

Uma oportunidade para o desenvolvimento da indústria fotovoltaica no Brasil: eletricidade solar para os telhados

Isabel Tourinho Salamoni¹ · Ricardo Rüther² · Roberto Zilles³

Resumo

Embora o Brasil disponha de grande potencial para a aplicação da energia solar fotovoltaica (FV) e seja particularmente privilegiado por ter elevados níveis de irradiação solar, o papel dessa fonte renovável de energia (FRE) no mercado brasileiro ainda é bastante pequeno e a legislação em vigor do setor elétrico não prevê incentivos para os sistemas FV interligados à rede elétrica pública. Os altos custos envolvidos na sua implantação e o paradigma de que essa FRE é viável para a aplicação interligada à rede somente nos países desenvolvidos são fatores fundamentais utilizados para justificar a não exploração desse tipo de uso de sistemas FV em nosso país (já que para sistemas FV autônomos e termo-solares há incentivos). É possível demonstrar que no futuro próximo, o preço

Abstract

Despite presenting a considerable potential for photovoltaic (PV) solar energy conversion, many times larger than the country's current and future energy needs, PV generation still plays a negligible role in the Brazilian energy mix, lacking a proper market, legislation and incentives to make use of this benign energy source. The still high capital costs involved in PV project implementation, associated with the perception that grid-connected PV is only suitable for developed countries, are the typical arguments used to justify the lack of interest in PV as an energy alternative for urban grid support in metropolitan areas. It is possible to demonstrate that in the near future, the price of energy generated by a residential consumer

¹ Arquiteta (Universidade Católica/Pelotas), mestre e doutora e m engenharia civil (UFSC). É professora substituta e pesquisadora da UFSC. Florianópolis (SC). isalamoni@gmail.com.

² Engenheiro metalúrgico e mestre em engenharia metalúrgica e de materiais (UFRGS); doutor em engenharia elétrica e eletrônica (Austrália); pós-doutor em sistemas solares fotovoltaicos (Alemanha). É pesquisador do laboratório de energia solar e no laboratório de eficiência energética em edificações (UFSC). Florianópolis (SC). ruther@mbox1.ufsc.br.

³ Doutor em engenharia de telecomunicações pela universidade politécnica de madrid. É professor associado do Instituto de Eletrotécnica e Energia (USP) e coordenador da Ação para o Desenvolvimento e Difusão da Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos do programa de ciência e tecnologia para o desenvolvimento (programa Cyted). São Paulo (SP). zilles@iee.usp.br.

da energia gerada por um sistema solar FV instalado por um consumidor residencial sobre o seu telhado poderá ser menor do que o preço com impostos da energia convencional fornecida pela concessionária de distribuição. Argumenta-se então, que neste momento este consumidor tem o direito de optar pela alternativa de menor custo e que a legislação brasileira tem o dever de facultar-lhe esta opção. O objetivo deste artigo é apresentar a situação do Brasil com relação à aplicação dessa tecnologia, demonstrar os benefícios da utilização de sistemas FV conectados à rede pública de distribuição, bem como abordar a legislação atual para comercialização dessa energia. O trabalho também apresenta os gargalos que freiam a inserção da energia FV na matriz energética nacional e ressalta a importância da criação de um mecanismo de incentivo que contemple essa FRE para que a experiência necessária para desenvolver um mercado em grande escala possa ocorrer com o máximo benefício no momento em que os preços da energia FV e da energia convencional forem os mesmos para o usuário final (Paridade Tarifária).

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica. Paridade tarifária. Mecanismo de incentivo. Telhados solares. Tecnologia.

with a roof-mounted, grid-connected PV system can be lower than the corresponding residential tariff paid by this electricity consumer to the local distribution utility. It is then argued that, from this moment on, this consumer has the right to decide for the least-cost alternative, and that the Brazilian legislation has the duty of enabling this option. In this article we present the situation in Brazil regarding the application of grid-connected PV, and we demonstrate the potential benefits of this energy generation technology. We also summarize the current legislation and commercialization aspects related to grid-connected PV installations. Furthermore, the paper presents bottlenecks to a more widespread use of PV generation in the Brazilian energy mix, and identifies the need for the creation of an incentive mechanism that can assist in bridging the gap to grid parity, which is expected to take place in Brazil in the coming decade.

Keywords: Solar energy conversion. Grid parity. Potential benefits. Roof-mounted. Technology.

1. Introdução

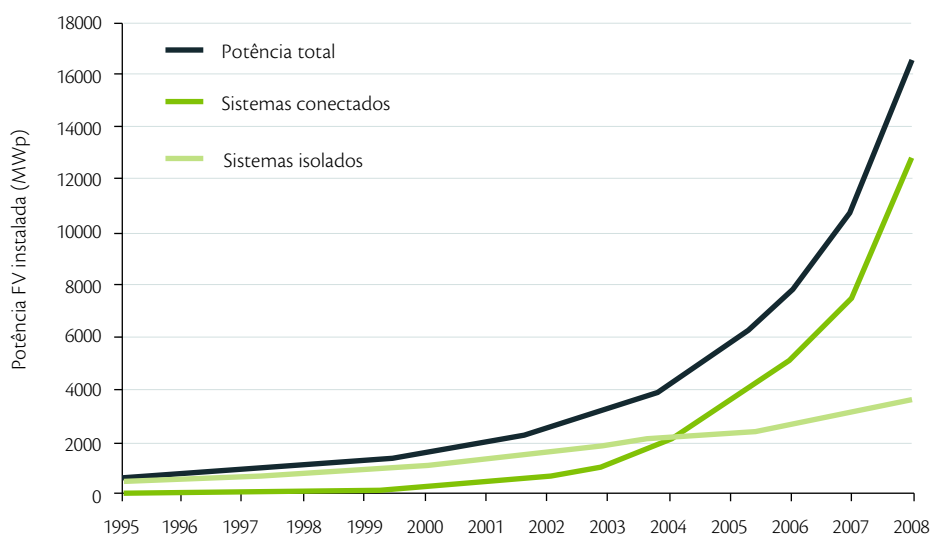
O quadro de oferta futura de energia elétrica, aliado às projeções de crescimento da demanda, aponta a fragilidade na garantia da oferta de energia no Brasil para os próximos anos. Mesmo o Brasil apresentando um grande potencial hidrelétrico, diversos são os fatores que devem ser analisados, quando se avalia a viabilidade dessa FRE. Entre eles, podem ser destacados: a infraestrutura das linhas de transmissão e distribuição, bem como as perdas energéticas associadas às restrições ambientais para a construção de novas usinas.

Segundo dados do Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), o consumo de energia elétrica em 2030 poderá se situar entre 950 e 1.250 TWh/ano, o que exigirá um aumento expressivo na oferta de energia elétrica no Brasil. Mesmo que seja dada prioridade ao uso do potencial hidrelétrico remanescente, ainda assim a instalação de novos 120 mil MW, elevando para 80% o uso desse potencial, não seria suficiente para atender à demanda por energia nesse horizonte.

Portanto, torna-se um desafio aumentar o acesso e a qualidade dos serviços energéticos aos diversos setores de consumo e, principalmente, avaliar novas fontes de geração a fim de proporcionar ao país uma maior qualidade e segurança no abastecimento de energia, sem agredir o meio ambiente. Nesse contexto, a busca por uma maior diversificação da matriz energética nacional, principalmente através da geração distribuída com base em FRE, seria uma das alternativas face às dificuldades futuras no suprimento energético do país.

