

## Coletores fotovoltaicos conectados à rede elétrica

**A**o longo das últimas décadas tornou-se relativamente comum nas áreas urbanas das principais cidades do País o emprego de coletores solares para aquecimento de água. Basta um olhar mais atento sobre os telhados das casas para identificar as placas que convertem a energia solar em energia térmica, essa por sua vez usada para aquecimento de água. São inúmeras as empresas que fabricam aquecedores solares. As vantagens desse método, comparado ao uso de chuveiros elétricos, são enormes.

Existe ainda uma outra modalidade de conversão solar que é praticamente inexplorada em áreas urbanas no Brasil. Trata-se da conversão solar fotovoltaica, ou seja, a conversão da radiação solar em energia elétrica.

Introduzida aqui no início da década de 80, acabou por ser direcionada para gerar energia elétrica em locais remotos e de difícil acesso, principalmente em projetos de telecomunicação, bombeamento d'água e de eletrificação rural em comunidades isoladas. Ainda que o foco para aplicação, no Brasil, continue a ser em projetos com essas características – até por que existem cerca de 12 milhões de pessoas vivendo sem luz nos mais distantes rincões deste País – existe um potencial gigantesco para seu emprego em centros urbanos para geração de energia elétrica descentralizada.

### Descrição

Por esse conceito colocam-se os módulos fotovoltaicos (equivalentes ao coletor solar de aquecimento) sobre os telhados das casas ou construções comerciais/industriais e conecta-se o sistema à rede elétrica existente. Nessa configuração, diferente dos sistemas fotovoltaicos para uso remoto, não se empregam baterias para armazenagem de energia. Durante o dia a energia gerada nos módulos fotovoltaicos é diretamente direcionada

à rede elétrica das empresas concessionárias. À noite utiliza-se a energia elétrica da rede. A energia é imediatamente gerada e colocada à disposição da concessionária. A geração de energia pelos módulos fotovoltaicos faz com que o medidor de energia gire ao contrário, contabilizando ao final do mês quanto efetivamente o usuário terá que pagar de energia elétrica à concessionária. Na foto 1 podemos ver um exemplo de sistema conectado à rede em uma residência.

Foto: divulgação



Foto 1 – Sistema de coletores fotovoltaicos em residências



Foto 2 – Composição de fachada com coletores fotovoltaicos



Foto 3 – Módulos solares de tecnologia monocristalina

Em países da Europa, em particular na Alemanha, tal conceito de energia distribuída vem se disseminando de forma espantosa nos últimos anos. Estima-se que só nos últimos cinco anos tenham sido instalados mais de 500 MWp de energia solar fotovoltaica sobre telhados e fachadas. Isso representa mais de 3 milhões de m<sup>2</sup> de área ocupada por módulos solares, gerando anualmente 550 GWh de energia. É óbvio que nesses países existem polpudos incentivos governamentais que viabilizam a implantação desses sistemas em condições superfacilitadas. O Brasil tem uma insolação média anual que é no mínimo o dobro da encontrada na Europa, o que por si só justifica uma análise mais detalhada para avaliar sua implantação mesmo que sem subsídios dos governos.

A título de ilustração a tabela 1 mostra alguns parâmetros relevantes na análise de um sistema conectado à rede elétrica, referenciados ao caso brasileiro.

Adicionalmente ao fator econômico de se gerar eletricidade, e poder compartilhá-la com a concessionária, existe o aspecto visual que pode e

Tabela 1 – Sistema conectado à rede elétrica

Número de horas de sol médio por ano	2.000 horas
Geração média anual por Wp instalado	2.000 Wh
Receita da venda de energia por Wp instalado (*)	R\$ 0,54 por ano
Potência instalada por unidade de área (**)	110 Wp
Custo do módulo solar instalado por unidade de área (***)	R\$ 3.000,00

(\*) Supondo R\$ 0,27 por kWh - tarifa residencial da concessionária Eletropaulo em maio de 2004

(\*\*) Supondo módulos com tecnologia mono ou policristalina

(\*\*\*) Preços médios de venda

Wp: energia na condição de pico

deve ser explorado. A utilização de módulos fotovoltaicos incorporados à arquitetura é um dos campos que mais cresce no mundo inteiro. Existe uma preocupação constante que em novas construções, principalmente aquelas para uso comercial ou industrial, sejam previstas na concepção do projeto arquitetônico a inclusão dos módulos solares em perfeita harmonia com o restante da construção. Criou-se, inclusive, a denominação BIPV (Building Integrated Photovoltaics) para as técnicas desenvolvidas para promover o máximo aproveitamento da energia solar em projetos

de arquitetura em que os painéis solares, além de gerarem energia elétrica, incorporam beleza à construção.

