

RELATÓRIO FINAL

Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação

Coordenação:

Prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi

International Energy Initiative para a América Latina (IEI-LA) e
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Equipe:

Profa. Dra. Fabiana K. de O. M. Varella (UFERSA e IEI-LA)
MSc. Rodolfo Dourado Maia Gomes (IEI-LA)

Realização:



Outubro de 2009
Campinas/SP

FICHA TÉCNICA

Gilberto De Martino Jannuzzi é doutor pela Universidade de Cambridge, professor adjunto do Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp, diretor-executivo da International Energy Initiative e coordenador de diversos projetos na área de energia e ambiente, no Brasil e no exterior.

Fabiana K. O. M. Varella é Professora Adjunta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar (2001) e mestrado (2002-2004) e doutorado (2005 - 2009) em Planejamento de Sistemas Energéticos pela UNICAMP. No mestrado trabalhou com aquecimento solar de água e no doutorado com energia solar fotovoltaica.

Rodolfo Dourado Maia Gomes é pesquisador associado e como assistente do diretor do Escritório Latino Americano do International Energy Initiative (IEI). Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela UNICAMP.



América Latina O IEI, criado em 1992, é uma organização internacional, não governamental, independente e sem fins lucrativos que tem como propósito catalizar e desenvolver análises sobre desenvolvimento sustentável energético e transformar as idéias em prática. Possui escritórios regionais na América Latina e Ásia. O escritório regional do IEI para a América Latina está sediado em Campinas, SP, Brasil. www.iei-la.org

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	1
2. SUMÁRIO EXECUTIVO	1
3. INTRODUÇÃO	3
4. METODOLOGIA	4
4.1. ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS	5
5. OS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	6
5.1. PRINCIPAIS TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	7
5.1.1. SILÍCIO MONOCRISTALINO	7
5.1.2. SILÍCIO MULTICRISTALINO	7
5.1.3. FILMES FINOS	8
5.2. PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	9
5.2.1. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMÉSTICOS ISOLADOS OU AUTÔNOMOS	10
5.2.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NÃO DOMÉSTICOS ISOLADOS	10
5.2.3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DISTRIBUÍDOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA	10
5.2.4. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CENTRALIZADOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA	10
5.3. OS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE	10
6. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO MUNDO	12
7. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL	15
8. IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E OPORTUNIDADES	19
8.1. OPORTUNIDADES	19
8.1.1. CADEIA PRODUTIVA, INFRA-ESTRUTURA DE P&D E MERCADO	20
8.2. BARREIRAS	20
8.2.1. CADEIA PRODUTIVA	20
8.2.2. INFRA-ESTRUTURA DE P&D	21
8.2.3. MERCADO	21
9. LEGISLAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO MUNDO	21
10. LEGISLAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL	25
10.1. ESTÍMULOS AO USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL	25
10.1.1. INCENTIVOS FISCAIS	26

10.1.2. CENTRO BRASILEIRO PARA DESENVOLVIMENTO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: CB-SOLAR	26
<u>11. LEGISLAÇÃO DE SFCR NO BRASIL</u>	28
11.1. RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS NA PESQUISA	28
11.1.1. PESQUISADORES	28
11.1.2. CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA (P&D)	29
11.1.3. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA	29
11.2. GRUPO DE TRABALHO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (GT-GDSF)	29
11.3. PROGRAMA DE TELHADOS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA NO BRASIL	31
<u>12. ÍNDICE DE NACIONALIZAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL</u>	31
12.1. ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE NACIONALIZAÇÃO DOS SFCR'S NO BRASIL	32
<u>13. CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	33
<u>14. RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS</u>	36
<u>15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	37
<u>16. ANEXO</u>	42

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: EFICIÊNCIAS DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS DE FILMES FINOS.....	8
TABELA 2: CAPACIDADE INSTALADA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS E POTENCIAL SOLAR NA ALEMANHA, ESPANHA E BRASIL.....	15
TABELA 3: SISTEMAS INSTALADOS NO PRODEEM	17
TABELA 4: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE INSTALADOS NO PAÍS (1995-2008)	17
TABELA 5: TARIFAS MÉDIAS DE ELETRICIDADE NO BRASIL (2009).	19
TABELA 6: TARIFAS DOS NOVOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS NO EGG	22
TABELA 7: PROGRAMAS E INCENTIVOS: ALEMANHA, ESPANHA, EUA E JAPÃO.....	25
TABELA 8: EQUIPAMENTOS FOTOVOLTAICOS ISENTOS DE ICMS (2008).....	26
TABELA 9: ÍNDICES DE NACIONALIZAÇÃO ESTIMADOS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CÉLULA FOTOVOLTAICA E MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	6
FIGURA 2: CORTE TRANSVERSAL E VISTA FRONTAL DE CÉLULA FOTOVOLTAICA	7
FIGURA 3: TECNOLOGIAS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS (1999-2007)	9
FIGURA 4: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA.....	11
FIGURA 5: EXEMPLO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO DISTRIBUÍDO CONECTADO À REDE ELÉTRICA.....	11
FIGURA 6: EXEMPLO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CENTRALIZADO CONECTADO À REDE ELÉTRICA.....	12
FIGURA 7: POTÊNCIA ACUMULADA INSTALADA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM PAÍSES NO MUNDO CONECTADOS OU NÃO À REDE ELÉTRICA, EM MW (1992–2007)	13
FIGURA 8: POTÊNCIA INSTALADA DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS POR APLICAÇÃO EM ALGUNS PAÍSES, EM PORCENTAGEM (2007).....	14
FIGURA 9: POTÊNCIA ACUMULADA INSTALADA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NA ALEMANHA, ESPANHA, JAPÃO E EUA, EM MW (1992-2007).....	15
FIGURA 10: NT-SOLAR E CB-SOLAR, PUCRS.	27

1. APRESENTAÇÃO

O presente estudo foi encomendado pelo PROCOBRE Brasil através de convênio firmado com o Escritório Regional para a América Latina do International Energy Initiative (IEI).

O PROCOBRE faz parte da Internacional Copper Association (ICA, Associação Internacional do Cobre), com sede em Nova Iorque, encarregada de liderar a promoção do cobre mundialmente.

O objetivo do presente relatório é investigar os motivos por ainda não haver uma legislação específica para promover o uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no país.