Dada sua localização geográfica, o Brasil é particularmente privilegiado por ter níveis de irradiação solar superiores à maioria das nações desenvolvidas. Essa característica coloca o país em vantagem em relação aos países desenvolvidos, principalmente no que tange à utilização da energia solar fotovoltaica (FV) (PEREIRA et al., 2006). Além de o país possuir um grande potencial de geração de energia elétrica através da conversão solar FV, há regiões onde esta tecnologia é a solução mais adequada, técnica e economicamente, devido ao baixo consumo energético das unidades consumidoras, às dificuldades de acesso a redes de distribuição e a restrições ambientais.

A geração distribuída com sistemas FV é a responsável pelo crescente aumento da produção de módulos FV. Nos últimos 10 anos são observadas taxas de crescimento anuais superiores a 40%, conforme é apresentado na Figura 1. É possível constatar a pequena contribuição dos sistemas não conectados, quando comparada aos sistemas conectados à rede. Com todo esse desenvolvimento em 2007, constata-se que os sistemas FV conectados à rede representam cerca de 90% da potência total instalada a cada ano (REN21, 2009).



Fonte: Ren21 (2009)

Figura 1: Potência acumulada em instalações solares fotovoltaicas; sistemas não conectados e sistemas conectados à rede.



Figura 2: Sistema FV domiciliar instalado na Comunidade de São Francisco do Aiucá, Amazonas. Padrão SIGFI 13, Resolução Aneel No. 83/2004. Projeto CT-ENERG/MME/CNPq 03/2003.

No ano de 2008 a potência instalada de dispositivos para converter diretamente a luz em eletricidade de forma conectada à rede elétrica, ou seja, módulos FV foi de 5.400 MWp, totalizando uma potência mundial acumulada, conectada à rede elétrica, de 12.950 MWp (REN21, 2009).

Nos centros urbanos, os sistemas FV podem ser utilizados em áreas já ocupadas, telhados de residências, coberturas de estacionamentos e coberturas de edifícios como unidades de geração distribuída. A geração distribuída a partir de sistemas solares FV, dispostos em pequenas usinas distribuídos pelos telhados das edificações e conectados ao sistema de distribuição de centros urbanos, é uma aplicação crescente da tecnologia solar em todo o mundo. Diferentemente dos coletores solares térmicos para aquecimento de água, a tecnologia solar FV converte a luz do sol diretamente em energia elétrica. Na Alemanha, em 2006 foram instalados geradores solares conectados à rede elétrica com potência equivalente à potência nominal da usina de Angra II.

No ano anterior, os alemães conectaram as suas redes de distribuição sistemas solares FV com potência superior à da usina termelétrica Jorge Lacerda, a maior usina a carvão da América Latina. Segundo dados do *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety* (2009) a Alemanha contabilizou em 2008 uma potência total FV instalada de 5.300 MWp conectados à rede elétrica, o que representou a incorporação de 1.500 MWp novos naquele ano. Esse valor, instalado em apenas um ano, supera a potência prevista para cada uma das fontes contempladas no Proinfa. A contribuição da energia solar FV na Alemanha com relação à

demanda total de energia elétrica alcançou 1,4 %, em 2008, contribuindo também com cerca de 50 mil postos de trabalho.

A quantidade de energia entregue à rede ainda depende do fator de capacidade que, em função da oferta solar somente diurna, é inferior ao das usinas nucleares ou termelétricas a carvão mencionadas. Porém, já estamos falando da mesma ordem de grandeza e esta é a principal novidade dos últimos tempos nesta área. Os alemães estão fazendo isto por meio de um programa de incentivo, que paga aos geradores solares tarifas-prêmio que têm um impacto tarifário muito pequeno e distribuído por toda a população daquele país. Para financiar o programa, cada família alemã teve um aumento médio na sua conta mensal de energia elétrica equivalente a dois litros de leite.

2. O Brasil e a energia solar fotovoltaica

O recurso solar disponível no Brasil é considerável. Em média anualmente essa disponibilidade supera os 1900 kWh/m², ou seja, em cada metro quadrado de superfície temos diariamente 5 kWh de energia solar. Essa disponibilidade é aproveitada em todo o território, principalmente através da fotossíntese com o cultivo de alimentos, produção de madeira, biocombustíveis e através da conversão térmica da energia solar para aquecimento de água. No entanto, segue sendo marginal a utilização da conversão direta da luz solar em eletricidade com a utilização de sistemas fotovoltaicos.

2.1. Aplicações em sistemas isolados

No Brasil, assim como em muitos outros países, a disseminação inicial da tecnologia solar FV ocorreu principalmente através de sistemas isolados para abastecer cargas distantes das redes de distribuição de eletricidade. Esses sistemas são uma opção para a energização de comunidades isoladas e sem acesso à rede convencional de distribuição de eletricidade, sendo economicamente viáveis para certas regiões do Brasil.

Em nosso país a utilização de sistemas FV para eletrificação de domicílios isolados (Figura 2) foi regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), Resolução Normativa no.83, de 20 de setembro de 2004, “Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes” (SIGFI). A partir dessa Resolução as empresas de distribuição de eletricidade podem utilizar sistemas FV para cumprimento das metas de universalização. Entre as determinações legais está que os componentes dos sistemas FV devem ser submetidos a ensaios de aceitação e qualificação realizados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). Nesse contexto destaca-se a atuação

da Coelba com mais de 18 mil domicílios atendidos com sistemas FV. Estima-se que a potência instalada em sistemas FV para eletrificação rural no Brasil esteja próxima a 20 MW.

No contexto de sistemas isolados a energia solar FV também é utilizada em sistemas de bombeamento de água. Os sistemas, por não necessitarem de acumulação de eletricidade são, em geral, competitivos quando comparados com sistemas alimentados com moto geradores a diesel.

A utilização de sistemas FV de bombeamento no Brasil deve-se, principalmente, à atuação do Ministério de Minas e Energia (MME) que, através do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (Prodeem), adquiriu e instalou cerca de 2.500 sistemas, totalizando 1,2 MW. Muitos desses sistemas serão revitalizados e poderão utilizar motobomba e unidade de condicionamento de potência de fabricação nacional. Alguns sistemas que adotam essa configuração já estão em operação (Figura 3), e o aperfeiçoamento e otimização da configuração é realizada no âmbito da chamada pública MCT/Finep-CT-ENERG para Desenvolvimento e Inovação em Fontes de Energias Renováveis 01/2006.



Figura 3: Sistema FV de Bombeamento instalado em assentamento agrícola no Município de Presidente Bernardes (SP). Motobomba nacional e unidade de condicionamento de potência WEG-Automação.

No âmbito das principais aplicações isoladas da tecnologia FV (eletrificação rural e bombeamento de água, constata-se a ausência de volume representativo para o desenvolvimento da indústria no país. Nesse sentido, assim como ocorreu em outros países, a utilização de sistemas FV como unidades de geração distribuída é um caminho a ser seguido para pavimentar o desenvolvimento da indústria FV no Brasil.

2.2. Aplicações em sistemas conectados à rede elétrica pública

O Brasil já tem alguma experiência com a geração solar FV integrada a edificações urbanas e conectada à rede elétrica pública, contando o primeiro gerador deste tipo com mais de 10 anos de operação ininterrupta. Esta microunidade, de operação automática, que não requer operador e que não ocupa espaço extra por fazer parte de um prédio já existente, gera energia elétrica de forma silenciosa, limpa e renovável, utilizando uma tecnologia muito apropriada para o clima do Brasil. Como essa existe somente um punhado de outras instalações similares espalhadas pelo Brasil; quase todas elas, no entanto, estão operando em universidades, institutos de pesquisa ou concessionárias de energia (Figuras 4 e 5). Urge agora, enquanto a paridade tarifária⁴ não chega, estabelecer um amplo programa de telhados solares para que o Brasil comece a preparar o campo para as realidades que virão na próxima década.