O limite é a imaginação do arquiteto. Pode-se utilizar os módulos solares recobrendo uma fachada inteira de um prédio de escritórios, ou mesmo residencial. Na foto 2 pode-se ver um exemplo típico do emprego de módulos solares de tecnologia policristalina – o aspecto superficial é furta-cor, o que gera um resultado visual fantástico – em uma fachada de um prédio residencial.

Na foto 3 pode-se ver uma aplicação em fachada com módulos solares »

de tecnologia monocristalina. Essa tecnologia vem sendo muito procurada no exterior pelo visual uniforme e monocromático.

As fotos 4 e 5 são um exemplo de arquitetura que incorpora módulos na construção de uma forma ainda mais integrada. Nesse caso empregam-se módulos solares que foram laminados entre duas chapas de vidro. As células solares, que são o coração de um módulo fotovoltaico, são encapsuladas entre placas de vidro laminado fazendo com que parte da luz incidente sobre a fachada possa passar para o ambiente interno, ou seja, combina-se o efeito fotovoltaico da construção com o de iluminação natural do ambiente. Nesse caso particular de tecnologia consegue-se ainda um terceiro efeito: redução da temperatura interna dos ambientes, uma vez que uma parcela dos raios solares incidentes sobre a fachada é convertida em eletricidade e outra parcela será refletida. Com isso consegue-se uma redução da ordem de 20% do calor transmitido para os interiores.

## Materiais e projeto

Sistemas conectados à rede elétrica são constituídos basicamente por dois elementos principais. Um deles é o módulo fotovoltaico, ou painel solar, e o outro é o inversor eletrônico. O primeiro converte luz em energia elétrica de corrente contínua, e o segundo converte a energia em corrente alternada, compatível com a rede elétrica da concessionária. No caso brasileiro a rede de distribuição opera em frequência de 60 Hz. Todos os componentes são modulares, o que permite conceber expansões futuras sem qualquer tipo de incompatibilidade de equipamentos (*veja ilustração*).

Os módulos fotovoltaicos são componentes de altíssima confiabilidade. Sua vida útil é superior a 30 anos, sendo que a grande maioria dos fabricantes oferece garantia da potência de saída de até 25 anos. São construídos com materiais resistentes às intempéries e seu aspecto visual não sofre alteração (envelhecimento) com o decorrer dos anos. O

mercado oferece módulos padronizados ou, conforme ilustrações deste artigo, modelos fabricados com algum aspecto construtivo diferenciado (laminação entre vidros, por exemplo). Existe ainda a opção por módulos solares flexíveis. São módulos fabricados com elementos fotosensíveis depositados sob substratos flexíveis plásticos ou metálicos. A eficiência de conversão é inferior aos módulos rígidos de silício mono ou policristalino (cerca de 8% contra 15%), porém é uma alternativa extremamente interessante para instalações em telhados que não suportariam o peso de módulos rígidos. Para sistemas conectados à rede de maior porte, em particular aqueles destinados para conjuntos comerciais, dá-se preferência para modelos de maior potência por uma questão de escala. Hoje já existem fabricantes fornecendo módulos individuais com potência superior a 200 Wp. O Brasil não possui ainda fábricas de módulos solares, sendo necessário recorrer a fabricantes internacionais, alguns dos quais com representação ou escritórios no Brasil, para compra de tais equipamentos.

Inversores usados em instalações de sistemas conectados à rede elétrica são dispositivos eletrônicos sofisticados. Possuem a habilidade de fazer o máximo aproveitamento da energia proveniente dos módulos solares, convertendo-a em energia elétrica de corrente alternada para ser disponibilizada na rede da concessionária. São oferecidos por dezenas de empresas no exterior em vários modelos e especificações. Deve-se dar preferência aos equipamentos de alta eficiência de conversão, sendo comum encontrar modelos com até 96% de rendimento. Quanto maior a eficiência mais energia será transferida para a rede elétrica. Todos os modelos são de origem importada e a garantia típica é de um ano, com vida útil estimada superior a dez anos.

O projeto de uma instalação desse gênero deve levar em consideração vários aspectos:

- Tipo de construção: prédios co-



Fotos 4 e 5 – Módulos solares entre placas de vidro

- merciais, industriais ou residenciais
- Arquitetura da construção: prédio existente ou projeto novo
- Localização dos módulos solares: sobre o telhado ou incorporados à fachada
- Potência do sistema solar: dependente da área disponível para instalação e do retorno do investimento desejado
- Tecnologia a ser adotada: módulos solares monocristalinos, policristalinos ou filme fino, ou então módulos solares especiais feitos sob encomenda