2. SUMÁRIO EXECUTIVO

1. O Brasil possui um grande desafio nas próximas décadas para buscar soluções para atender os crescentes requisitos de serviços de energia e, ao mesmo tempo, satisfazer critérios de economicidade, segurança de suprimento, saúde pública, garantia de acesso universal e sustentabilidade ambiental. As crescentes pressões ambientais sobre a exploração do potencial hidráulico localizado na região amazônica e os recursos energéticos cada vez mais distantes dos centros de carga são alguns elementos que se colocam para se buscar novas soluções. Para satisfazer esses critérios, significativos esforços de políticas públicas para inserção de novas tecnologias, P&D e demonstração deverão ser iniciados imediatamente e nos próximos anos para atender a esperada demanda de energia em 2030-2050.
2. Uma das apostas que está sendo feita em vários países é o uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR). Apesar de ainda ser uma solução cara atualmente frente a outras soluções, é a tecnologia que apresenta a maior taxa de crescimento e queda nos custos. Além do ganho de escala e efeitos de aprendizado, os avanços tecnológicos e novas descobertas são bastante promissores para baratear ainda mais os seus custos. Prevê-se que a energia gerada através desses sistemas se tornará competitiva com as tarifas de eletricidade pagas pelos consumidores europeus entre 2010 e 2020 e com os custos médios de geração depois de 2030.
3. No Brasil, pouco tem sido feito na promoção do uso da energia solar fotovoltaica. Apesar de o país dispor de um grande potencial de energia solar, até então os poucos programas criados com tal finalidade pouco incentivaram a criação e consolidação de um mercado para o uso desta tecnologia no país e o desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos e serviços. A falta de regulamentação é uma das barreiras apontadas.
4. Dessa maneira, o objetivo do presente trabalho é investigar os motivos por ainda não haver uma legislação específica que incentive o uso dos SFCR no Brasil. Para tanto, apresenta uma breve descrição de tais sistemas, identifica-se os SFCR instalados no país, as oportunidades e barreiras existentes, as legislações existentes em outros países e os incentivos existentes no Brasil ao uso da energia solar fotovoltaica. A metodologia utilizada baseou-se em revisão da literatura existente e aplicação de questionários específicos. Os questionários foram enviados para o Ministério de Minas e Energia, pesquisadores e uma distribuidora de eletricidade.
5. Enquanto no mundo a potência instalada acumulada total de sistemas fotovoltaicos foi de aproximadamente 8 GW em 2007, no Brasil é de aproximadamente 20 MW. Esse valor equivale somente aos sistemas fotovoltaicos autônomos (basicamente eletrificação rural e bombeamento de água), pois no país ainda não há sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em utilização comercial, apenas experimental. A saber, são 29 SFCR experimentais no país, equivalendo a um total aproximado de 153 kW.

A experiência internacional

6. A potência total instalada de sistemas conectados à rede no mundo vem crescendo significativamente ao longo dos anos. Somente em 2007 tais sistemas foram responsáveis por 94% do total instalado, ou seja, os 6% restantes corresponderam aos sistemas autônomos. Os custos em 2006, quando comparados com 1975, são oito vezes menores. Passaram de US\$ 30/Wp (Tolmasquim, 2003) para US\$ 3,75/Wp (IEA-PVPS, 2006).
7. As políticas públicas são as principais responsáveis por essa significativa evolução da capacidade instalada e da redução dos custos experimentada no mundo, mesmo embora sendo ainda uma energia cara quando comparada às tecnologias convencionais e às tarifas de eletricidade praticadas atualmente.
8. A Alemanha, o Japão, EUA e Espanha são os quatro países com a maior potência acumulada instalada de sistemas fotovoltaicos no mundo. As principais motivações comuns são a diversificação das fontes de energia tradicionalmente utilizadas (segurança no suprimento); o incentivo à indústria de equipamentos fotovoltaicos; o barateamento da tecnologia; e a preocupação com o meio ambiente, principalmente com a redução das emissões de CO₂.
9. Apesar de motivados por questões comuns, cada país adotou suas próprias linhas de incentivo. Os mecanismos utilizados variam de país para país, sendo adotado um tipo de sistema ou uma combinação deles. Fica evidente a partir dessas experiências que todas convergem para a obrigatoriedade em adquirir a energia gerada a partir de sistemas fotovoltaicos ou de outras fontes renováveis.

A experiência brasileira

10. A experiência nacional evidencia que o Brasil vem tentando introduzir ao longo dos anos o uso da energia solar fotovoltaica através de programas de incentivo, sendo o maior deles o PRODEEM (Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios). Todas as ações voltaram-se aos sistemas autônomos e nenhuma aos SFCR. Embora permitiram importantes aprendizados, as poucas aplicações de SFCR foram ações experimentais, individuais e isoladas.
11. Infelizmente o que foi feito até o momento para introduzir o uso da energia solar fotovoltaica não foi suficiente para garantir o desenvolvimento de seu mercado. Mesmo embora se possa afirmar que uma gama de equipamentos para aplicação em sistemas fotovoltaicos esteja isenta de impostos como o ICMS, essa condição, por si só, não estimulou o seu uso. O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007) não contemplou, dentro do horizonte de 25 anos do estudo, a utilização da energia solar fotovoltaica como opção de atendimento da demanda, mesmo que marginal, na contramão da tendência mundial.
12. Os custos são comumente apontados como uma das principais barreiras. O custo dos SFCR no Brasil varia de 800 a 900 R\$/MWh (Zilles, 2008a). Já o custo marginal de expansão do setor elétrico nacional é de US\$ 57/MWh (R\$ 125,40/MWh), de acordo com o Plano Nacional de Energia 2030. A tarifa média para os consumidores é de R\$ 259,24/MWh. Portanto, o custo dos SFCR's no Brasil é de seis a sete vezes maior do que o custo marginal de expansão e de três a quatro vezes maior do que as tarifas médias de eletricidade praticadas no país. Alguns estudos apontam que a paridade de rede no país poderá acontecer entre 2015 e 2020. No entanto, um maior aprofundamento é necessário.
13. Apesar dos custos elevados, a experiência internacional tem mostrado que políticas públicas são responsáveis pela introdução dessa tecnologia no mercado, trazendo benefícios importantes como redução dos custos, geração de emprego, desenvolvimento da indústria local de equipamentos e serviços, redução das emissões de gases de efeito estufa e da dependência de combustíveis fósseis.
14. As principais barreiras existentes ao longo de todos esses anos ao desenvolvimento desse mercado no Brasil é que a energia solar fotovoltaica não tem sido contemplada efetivamente por políticas públicas específicas de longo prazo, pela legislação em vigor e por garantias de sustentabilidade dos sistemas (operação e manutenção), apesar do país possuir um vasto potencial para sua aplicação. Esses são ingredientes importantes de

transformação de mercado, pois estabelece, aos investidores e consumidores, condições e regras de médio e longo prazo para o estabelecimento do mercado, desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos e serviços e fortalecimento da pesquisa, desenvolvimento e inovação.