Figura 4: Sistema fotovoltaico de 12 kW conectado à rede em operação no prédio da administração do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo.

⁴ A paridade tarifária no contexto deste trabalho acontece quando o preço da energia solar FV e o da energia convencional são os mesmos para o usuário final. Partindo do princípio de que o custo da energia solar FV está caindo, em média, 5% ao ano, e de que o custo da energia convencional tende a aumentar, quando ambas as curvas se cruzarem a energia solar FV se tornará competitiva com a energia convencional.

De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), o Brasil tem duas oportunidades únicas e imediatas no que diz respeito à sua inserção no mercado FV internacional: a primeira é estimular a utilização de sistemas solares FV conectados à rede elétrica pública e aproveitar o programa de universalização como esteio inicial para fomentar no país a criação de um parque industrial competitivo de sistemas FV capaz de disputar esse mercado e a segunda é fomentar no Brasil a instalação de indústrias de beneficiamento do silício metalúrgico para alcançar o grau de pureza solar.

O lançamento do PNE 2030 apresentou pela primeira vez no Brasil uma projeção futura e um planejamento estratégico de médio prazo para o setor energético nacional. No cenário de referência, foi considerada a instalação de 88.000MW em novas usinas hidrelétricas entre 2005 e 2030, com aproveitamento de boa parte do potencial da Amazônia. O PNE 2030 considera ainda a adição de 7.200MW em PCHs, 4.600MW em novas usinas eólicas, 6.300MW em usinas de cogeração com biomassa da cana-de-açúcar e mais 1.300MW em outras fontes, como o aproveitamento de resíduos urbanos. Na geração térmica não-renovável, considerou a instalação de 12.300MW em usinas a gás-natural, 4.600MW em usinas a carvão na região Sul do país e 5.345MW em usinas nucleares nas regiões Sudeste e Nordeste (Ang 3 e mais quatro usinas de 1.000MW cada). O fato de desconsiderar por completo o potencial da geração solar FV e estimar para 2030 somente 4.600MW em novas usinas eólicas demonstra o tipo de resistência que se pode esperar no apoio a estas FRE. A grande crítica a este estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos é justamente a pouca importância atribuída à diversificação que as FRE podem representar, bem como seu potencial de redução de custos nos próximos 20 anos. Afirmar, por exemplo, que em 2030 a energia solar FV não irá desempenhar papel pelo menos da mesma ordem de grandeza da geração nuclear ou térmica a carvão no Brasil é subestimar uma fonte renovável de energia que vem demonstrando grande potencial de competitividade para as próximas décadas (RÜTHER et al, 2008b).

A geração solar com sistemas conectados à rede elétrica é normalmente vista como uma tecnologia para os países desenvolvidos, enquanto que os pequenos sistemas solares isolados, como aqueles que vêm sendo utilizados no Programa Luz para Todos do governo federal, são vistos como a aplicação mais apropriada desta tecnologia para os países em desenvolvimento como o Brasil.

Essa lógica está baseada no ainda alto custo da geração solar, que para aplicações urbanas tem custo mais elevado do que a geração convencional, mas que para a eletrificação rural em pequenos sistemas dispersos é em muitos casos a alternativa de menor custo. A análise da curva de redução de custos da geração solar (a “curva de aprendizado” da produção industrial desta tecnologia) mostra que cada vez que a produção acumulada desta tecnologia dobra, seu custo

de produção tem caído em cerca de 20%. Por outro lado, as tarifas de energia elétrica residencial têm experimentado aumentos consideravelmente superiores à inflação e não existem indicadores de que esta tendência se modifique nos próximos 10 anos. Nesse contexto se pode esperar que em algum momento essas duas tendências conduzam à paridade tarifária. Com as taxas de juros que se pode atualmente utilizar para avaliar investimentos em geração, pode-se demonstrar que em várias regiões do Brasil esse momento irá ocorrer durante os próximos 10 anos. Esta é a boa notícia; e a má notícia é que 10 anos é um espaço de tempo curto para que o setor elétrico e a indústria brasileira acumulem a experiência necessária para receber quantidades consideráveis de pequenos geradores pulverizados em seu sistema de distribuição e para desenvolver as capacidades de produção necessárias para atender a este novo mercado. Voltando novamente à Alemanha, lá essa experiência já tem 20 anos e a paridade tarifária por lá deve ocorrer também dentro de 10 anos – há que planejar e executar ações estratégicas.

3. Legislação brasileira atualmente em vigor

Atualmente, a geração de energia elétrica por FRE no Brasil vem passando por uma nova fase, mas mesmo o país já tendo dado início ao incentivo, principalmente através do Proinfa, e tendo um vasto potencial para a aplicação dessas, a tecnologia solar FV não tem sido contemplada e incentivada de forma clara pela legislação em vigor.

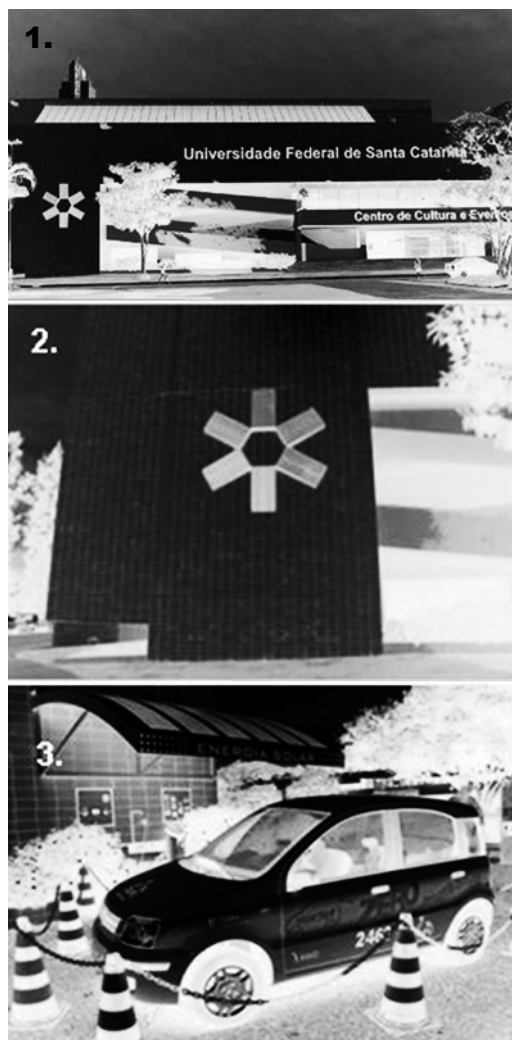


Figura 5: Sistemas solares FV integrados à edificação do Centro de Cultura e Eventos da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis - SC. Sistema 1: sistema conectado à rede elétrica, instalado na cobertura da edificação (10.880 Wp). Sistema 2: sistema autônomo para luz emergencial, instalado na fachada da edificação (384 Wp). Sistema 3: sistema autônomo para posto de veículo elétrico, instalado na fachada da edificação (384 Wp).

