

## O POTENCIAL DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA INTEGRADA A EDIFICAÇÕES E CONECTADA À REDE ELÉTRICA PÚBLICA NO BRASIL

**Ricardo Rütther** – ruther@mbox1.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Energia Solar  
& Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

**Isabel Tourinho Salamoni** – isamoni@labeee.ufsc.br

**Carolina da Silva Jardim** – carolina@labeee.ufsc.br

**Paulo Knob** – knob@labeee.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

### 3.6 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede

**Resumo.** Desde o início de sua comercialização, a energia elétrica tem sido fornecida aos consumidores residenciais, comerciais e industriais através de usinas geradoras centralizadas e complexos sistemas de transmissão e distribuição. Estudos indicam que até 2010, de 25 a 30% dos novos sistemas de geração serão distribuídos, ou seja, serão conectados diretamente ao sistema de distribuição secundário. Todas as usinas geradoras convencionais produzem impactos, tais como poluição (e.g. usinas termelétricas), dependência de fornecimento de combustível (e.g. gás natural, óleo, carvão, urânio) ou oposição do público quanto à sua construção e operação (e.g. usinas nucleares, térmicas a carvão e hidrelétricas). A geração solar fotovoltaica distribuída pode contribuir na mitigação destes impactos. Sistemas fotovoltaicos integrados a edificações urbanas e conectados à rede elétrica pública são a mais recente tendência nesta área em todo o mundo, apresentando a maior taxa de crescimento anual dentre todas as tecnologias de geração elétrica e se justificam porque tanto o recurso energético solar como a demanda energética em edificações urbanas têm caráter distribuído. No estudo de caso apresentado neste trabalho para Florianópolis-SC, foi identificada uma grande quantidade de alimentadores urbanos com picos de carga coincidentes com os períodos de máxima insolação. Áreas comerciais e com grande concentração de cargas de ar-condicionado definem alimentadores com curvas de carga que “seguem o sol”. No Brasil, mais de 40% da energia elétrica consumida é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas. Em capitais como o Rio de Janeiro, em edifícios comerciais e públicos, o ar-condicionado é responsável por 50% do consumo de energia elétrica no verão, chegando a 70% em edifícios envidraçados. Neste artigo estas questões são apresentadas e discutidas, com enfoque para o estudo do Fator Efetivo de Capacidade de Carga, que traduz o percentual da potência instalada de um gerador fotovoltaico que pode ser considerada despachável.

**Palavras-chave:** Energia solar fotovoltaica, Geração descentralizada, Edifícios solares fotovoltaicos, Sistemas solares fotovoltaicos conectados

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem o terceiro potencial hidrelétrico do mundo e, durante a década de 70, a geração hidrelétrica recebeu grandes investimentos. Atualmente este setor conta com 74,75 GW de potência instalada, correspondente a 71,1% da matriz de energia elétrica (ANEEL, 2006). Entretanto, a maior parte dos grandes potenciais hidrelétricos já foi explorada, restando ainda alguns potenciais de aproveitamento pelas denominadas pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). Essas pequenas centrais nem sempre se viabilizam, principalmente devido à distância dos centros urbanos, o que acarreta al-

tos investimentos em linhas de transmissão e distribuição (T&D). As questões ambientais também podem ser fatores restritivos e fazem com que muitas obras sejam retardadas ou embargadas, aumentando com isso os custos e prazos envolvidos em sua implantação.

O sistema interligado brasileiro é um dos mais complexos e eficientes do mundo, com 95,12 GW de capacidade de geração instalada (ANEEL, 2006). Em 2001, o sistema sofreu restrições de transmissão em algumas regiões. O crescente consumo de energia elétrica e a falta de investimentos no setor foram alguns dos motivos que agravaram a crise. Tendo em vista o crescente aumento da importância das questões ambientais, os problemas relacionados à oferta e demanda energética no país, e o fato de não haver mais disponibilidade de recursos para financiar grandes obras civis, surge a necessidade de buscar novas fontes de energia. A composição de uma matriz energética diversificada aumenta a confiabilidade do sistema elétrico, o que pode ser obtido com a inclusão de fontes renováveis de energia.