15. No final de 2008, duas importantes iniciativas foram tomadas no âmbito do governo federal, fazendo com que a energia solar fotovoltaica entrasse com mais força nas discussões nacionais. Criou-se, no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME), o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF). O GT-GDSF tem como finalidade elaborar uma proposta de política de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, em particular em edificações urbanas, como fator de otimização de gestão da demanda de energia e de promoção ambiental do país, em curto, médio e longo prazo.
16. A segunda iniciativa partiu do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), que encomendou ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) um estudo propositivo de recomendações para subsidiar a formulação e implantação de políticas de incentivo à inovação tecnológica e à participação industrial do Brasil no mercado de silício de grau solar e de energia solar fotovoltaica a partir de opiniões de especialistas sobre a importância socioeconômica do tema no horizonte de 2010-2025.
17. O GT-GDSF e o CGEE já estão com essas suas atividades praticamente concluídas e há grandes expectativas em torno das medidas que virão a ser tomadas. Dessa forma, os resultados dessas duas iniciativas geram uma oportunidade ímpar no país de se introduzir o uso da energia solar fotovoltaica de uma maneira ainda não vivenciada, mas reivindicada há décadas pela comunidade científica e de especialistas, que é a criação de uma política pública de longo prazo, coordenada, sistemática e contínua ao longo de um período de tempo, com investimentos programados e metas físicas integradas ao planejamento do setor elétrico e conseqüentemente à política energética nacional e de ciência e tecnologia.

3. INTRODUÇÃO

No século XX, com a crise de energia na década de 70, em que o mundo percebeu sua exagerada dependência por combustíveis fósseis, ocorreu um despertar para a necessidade de se buscar fontes alternativas às fontes fósseis. A partir de então, esforços significativos foram direcionados para o aproveitamento de outras fontes de energia, como, por exemplo, a energia solar. De fato, na época iniciou-se o desenvolvimento de sistemas de energia solar fotovoltaica¹ para o uso residencial e comercial, em aplicações autônomas e conectadas à rede elétrica, já que até a década de 60 a maior parte dos sistemas existentes tinha como finalidade principal gerar energia elétrica para satélites espaciais.

Ainda na década de 70, melhorias na fabricação, no desempenho e na qualidade dos módulos fotovoltaicos ajudaram a reduzir custos e abriram oportunidades para aplicações terrestres em zonas remotas, distantes das redes elétricas. Em muitos países foram aplicados sistemas fotovoltaicos autônomos em postos de saúde no meio rural, refrigeração, bombeamento de água, telecomunicações, eletrificação rural e o restante atendia ao mercado mundial de produtos fotovoltaicos.

Porém, foi o início da década de 90 que ficou marcado pelo crescimento das aplicações dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica para uso residencial e comercial nos países desenvolvidos, motivado principalmente pela busca em reduzir a dependência energética dos combustíveis fósseis e pela preocupação com as mudanças climáticas, em especial com a intensificação do efeito estufa na atmosfera.

¹ Ao longo do trabalho será utilizada a expressão “sistema fotovoltaico”, em substituição a expressão “sistema de energia solar fotovoltaica”.

Neste sentido, grande parte dos sistemas fotovoltaicos instalados no mundo decorreu de programas governamentais específicos desenvolvidos por cada país para estimular o uso da energia solar fotovoltaica, haja vista que ainda é uma energia cara quando comparada às tecnologias convencionais e às tarifas de eletricidade praticadas atualmente. Tais programas vêm fomentando os sistemas fotovoltaicos através de incentivos fiscais e/ou financeiros para a população e auxiliando, de certa forma, as indústrias locais de equipamentos e serviços a se desenvolverem mais rapidamente.

No caso do Brasil, pouco tem sido feito a respeito. Apesar de o país dispor de um grande potencial de energia solar, que pode ser aproveitado na geração de energia elétrica através da tecnologia solar fotovoltaica, até então os poucos programas criados com tal finalidade pouco incentivaram a criação e consolidação de um mercado para o uso desta tecnologia no país. A falta de regulamentação é uma das barreiras apontadas.

Enquanto no mundo a potência instalada acumulada total de sistemas fotovoltaicos foi de aproximadamente 8 GW em 2007, no Brasil é de aproximadamente 20 MW. Esse valor equivale somente aos sistemas fotovoltaicos autônomos (basicamente eletrificação rural e bombeamento de água), pois no país ainda não há sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica² em utilização comercial, apenas experimental. A saber, são 29 SFCR experimentais no país, equivalendo a um total aproximado de 153 kW.

A potência total instalada de sistemas conectados à rede no mundo vem crescendo significativamente ao longo dos anos. Somente em 2007 tais sistemas foram responsáveis por 94% do total instalado, ou seja, os 6% restantes corresponderam aos sistemas não conectados à rede, ou seja, aos sistemas autônomos.

Assim, diante da tendência crescente ao uso dos SFCR no mundo; do significativo potencial energético solar do Brasil; da necessidade de incentivos regulatórios para tornar a energia solar também efetivamente competitiva; da necessidade em se reduzir a dependência por fontes fósseis e, como consequência, diversificar a matriz energética; e da importância do desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos e serviços com o intuito de restringir a importação, o presente trabalho procura investigar os motivos por ainda não haver uma legislação específica para tais sistemas no país.

Para tanto, o presente estudo teve como principais objetivos:

- Descrever os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFCR);
- Identificar os SFCR's instalados no Brasil;
- Identificar as barreiras e oportunidades existentes;
- Identificar as legislações existentes em países no mundo;
- Identificar os incentivos ao uso da energia solar fotovoltaica no Brasil;
- Identificar as razões por não haver ainda legislação em vigor no país para os SFCR's.

4. METODOLOGIA

A pesquisa realizada teve como objetivo identificar os motivos por não haver ainda no Brasil uma legislação em vigor específica para os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFCR). Para tanto, foram utilizadas duas abordagens: pesquisa bibliográfica e aplicação de questionários.

² Ao longo do trabalho, quando tratar desse tipo de sistema será usada a sigla SFCR.

A pesquisa bibliográfica pautou-se no levantamento da experiência nacional na aplicação de sistemas fotovoltaicos, especialmente aqueles conectados à rede, as barreiras e oportunidades para sua difusão no país, bem como os avanços mais recentes. A experiência internacional também foi vislumbrada como contextualização do estudo e como importante fonte de lições e experiências que podem ser aproveitadas pelo país na elaboração de políticas públicas de incentivo a essa fonte.

Os questionários tiveram o objetivo de levantar as razões de ainda não haver no país uma legislação específica para sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Visando obter estas informações sob diferentes perspectivas, foram elaborados três questionários direcionados para (1) pesquisadores da área, (2) Ministério de Minas e Energia – MME e (3) concessionárias de energia elétrica.

4.1. Elaboração e aplicação dos questionários

Procurou-se elaborar questionários objetivos, acreditando que, desta forma, a colaboração por parte dos que responderiam seria satisfatória e positiva.

Os questionários foram enviados via email no dia 27 de março de 2009 para que as partes tivessem um primeiro contato com o projeto. Posteriormente, no dia 02 de abril de 2009, foi realizado um contato via telefone, no qual era explicado o objetivo da pesquisa e dada a opção das partes responderem ao questionário via e-mail ou através de agendamento de um horário para uma entrevista via telefone, por exemplo.

Após o recebimento, os questionários respondidos eram analisados e uma nova interação era feita com o respondente quando necessária.

Os questionários aplicados aos pesquisadores, à concessionária de energia elétrica e ao MME são apresentados a seguir.

