a cada uma das camadas e unidos, ambos, a uma bateria. Com isso, fechamos um circuito: os elétrons saem de uma camada pelo fio, passam pela bateria, de lá para o outro fio e então chegam à outra camada. Essa passagem de elétrons gera uma corrente elétrica, que é armazenada na bateria conforme os elétrons vão passando por ela.

Uso

Os diversos painéis fotovoltaicos são conectados entre si por meio de fiação elétrica. Toda a eletricidade produzida por eles é conduzida à mesma bateria, podendo passar por um inversor antes ou depois. O inversor é necessário porque a energia do tipo CC (corrente contínua), produzida pelo painel fotovoltaico, não é a mesma que alimenta prédios e residências, do tipo CA (corrente alternada).

Com isso, o prédio usa a energia que produz, deixando de gastar a que vem da rede elétrica pública. Mas essa não é, na verdade, a única e nem a melhor possibilidade. Na Alemanha, a energia produzida nas edificações é encaminhada à rede pública. “O consumidor vende a energia integralmente para a concessionária, por uma tarifa superior à que ele paga pela energia que consome da rede”, explica Alexandre Montenegro, pesquisador do Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)



Fotos: divulgação

Estádio taiwanês inaugurado neste ano tem 8.844 painéis fotovoltaicos, capazes de gerar 1,14 milhão kWh por ano, alimentando as 3.300 lâmpadas e os dois telões gigantes do complexo

e membro da Seção Brasil da Sociedade Internacional de Energia Solar.

Esse modelo, em que a energia é compartilhada com a rede, permitindo que seja operada pela distribuidora, é tido como ideal pela maioria dos estudiosos, pois elimina a necessidade de uma bateria que, além de encarecer a instalação, também gera perda de energia devido ao armazenamento.

No Brasil, existem os dois modelos, sendo que o de bateria é muito mais comum, devido à falta de incentivos públicos para uso do sistema conectado à rede. Não há dados sobre o número de sistemas fotovoltaicos com bateria, mas, segundo estudo feito neste ano, já são 32 os sistemas integrados à edificação e conectados à rede instalados até agora (o primeiro, em 1995), principalmente nos Estados de São Paulo, Minas



Gerais, Pernambuco e Santa Catarina. Juntos, eles têm o potencial de 231,5 kWp – pouco menos de 0,005% do que é produzido hoje pelos mesmos sistemas na Alemanha, líder dos países produtores de energia fotovoltaica integrada à rede.

Energia de sobra

E quanto rende um painel fotovoltaico? Depende muito do modelo, mas, em média, o aproveita-

mento da energia solar é de 15%. Considerando que, no nível da linha do Equador, a incidência de luz solar às 12h corresponde a uma energia de aproximadamente 1 kW/m², pode-se dizer que um painel fotovoltaico de 1m² (1 x 1 m) gera uma potência de 150 W no horário, se colocado voltado diretamente para o Sol. Isso é suficiente para alimentar duas lâmpadas de 75 W, por exemplo.

“Para Florianópolis, a produtivi-



Painéis instalados na Casa Solar Eficiente, que fica na sede do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), na Ilha do Fundão, no Rio de Janeiro

dade média anual é de aproximadamente 1,3 MWh/kWp. Ou seja, um sistema fotovoltaico de 5 kWp gera, em média, 6.500 kW/h por ano, que é o consumo médio anual de uma família com quatro a cinco pessoas”, explica Alexandre Montenegro. Esse valor de produtividade média anual é baseado nos dados de monitoramento de sistemas fotovoltaicos instalados e operantes na UFSC, que instalou seu primeiro módulo em 1997.