Os sistemas convencionais de geração apresentam problemas de maior ou menor impacto ambiental, dependência de combustíveis e oposições públicas para seu uso. A estrutura centralizada de geração torna os sistemas vulneráveis a *blackouts* energéticos e a geração distante do ponto de consumo apresenta perdas devidas à transmissão e distribuição, as quais aumentam os custos da energia e causam prejuízos às concessionárias e ao meio ambiente.

O sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica constitui-se numa alternativa para composição da matriz energética brasileira, pois além de apresentar menor impacto ambiental, possibilita a utilização em pequena escala, podendo ser instalado próximo ao ponto de consumo, gerando energia de forma distribuída e, deste modo, minimizando as perdas devidas à transmissão e distribuição, existentes na geração centralizada.

Países como a Alemanha, Espanha, EUA e Japão (maiores mercados fotovoltaicos), têm investido na utilização de sistemas fotovoltaicos, mesmo com níveis de radiação solar relativamente baixos quando comparados ao Brasil. A utilização de forma estratégica de sistemas fotovoltaicos interligados, em função dos altos níveis de radiação solar, além de atender às necessidades da rede de distribuição elétrica em vários casos, pode fomentar uma indústria brasileira de módulos fotovoltaicos, devido ao aumento da escala de produção e à conseqüente redução de custos.

No Brasil, o pico de demanda de energia elétrica a nível nacional é noturno, em grande parte devido à utilização de chuveiros elétricos, os quais são responsáveis por fatia considerável do consumo de energia nas edificações residenciais, principalmente no período noturno quando ocorre maior utilização deste aparelho.

Em centros urbanos como no estudo de caso apresentado neste trabalho, uma fatia considerável dos alimentadores pode apresentar pico de demanda diurno, sendo localizados principalmente em áreas comerciais, nas quais o uso intensivo de aparelhos de ar condicionado coincide com a maior oferta de energia solar e, portanto com máximos na geração fotovoltaica. Nessas áreas, o maior consumo ocorre normalmente no verão, no período entre 09h00 e 17h00, exatamente o período no qual a geração solar é máxima. Comparando curvas de consumo e curvas de geração solar, pode-se verificar a possibilidade de uma planta fotovoltaica gerar energia no período de maior demanda. Assim, esta pode ser vista não apenas como uma fonte geradora de energia, mas também, e principalmente, como uma planta que aumenta a capacidade da rede elétrica local (Jardim *et al.*, 2003).

Os dados apresentados neste trabalho são provenientes da cidade de Florianópolis (27°S, 48°W), uma capital de estado localizada numa ilha no sul do Brasil, que apresenta intensa atividade turística e onde o consumo de energia elétrica no verão chega a ser duas vezes maior do que no inverno. Diversos alimentadores<sup>1</sup> da cidade apresentam picos de demanda diurnos e podem se beneficiar com a geração fotovoltaica distribuída. O objetivo principal deste trabalho é avaliar o potencial de geração fotovoltaica interligada à rede elétrica, em diferentes setores urbanos da cidade de Florianópolis, levando em conta o benefício que a geração fotovoltaica traz para a concessionária em termos de expansão evitada da rede de distribuição elétrica e a disponibilidade de área de cobertura existente no entorno construído.

---

<sup>1</sup> Alimentador pode ser definido como sendo parte da rede distribuição primária que deriva de um mesmo dispositivo de proteção de uma subestação de distribuição.

## 2. METODOLOGIA

Florianópolis apresenta em algumas regiões uma quantidade considerável de alimentadores com picos de demanda diurnos, principalmente devido ao uso intensivo de aparelhos de ar condicionado em regiões comerciais próximas ao centro da cidade. Neste caso, há uma coincidência entre o pico de demanda e de geração fotovoltaica. Sendo assim esses alimentadores podem estar recebendo benefício da geração distribuída e junto ao ponto de consumo que a energia solar fotovoltaica possibilita.

Utilizando dados históricos horários de demanda dos diversos alimentadores da cidade, fornecidos pela concessionária local (CELESC), foram selecionados apenas aqueles que apresentaram picos de demanda diurnos. Dentre os 17 alimentadores com picos diurnos encontrados na cidade, foram escolhidos oito alimentadores, correspondentes a setores com diferentes características construtivas.