Hoje em dia, os sistemas FV no Brasil contam com alguns benefícios e vantagens legais quanto à conexão com a rede elétrica nacional. De acordo com a Lei nº 9.74/95 e com a Resolução Aneel nº 112/99, se aplicam por analogia a autorização não onerosa, para potência acima de 5.000 kW, ou simples comunicação ao poder concedente, quando tiver potência de até 5.000 kW e conforme a Lei nº 9.991/00, alterada pela Lei nº 10.438/2002 ainda conta com o benefício de isenção da aplicação anual de no mínimo 1% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento. Quando a potência instalada for de até 30.000 kW, se beneficia da redução das tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição, não inferior a 50%, além de poder comercializar energia elétrica diretamente com o consumidor cuja carga seja maior ou igual a 500 kW, ou seja, com os consumidores especiais ou livres. Neste caso, a comercialização de energia é realizada no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

No ACL há a livre negociação entre os agentes geradores, comercializadores, consumidores livres, importadores e exportadores de energia, sendo que os acordos de compra e venda de energia são pactuados por meio de contratos bilaterais. Nesse ambiente há liberdade para se estabelecer volumes de compra e venda de energia e seus respectivos preços, sendo as transações pactuadas através de contratos bilaterais (CCEE, 2009).

O Processo de Comercialização de Energia Elétrica ocorre de acordo com parâmetros estabelecidos pela Lei nº 10.848/2004, pelos Decretos nº 5.163/2004 e nº 5.177/2004 (o qual instituiu a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE), e pela Resolução Normativa ANEEL nº 109/2004, que instituiu a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica.

Na contabilização de janeiro de 2009 participaram das operações CCEE 658 consumidores livres (CCEE, 2009). Nesse ambiente, o consumidor migra por questões ambientais, associadas à imagem da sua empresa, questões éticas e/ou, e talvez principalmente quando vê vantagem nos preços.

De acordo com o Decreto nº 5.163/2004 (Aneel, 2009), como fonte alternativa, o produtor independente de energia pode comercializar a energia no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), através de leilões específicos de compra de energia proveniente de fontes alternativas, com contratação de 10 até 30 anos e possibilidade de repasse integral de preços às tarifas. Como geração distribuída, ainda conforme o mesmo decreto, o produtor independente pode comercializar a energia direto com as distribuidoras, por meio de leilões anuais de ajuste e com contratação por até dois anos e possibilidade de repasse integral de preços às tarifas, limitados ao valor do último leilão de energia (VR). No caso da tecnologia solar FV e no contexto descrito não existe atratividade para que esta energia seja comercializada nesse ambiente, pois seu elevado custo não a torna competitiva com o restante das tecnologias.

A contratação no ACR é formalizada através de contratos bilaterais regulados, denominados Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), celebrados entre agentes vendedores (comercializadores, geradores, produtores independentes ou autoprodutores) e compradores (distribuidores) que participam dos leilões de compra e venda de energia elétrica (CCEE, 2009).

A energia elétrica gerada por sistemas FV apenas poderá ser comercializada nesse ambiente como forma de geração distribuída, desde que a contratação seja precedida de chamada pública realizada pelo próprio agente de distribuição e com montante limitado a 10% do mercado distribuidor. Portanto, no contexto atual, é possível instalar e operar de forma simplificada sistemas fotovoltaicos de até 5.000 kWp (resolução normativa da Aneel 12/1999) e a energia gerada por essas instalações pode ser comercializada no assim chamado ACL.

O grande desafio, baseado no contexto legislativo atual, passa então a ser a identificação de consumidores especiais ou consumidores livres que estejam dispostos a pagar um preço diferenciado por uma energia (solar) diferenciada, cujo custo ainda é superior ao das outras fontes convencionais de geração.

Embora no Brasil seja possível instalar sistemas FV e comercializar a energia produzida como antes mencionado, os ainda altos custos não tornam esse mercado atrativo aos investidores. A vantagem que os consumidores livres e/ou especiais teriam seria o benefício agregado à imagem e a questões associadas à consciência ecológica. A partir do momento em que houver preços mais competitivos com a geração convencional ou um programa de incentivo baseado na obrigatoriedade de compra pela concessionária de toda a energia FV gerada, será possível atrair mais investidores e assim, fazer com que uma maior produção em escala aconteça.

A criação de um mecanismo de incentivo que estimule a inserção da energia FV no Sistema Interligado Nacional (SIN), através de um programa de telhados solares, estará promovendo um desenvolvimento regional sustentável e auxiliando na melhoria social e econômica do país.

Tramita na Câmara dos Deputados um Projeto de Lei cuja aprovação pode dar impulso a iniciativas neste sentido. Outras iniciativas que podem alavancar a tecnologia solar fotovoltaica no Brasil são os projetos Aeroportos Solares e Estádios Solares, desenvolvidos pela Universidade Federal de Santa Catarina, Instituto Ideal e Infraero, com objetivo de propor e estudar a integração de geradores solares de grande porte aos principais complexos aeroportuários e estádios de futebol do Brasil. Os aeroportos são uma ótima vitrine para demonstrar essa tecnologia e ao mesmo tempo compensar um pouco das emissões de CO₂ relacionadas à aviação comercial. Em uma viagem de ida e volta Florianópolis – Brasília, cada passageiro é responsável pela emissão de cerca de 680 kg de CO₂ na atmosfera, o que corresponde, à cotação atual

no mercado internacional, a cerca de R\$ 30,00. Por enquanto o usuário não paga o custo das emissões relacionadas a suas viagens de avião, mas esta situação deve em algum momento mudar. O Brasil pode aqui também dar ao mundo um bom exemplo e “solarizar” seus aeroportos como medida compensatória ao impacto ambiental causado pelos seus usuários, utilizando o princípio de “o poluidor paga”. Assim, se pode imaginar um programa de 10 anos em que a cada ano alguns aeroportos passam a integrar geração solar fotovoltaica. Como exemplo ilustrativo do potencial e dos custos envolvidos, para tornar o aeroporto de Florianópolis completamente abastecido por energia solar, basta que ao longo de um ano cada um dos mais de 100 milhões de passageiros que a cada ano tomam um avião no Brasil pague menos de R\$ 0,25. Para fazer a mesma coisa no aeroporto de Brasília, o custo para cada passageiro fica em torno de R\$ 1,40. Se parece caro, mais caro será o custo de nossa falta de ação na questão das fontes renováveis de energia e do aquecimento global. No caso do projeto dos Estádios Solares para a Copa do Mundo de Futebol de 2014, a oportunidade de vitrine é excepcional e pode colocar o Brasil no foco das atenções na questão da geração solar fotovoltaica.

4. Principais gargalos que freiam a inserção da energia solar fotovoltaica no Sistema Interligado Nacional

O setor elétrico brasileiro esteve por muitos anos com investimentos insuficientes, planejamento inadequado e marco regulatório instável, tendo em vista as suas principais características: 1) estar vinculado à grande economia de escala; 2) ser intensivo em capital; 3) ter longo prazo de maturação dos investimentos; 4) demandar especificidades tecnológicas para as diversas fontes; e 5) rigidez na localização dos potenciais.