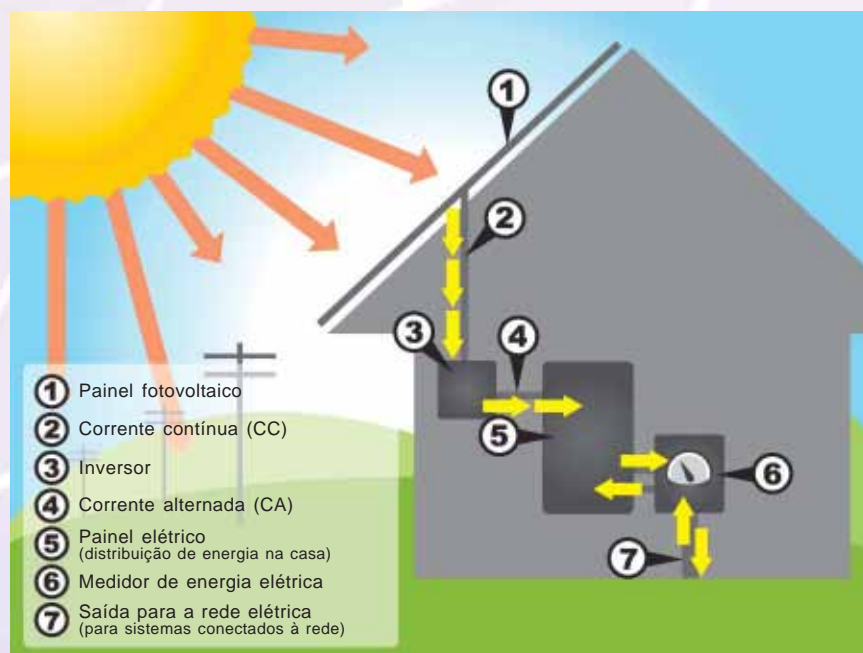
Vale lembrar que Florianópolis está na região do Brasil que recebe o menor nível anual de energia solar. Mesmo assim, nessa região, a produtividade de um sistema fotovoltaico é, aproximadamente, 40% superior à produtividade de um sistema fotovoltaico do mesmo tipo instalado na região da Alemanha que recebe o maior nível anual de energia solar. Ainda segundo Montenegro, para Belo Horizonte, por exemplo, a produção anual de energia elétrica média seria de aproximadamente 1,5 MWh/kWp.

As denominações AM1 e AM1.5, comuns no mercado de energia fotovoltaica, são o padrão para indicar a potência dos painéis. O número indica quantas atmosferas terrestres a luz tem de atravessar até chegar no painel. A maioria dos painéis, atualmente, é do tipo AM1.5.

O papel do vidro

Dentro da estrutura do painel fotovoltaico, são duas as funções do vidro: proteger a célula solar e,

Como fica o sistema elétrico



ao mesmo tempo, fornecer a transparência necessária para que ela funcione. Embora existam outros materiais que possam ser usados em seu lugar, o vidro ainda se apresenta como a opção mais eficiente e versátil, sendo utilizado na maioria dos painéis fotovoltaicos instalados mundo afora.

Como a resistência é importante, utiliza-se vidro temperado. Ele deve ser capaz de agüentar intempéries climáticas (chuva, vento, granizo, neve), variações bruscas de temperatura e impactos mecânicos de menor porte. Testes de resistência são realizados em cada painel antes de ser comercializado.

No que diz respeito à transparência, o vidro traz o problema de absorver parte da luz do Sol, especialmente os raios infravermelhos, impedindo que ela chegue à célula solar. Essa propriedade cria um conflito: o vidro precisa ser espesso o suficiente para ter a resistência necessária, mas não espesso demais, para não absorver luz em excesso. O equilíbrio entre essas duas necessidades é que dita a espessura do vidro.

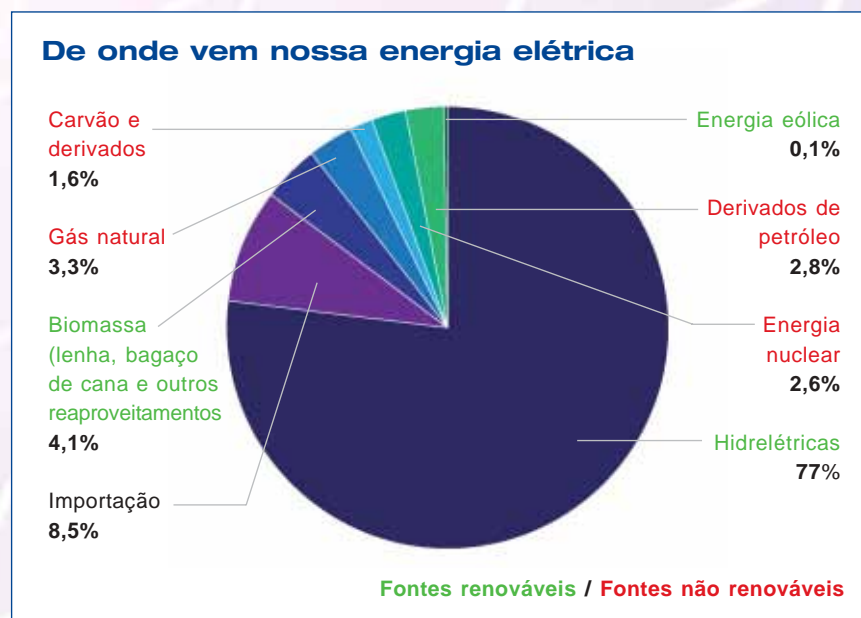
E no Brasil?