Para cada alimentador foi calculado o Fator Efetivo de Capacidade de Carga (*FECC*) definido por Garver (1966) e refinado por Perez *et al.* (1997), com diversos níveis de penetração, visando identificar a contribuição do sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica. O valor de *FECC* só tem relevância em regiões que possuam pico de demanda diurno e sua utilização se justifica em regiões onde é necessário fazer ampliação do sistema de distribuição (Perez *et al.*, 1997; Perez *et al.*, 2003; Perez, 2004).

Para calcular o *FECC* foram utilizados 12 ‘dias limpos’<sup>2</sup>, um para cada mês do ano, obtidos a partir de dados de geração fotovoltaica obtidos de um sistema solar fotovoltaico de 2 kWp (quilowatts-pico), interligado à rede elétrica instalado no LABSOLAR (Laboratório de Energia Solar) localizado na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) (Rüther, 1998; Rüther & Dacoregio, 2000; Rüther, 2004). O sistema possui área de 40 m<sup>2</sup>, inclinação de 27°, orientada para o norte verdadeiro. Os dias limpos foram normalizados a partir do pico de demanda histórico de cada alimentador; assim pode-se calcular a percentagem de redução do pico, quantificar e compará-los numa análise posterior.

O *FECC* é calculado para diferentes níveis de penetração<sup>3</sup> por meio da Eq.(1):

$$FECC = [(Pico C - Pico CPV) / PPPV] 100\% \quad (1)$$

Onde:

*Pico C*: pico de carga histórico da demanda do alimentador (kW),

*Pico CPV*: é o pico de carga histórico considerando a existência da planta PV, ou seja, é o maior valor da carga menos a geração PV (kW),

*PPPV*: Produção do gerador PV no instante do Pico C (kW).

Uma vez calculado o *FECC* de cada um dos alimentadores escolhidos, para diferentes níveis de penetração, foi determinada a área de cobertura disponível nos setores, a fim de verificar o potencial fotovoltaico de cada setor urbano da cidade de Florianópolis.

Para o cálculo de área de cobertura disponível dos setores urbanos foi utilizada a metodologia desenvolvida por Salamoni (2004).

O estudo do potencial de geração fotovoltaica nos setores urbanos, correspondentes aos alimentadores escolhidos, foi realizado para diferentes tecnologias de módulos fotovoltaicos. Foram utilizadas as tecnologias listadas na Tab. 1, com as correspondentes eficiências e áreas de módulos fotovoltaicos. As seis tecnologias comercialmente disponíveis utilizadas incluem a tecnologia tradicional e dominante do silício cristalino (mono-cristalino: *m-Si*, e poli-cristalino: *p-Si*), as tecnologi-

<sup>2</sup> ‘Dia limpo’ é caracterizado como um dia sem interferência de nuvens, o que caracteriza um dia com máxima geração solar.

<sup>3</sup> Nível de Penetração é a percentagem do pico de demanda histórico do alimentador que é atendido pela geração fotovoltaica.

as de filmes finos de silício amorfo (*a-Si*), telureto de cádmio (*CdTe*) e disseleneto de cobre, gálio e índio (*CuInGaSe<sub>2</sub>* ou *CIGS*) e a tecnologia híbrida *HIT* (marca registrada da empresa japonesa Sanyo – *Heterojunction with Intrinsic Layer* – que consiste em uma célula de filme fino de *a-Si* sobre uma célula de silício cristalino). Os valores de eficiência utilizados para os cálculos foram corrigidos para a temperatura nominal de operação da célula, *NOCT* (*Nominal Operating Cell Temperature*), considerada 45°C, utilizando os coeficientes de temperatura para potência, *TCO*, e a Eq.(2):

$$EFF_{NOCT} = EFF_{STC} \{100 - [(|TCO| \times \Delta T) / 100]\} \quad (2)$$

Onde:

*EFF<sub>NOCT</sub>*: Eficiência do módulo fotovoltaico na temperatura *NOCT*

*EFF<sub>STC</sub>*: Eficiência do módulo fotovoltaico na temperatura padrão *STC*<sup>4</sup>

*TCO*: Coeficiente de temperatura sobre a potência da tecnologia fotovoltaica

*ΔT*: diferença entre a temperatura de teste padrão (25°C) e a temperatura *NOCT* (45°C)

Tabela 1: Características das tecnologias dos módulos fotovoltaicos utilizados neste trabalho (Salamoni, 2004).

