

SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO À EDIFICAÇÃO E INTERLIGADO À REDE ELÉTRICA: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

Isabel SALAMONI , Ricardo RÜTHER

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
Departamento de Engenharia Civil / Universidade Federal de Santa Catarina
P.O. BOX 476 Florianópolis – SC / 88040-900 Brazil
Tel.: +55 48 331 5184, FAX: +55 48 3315191
Email: isamoni@labeee.ufsc.br
ecv1rrr@ecv.ufsc.br

RESUMO

A crise energética atualmente enfrentada e os impactos ambientais de fontes não renováveis geradoras de energia acarretaram num grande problema enfrentado pela população mundial, pois ambos, população e consumo de energia aumentaram. Um sistema solar fotovoltaico, interligado à rede pública e integrado à edificação é baseado numa fonte renovável e não poluente de energia, o sol. É considerado um grande contribuinte para amenizar os problemas ambientais, causados pela aceleração global do uso da energia elétrica. Além de substituir elementos de revestimento arquitetônico, o sistema pode ser considerado uma alternativa para aumentar a eficiência energética das edificações. Instalado próximo ao ponto de consumo, as perdas por transmissão e distribuição causadas na geração centralizada convencional são eliminadas. A geração fotovoltaica vem sendo cada vez mais inserida no ambiente urbano, não somente para uso residencial, mas também em edificações comerciais e industriais, onde o pico de carga e de geração fotovoltaica são geralmente coincidentes.

ABSTRACT

The energy crisis currently faced and the environmental impact of not-renewable sources of energy have caused problems to the world's population, as both, population and energy consumption have increased. The photovoltaic system, linked solar system to the public and integrated net to the construction is based on a renewable and not pollutant source of energy, the sun. It is considered a great contributor to minimize environmental problems, caused by global increase of electric energy use. Besides replacing external finishings on the building façades, the system can be considered as an option to increase the energy efficiency of buildings. Installed close to the consumption point, transmission and distribution losses are eliminated. Photovoltaic generation has being inserted in the urban environment, not only for residential use, but also in commercial and industrial buildings, where the peak of load and the photovoltaic generation is generally coincident.

1. INTRODUÇÃO

A porcentagem de domicílios supridos com eletricidade vem aumentando gradativamente a cada ano, fazendo com que a demanda energética cresça muito, em curto prazo. Aliado a outras causas, isto gerou a necessidade de racionamentos de energia em todo o país. Representantes do governo, concessionárias de energia e analistas estão estudando novas abordagens para o setor elétrico no Brasil.

Mais de 40% da energia elétrica consumida no nosso país é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas, sendo o setor residencial responsável por 23% do total do consumo nacional e os restantes, responsáveis por 11% e 8% respectivamente (GELLER, 1994). Pode-se esperar que a demanda energética no mundo inteiro irá aumentar em múltiplos do aumento populacional e durante a promoção da modernização (HAMAKAWA, 2002).

A geração de energia elétrica convencional é centralizada e distante do ponto de consumo, isso faz com que o sistema gere perdas na distribuição, aumentando os custos da produção da energia e causando danos às concessionárias e ao meio ambiente. Devido a estes fatores, aumentar a eficiência energética é uma estratégia para solucionar alguns problemas enfrentados pelas concessionárias, pois a eficiência do uso final reduz a taxa de crescimento da demanda de eletricidade, sem diminuir os bens e serviços fornecidos. A ineficiência elétrica e os sistemas de climatização desperdiçam grande quantidade de eletricidade e são uns dos maiores responsáveis pelo aumento do consumo energia na edificação.

Avanços na ciência e tecnologia têm provido várias alternativas de produção de energia a um nível sustentável. Uma das tecnologias renováveis mais promissoras e recentes de geração de energia elétrica é a fotovoltaica, que vem sendo, cada vez mais, utilizada por países industrializados. O sistema fotovoltaico, além de causar menor dano ambiental, permite sua utilização em pequena escala e ainda pode ser instalado próximo ao ponto de consumo, de forma distribuída, minimizando perdas por transmissão e distribuição da geração centralizada.