Segundo o *Atlas brasileiro de energia solar*, publicado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) em 2006, o País recebe mais de 2.200 horas de insolação por ano, um potencial equivalente a 15 trilhões de MWh. Isso corresponde a 50 mil vezes o consumo nacional de eletricidade.

Apesar disso, o Brasil ainda é um iniciante no uso da energia solar. No último *Balanco energético nacional*, publicado pelo Ministério de Minas e Energia em 2008, a energia solar sequer figura nos gráficos referentes à oferta interna de energia elétrica. O balanço aponta que nossa eletricidade

provém de hidrelétricas (77%), importação (8,5%), biomassa (4,1% – índice que inclui lenha, bagaço de cana e outros reaproveitamentos), gás natural (3,3%), derivados de petróleo (2,8%), energia nuclear (2,6%), carvão e derivados (1,6%) e energia eólica (0,1%).

Como a energia das hidrelétri-



Fonte: Balanço Energético 2008

Divulgação / Instituto Ideal



Painéis fotovoltaicos instalados em moradia popular brasileira



Fotos: divulgação / LabSolar - UFSC

Sistema com potência de 2 kWp instalado na cobertura do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, em operação desde setembro de 1997, que gerou até hoje, em média, 210 kWh/mês

As muitas opções de tecnologia

Existem várias tecnologias para a transformação da energia solar em energia elétrica. Basicamente, podemos dividir os painéis em dois tipos: rígidos e flexíveis. Os rígidos são, de longe, os mais comuns em todo o mundo, especialmente os que utilizam vidro temperado e células com silício cristalino – modelo que tratamos nesta matéria.

Outra tecnologia bastante comum, dentro do universo dos painéis rígidos, é a que traz o material semicondutor (silício amorfo, por exemplo) disposto na forma de camada fina e que pode, inclusive, ser flexível. Os *thin films* (filmes finos), desenvolvidos por empresas como Solutia e DuPont, são camadas muito finas de silício amorfo ou outro material semicondutor que, por deposição a plasma, são aplicados sobre substratos (vidro, aço inox, PVA e PVB são os mais comuns) que dão a esse filme fino a resistência necessária às intempéries climáticas. Uma configuração típica para painéis fotovoltaicos rígidos com filmes finos é a que apresenta duas camadas de vidro encapsulando todos os outros componentes do painel, com exceção da moldura de alumínio. Um painel fotovoltaico típico de filmes finos fica configurado desta forma: vidro temperado, polímero (PVA ou PVB), material semicondutor (como o silício amorfo), polímero (PVA ou PVB) e vidro temperado.

Já os painéis flexíveis não utilizam vidro. Em vez dele, devido à exigência de flexibilidade, são utilizados polímeros como o etileno-tetrafluoroetileno (ETFE). Pelo mesmo motivo, esses painéis sempre utilizam o silício amorfo ou outro material condutor flexível (filme fino).