QUESTIONÁRIO: PESQUISADORES E CONCESSIONÁRIAS (P&D)
1. Em sua opinião, por que ainda não há legislação em vigor no país para os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica – SFCR?
2. O que tem impedido ou dificultado a entrada de uma legislação específica?
3. O que tem sido feito a respeito e o que pode ser feito neste sentido?
4. Com relação à experiência internacional, na sua opinião, qual país tem a legislação que poderia ser mais adequada a ser aplicada no Brasil? Justifique!
5. Há alguma outra questão que queira acrescentar?

QUESTIONÁRIO: Ministério de Minas e Energia (MME)
1. Por que no Brasil ainda não há legislação em vigor para os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica – SFCR?
2. O que tem impedido ou dificultado a entrada de uma legislação específica?
3. O que tem sido feito a respeito e o que pode ser feito neste sentido?
4. Qual o interesse do MME em relação a isso?
5. Por que ainda não há legislação que estabeleça regras e normas para regular a entrada de sistemas intermitentes de pequeno porte na rede elétrica?

5. OS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Em uma básica definição, sistema fotovoltaico é um conjunto integrado de módulos fotovoltaicos e outros componentes, projetado para converter a energia solar em eletricidade (MAYCOCK, 1981; TREBLE, 1991).

O princípio físico de funcionamento dos módulos fotovoltaicos é denominado efeito fotovoltaico (foto= luz; volt= eletricidade), que é o fenômeno apresentado por determinados materiais que, expostos à luz, produzem eletricidade.

Os módulos são compostos por células fotovoltaicas, conforme mostra a Figura 1, e a conversão da radiação solar em energia elétrica é obtida utilizando-se material semicondutor como elemento transformador, conhecido como célula solar ou célula fotovoltaica.

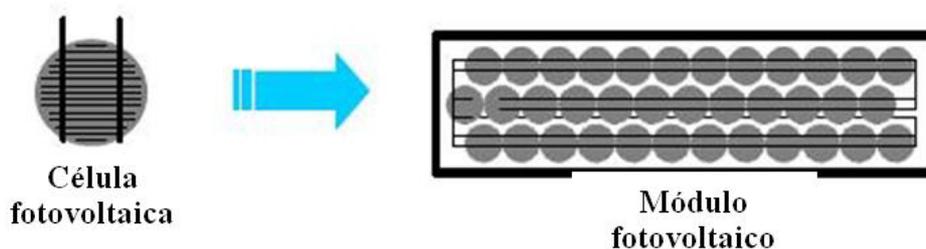


Figura 1: Célula fotovoltaica e módulo fotovoltaico.

Fonte: Florida Solar Energy Center, 1999.

Para que o material semicondutor se transforme em uma célula fotovoltaica, primeiro passa por uma etapa de purificação e posteriormente por uma etapa de dopagem. A dopagem ocorre através da adição de traços de certos elementos químicos, tais como boro e fósforo,

dosados em quantidades certas, para formar a junção p-n³. A Figura 2 apresenta com detalhes o corte transversal e uma vista frontal de uma célula fotovoltaica.

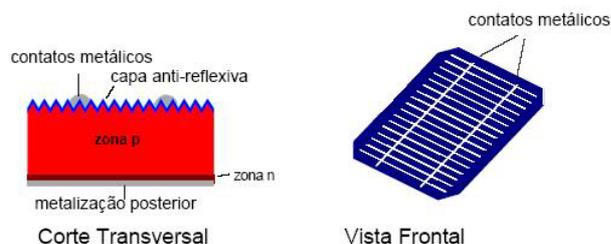


Figura 2: Corte transversal e vista frontal de célula fotovoltaica

Fonte: Fedrizzi, 1997.

5.1. Principais tipos de células fotovoltaicas

As células fotovoltaicas disponibilizadas comercialmente são elaboradas à base de silício monocristalino, policristalino e amorfo, mas também há células fabricadas com outros materiais, como o disseleneto de cobre-indio (CIS) e telureto de cádmio (CdTe). Essas tecnologias são descritas a seguir.

5.1.1. Silício Monocristalino

A célula de silício monocristalino é historicamente a mais utilizada e comercializada. Tais células solares são obtidas a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino produzidos em fornos especiais. As células são obtidas por corte das barras em forma de pastilhas finas, com espessura atual em torno de 200 μm . A eficiência deste tipo de célula fotovoltaica varia de 15% (ASIF, 2008b) a 24,7% (PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS, 2008).

5.1.2. Silício Multicristalino

Também chamado de silício policristalino, tais células fotovoltaicas são produzidas a partir de blocos de silício, obtidos por fusão de porções de silício puro em moldes especiais. Uma vez nos moldes, o silício resfria lentamente e solidifica-se. Neste processo, os átomos não se organizam em um único cristal, formando-se uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais. A presença de interfaces entre os vários cristais reduz um pouco a eficiência destas células. A eficiência deste tipo de célula, na conversão de luz em eletricidade, é menor do que as de silício monocristalino, variando de 14% (IEA, 2008a) a 20,3% (PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS, 2008).

³ Nesta junção, os elétrons livres do lado “n” passam para o lado “p” onde encontram lacunas que os capturam. Isto faz com que haja um acúmulo de elétrons no lado “p”, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado “n”, que o torna eletricamente positivo. Estas cargas aprisionadas dão origem a um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de mais elétrons do lado “n” para o lado “p”. Este processo alcança um equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de barrar os elétrons livres remanescentes no lado “n”. Para maiores informações, consultar o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (CRESESB, 2004).

5.1.3. Filmes Finos

No intuito de se buscar alternativas na fabricação de células fotovoltaicas, principalmente para redução dos seus custos, muitos trabalhos de pesquisa vêm sendo realizados no mundo todo. Um dos principais campos de investigação é o de células fotovoltaicas de filmes finos. Atualmente há três tipos de módulos fotovoltaicos de filme fino disponíveis no mercado que são fabricados a partir de silício amorfo (Si-a), disseleneto de cobre-indio (CIS) e telureto de cádmio (CdTe). As eficiências das células fotovoltaicas de filmes finos podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1: Eficiências das células fotovoltaicas de filmes finos

Tipo de Célula	Eficiências (%)
Silício amorfo (Si-a)	5% ⁽¹⁾ - 9,5% ⁽²⁾
Disseleneto de cobre-indio (CIS)	7% ⁽¹⁾ - 19,2% ⁽²⁾
Telureto de cádmio (CdTe)	8% ⁽¹⁾ - 16,5% ⁽²⁾

Fonte: ⁽¹⁾ ASIF, 2008a; ⁽²⁾ PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS, 2008.

De acordo com ASIF (2008a), o filme fino multicristalino sobre cristal (CGS) é uma tecnologia promissora que está começando a ingressar na fase de produção industrial. Segundo ASIF (2008a) e IEA (2008a), a tecnologia microcristalina, em particular a combinação do silício amorfo com o silício microcristalino (Si-a/Si- μ c) é outro enfoque com resultados promissores. A Figura 3 mostra a utilização das diferentes células fotovoltaicas ao longo dos anos (1999-2007).