Com base nas dificuldades citadas e na análise panorâmica do Setor Energético Nacional, algumas barreiras específicas para a inserção da energia solar FV no SIN podem ser destacadas:

- O Brasil não apresenta os mesmos problemas ambientais associados a uma geração de energia baseada em combustíveis fósseis como na maioria dos países desenvolvidos. Por esse motivo, não existe um lobby relevante para o investimento, relativamente superior, para a utilização dessa tecnologia, uma vez que os custos envolvidos no processo de geração convencional são menores;
- Atualmente no Brasil não existe nenhum mecanismo que quantifique os custos das externalidades associadas à geração de energia por meio da hidreletricidade ou pelas fontes não renováveis. A partir do momento em que for agregado ao seu custo final o custo dessas externalidades, a energia solar FV, que hoje ainda é vista como cara, estará mais próxima de atingir a competitividade;

- O sistema de governo brasileiro, com relação à produção de energia e ao seu uso, é centralizado. Os estados e municípios não têm autonomia para legislar nas políticas relacionadas ao setor energético. Portanto, qualquer decisão é sempre tomada pelos órgãos do governo, o que se torna uma forte barreira, uma vez que existe uma grande rotatividade com relação aos cargos envolvidos e uma dificuldade de acesso aos agentes do primeiro escalão, que desconhecem as vantagens da utilização da tecnologia;
- Em comparação com a maioria dos países desenvolvidos, a economia brasileira ainda é bastante instável. As baixas taxas de juros, o pequeno aumento dos preços em geral, assim como o baixo risco de investimento existente nos países desenvolvidos são contrastados com as ainda altas e instáveis taxas de juros aplicadas no Brasil, bem como a mais elevada inflação e riscos. Assim, a instabilidade da economia brasileira é uma das grandes barreiras para a inserção da energia solar FV no SIN, uma vez que não encoraja investimentos nem garante seguridade;
- O setor elétrico brasileiro vinha ao longo dos anos sofrendo com os efeitos da inexistência de um mecanismo regulatório claro, consistente e duradouro, que reduzisse as incertezas, que são consideradas uma das maiores barreiras aos novos investimentos no setor. Os agentes do setor elétrico, principalmente os investidores privados, têm grande aversão às freqüentes alterações, tanto regulatórias e econômicas quanto de agentes envolvidos. Essas mudanças se tornam mais preocupantes quando acontecem em um contexto no qual os investimentos são expressivos e o retorno é a longo prazo. Esse fator gera incertezas e faz com que os investidores não se sintam seguros para investirem numa tecnologia que não está bem suportada por leis;
- As falhas e o insucesso oriundos de alguns programas brasileiros para promover as FRE fazem com que haja um maior obstáculo da parte do governo com relação a investir em mecanismos de incentivo e, principalmente, geram incertezas e relutância aos investidores;
- Em algumas situações, devido ao seu alto custo, quando comparada à geração convencional, existe o paradigma de que, para aplicação em países em desenvolvimento, essa tecnologia é viável apenas no suprimento energético em áreas isoladas;
- A ausência de disseminação da informação para políticos, agentes e população em geral sobre os benefícios da utilização da energia FV;
- A ausência da participação dos agentes e da comunidade nas escolhas e projetos do setor elétrico;
- A ausência de um marco regulatório de caráter orientador para o setor, uma vez que as constantes mudanças e anúncio de normas e medidas provisórias criam um clima de incerteza para os investidores e têm inibido a ampliação de negócios em fontes alternativas de energia no Brasil.

Tendo em vista as barreiras acima mencionadas, são apresentadas algumas alternativas e ações para minimizar ou solucionar esses obstáculos:

- Concebida como uma fonte “limpa” e “barata”, a geração de energia baseada na hidreletricidade tem revelado grandes problemas não apenas sociais como ambientais. Embora apenas cerca de 25% do seu potencial tenham sido explorados, a grande capacidade potencial, cerca de 2/3, está localizada na região da Amazônia. As consequências sociais e ambientais bem como o fato de que estes possíveis empreendimentos estariam situados longe dos grandes centros, exigem atenção. No Brasil, as usinas hidrelétricas construídas até o momento correspondem a mais de 34.000km² de terras inundadas para a formação dos reservatórios, e na expulsão ou deslocamento de cerca de 200 mil famílias (BERMANN, C., 2007). A partir do momento em que forem computadas as externalidades associadas ao processo de exploração e implantação das fontes convencionais de geração, os seus custos serão próximos aos da energia FV;
- A implementação de um mecanismo de incentivo que promova também a tecnologia FV, por prazo curto e determinado, em conjunto com incentivos financeiros e fiscais, deve ser adequada a cada tecnologia e região. As políticas e leis, associadas ao programa de incentivo, devem ser claras e consistentes e principalmente, asseguradas em longo prazo. Elas devem definir objetivos claros e devidamente suportados por leis a longo prazo. No Brasil se pode pensar em algo semelhante ao mecanismo alemão de incentivo às FRE, com um impacto tarifário também desta ordem, mas distribuído somente entre os consumidores de classe média e alta, e dar impulso a esta tecnologia que aqui tem um potencial muito maior do que lá.
- O incentivo ao desenvolvimento da energia solar FV deve ser uma constante do governo, que deve trabalhar em parceria com entidades privadas e estatais (universidades, em forma de pesquisa e demonstração);
- Uma vez que alguns programas para a inserção das FRE no Brasil foram substituídos por outros, sem nenhum rigor de reavaliação das principais vantagens e falhas, muitos erros foram cometidos novamente. Seria de extrema importância que fossem reavaliados os prós e contras dos programas de incentivo existentes, tanto os aplicados no Brasil, quanto os aplicados no exterior, de forma que as experiências obtidas no passado possam auxiliar no desenvolvimento de um programa mais adequado e conseqüentemente resultem numa redução de erros;
- É fundamental que seja criado um conjunto de procedimentos que viabilize e facilite a inserção da tecnologia FV no Brasil, permitindo que as experiências obtidas com as instalações nos países desenvolvidos, em especial as da Alemanha e as da Espanha, possam servir de ferramentas para dar fomento e divulgar a iniciativa no país;
- É importante ressaltar que não basta apenas existir um bom mecanismo de incentivo. Esse deve ser devidamente apoiado por leis e regulamentações que obriguem as partes envolvidas a cumprirem com as suas obrigações;

- Considerando a dimensão do território brasileiro, a diversidade de recursos disponíveis e a composição atual da matriz energética, a utilização da energia solar FV deve ser analisada sob um critério de complementação e não de substituição das fontes convencionais. Ou seja, de modo estratégico deve-se entrelaçar as fontes renováveis e as convencionais a custos competitivos, tentando atender, além do equilíbrio ambiental, a segurança no fornecimento;
- O processo de inserção da energia solar FV no SIN é complexo e tem um caráter multidisciplinar. Assim, uma alternativa seria o desenvolvimento de um guia a nível macro, sobre as necessidades e os procedimentos de reformulação no que tange a regulamentação do setor elétrico e propostas de um mecanismo de incentivo adequado. A divulgação deste guia ajudaria os agentes do setor a se posicionarem e a adquirirem maior maturidade e confiabilidade nesse novo nicho do mercado;
- Nesse processo é de extrema importância que sejam investidos recursos em pesquisa e desenvolvimento a fim de que sejam aperfeiçoados os conhecimentos tecnológicos dessa FRE, bem como a habilitação de profissionais qualificados para atuar no setor;
- O sucesso da adoção da energia solar FV depende de um plano coerente de comunicação e envolvimento, garantindo a transparência do processo e a disponibilidade de canais de comunicação para que os agentes possam expor e defender os seus interesses.

Políticas para acelerar a aplicação das energias renováveis no mercado energético dos países em desenvolvimento, em especial o Brasil, devem seguir experiências que obtiveram sucesso nos países desenvolvidos. As experiências obtidas com as primeiras instalações são fundamentais para que os mesmos erros não sejam repetidos e para que se possam seguir as melhores estratégias adotadas (RÜTHER et al., 2008a).