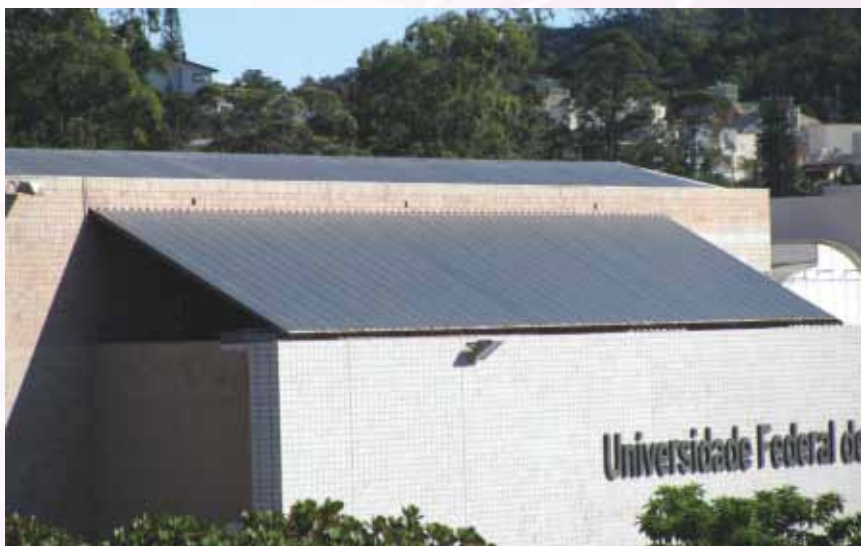
cas também é renovável, pode-se dizer que o Brasil mantém uma conduta ambientalmente responsável nesse sentido. A energia fotovoltaica, porém, poderia ser usada para substituir os mais de 10% da energia elétrica que são produzidos a partir de recursos não renováveis, como gás natural e derivados de petróleo.

“Hoje, não se pensa em substituir as atuais fontes de energia, mas em adicionar novas, como a energia eólica e outras fontes alternativas”, afirma o professor Francisco Marques, do Laboratório de Pesquisas Fotovoltaicas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Montenegro concorda: “O objetivo não é que nossa matriz se baseie em geração solar, mas que se aproveite mais o grande potencial que nosso país tem, tanto para a geração de energia elétrica, com sistemas fotovoltaicos, como para o aquecimento de água, com sistemas termossolares”.

Um dos maiores empecilhos para a maior adesão aos painéis fotovoltaicos é o preço. “Os módulos costumam ser rejeitados pelo fato de exigirem um grande investimento inicial, que se paga ao longo de anos”, afirma José Renato Colaferro, gerente de Vendas da Blue Sol, distribuidora de sistemas fotovoltaicos. “Os sistemas duram trinta anos, mas demoram oito para começarem a dar retorno positivo, o que incomoda um pouco alguns clientes”, explica. De fato, segundo estudo publicado em 2009 pela UFSC, o custo do painel, que

Para entender

kW (kilowatt), MW (megawatt) e GW (gigawatt) são unidades de potência bastante conhecidas do público. Mas o que seriam o kWp, o MWp e o GWp que figuram nesta matéria? São o kilowatt-pico, o megawatt-pico e o gigawatt-pico, unidades criadas para lidar com as células fotovoltaicas que denominam a potência produzida pelo sistema em condições ideais, ou seja: irradiado por luz com intensidade de 1.000 W, e temperatura de 25 graus. Essas medidas existem com fins classificatórios, para determinar a potência máxima de um sistema fotovoltaico – é senso comum que a energia elétrica real obtida é menor, devido às variações de temperatura e luminosidade ao longo do dia.



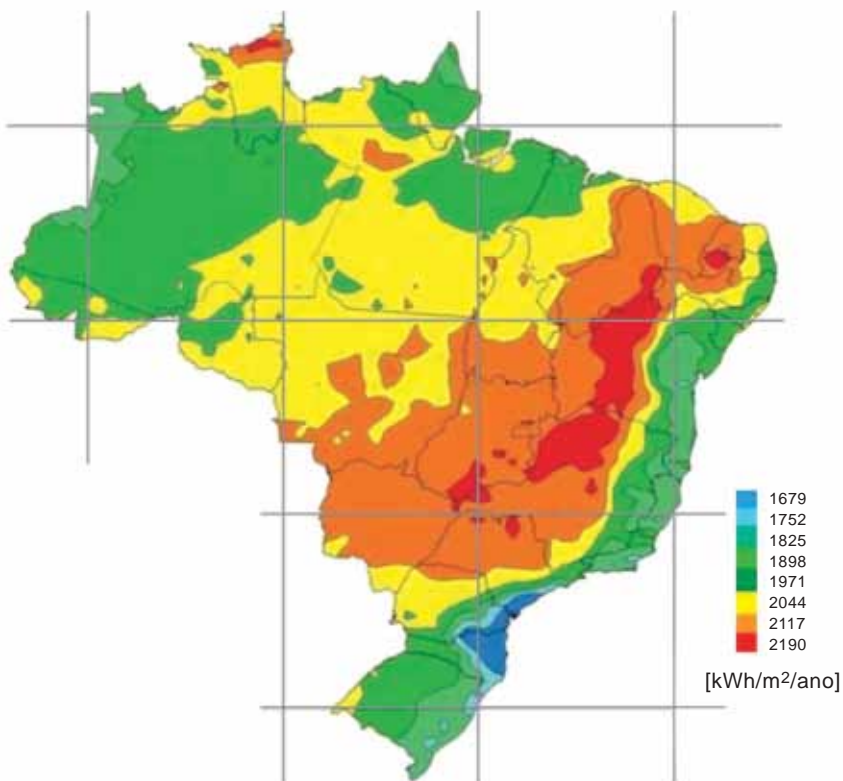
Sistema com potência de 10 kWp instalado na cobertura do Centro de Cultura e Eventos da UFSC, em operação desde julho de 2004, que gerou até hoje, em média, 1100 kWh/mês