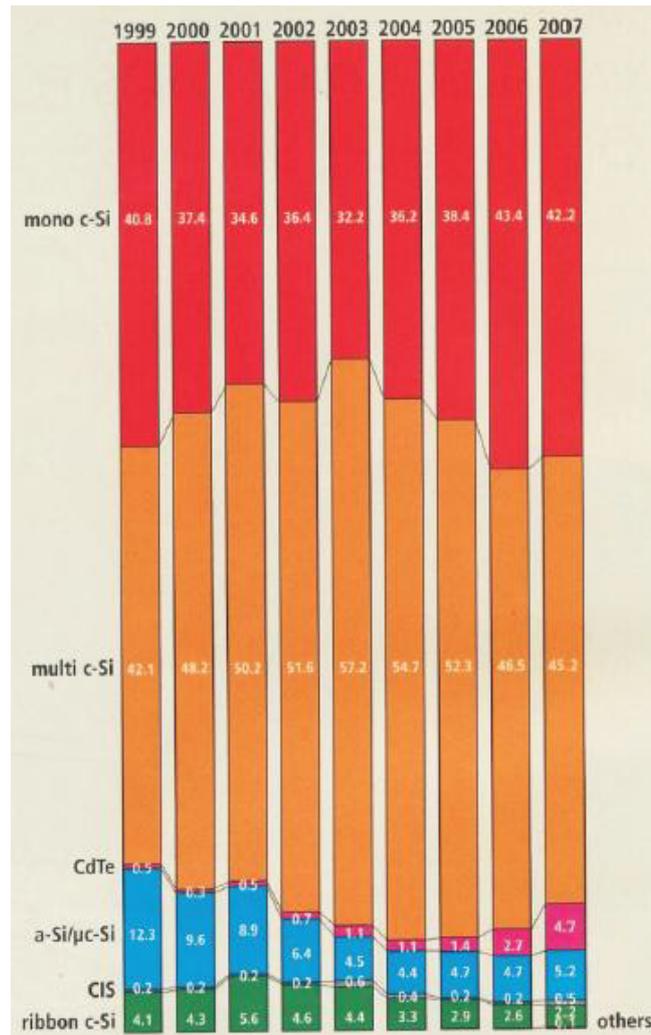


Figura 3: Tecnologias de células fotovoltaicas (1999-2007)

Fonte: PHOTON International, 2008.

Como pode ser observado na Figura 3, houve um importante crescimento na participação da tecnologia de filme fino, fabricado a partir do CdTe. Esse crescimento ocorreu devido ao crescimento da produção da empresa norte-americana First Solar, que produziu em 2007 200 MW, um aumento superior a 200% quando comparado com a produção de 60 MW em 2006. Observa-se que durante todo período de 1999 a 2007 a tecnologia do silício (mono e multicristalino) dominou o setor mundial, sendo responsável por quase 90% da produção somente em 2007.

5.2. Principais aplicações dos sistemas fotovoltaicos

Segundo Treble (1991) e Markvart (2000), existem duas principais categorias de sistemas fotovoltaicos: os sistemas isolados, ou não conectados à rede elétrica, e os sistemas conectados à rede elétrica. A escolha dos componentes que serão integrados aos módulos dependerá em qual categoria os sistemas são enquadrados (MARKVART, 2000). A diferença fundamental entre esses dois tipos de configuração é a existência ou não de um sistema acumulador de energia, ou seja, as baterias. Neste trabalho, portanto, apenas os sistemas conectados à rede elétrica serão objeto de consideração.

Mundialmente os sistemas fotovoltaicos restringem-se a quatro principais aplicações, das quais duas em sistemas isolados ou não conectados à rede (sistemas domésticos e sistemas não domésticos) e duas em sistemas conectados à rede (sistemas distribuídos e sistemas centralizados). Essas quatro principais aplicações são descritas a seguir.

5.2.1. Sistemas Fotovoltaicos Domésticos Isolados ou Autônomos

Os sistemas domésticos isolados são aqueles sistemas que fornecem eletricidade às residências e que, como o próprio nome já diz, não estão conectados à rede de distribuição de eletricidade da concessionária local (IEA-PVPS, 2006). No Brasil, estes sistemas atendem às comunidades isoladas, fornecendo eletricidade, na maior parte dos casos, para iluminação, refrigeração e outras cargas baixas de energia (CRESESB, 2005).

5.2.2. Sistemas Fotovoltaicos Não Domésticos Isolados

Os sistemas fotovoltaicos não domésticos isolados foram as primeiras aplicações comerciais para sistemas terrestres. Esses sistemas fornecem energia para uma ampla escala de aplicações, tais como em telecomunicação, refrigeração de medicamentos e vacinas em postos de saúde, bombeamento de água e outros (MARKVART, 2000; IEA-PVPS, 2006).

5.2.3. Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos Conectados à Rede Elétrica

Os sistemas fotovoltaicos distribuídos conectados à rede são instalados para fornecer energia ao consumidor, que pode usar a energia da rede elétrica convencional para complementar a quantidade de energia demandada, caso haja algum aumento do consumo de energia em sua residência ou estabelecimento comercial. O consumidor pode também vender a energia gerada pelo sistema para a distribuidora, caso use menos energia do que a gerada pelo sistema (MAYCOCK, 1981; MARKVART, 2000; RÜTHER et al., 2005; IEA-PVPS, 2006).

5.2.4. Sistemas Fotovoltaicos Centralizados Conectados à Rede Elétrica

Os sistemas centralizados conectados à rede executam a função de estações centralizadas de energia. A fonte de alimentação por tal sistema não é associada com um cliente particular da eletricidade. Estes sistemas são tipicamente instalados em terrenos ou campos e funcionam normalmente a certa distância do ponto de consumo (MAYCOCK, 1981; MARKVART, 2000; RÜTHER et al., 2005; IEA-PVPS, 2006).

5.3. Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede apresentam duas configurações distintas: os sistemas fotovoltaicos distribuídos e os sistemas fotovoltaicos centralizados (MAYCOCK, 1981; RÜTHER, 1999; MARKVART, 2000; RÜTHER *et al.*, 2005).

A Figura 4 apresenta um esquema simplificado da configuração de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica. Os dois principais equipamentos pertencentes ao sistema mencionado são o gerador fotovoltaico⁴ e o inversor conectado à rede elétrica que

⁴ Em algumas literaturas também conhecido como “módulos fotovoltaicos”.

converte a energia elétrica gerada em CC pelos painéis para CA, adequada à conexão na rede de distribuição de energia.