5. Desafios e argumentos técnicos e econômicos que inibem a integração da energia solar fotovoltaica no SIN e medidas técnicas e políticas para solucionar alguns dos desafios identificados

Um dos grandes empecilhos para a adoção da energia solar em grande escala é o alto custo, o que muitas vezes torna seu uso inviável. O incentivo à produção de tecnologia nacional e a iniciativa de projetos privados e governamentais pode resultar na diminuição do custo e, dessa forma, incentivar a proliferação dessa fonte (SALAMONI et al., 2008).

Segundo dados da *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA, 2008), apresentados na Tabela 1, a tecnologia FV, embora seja uma das mais caras nos dias de hoje, é a que apresenta uma maior estimativa de redução de custos ao longo dos anos. De acordo com estimativas de crescimento das tarifas de energia convencional e com as previsões de redução de custos dos sistemas FV, ambas as curvas se cruzarão na próxima década e a geração FV será então competitiva com a geração convencional (paridade tarifária).

Tabela 1: Custos da geração elétrica para diferentes fontes de energia e as perspectivas de redução de custos ao longo dos anos.

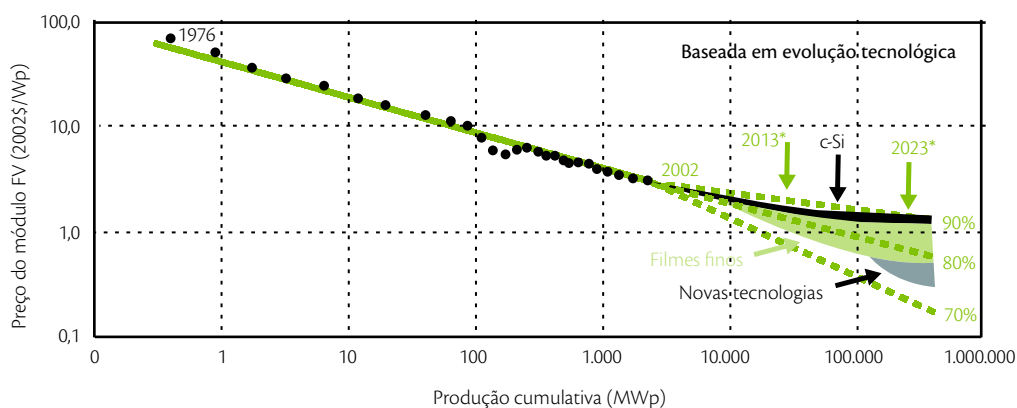
Custo da geração elétrica (€/kWh)	2005	2030	2050
Combustíveis Fósseis (carvão, gás)	4,0 – 4,5	6,0 – 7,0	6,5 – 9,0
Nuclear	4,0 – 6,0	3,5 – 7,0	3,6 – 6,0
Eólica	7,5 - 9,0	5,0 – 6,0	3,0 – 4,0
Solar Térmica	17,0	6,0	3,0
Solar FV	20,0 – 40,0	5,0 – 10,0	3,0 – 6,0

Fonte: EPIA, 2008.

Como se pode constatar, o custo da energia produzida por sistemas FV é atualmente alto em relação à energia convencional produzida a partir de fontes hídricas, térmicas, nucleares, etc., o que representa uma forte barreira à sua disseminação como anteriormente mencionado. Entretanto, para os consumidores residenciais que instalam um gerador solar FV sobre seus telhados, a comparação deve ser feita com a tarifa praticada pela concessionária de distribuição, e nunca com o custo de geração no barramento da usina convencional.

Uma forte contra-argumentação aos altos custos da eletricidade produzida pelos sistemas FV é a constatação da evolução da curva de aprendizagem da tecnologia FV, que vem mostrando um decréscimo significativo de custos desde o início de sua utilização para aplicações terrestres, em 1970 (Figura 6).

O desenvolvimento industrial dessa tecnologia demonstra que cada vez que a experiência (volume acumulado de produção) acumulada dobra, o custo de produção cai em cerca de 20%. Às atuais taxas de crescimento observadas nos últimos anos (MAYCOCK e WAKEFIELD, 1975) (MARGOLIS, 2003)(SUREK, 2005)(HARMON, 2008)(SZABÓ e WALDAU, 2009), isso se traduz em uma redução de custos de proporção de cerca de 5% ao ano.



Fonte: Adaptada de Surek, T. 2005.

Figura 6: Curva de aprendizado para a energia solar fotovoltaica. Uma curva de aprendizado de 80% corresponde a uma redução de custos de 20% para cada dobro da produção acumulada.

Por outro lado, o custo da energia elétrica convencional vem crescendo continuamente. Assim sendo, vislumbra-se um momento de paridade para esses custos. Essa perspectiva é um dos fatores que motivam a busca por mecanismos de incentivos capazes de quebrar com essa grande dificuldade da tecnologia FV – ser cara por não ter mercado e não ter mercado por ser cara – buscando, principalmente, a estruturação de um mercado virtual, capaz de manter a tendência descendente da curva de aprendizagem da tecnologia. Com isso, espera-se a queda do custo da energia produzida por sistemas FV e o estabelecimento de condições de existência de um mercado real e livre para coexistir e competir com as demais tecnologias existentes, sem mais necessitar ser sustentado por mecanismos de incentivo.

O objetivo de um programa de incentivo para o mercado solar FV deve ser o de atingir a paridade tarifária, possibilitando então sua difusão em grande escala. A viabilidade da utilização dessa fonte está relacionada a incentivos tanto do governo quanto de empresas privadas, que financiam e promovem os projetos, com a finalidade de obter um maior desenvolvimento do país. Estudos apresentados pelos autores mostram que na próxima década algumas regiões do Brasil já terão o preço da energia FV equivalentes ao das tarifas residenciais.

Aliado ao ainda alto custo da tecnologia FV, outros fatores que inibem a integração da energia solar FV no SIN podem ser destacados:

- Falta de um parque industrial nacional suficientemente desenvolvido na área da energia solar FV, o que encarece os custos;
- Tecnologia e *knowhow* nacionais pouco desenvolvidos;

- Falta de mão-de-obra qualificada para atuar neste novo nicho de mercado, principalmente pela pouca demanda e baixos investimentos;
- Falta de segurança quanto à garantia da energia produzida por uma fonte intermitente de energia;
- Falta de um programa de longo prazo, por parte do governo federal, para estimular a geração FV conectada ao SIN;
- Falta de conscientização/visão dos responsáveis pela gestão energética do país quanto às potencialidades e benefícios da geração distribuída de energia no meio urbano e integrada às edificações, através da tecnologia solar FV, dentro de um projeto nacional de “Telhados Solares”.