A produção fotovoltaica vem crescendo cerca de 30% ao ano, devido às inúmeras possibilidades de aplicação. Calcula-se que com o declínio dos preços e os novos mercados, este índice ultrapassará a 40% nas próximas décadas. Com essa produção em grande escala, os sistemas integrados poderão cair para \$1/Wp (watt pico) (LIN, 2000).

Tendo em vista que o total de irradiação incidente na terra é de 1.2×10^{14} kW, isso corresponde a 10 000 vezes mais do que a demanda mundial em todo ano (HAMAKAWA, 2002), a conversão direta da irradiação do sol em eletricidade tem um número significativo de vantagens. Além utilizar uma fonte renovável de energia, o sistema é silencioso, estático e sem nenhuma depleção de materiais, que converte diretamente a energia do sol em energia elétrica.

2. CAMPO DE APLICAÇÃO

As instalações podem apresentar duas configurações distintas: instaladas de forma integrada com a edificação (na cobertura ou fachada) e, portanto, junto ao ponto de consumo, ou de forma centralizada como em uma usina geradora convencional, neste caso, longe do ponto de consumo.

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos vêm sendo utilizados de forma integrada à rede elétrica pública.

O presente artigo irá se concentrar nestes sistemas, bem como na sua integração com a edificação.

O sistema integrado junto ao ponto de consumo apóia-se na rede, ajudando no pico da demanda, reduzindo a dependência das fontes convencionais de energia e melhorando o meio ambiente.

A figura abaixo mostra um diagrama esquemático de um sistema integrado à cobertura da edificação e interligado à rede elétrica.

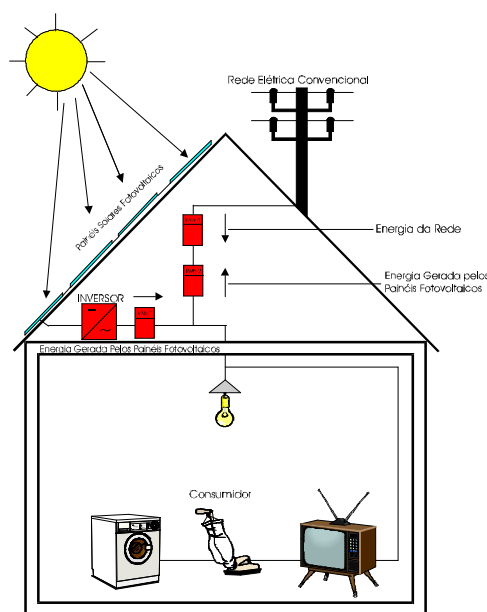


Figura 1: Diagrama esquemático de um sistema solar fotovoltaico integrado.

Um relógio mede a energia gerada pelo sistema solar, o outro mede a energia gerada pelo sistema solar que é exportada para a rede e o último mede a energia importada da rede elétrica.

Dado o caráter complementar da geração hidrelétrica e solar (chuvas, pouco sol e vice versa), a geração solar, em grande escala, poderia contribuir significativamente para reduzir a grande dependência do setor elétrico brasileiro de uma fonte geradora sazonal, como a hidráulica.

Instalações solares fotovoltaicas integradas a prédios e a escritórios interligados à rede elétrica pública são alguns exemplos de aplicações ideais, onde os picos de consumo e de geração são muitas vezes coincidentes. Isso se deve ao fato de que, principalmente em períodos de calor intenso, a demanda energética nestas edificações aumenta de forma acentuada, em consequência da utilização de aparelhos de ar-condicionado, devido ao fato de que nesses horários haver uma maior incidência solar.

O sistema integrado à edificação, ao mesmo tempo em que gera energia, pode substituir elementos construtivos convencionais da edificação, como telhas, janelas, materiais de fachada, bem como elementos de sombreamento, possibilitando assim, uma maior economia ao proprietário. Esta flexibilidade mostra uma grande variedade de aplicações na busca pela integração da edificação. As figuras abaixo mostram exemplos dessas respectivas substituições de elementos.