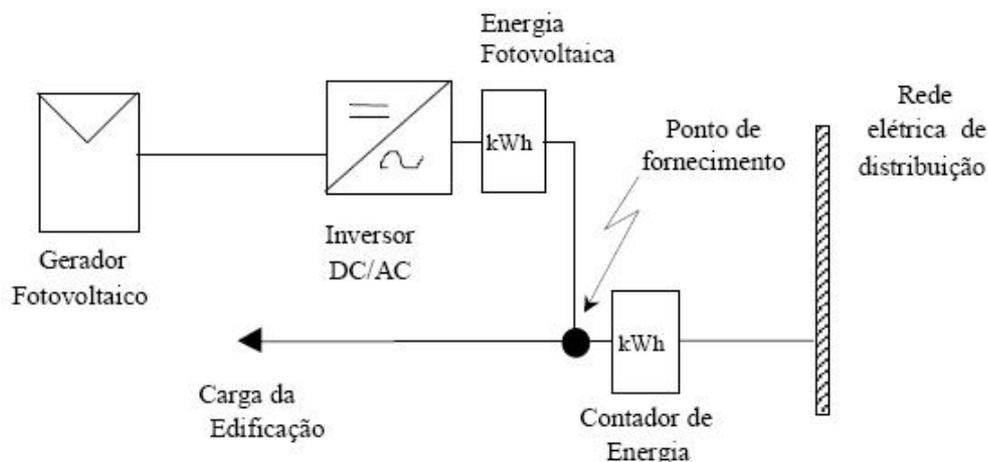


Figura 4: Diagrama esquemático de sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica

Fonte: Zilles, 2008a.

Os sistemas fotovoltaicos distribuídos podem ser instalados de forma integrada a uma edificação, no telhado ou na fachada de um prédio e, portanto, junto ao ponto de consumo, conforme mostra a Figura 5. Já os sistemas fotovoltaicos centralizados, como em uma usina central geradora convencional, normalmente se localizam a certa distância do ponto de consumo, conforme a Figura 6 (MAYCOCK, 1981; FRAINDENRAICH & LYRA, 1995; RÜTHER, 1999; MARKVART, 2000; RÜTHER *et al.*, 2005). Neste último caso, existe, como na geração centralizada convencional, a necessidade dos complexos sistemas de transmissão e distribuição (T&D) tradicionais (RÜTHER *et al.*, 2005).



Figura 5: Exemplo de um sistema fotovoltaico distribuído conectado à rede elétrica

Fonte: IEA-PVPS, 2006.



Figura 6: Exemplo de um sistema fotovoltaico centralizado conectado à rede elétrica

Fonte: IEA-PVPS, 2006.

No caso dos sistemas distribuídos, algumas vantagens deste tipo de instalação podem ser destacadas, a saber: não requerem área extra e podem, portanto, serem utilizados no meio urbano, próximo ao ponto de consumo, o que leva a eliminar perdas por T&D da energia elétrica, como ocorre com usinas geradoras centralizadas, além de não requererem instalações de infra-estrutura adicionais. Os módulos fotovoltaicos podem ser também considerados como um material de revestimento arquitetônico no caso de instalações em prédios e casas, reduzindo os custos e dando à edificação uma aparência estética inovadora e *high tech* (FRAINDENRAICH & LYRA, 1995; RÜTHER *et al.*, 2005).

6. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO MUNDO

A década de 90 experimentou um grande crescimento da aplicação de sistemas fotovoltaicos no mundo. A capacidade instalada saltou de 110 MWp em 1993 para 7.841 MWp em 2007 (Figura 7), sendo que 93% da capacidade instalada atual concentra-se em quatro países: Alemanha, Japão, EUA e Espanha.

Os custos em 2006, quando comparados com 1975, são oito vezes menores. Passaram de US\$ 30/Wp (Tolmasquim, 2003) para US\$ 3,75/Wp (IEA-PVPS, 2006).

Estes custos cairão ainda mais a ponto de tornar a energia gerada pelos SFCR competitiva em relação às tarifas praticadas aos consumidores e aos sistemas convencionais de geração de eletricidade. De acordo com a Plataforma Tecnológica Fotovoltaica Européia (European Union, 2007), a energia gerada através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede deverá se tornar competitiva na Europa com a tarifa praticada para o consumidor (paridade com a rede) entre 2010 e 2020, e com os custos médios de geração depois de 2030.

Dessa forma, os avanços da indústria fotovoltaica e seu crescimento vertiginoso a partir da década de 90 devem-se a políticas públicas implementadas por vários países.

A seção “Legislação de Sistemas Fotovoltaicos no Mundo” apresenta alguns dos principais mecanismos regulatórios responsáveis pela criação e desenvolvimento do mercado de sistemas fotovoltaicos. Essas experiências são importantes para fornecer subsídios para a criação de políticas públicas no país.

Em 2007, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede foram responsáveis por 94% do total instalado, ou seja, os 6% restantes corresponderam aos sistemas não conectados à rede (Figura 7).

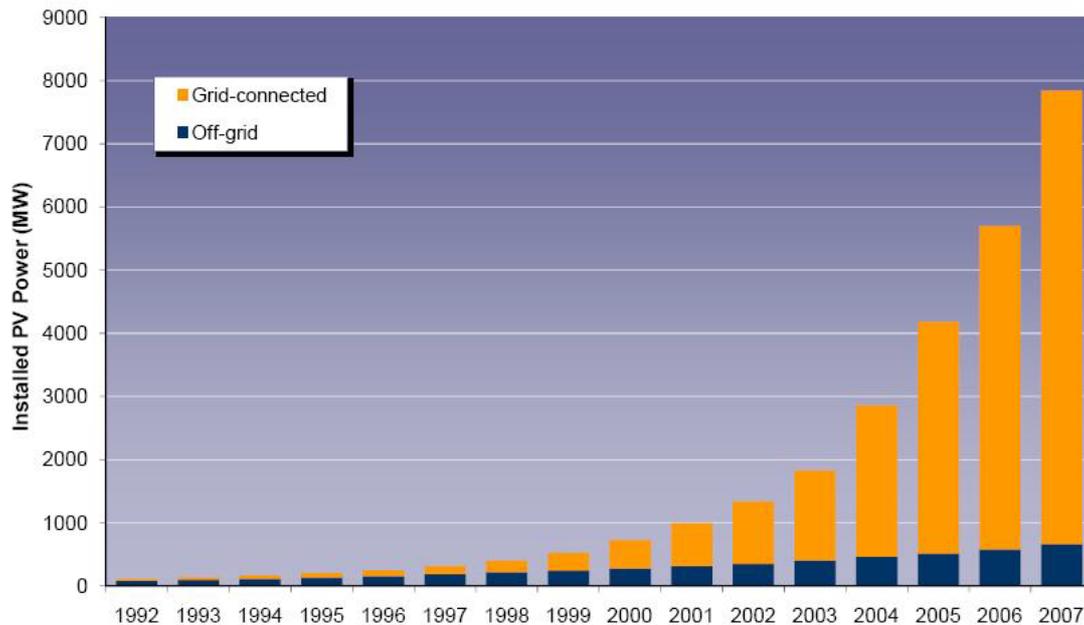


Figura 7: Potência acumulada instalada de sistemas fotovoltaicos em países no mundo conectados ou não à rede elétrica, em MW (1992–2007)

Fonte: IEA – PVPS, 2008b.