é calculado sobre a energia que ele produz, era de 4.200 euros / kWp (cerca de R\$ 11 mil) em dezembro de 2008.

Segundo Colaferro, no Brasil, o padrão é mais elevado: de R\$ 16 mil a R\$ 20 mil por kWp. O motivo é que a maioria dos sistemas fotovoltaicos brasileiros é de armazenamento para consumo próprio (ou seja, não integrada à rede). Isso aumenta os custos devido ao preço da bateria e à perda natural de energia que ocorre no processo de armazenamento. Além disso, a falta de incentivos fiscais para esse tipo de sistema também encarece a instalação.

Apresentando um exemplo concreto, isso significaria, em estimativa livre, que os 264 painéis fotovoltaicos instalados no Laboratório

Mapa de irradiação solar no Brasil



Fonte: Um programa residencial de telhados solares para o Brasil: diretrizes de políticas públicas para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, Isabel Tourinho Salomoni, 2009



Divulgação

Terminal de ônibus de Kanazawa, no Japão, que recebeu painéis fotovoltaicos

de Energia Solar da Universidade Federal de Juiz de Fora (MG) em 2007, com capacidade aproximada de 30 kWp, teriam um custo de cerca de R\$ 500 mil.

E esses valores não são exagerados apenas para nós: em 2008, o prédio da Prefeitura de Londres instalou 617 painéis fotovoltaicos em sua cobertura, com capacidade de 67 kWp. O custo, de 540 mil libras (cerca de R\$ 1,6 milhão), gerou protestos da população e fez políticos da oposição questionarem se tais painéis realmente valem a pena – afinal, nem sempre eles são a melhor solução.

Mas nem tudo são más notícias. O custo médio europeu está em queda: em junho de 2006, ele era

quase 20% maior: 5 mil euros por kWp. Projetos de lei como o 630/2003, aguardando aprovação pelo Congresso Nacional, podem ajudar a diminuir os custos dos painéis fotovoltaicos no Brasil. Além disso, ainda existe o incentivo extra da diminuição do impacto ambiental. “Os módulos demoram, em média, de dois a três anos para zerarem sua *carbon footprint* [*carbono emitido durante a fabricação dos painéis*] e têm em média trinta anos de vida útil, o que faz da tecnologia uma das mais limpas que existem”, afirma Colaferro.

Ser tendência, a energia fotovoltaica já é. O que falta são estímulos governamentais para facilitar a penetração da tecnologia no



Brasil e campanhas de incentivo para conseguir a adesão da população. As vantagens ambientais são muitas e as econômicas, também – uma expansão do setor movimentaria os mercados de vidro,

alumínio e silício, entre muitos outros. Com a explosão dessa tecnologia no mercado internacional nos últimos dois anos, resta a nós, brasileiros, trabalharmos para não deixar o momento passar.

Cobertura do terminal de cargas do Aeroporto Hercílio Luz, em Florianópolis, composta de 16 painéis com potência total de 2,12 kWp

Fale com eles!

Blue Sol
Tel. (11) 3521-7341

**Laboratório de Energia Solar/
UFSC**
Tel. (48) 3721-9379

**Laboratório de Pesquisas
Fotovoltaicas da Unicamp**
Tel. (19) 3521-5363

**Sociedade Internacional de
Energia Solar**
www.ises.org