Figura 2: The Solar Showcase. Port Talbot, UK. 15 kWp instalado.



Figura 3: Exemplo de retrofit: Okotec, Office Building. Berlin, Alemanha.



Figura 4: Exemplo de painéis como substituição de elementos da cobertura (EPA/DOE/DoD. New Jersey. 18 kWp instalado).



Figura 5: Exemplo de utilização dos painéis em substituição ao vidro e a elementos de fachada (Minami Trading Office Building. Japão. 76.7 kWp instalado).



Figura 6: Utilização dos painéis como elemento de sombreamento, brises.



Figura 7: Fábrica da APS-Fairfield, Califórnia. Fachada envidraçada, utilizando painel fotovoltaico como revestimento.

Cada vez mais, arquitetos e engenheiros tendem a utilizar fachadas envidraçadas, fazendo com que o calor gerado no interior do ambiente seja excessivo e a energia consumida por sistemas de resfriamento seja

muito alta. Futuramente, janelas ou átrios de painéis fotovoltaicos poderão ser tratados como substituições diretas de correntes usadas na arquitetura, como janelas de vidro comum, que ao mesmo tempo estarão gerando energia elétrica para esta edificação.

Hoje em dia, está havendo uma maior preocupação com relação a integração destes painéis no envelope da edificação. Assim, surge uma maior variedade de modelos, tamanhos e cores, tornando-os mais versáteis e possibilitando designs mais agradáveis. Vários tipos de módulos como o silício monocristalino, policristalino e amorfo têm considerações estéticas e funcionais variadas, devendo ser feito um estudo aprofundado para a melhor utilização.

O sistema integrado, hoje em dia, faz parte da nova energia eficiente em residências do Japão, Alemanha e parte dos US e já pode ser visto em diversos edifícios públicos e industriais, revelando-se um grande potencial para uma melhor estética e funcionalidade da edificação, baseada numa arquitetura sustentável.

3. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Uma excelente performance tem demonstrado que os painéis de a-Si (silício amorfo) são uma boa escolha de tecnologia para rede-conectada, integração com a edificação e utilização em climas quentes como no Brasil (RUTHER, 2001a).

No futuro, pesquisas e desenvolvimentos chegarão a eficiências excedendo 20%, que irão ser obtidas nas próximas décadas, utilizando silício baseado em filmes finos (LIN, 2000).

Os módulos são baseados no depósito de uma fina camada (0.5-10 μ m) de um material semicondutor em um substrato, usualmente uma lâmina de vidro (ALSEMA, 2000). São, basicamente o mesmo produto que os painéis de vidro, revestidos por películas, comumente utilizados na construção civil. Dessa forma, esteticamente podem substituir o vidro comum na edificação.

4. ASPECTOS AMBIENTAIS

Em dezembro de 1997, no International Climate Summit em Kyoto, Japão, nações concordaram em reduzir a emissão de gases numa média de 5% dos níveis de 1990 entre os anos de 2008 e 2012 (PEARCE, 2002). Isso fez com que diversos países buscassem novas fontes de energia não poluentes, ajudando no desenvolvimento e utilização da energia fotovoltaica, que não contribui para emissão de gases durante seu uso.

O Japão utiliza metade da produção mundial de painéis fotovoltaicos, cerca de 251,7 MW/ano em 2002.

A tecnologia fotovoltaica é vista por muitos, como um caminho ideal para a geração de energia, através de uma fonte inesgotável e não poluente. É um método de produção de energia sustentável e amigável ao meio ambiente, trazendo, obviamente grandes benefícios ambientais. Isto representa uma solução sustentável, uma vez que o material ativo na maioria dos painéis é o silício.