Tecnologia	Potência Nominal (W)	Área do Módulo (m <sup>2</sup> )	<i>EFF<sub>STC</sub></i> (%)	<i>TCO</i> (% / °C)	<i>EFF<sub>NOCT</sub></i> (%)
<i>a-Si</i>	64	1,12	6,30	0,00	6,30
<i>CdTe</i>	50	0,72	6,90	-0,20	6,62
<i>CIGS</i>	60	0,73	8,20	-0,45	7,46
<i>p-Si</i>	75	0,64	11,60	-0,40	10,67
<i>m-Si</i>	170	1,26	13,50	-0,40	12,42
<i>HIT</i>	180	1,18	17,30	-0,33	16,16

*NOCT* = 45°C

Com estes dados, é possível identificar qual a tecnologia mais recomendada para cada setor, em função da área de cobertura disponível do mesmo e dos níveis de penetração que se pretende atingir.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os alimentadores estão localizados em regiões da cidade que apresentam características construtivas distintas. Os alimentadores ICO\_07 e o ICO\_10 estão localizados num setor central com características construtivas verticais e grande densidade ocupacional. O alimentador TDE\_07 abrange o campus universitário e as redondezas com características construtivas mistas; o alimentador ICO\_04 está localizado em setor residencial com características construtivas horizontais e o alimentador ICO\_05 está localizado em setor misto com características construtivas mistas.

Na Tab. 2 são apresentadas as características construtivas e os valores de área de cobertura disponível para a instalação de sistemas fotovoltaicos, nos cinco principais setores urbanos atendidos pelos alimentadores escolhidos.

Os picos de demanda históricos de cada alimentador foram identificados e os valores de *FECC* foram calculados para níveis de penetração variando de 1% a 50%. O *FECC* pode ser interpretado como representativo da despachabilidade das plantas fotovoltaicas a serem instaladas e conectadas a cada um dos alimentadores.

<sup>4</sup> *STC* (*Standard test conditions* – Condições-padrão de teste): São as condições nas quais células ou módulos fotovoltaicos são testados em laboratório para medir sua potência nominal (normalmente expressa em Wp – watt-pico). O nível de irradiação utilizado é de 1 000 W/m<sup>2</sup>, incidindo perpendicularmente à célula ou ao módulo, com conteúdo espectral AM 1,5, e a temperatura de operação da célula ou do módulo deve ser de 25°C.

Tabela 2: Característica construtiva e área de cobertura disponível para cada alimentador.

Alimentadores	Características construtivas do setor	Área (m <sup>2</sup> )
ICO_07	Vertical	82.469
TDE_07	Mista	442.182
ICO_04	Horizontal	271.843
ICO_05	Mista	209.446
ICO_10	Vertical	39.271

O gráfico da Fig. 1 mostra o comportamento do *FECC* para oito dos alimentadores com pico de demanda diurno selecionados, em função do nível de penetração.