Alguns exemplos de medidas técnicas e políticas que poderiam ser adotadas para resolver os desafios e argumentos identificados são:

- *Lobby* e consultorias em prol da energia solar FV, para permitir um maior esclarecimento por parte da classe política e para apoiar argumentos de defesa. Além das características de baixo impacto ambiental da energia solar FV e das vantagens de diversificar o mix energético, o *lobby* deve ressaltar que, como vem demonstrando o programa de incentivo alemão às FRE, o uso da tecnologia solar FV gera muito mais empregos do que o das tecnologias convencionais de geração de energia;
- *Lobby* e consultorias em prol da geração de energia elétrica de forma descentralizada e integrada a edificações urbanas, através da tecnologia solar FV. Por ser localizada junto ao ponto de consumo, a geração solar FV evita as perdas de transmissão e distribuição decorrentes da geração centralizada e distante do ponto de consumo. Por poderem ser integrados à edificação, os sistemas FV também têm a vantagem de não requererem áreas extras ocupadas exclusivamente para o fim de geração de energia elétrica. Aspectos relacionados ao potencial de redução de pico de demanda (*peak shaving*) da tecnologia inserida em meio urbano devem também ser abordados e enfatizados;
- Debates para discussão da importância da energia solar FV no planejamento da universalização de acesso à energia elétrica;
- Criação de um programa de incentivo que permita o uso da tecnologia em larga escala. Esse item é um dos mais significativos, pois é através dele que as principais barreiras para a inserção da energia solar FV, no contexto energético nacional poderão ser ultrapassadas. Um programa de porte e condições adequados (baseado no sistema de preços/tarifa prêmio – em contraste ao sistema de quotas/incentivo econômico na instalação) e bem elaborado (de acordo com as condições sociais e econômicas do país) permitirá uma produção em escala, pelo aumento da capacidade instalada. Isso, conseqüentemente, levará

ao aumento na demanda por profissionais bem qualificados, melhorando a garantia e qualidade dos serviços prestados. Tal programa deve permitir também que as concessionárias tenham benefícios com a inserção da energia solar FV, de modo a evitar a oposição a estas fontes, como foi observado em outros mercados;

- Com a produção em larga escala, a energia FV poderá também ser vendida na forma de pacotes energéticos a empresas interessadas em incluírem em seu portfólio a “energia do sol”;
- Maior investimento em projetos piloto e projetos vitrine (e.g. Aeroportos Solares, Estádios Solares), a fim de proporcionar um amadurecimento e domínio das tecnologias, bem como oportunidades para qualificação de pessoal, para formação de massa crítica e para provar a viabilidade técnica da tecnologia FV;
- Desenvolvimento de infraestrutura para um setor privado de suprimento de produtos para sistemas FV domiciliares (SFDs), através de apoio a empreendedores da área, assim como prover micro-financiamentos atrativos e subsídios para os usuários finais;
- Todos os sistemas apoiados por programas do governo devem prever um grau crescente de nacionalização dos equipamentos, bem como uma monitoração adequada, para que funcionem de forma apropriada, para que não ocorram novas experiências como o Prodeem.

6. Os benefícios da utilização da energia solar fotovoltaica no Brasil de forma conectada à rede elétrica

Um bom exemplo para a aplicação da geração distribuída com sistemas FV integrados em edificações é sua implantação em prédios públicos, quase todos com uma curva de carga mais expressiva no período diurno. Essa particularidade, curva de consumo coincidente com o período de geração, permite o estabelecimento de estratégias de redução de consumo em edificações urbanas e conservação de energia primária nas unidades de geração centralizada. Em 2001, no denominado “apagão elétrico”, foi exigido dos consumidores uma redução de 20% em seu consumo e recentemente foi priorizado o uso de gás para geração termoeletrica para conservação de água nas hidrelétricas. Portanto, a integração de unidades de geração FV em edificações urbanas, públicas ou privadas, além de representar um passo importante para o desenvolvimento da geração distribuída com sistemas FV no país, é uma ferramenta que deveria ser considerada nas estratégias de conservação de recursos primários, como por exemplo, água nos reservatórios das hidrelétricas.

Em um país com as dimensões do Brasil, o setor elétrico dominado pelo paradigma da geração centralizada pode começar a se beneficiar e a abrir espaço a tecnologias de geração distribuída

como a solar integrada a edificações urbanas e conectada à rede elétrica, que gera energia junto ao ponto de consumo. Com a geração solar em telhados urbanos, perdas de energia e investimentos no sistema de transmissão e distribuição são evitadas. Além disto, já que estão integradas às edificações, estas micro usinas não inundam áreas nem ocupam espaço exclusivo. Adiciona-se a isto a vantagem comparativa do Brasil que por sua grande quantidade de reservatórios hidrelétricos pode absorver mais facilmente fontes intermitentes, como energia solar fotovoltaica e eólica, em sua matriz elétrica. Equilibrando a intermitência dessas duas fontes com a rapidez de controle das usinas hidrelétricas, a combinação dessas fontes assegura a estabilidade da rede elétrica, possibilitando a oferta energética a qualquer momento. No mesmo tempo, quando não há necessidade, deixa-se de usar uma parte das turbinas hidrelétricas e assim aumenta o nível dos reservatórios e conseqüentemente a segurança de abastecimento.

Com relação aos aspectos ambientais, ainda que hoje a geração hidrelétrica domine nossa matriz de produção de energia elétrica, as restrições ambientais e as cada vez maiores distâncias entre os potenciais remanescentes e os grandes centros urbanos indicam custos crescentes para esta tecnologia de geração e para o sistema de transmissão e distribuição associado.

O sistema integrado junto ao ponto de consumo apóia-se na rede pública, auxiliando na redução do pico de demanda, diminuindo a dependência das fontes convencionais de energia, de forma não poluente e não prejudicial ao meio ambiente. Além disto, dado o caráter complementar da geração hidrelétrica e solar (chuvas = pouco sol e vice versa), a geração solar FV em grande escala poderia contribuir significativamente para melhor balancear a grande dependência do setor elétrico brasileiro em uma fonte geradora dominante e sazonal como é a geração hidráulica.

Os sistemas FV integrados à edificação urbana e interligados à rede elétrica são considerados atrativos principalmente em grades centros urbanos. Além desses sistemas não necessitarem de uma área física específica para a sua aplicação, podem utilizar as mesmas linhas de distribuição da geração convencional, gerando energia no próprio ponto de consumo. Quando locados estrategicamente no sistema de distribuição, podem contribuir significativamente para a redução da curva de carga (JARDIM et al, 2007).

A utilização dessa fonte, de forma complementar à hidreletricidade, pode ser considerada uma grande alternativa para a utilização de medidas de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), principalmente quando locadas em alimentadores urbanos que estão sobrecarregados. Pequenos geradores solares FV, como geração distribuída, podem ser eficientes, confiáveis e simples de implementar. Em algumas áreas, eles podem ser competitivos com a geração convencional e propiciar uma maior confiabilidade no abastecimento de energia, quando comparados com os sistemas convencionais de geração de energia. Em outros casos, eles podem aumentar a capacidade da rede, através da complementaridade de energia, promovendo um maior desempenho e

eficiência na rede. Dessa forma, a inserção da energia solar FV na matriz energética nacional, de forma complementar, poderia trazer grandes benefícios, tanto ao setor energético, quanto aos setores econômicos e sociais do país.

São considerados casos atrativos para a utilização da energia FV como geração distribuída (GD):

- Áreas metropolitanas onde o sistema de rede local tem uma capacidade pequena para suportar o crescimento da demanda e a possível reestruturação da rede elétrica acarretaria em altos investimentos;
- Setores comerciais ou industriais, que apresentam grande consumo energético e um pico de demanda diurno. Neste caso, o pico de geração de energia FV, muitas vezes coincide com o pico de demanda do setor, auxiliando na diminuição da sobrecarga da rede e auxiliando na redução deste pico de demanda;
- Áreas rurais ou remotas, onde os custos envolvidos para a expansão da rede são elevados;
- Localidades onde, devido a diversos fatores, o custo da energia de rede é mais elevado. Neste caso, a partir do momento em que houver a paridade tarifária entre a tecnologia FV e a geração convencional, faz sentido que essas regiões já tenham atingido maturidade e domínio tecnológico no que se refere à inserção dessa nova fonte no SIN;
- Consumidores que necessitem criar uma “imagem verde” como estratégia de marketing para seus produtos. Através da Resolução 247 de 2006 (ANEEL, 2009), que estabelece critérios de comercialização de energia fora do mercado cativo, os assim chamados “consumidores livres” ou até mesmo edificações de alto impacto visual (tais como prédios públicos, aeroportos, estádios de futebol), poderiam ter um benefício agregado à sua imagem, através da compra de energia gerada por sistemas FV.