A fabricação dos painéis, bem como a segurança e preocupação com o meio ambiente, foram o foco de numerosos estudos do Brookhaven National Laboratory sob patrocínio do US Department of Energy's National Photovoltaic Program (FTHENAKIS, 2000). Um dos estudos foi com relação à vida útil dos elementos fotovoltaicos, desde a produção até seu uso final.

Um outro cuidado ambiental comum, adotado por muitas indústrias é a necessidade de um controle rigoroso de materiais e efluentes, durante a produção, para proteger os trabalhadores e a comunidade local.

Muitos consumidores estão relutando na compra de produtos que contenham materiais que tragam danos à saúde. Isto contribui para uma futura produção em grande escala dos filmes finos baseados em silício, segundo elemento mais abundante na natureza.

5. VIABILIDADE ECONÔMICA E PROGRAMAS DE INCENTIVO

Para as instalações interligadas à rede elétrica pública, o custo atualmente é superior ao da energia convencional. Estes custos vêm declinando desde o lançamento do primeiro programa de implantação de sistemas desse tipo no início dos anos 90 pelo governo alemão, 1000- Roofs Program.

Em um mundo real, se a tecnologia fotovoltaica está tendo êxito, ela deve tornar-se economicamente competitiva numa corrente de mercado subsidiada (PEARCE, 2002). O sistema fotovoltaico irá realizar isso com uma economia de escala. Quando o volume de produção das células solares aumentar, o preço por módulo irá cair rapidamente, tornando-o mais acessível ao consumidor. O Departamento de Energia dos Estados Unidos vem identificando e atuando nos mercados onde, mesmo ao custo atual, sistemas fotovoltaicos residenciais integrados a edificações urbanas e interligados à rede pública são economicamente viáveis.

Para aumentar o grau de competitividade entre as energias renováveis, alguns países procuram incentivar estas tecnologias, proporcionando uma maior participação destas na matriz energética, reestruturando e privatizando seus setores, encaminhando-os para uma situação de livre mercado, onde o estado atua como agente regulador.

Recentemente, um grupo de 90 pesquisadores Norte Americanos, formou o Utility Photovoltaics Group, para promover e patrocinar a instalação de sistemas fotovoltaicos distribuídos ao redor do mundo (ERGE et al, 2001).

No Brasil, a viabilidade está relacionada a incentivos tanto do governo quanto de empresas privadas, que como nos países desenvolvidos, financiam e promovem os projetos, com a finalidade de obter um maior desenvolvimento do país.

A legislação atualmente em vigor e que rege a produção, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil, já prevê os sistemas fotovoltaicos integrados a edificação e interligados a rede elétrica pública na figura dos recentemente criados produtores independentes de energia (PIE¹) Como o mercado elétrico brasileiro se encaminha para a condição de mercado livre, com consumidor livre a partir de 2005. Estima-se que em breve qualquer consumidor residencial poderá ser um PIE autoprodutor de energia com telhados fotovoltaicos.

6. PROJETOS INTEGRADOS À EDIFICAÇÃO REALIZADOS PELO LABSOLAR E LABEEE

Como exemplo de utilização no Brasil, em setembro de 1997 foi posta em operação, no campus da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis, juntamente com o LABSOLAR E LABEEE, a primeira instalação solar fotovoltaica integrada à edificação e interligada à rede pública (RUTHER,

¹ O PIE é atualmente uma pessoa jurídica; um consórcio de pessoas físicas pode constituir um PIE, mas não uma pessoa física de forma isolada.

2001b). O sistema tem como objetivo, suprir a demanda energética de uma família com quatro pessoas em uma residência urbana típica brasileira, de forma a aumentar a eficiência energética da rede elétrica local.

Com o objetivo de difundir o uso do sistema solar fotovoltaico integrado à edificação, o Departamento de Arquitetura e Urbanismo, juntamente com O LABSOLAR E LABEEEE, começou a desenvolver um projeto na Universidade Federal de Santa Catarina, que consiste em um bicicletário, cujos módulos fotovoltaicos serão incorporados na cobertura da edificação, em substituição às telhas, incluindo também o aquecimento solar de água. Localizado no centro do campus universitário, o projeto será usado como demonstrativo de operação, um cyber café e aluguel de bicicletas. As figuras 4 e 5 mostram vistas da instalação proposta.