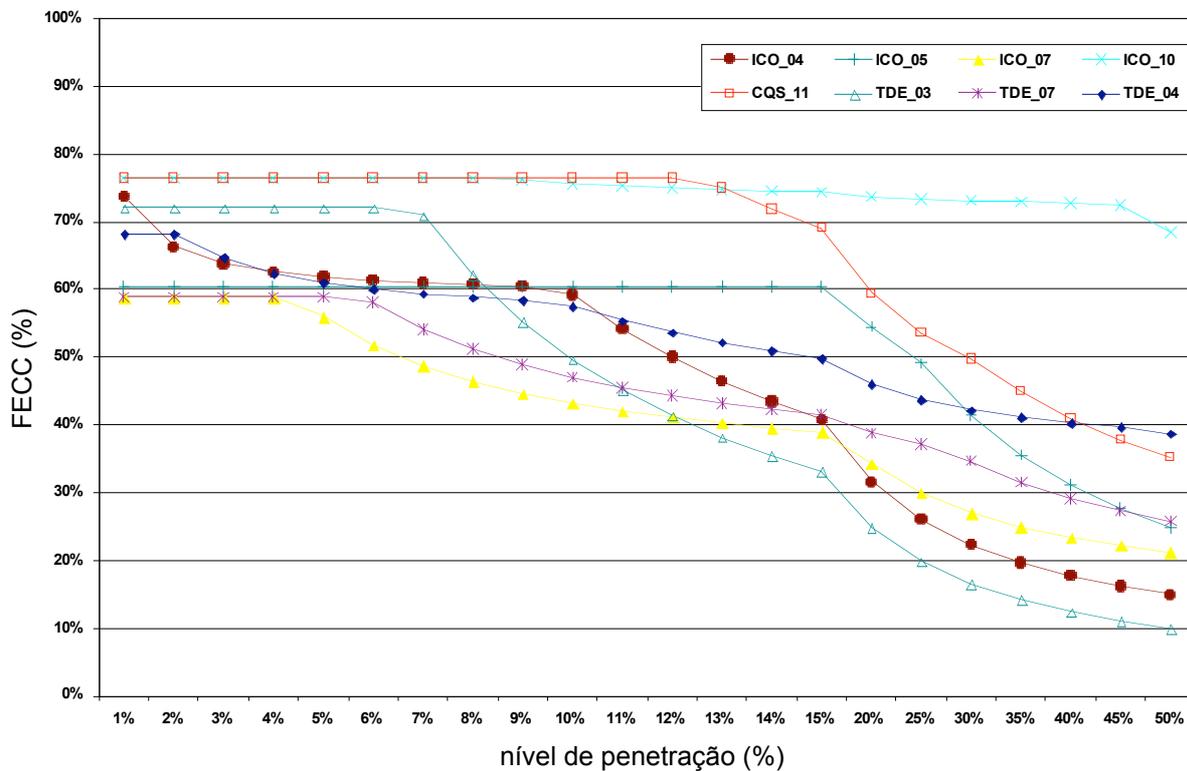


Figura 1: Variação do *FECC* em função do nível de penetração.

A análise da Fig. 1 permite concluir que o alimentador CQS\_11 apresenta um *FECC* de 76,44% até um nível de penetração de 12%, que corresponde a uma potência fotovoltaica de 1144 kWp, ou seja, 76,44% destes 1144 kWp (875 kWp) podem ser considerados energia despachável, que vai estar disponível para efetivamente reduzir o pico de demanda. Para este alimentador, a partir deste nível de penetração o *FECC* começa a reduzir progressivamente e o benefício de redução do pico de demanda começa a diminuir, podendo ser mais vantajoso do ponto de vista de estratégia de localização optar por instalar qualquer potência fotovoltaica adicional conectada a outro alimentador (e.g. ICO\_10 na Fig. 1), até que o *FECC* deste se reduza a um nível inferior ao de outro alimentador. A redução do *FECC* se deve ao deslocamento do novo pico em direção ao período noturno pela saturação da fração fotovoltaica na composição do atendimento ao alimentador, não coincidindo, portanto o novo pico com a máxima incidência solar no período.

Assim, o parâmetro *FECC* pode ser utilizado como uma ferramenta de priorização, ou de maximização de vantagens na localização de geradores solares fotovoltaicos situados em centros urbanos, agregando à energia fotogerada um crédito em capacidade para o alimentador em questão.

A Tab. 3 apresenta, para os alimentadores, ICO\_07, TDE\_07, ICO\_04, ICO\_05 e ICO\_10, os resultados de potência fotovoltaica e área de cobertura necessária para cada nível de penetração especificado e para cada uma das seis tecnologias fotovoltaicas comercialmente disponíveis. Os resultados permitem verificar se os setores urbanos escolhidos teriam área de cobertura de edificações suficientes para a instalação dos sistemas fotovoltaicos necessários ao atendimento da respectiva carga.

Tabela 3: Área de cobertura necessária em função dos diferentes níveis de penetração e das seis tecnologias comercialmente disponíveis.