Apesar disso, segundo o Relatório *Trends in Photovoltaic Applications* (IEA, 2007), 1/3 dos países pertencentes ao PVPS⁵ relatam que as aplicações não conectadas à rede dominam seus mercados, como pode ser visto na Figura 8. No entanto, esses mesmos países relatam que estas aplicações vêm diminuindo ao longo do tempo e que a forte tendência é o mercado de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

⁵ Os países pertencentes ao PVPS são Austrália, Áustria, Canadá, Dinamarca, União Européia, França, Alemanha, Israel, Itália, Japão, Coreia, Malásia, México, Holanda, Noruega, Portugal, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido e os Estados Unidos.

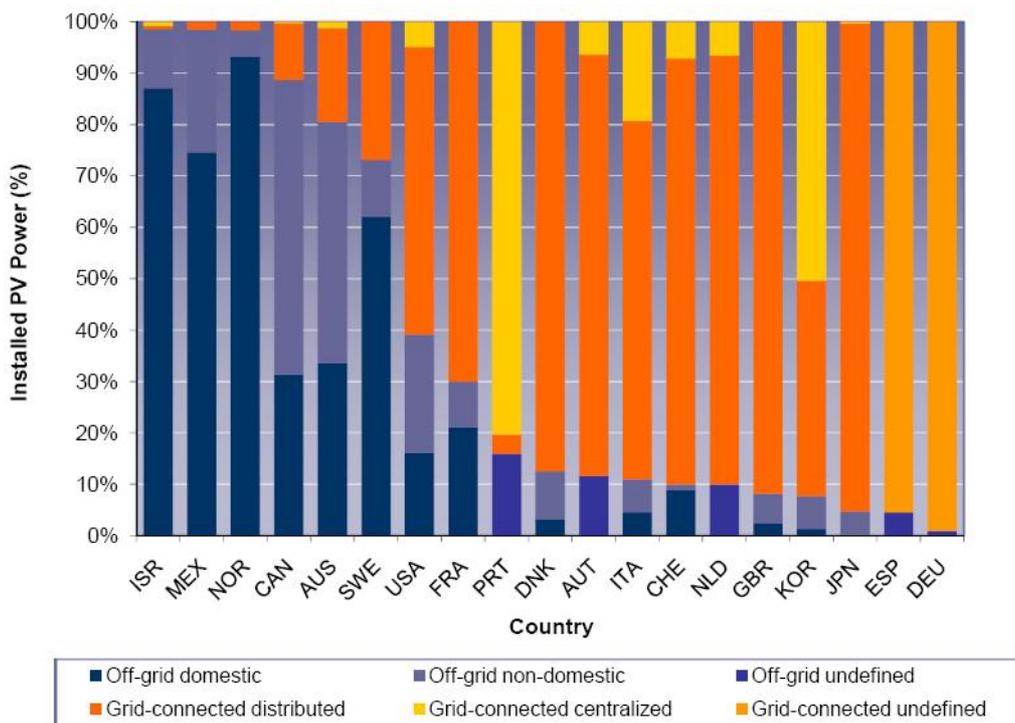


Figura 8: Potência instalada dos sistemas fotovoltaicos por aplicação em alguns países⁶, em porcentagem⁷ (2007)

Fonte: IEA- PVPS, 2008b.

Os tipos de aplicações não conectadas à rede elétrica variam de acordo com cada mercado. Por exemplo, na Austrália, Canadá e México a aplicação mais comum são os sistemas de eletrificação rural e em todos estes mercados a aplicação em telecomunicações é a mais importante (IEA, 2007).

A Alemanha, Japão, EUA e Espanha, como os quatro países que estão se destacando no mercado mundial, foram responsáveis por aproximadamente 90% do total instalado em 2007, sendo 50% instalado somente na Alemanha. Observa-se que a Alemanha possui claramente a maior capacidade instalada, com 3.862 MW (Figura 9).

⁶ Off-grid undefined = sistemas não conectados à rede que não foram quantificados separadamente em domésticos ou não domésticos. Grid-connected undefined = sistemas conectados à rede que não foram quantificados separadamente em distribuídos ou centralizados.

⁷ MEX = México; NOR = Noruega; ISR = Israel; CAN = Canadá; SWE = Suécia; AUS = Austrália; PRT = Portugal; FRA = França; KOR = Coreia; USA = Estados Unidos; ITA = Itália; ESP = Espanha; AUT = Áustria; CHE = Suíça ; DNK = Dinamarca; NLD = Países Baixos; GBR = Reino Unido; JPN = Japão e DEU = Alemanha.

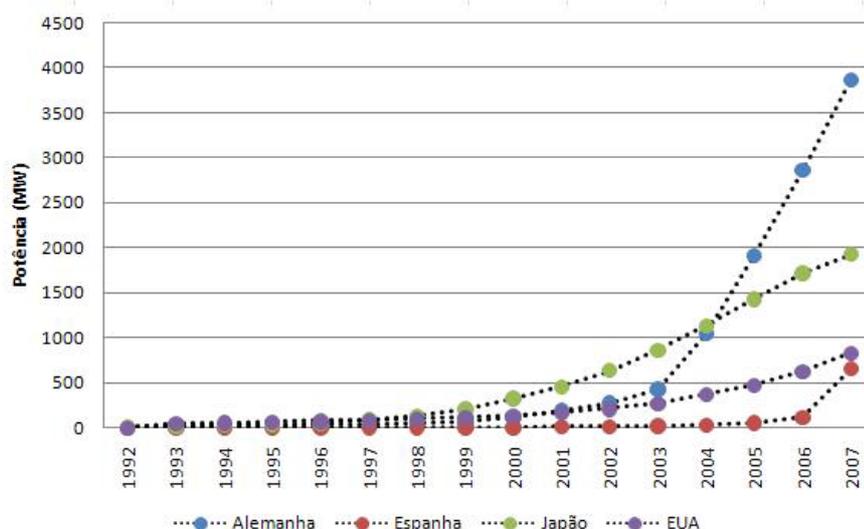


Figura 9: Potência acumulada instalada de sistemas fotovoltaicos na Alemanha, Espanha, Japão e EUA, em MW (1992-2007)

Fonte: IEA-PVPS, 2008b.

Apesar do Japão aparecer na segunda posição do mercado mundial, em 2007 tal país foi responsável pela instalação de apenas 210 MW, um decréscimo de aproximadamente 26% quando comparado ao ano anterior. Enquanto isso, a Espanha instalou 537 MW e os EUA 206 MW, ou seja, em 2007 a Espanha se destacou em segundo lugar no mundo na instalação de sistemas fotovoltaicos, perdendo a primeira posição apenas para Alemanha.

7. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL

No Brasil, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede são poucos e de caráter experimental. De acordo com Fraidenraich (2002), Winrock International - Brazil (2002) e Zilles (2004), as principais aplicações da tecnologia solar fotovoltaica no país são relativas à telecomunicação, à eletrificação rural, aos serviços públicos e ao bombeamento de água. Estima-se uma potência total instalada de sistemas fotovoltaicos autônomos de cerca de 20 MW, dos quais 70% estão localizados nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (Zilles, 2008a), e de sistemas conectados à rede de 0,153 MW_p (Varella, 2009).