Figura 4: Vista lateral do bicicletário.

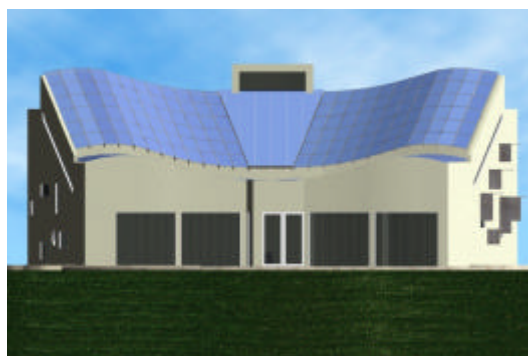


Figura 5: Vista frontal do bicicletário.

A proposta mostra uma perfeita integração dos painéis na edificação, buscando uma harmonia dos elementos construtivos, bem como uma maior eficiência energética. A utilização dos painéis, em substituição a coberturas convencionais, possibilita um design audacioso e inovador, ao mesmo tempo em que permite a geração de energia de uma forma limpa.

7. CONCLUSÃO

Devido ao crescente aumento da preocupação com relação às questões ambientais e a busca por uma maior eficiência energética, os sistemas solares fotovoltaicos integrados ao edifício e interligados à rede elétrica vem tomando impulso crescente. Em conjunto com outros elementos construtivos, caminham para o sucesso, buscando uma arquitetura mais eficiente e sustentável.

Os painéis fotovoltaicos estão, cada vez mais, tornando-se um componente da arquitetura moderna, principalmente em países desenvolvidos, sendo uma unidade do edifício, integrada no design de telhas e fachadas. O sistema é considerado parte fundamental na estratégia energética do edifício e seu funcionamento, podendo ser desenvolvido desde a concepção de um projeto ou até mesmo em casos de *retrofit*.

A indústria fotovoltaica está posicionada para tornar-se uma das maiores neste século. Pelo ano de 2025, mais de 3,6% da eletricidade mundial poderá ser gerada por fotovoltaica (LIN, 2000). A energia renovável, incluindo a fotovoltaica, irá tornar-se a maior fonte de energia até 2050. Para geração de energia, 2040 será o período crítico com maior índice de energia renovável do século 21 (LIN, 2000).

A produção de energia fotovoltaica irá beneficiar a sociedade global, criando empregos, distribuindo suprimento de energia, prevenindo a poluição e principalmente, a degradação do meio ambiente.

Para que possa ser criado um design global, é necessário que haja uma perfeita interação entre engenheiros, arquitetos e designers.

REFERÊNCIAS

ALSEMA, E. A., (2000). Energy viability of photovoltaic systems. **Energy policy**, n. 28, p. 999-1010, 2002.

FTHENAKIS, V. M. End-of-life management and recycling of PV modules. **Energy Policy**, n. 28, p. 1051-1058, 2000.

GELLER, H. S. **O uso eficiente da eletricidade**: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1944.

HAMAKAWA, Y. Solar PV energy conversion and the 21st century`s civilization. **Solar energy & solar cells**, n. 74, p. 13-23, 2002.

LIN, G. Photovoltaic in the year 2025. **Hydrogen Energy**, n. 25, p. 807-811, 2000.

PEARCE, J. M. Photovoltaics - A path to sustainable futures. **Futures**, v. 34, p. 663-674, 2002.

RUTHER, R.; MONTENEGRO, A. **The Petrobras 45.5 kWp, Grid - Connected PV system**: A comparative study of six thin-film module types operating in Brazil. Florianópolis, 2001a.

RUTHER, R.; MONTENEGRO, A. **Building - Integrated, grid connected photovoltaic instalations in warm climates: choice of technologies**. Florianópolis, 2001b.