Pico C = 9533kW Nível de Penetração (%)	ICO_07						
	Pcc (kWp)	Tecnologias					
		a-Si	CdTe	CIS	p-Si	m-Si	HIT
		Área de Cobertura Necessária (m <sup>2</sup> )					
1	95,3	1.513	1.440	1.278	893	768	590
2	190,7	3.026	2.880	2.556	1.787	1.535	1.180
5	476,7	7.566	7.200	6.389	4.467	3.838	2.950
10	953,3	15.132	14.400	12.779	8.934	7.676	5.899
15	1.430,0	22.698	21.600	19.168	13.402	11.513	8.849
20	1.906,6	30.263	28.801	25.558	17.869	15.351	11.798
Pico C = 9524kW Nível de Penetração (%)	TDE_07						
	Pcc (kWp)	Tecnologias					
		a-Si	CdTe	CIS	p-Si	m-Si	HIT
		Área de Cobertura Necessária (m <sup>2</sup> )					
1	95,2	1.512	1.439	1.277	893	767	589
2	190,5	3.023	2.877	2.553	1.785	1.534	1.179
5	476,2	7.559	7.193	6.383	4.463	3.834	2.947
10	952,4	15.117	14.387	12.767	8.926	7.668	5.894
15	1.428,6	22.676	21.580	19.150	13.389	11.502	8.840
20	1.904,8	30.235	28.773	25.534	17.852	15.337	11.787
Pico C = 8861kW Nível de Penetração (%)	ICO_04						
	Pcc (kWp)	Tecnologias					
		a-Si	CdTe	CIS	p-Si	m-Si	HIT
		Área de Cobertura Necessária (m <sup>2</sup> )					
1	88,6	1.407	1.339	1.188	830	713	548
2	177,2	2.813	2.677	2.376	1.661	1.427	1.097
5	443,1	7.033	6.693	5.939	4.152	3.567	2.742
10	886,1	14.065	13.385	11.878	8.305	7.134	5.483
15	1.329,2	21.098	20.078	17.817	12.457	10.702	8.225
20	1.772,2	28.130	26.770	23.756	16.609	14.269	10.967
Pico C = 7208kW Nível de Penetração (%)	ICO_05						
	Pcc (kWp)	Tecnologias					
		a-Si	CdTe	CIS	p-Si	m-Si	HIT
		Área de Cobertura Necessária (m <sup>2</sup> )					
1	72,1	1.144	1.089	966	676	580	446
2	144,2	2.288	2.178	1.932	1.351	1.161	892
5	360,4	5.721	5.444	4.831	3.378	2.902	2.230
10	720,8	11.441	10.888	9.662	6.755	5.804	4.460
15	1.081,2	17.162	16.332	14.493	10.133	8.705	6.691
20	1.441,6	22.883	21.776	19.324	13.511	11.607	8.921
Pico C = 8581kW Nível de Penetração (%)	ICO_10						
	Pcc (kWp)	Tecnologias					
		a-Si	CdTe	CIS	p-Si	m-Si	HIT
		Área de Cobertura Necessária (m <sup>2</sup> )					
1	85,8	1.362	1.296	1.150	804	691	531
2	171,6	2.724	2.592	2.301	1.608	1.382	1.062
5	429,1	6.810	6.481	5.751	4.021	3.455	2.655
10	858,1	13.621	12.962	11.503	8.042	6.909	5.310
15	1.287,2	20.431	19.443	17.254	12.063	10.364	7.965
20	1.716,2	27.241	25.924	23.005	16.084	13.818	10.620

Os resultados da Tab. 3 mostram que são necessárias diferentes áreas de cobertura para cada tecnologia fotovoltaica, devido às diferentes eficiências de cada uma. A tecnologia de silício amorfo

(*a-Si*) é a que apresenta a menor eficiência de conversão da energia solar em eletricidade e necessita, portanto, de maior área de cobertura; a tecnologia *HIT* é a que necessita de menor parcela da área de cobertura disponível, pois é atualmente a mais eficiente entre as tecnologias fotovoltaicas comercialmente disponíveis.

Para níveis de penetração de até 20%, a partir dos quais a Fig. 1 mostra que o *FECC* começa a cair acentuadamente, os resultados apresentados nas Tabs. 2 e 3 mostram que em um centro urbano como Florianópolis existe área de cobertura nas edificações suficiente para acomodar toda a potência fotovoltaica necessária, o que no caso em questão corresponde a 8,7 MWp para 20% de nível de penetração nos cinco alimentadores apresentados.

Com base no desempenho do sistema de 2kWp em operação no LABSOLAR da UFSC desde 1997 e no Atlas Solarimétrico do Brasil (Colle & Pereira, 1996), foi elaborado o Atlas Fotovoltaico do Brasil, composto por 13 mapas (12 mapas mensais e 1 conteúdo a média anual) que mostram o total diário de energia (kWh) que pode ser gerado por cada kWp de módulos fotovoltaicos instalados em qualquer ponto do Brasil (Rüther, 2004). A Fig. 2 abaixo mostra o mapa da média anual para sistemas fotovoltaicos utilizando a tecnologia de filmes finos de *a-Si*, com os módulos voltados para o norte geográfico e com inclinação igual à latitude local.