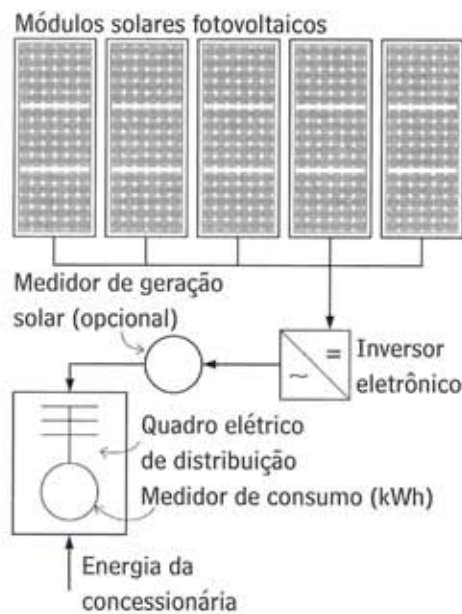
Sugere-se contratar uma empresa especializada no setor para auxiliar os empreendedores interessados em utilizar essa tecnologia. Um projeto pode ser executado para simulação do rendimento completo do sistema. No uso dos painéis solares em fachada o rendimento dos módulos solares não é otimizado (o ângulo ideal para o Brasil oscila entre 20° e 30° em relação ao horizonte), e por essa razão é possível simular em computador qual será a energia gerada nessas circunstâncias.

## Execução

A execução de um projeto de energia solar conectado à rede elétrica será tão mais complexa quanto maior for o tamanho do sistema solar. Uma vez definidos todos os parâmetros do projeto divide-se a instalação da obra em duas áreas bem-definidas: uma referente aos aspectos mecânicos de fixação dos módulos solares, e a outra referente aos aspectos elétricos de conexão dos módulos solares e sua interligação com a rede elétrica da concessionária. Para esse último prevalecem as normas de instalação elétrica definidas pela NBR 5410.

Já com relação à parte mecânica do sistema deve-se observar com atenção a forma de fixação dos módulos solares. O uso em fachadas requer o emprego de caixilharia especial, com elementos de fixação próprios que devem ser desenhados ainda na fase de projeto. Se a opção for colocar os módulos em estruturas de fixação sobre os telhados, pode-se partir para modelos padronizados de fixação de alumínio ao aço galvanizado. A foto 6 mostra um exemplo de um prédio comercial com suportes de fixação metálicos.

Nesse exemplo fez-se a opção pelo melhor rendimento elétrico dos módulos solares (angulação otimizada), em detrimento da integração à arquitetura da construção.



## Controle da qualidade

Por se tratar de um sistema de natureza elétrica é fundamental que todos os componentes utilizados sejam devidamente certificados por entidades responsáveis. Hoje em dia praticamente todos os grandes fabricantes de módulos solares, e também de inversores, são certificados por órgãos internacionais que certificam seus produtos para uso seguro em instalações desse gênero. As principais certificações são: UL, CE e ISO.

Deve-se ter especial atenção em projetos de maior porte, pois nesse caso a potência individual de cada módulo solar deve ser aferida com precisão. Imagine-se um projeto com

mil módulos solares de, por exemplo, 100 Wp cada um. Se cada módulo desses for entregue com 1 Wp a menos de potência, ou seja, apenas 1% abaixo do especificado, no contexto global do projeto estará se perdendo 1.000 Wp de potência instalada, o que no caso brasileiro representaria cerca de 2 MWh de energia gerada por ano. É muita coisa. Nesses projetos, portanto, deve existir um processo prévio de seleção e qualificação dos módulos entregues pelos fabricantes.

## Manutenção

A manutenção de sistemas conectados à rede elétrica é praticamente inexistente. Os componentes usados são projetados para longa vida útil e não possuem sequer uma única peça móvel, o que aumenta consideravelmente a confiabilidade de funcionamento. Os módulos solares incorporados em fachadas devem ser limpos assim como quaisquer vidros normalmente utilizados em fachadas. Aqueles que forem instalados em suportes metálicos serão limpos naturalmente pela ação da chuva. Recomenda-se, entretanto, pelo menos duas lavagens anuais para remoção do acúmulo de poeira ou fuligem em locais onde a sujeira em suspensão for mais acentuada, como em centros urbanos de grandes capitais.

Os inversores usados atualmente podem vir acompanhados de sistemas de monitoração e controle, que fazem todas as leituras de funcionamento e operação do conjunto de geração. É possível saber com exatidão a energia que está sendo gerada instantaneamente ou acumulada num período. Pode-se, ainda, localizar eventuais defeitos ou falhas de operação. Tudo é feito de forma automática por meio de interfaces amigáveis com o usuário. São todas facilidades que tornam simples a operação e manutenção de sistemas desse gênero. <<

## LEIA MAIS

Consulte o site [www.solarterra.com.br](http://www.solarterra.com.br)



Foto 6 – Sistema de coletores na cobertura