7. Conclusões

O Brasil é um país rico em FRE, no entanto pouco tem sido feito para promovê-las no contexto da pequena geração distribuída. Entre os grandes empecilhos para a adoção da energia FV em grande escala estão: o alto custo, o que muitas vezes torna seu uso inviável, e o desconhecimento dos benefícios da utilização dessa FRE num país com dimensões continentais e com elevados índices de irradiação solar.

Mesmo apresentando um excelente potencial para a utilização da energia solar FV, atualmente não existe no Brasil nenhum mecanismo de incentivo ou regulamentação que promova ou que permita de forma clara e eficaz a inserção dessa fonte no SIN. Esse fato dificulta o seu desenvol-

vimento em maior escala e ressalta a importância da aplicação de mecanismos regulatórios para o seu fomento.

Atualmente, a geração FV ainda é uma das fontes mais caras de geração de energia elétrica, porém seus custos estão declinando ao longo dos anos e as suas perspectivas são de reduções ainda maiores. Ao mesmo tempo, não há nenhuma estimativa de redução dos custos da geração convencional para o consumidor final. Portanto, a partir do momento em que houver a paridade tarifária entre a geração convencional e a geração FV, a utilização dessa FRE poderá não somente auxiliar na diversificação da matriz energética, mas também trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais ao país. Os consumidores poderão pagar por esta energia o mesmo preço e futuramente até mesmo menos do que o preço da energia convencional, mas com um adicional de estarem consumindo uma energia ambientalmente sustentável.

A transição do setor energético em busca de uma maior utilização das FRE não acontece sozinha. O governo é a principal ferramenta para a disseminação dessas fontes, pois ele tem o poder de desenvolver e incentivar a tecnologia renovável, através da criação e aplicação de leis e programas de incentivo para o seu fomento. Primeiramente, são necessárias políticas adequadas e mecanismos de incentivo que favoreçam esse desenvolvimento, a fim de aumentar o grau de competitividade das FRE, através de economias de escala. A implementação do uso em larga escala dessas fontes pode ser mais acelerada se os governos investirem mais em programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e, principalmente, em programas de incentivo por tempo limitado e curto para possibilitar o desenvolvimento tecnológico e capacitação no país.

As possibilidades de disseminação das FRE devem andar em paralelo com a mudança na concepção dos sistemas energéticos existentes, promovendo a diversificação da matriz energética na região, através da geração distribuída. Dessa forma, possibilitará o desenvolvimento de atividades econômicas locais, promotoras de trabalho e fonte de renda.

A energia solar FV conectada à rede elétrica no Brasil deve ser compreendida como uma fonte complementar de energia, uma vez que esta é considerada uma fonte intermitente. Por outro lado, seu potencial é muitas vezes superior à demanda de energia ativa e futura do país, razão pela qual deve ser incentivada a participar com frações crescentes de contribuição na matriz energética nacional.

É possível demonstrar que no futuro próximo, o preço da energia gerada por um sistema solar FV instalado por um consumidor residencial sobre o seu telhado poderá ser menor do que o preço com impostos da energia convencional fornecida pela concessionária de distribuição. Argumenta-se então, que neste momento este consumidor tem o direito de optar pela alternativa de menor custo e que a legislação brasileira tem o dever de facultar-lhe esta opção. Enquanto

esse dia não chega, iniciativas de disseminação e projetos de grande viabilidade como o projeto Aeroportos Solares e o projeto Estádios Solares para a Copa do Mundo de Futebol de 2014 têm por objetivo promover a inserção dessa tecnologia benigna no setor energético brasileiro, preparando o país para as realidades que virão após a Copa de 2014.

Agradecimentos

Os autores (I.T.S. e R.R.) agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto “Estudo dos mecanismos de inserção da geração solar fotovoltaica conectada à rede elétrica no Brasil” (processo 479041/2007-5) e os autores (R.Z. e R.R.) agradecem ao Programa de Cooperação Internacional do CNPq em parceria com o programa CYTED pelo apoio a ação de coordenação “Desenvolvimento e difusão da geração distribuída com sistemas fotovoltaicos” (processo 490004/2008-3).

Referências

- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: www.aneel.org.br
- ABRACE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GRANDES CONSUMIDORES INDUSTRIAIS DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: www.abrace.org.br/port/home/index.asp
- BERMANN, C. - Impasses e Controvérsias da Hidreletricidade. Disponível em: www.scielo.br
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2009. Disponível em: <http://www.bmu.de/allgemein/aktuell/160.php>
- CCEE – Câmara de Comercialização de Energia. Disponível em: www.ccee.org.br
- EPIA – EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. Disponível em: www.epia.org
- HARMON, C. Interim Report IR-00-014: Experience Curves of Photovoltaic Technology
- HOFFMANN, W. PV solar electricity industry: Market growth and perspective. Solar Energy Materials & Solar Cells v. 90, p. 3285–3311, 2007.
- JARDIM, C. S.; RUTHER, R.; SALAMONI, I. T.; VIANA, T.; REBECHI, S. H.; KNOB, P. The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil. Energy and Buildings v. 40, p. 365-370, 2007.
- MARGOLIS, R. Photovoltaic Technology Experience Curves and Markets. Presentation at NCPV and Solar Program Review Meeting. Denver, Colorado, 2003.
- MAYCOCK, P., WAKEFIELD, G.F. Business analysis of solar photovoltaic conversion. The Conference Record of the 11th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pg. 252, IEEE, New York, USA, 1975.
- Navigant Consulting: Analysis of Worldwide Markets for Photovoltaic Products & Five – year Application Forecast 2007-2008. Disponível em: <http://www.navigantconsulting.com/>
- PEREIRA, E. B; MARTINS, F.R; ABREU, S.L. e RÜTHER, R. - Atlas Brasileiro de Energia Solar, INPE, 2006.
- PNE 2030 - Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em: www.mme.gov.br
- REN21 – Renewables 2008. Global Status Report, 2009. Disponível em: http://www.ren21.net/pdf/RE2008_Global_Status_Report.pdf
- RÜTHER, R.; SALAMONI, I.; MONTENEGRO, A. BRAUN, P. Programa de telhados solares fotovoltaicos conectados à rede elétrica pública no Brasil. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Fortaleza, 2008 a.
- RÜTHER, R., SALAMONI, I., MONTENEGRO, A.. Fontes renováveis de energia voltadas à geração de

energia para o Sistema Interligado Nacional. Relatório Interno Técnico GTZ, 2008 b.

SALAMONI, I.; MONTENEGRO, A.; RÜTHER, R. A paridade tarifária da energia solar fotovoltaica para a próxima década no Brasil e a importância de um mecanismo de incentivo. II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES - Florianópolis, 2008.

SUREK, T. Crystal growth and materials research in photovoltaics: progress and challenges. *Journal of Crystal Growth*, v.275, p. 292–304, 2005.

SZABÓ, S.; WALDAU, A. More competition: Threat or chance for financing renewable electricity? *Energy Policy*, v. 36, p. 1436–1447, 2008.