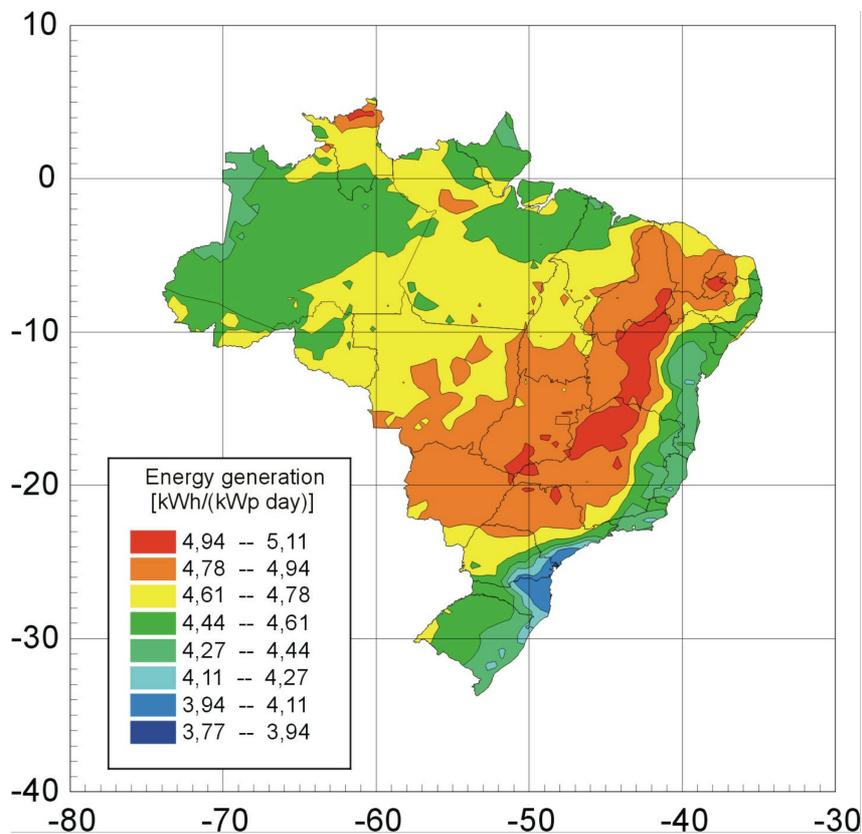


Figura 2: Atlas Fotovoltaico do Brasil, mostrando o mapa da média anual do total diário de energia (kWh) que pode ser gerado por cada kWp de módulos fotovoltaicos instalados em qualquer ponto do território nacional. O Atlas foi desenvolvido para sistemas solares fotovoltaicos utilizando a tecnologia de filmes finos de *a-Si*, com os módulos voltados para o norte verdadeiro e com inclinação igual à latitude local.

#### 4. CONCLUSÕES

Como os resultados deste trabalho indicam, o potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil é muitas vezes superior ao consumo total de energia elétrica do país. Para exemplificar este potencial, a comparação com a geração hidrelétrica é bastante ilustrativa. Cobrindo-se os reservatórios de todas as usinas hidrelétricas do Brasil, cuja área soma em torno de 36 000 km<sup>2</sup> (Szklo & Cunha, 2006), com módulos solares fotovoltaicos de filmes finos de *a-Si*, seria possível instalar uma potência de 2160 GWp, com o que seria possível gerar mais de 2800 TWh anualmente. O consumo de energia elétrica no Brasil no ano de 2005 foi em torno de 360 TWh. A proposta apresentada aqui, no entanto, é a integração dos módulos fotovoltaicos ao entorno construído dos ambientes urbanos, como anteriormente mencionado, para evitar os investimentos e as perdas por T&D, bem como a ocupação desnecessária de área física (os 36 000km<sup>2</sup> no caso dos reservatórios das hidrelétricas brasileiras), utilizando-se os telhados das edificações ao invés de áreas que podem ter outras finalidades mais nobres do que o alagamento. Como foi demonstrado para o caso de Florianópolis, a área disponível nas coberturas das edificações, mesmo em regiões centrais da cidade, é suficiente para atender a frações consideráveis do consumo energético destas edificações.

O *FECC*, apresentado e calculado para alguns alimentadores urbanos da cidade, pode ser uma ferramenta estratégica muito interessante na priorização ou maximização dos benefícios da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica pública, agregando à energia (kWh) fotogerada um crédito em capacidade (kW) para o respectivo alimentador.

#### *Agradecimentos*

Os autores agradecem a Centrais Elétricas de Santa Catarina – CELESC, pelo acesso aos dados utilizados neste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- ANEEL (2006). Matriz de Energia Elétrica. [www.aneel.gov.br/15.htm](http://www.aneel.gov.br/15.htm), Agência Nacional de Energia Elétrica: acesso em: 31/08/2006.
- Colle, S. & Pereira, E. B. (1996). Atlas de Irradiação Solar do Brasil, LABSOLAR – INMET, Florianópolis.
- Garver, L. L. (1966). Effective load carrying capability of generating units. IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems. Vol-85: 910-919.
- Jardim, C., Knob, P. & Rüther, R. (2003). Study of Photovoltaic Potential in Urban Areas with daytime load peaks. Conference on Passive and low energy architecture - PLEA, Santiago.
- Perez, R. (2004). Determination of Photovoltaic Effective Capacity for New Jersey.
- Perez, R., Hoff, T., Herig, C. & Shah, J. (2003). Maximizing PV peak shaving with solar load control validation of a web-based economic evaluation tool. Solar Energy. 74: 409-415.
- Perez, R., Seals, R. & Herig, C. (1997). Photovoltaics can add capacity to the utility grid. Golden - CO, NREL - Brochure DOE/GO-10096-262.
- Rüther, R. (1998). Experiences and operational results of the first grid-connected, building-integrated, thin film photovoltaic installation in Brazil. Proc. 2nd World Conference on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Austria.
- Rüther, R. (2004). Edifícios Solares Fotovoltaicos. Florianópolis, UFSC.
- Rüther, R. & Dacoregio, M. (2000). Performance Assessment of a 2 kWp Grid-Connected, Building-integrated, Amorphous Silicon Photovoltaic Installation in Brazil. Progress in Photovoltaics Research and Applications. 8: 257-266.
- Salamoni, I. (2004). Metodologia para Cálculo de Geração Fotovoltaica em Áreas Urbanas, Aplicada a Florianópolis e Belo Horizonte. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.

Szklo, A. & Cunha, R. (2006). Status. Cap. 2 in: Brazil: A Country Profile on Sustainable Energy Development. IAEA, Viena, Austria. Pp. 17-47.

## **POTENTIAL OF THE GRID-CONNECTED, BUILDING-INTEGRATED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN BRAZIL**

**Abstract.** *Since the beginning of commercialization, electricity has been made available to residential, commercial, and industrial consumers through centralized plants and complex transmission and distribution networks. Future trends indicate, however, that before the end of this decade from 25 to 30% of new generating capacity will be distributed, i.e., will be directly connected to the low-voltage distribution system. All electricity generation systems produce impacts, either as pollution (e.g. thermal units), fuel dependency (e.g. natural gas, oil, coal, uranium), or public opposition to construction and/or operation (e.g. nuclear, coal-fired, hydropower plants). Distributed photovoltaic solar energy conversion can contribute to mitigate these impacts. Grid-connected, building-integrated photovoltaic systems are the most recent trend in distributed generation, and the fastest-growing segment of the electricity generation market, and can be justified because both the solar energy resource and the energy demand in buildings present a distributed character. In the case-study presented in this paper for the Brazilian capital city of Florianopolis, it was found that a large amount of the urban electricity feeders presents day-time peaking demand curves, coincident with solar radiation profiles. In Brazil, more than 40% of electricity is consumed in residential, commercial and public buildings, and in state-capitals like Rio de Janeiro, air-conditioning loads can be responsible for 70% of the load in glass-envelope buildings. We discuss these issues in the light of the so-called Effective Load Carrying Capacity of photovoltaics (PV-ELCC), which translates the fraction of a photovoltaic generator that can be regarded as dispatchable power.*

**Key words:** *Grid-connected photovoltaics, Building-integrated photovoltaics, Decentralized generation*