No entanto, o Brasil possui um grande potencial de irradiação solar, maior do que duas vezes o potencial da Alemanha, país líder de sistemas fotovoltaicos em capacidade instalada (Tabela 2).

Tabela 2: Capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos e potencial solar na Alemanha, Espanha e Brasil

	Alemanha	Espanha	Brasil
Capacidade Instalada (MW)	3.800	451	0,152*
Potencial (kWh/m ² .ano)	900	1800	1950

Nota: * sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

Fonte: Zilles (2008a) e Varella (2009).

As telecomunicações, em particular as estações repetidoras de microondas, constituem a aplicação mais antiga da tecnologia fotovoltaica no país (FRAIDENRAICH, 2002). Na sua imensa maioria, as instalações estiveram a cargo de organismos públicos, como a TELEBRÁS⁸. Após a privatização do Sistema TELEBRÁS, ocorrida em julho de 1998, todas as atividades estão sendo administradas pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) (TELEBRÁS, 2007).

Apesar do pioneirismo nos serviços de telecomunicações, são os sistemas fotovoltaicos para eletrificação rural e bombeamento de água que têm sido tradicionalmente utilizados no Brasil, atendendo cargas elétricas distantes da rede elétrica convencional, normalmente em zonas rurais.

Dependendo do local a ser atendido, tais sistemas representam soluções adequadas e podem ser economicamente viáveis em função dos elevados custos de expansão da rede elétrica (MARKVART, 2000; WINROCK INTERNATIONAL - BRAZIL, 2002). Este é o caso de pequenos sistemas fotovoltaicos autônomos de geração de energia elétrica com potência variando de 100Wp⁹ a 150Wp, que são implantados para atender residências rurais com iluminação básica e alguns periféricos (CRESESB, 2005).

Quanto à aplicação para bombeamento de água, o Brasil conta com uma expressiva quantidade de sistemas instalados por meio de programas institucionais para o abastecimento de comunidades rurais localizadas em zonas remotas e de baixo poder aquisitivo (FEDRIZZI, 2003).

De acordo com o relatório desenvolvido por Winrock International – Brazil (2002), mais de 40 mil sistemas fotovoltaicos autônomos foram instalados com o intuito de amenizar o problema da falta de acesso à energia elétrica em várias regiões do país. Algumas iniciativas envolvendo esses sistemas foram viabilizadas através de concessionárias de energia, instituições de ensino, centros de pesquisa, governos estaduais e municipais. Dentre elas pode-se citar o Programa Luz Solar, desenvolvido em Minas Gerais; o Programa Luz do Sol, na Região Nordeste; e o Programa Luz no Campo, de dimensão nacional¹⁰.

Além dos sistemas mencionados, outros inúmeros sistemas fotovoltaicos autônomos continuam sendo instalados em todo o território nacional através do apoio de Organizações Não Governamentais Internacionais, viabilizados pela cooperação internacional via entidades locais, particularmente pela Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ) e pelo Laboratório de Energia Renovável dos Estados Unidos (NREL/DOE) (ANEEL, 2002).

Dos cerca de 20 MW instalados de sistemas fotovoltaicos autônomos no país, só o PRODEEM (Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios) foi responsável por ¼ da capacidade instalada, pois no período de junho de 1996 a dezembro de 2001 foram instalados 5,2 MW nas cinco fases e na fase emergencial denominada “fase

⁸ A Telecomunicações Brasileiras S. A. - TELEBRÁS era uma sociedade anônima aberta, de economia mista, constituída em 09 de novembro de 1972, nos termos da autorização inscrita na Lei nº 5.792, de 11 de julho de 1972, vinculada ao Ministério das Comunicações exercendo, após o processo de desestatização de suas controladas, todas as atividades institucionais como ente integrante da Administração Pública Federal.

⁹ O Wp (Watt pico) é uma unidade de potência padrão específica da tecnologia solar fotovoltaica. Como a potência entregue por um módulo fotovoltaico depende da intensidade de irradiação solar incidente, estipula-se que cada Wp instalado deverá entregar a potência de 1 W quando submetido às condições padrão de medida (STC – Standard Test Conditions), com irradiação de 1 kW/m², temperatura da célula de 25 oC e massa de ar de 1,5.

¹⁰ Para ter acesso a uma descrição mais detalhada desses projetos, basta consultar o relatório.

bombeamento de água”, como mostra a Tabela 3. Foram instalados sistemas de geração de energia e sistemas de bombeamento de água (GALDINO & LIMA, 2002).

Tabela 3: Sistemas instalados no PRODEEM

Fase		I	II	III	Bombeamento	IV	V	Total
Sistema de eletrificação rural	Quant.	190	387	677	X	1660	3000	5914
	kW _p	87	200	419	x	972	2172	3850
Sistema de bombeamento de água	Quant.	54	179	176	800	1240	X	2449
	kW _p	78	211	135	235	696	X	1355
Sistema de iluminação pública	Quant.	137	242	X	X	X	X	379
	kW _p	7,5	17	X	X	X	X	24,5
						Total de sistemas	Quant.	8742
							kW _p	5229,5

Fonte: Galdino & Lima, 2002.

Conforme mencionado na seção 7, por enquanto os SFCR's não tem tido utilização comercial no país, mas, até então, existem 29 sistemas fotovoltaicos experimentais conectados à rede elétrica no Brasil, o que equivale a aproximadamente 153 kWp.

Há também no país alguns sistemas conectados à rede, embora tais sistemas se encontrem atualmente em fase experimental. De 1995 a 2001 foram instalados seis sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil, totalizando uma potência instalada de 24,6 kWp (OLIVEIRA & ZILLES, 2002). Desse total, cerca de 11 kWp são de um único sistema pertencente à Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF). Esse sistema conectado à rede elétrica foi o primeiro a ser instalado e é considerado como sendo o maior do Brasil, porém encontra-se desativado há anos (WINROCK INTERNATIONAL - BRAZIL, 2002).

De acordo com Zilles (2005) e Zilles (2008a), de 2002 a 2008 foram instalados no país 120,4 kW_p em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. A Tabela 4 mostra todos os sistemas fotovoltaicos conectados à rede de 1995 até 2008, totalizando 152,5¹¹ kW_p.

Tabela 4: Sistemas fotovoltaicos conectados à rede instalados no país (1995-2008)

Sistema fotovoltaico		Ano de instalação	Potência (kWp)
01	CHESF	1995	11
02	Lab Solar (UFSC)	1997	2,1
03	LSF (IEE/USP)	1998	0,75
04	COPEE (UFRJ)	1999	0,85

¹¹ Foi inserido aqui o Projeto Lh2-CPFL (PD-28), que não estava incluído em Zilles (2008a).

Sistema fotovoltaico		Ano de instalação	Potência (kWp)
05	Lab Solar (UFSC)	2000	1,1
06	Grupo FAE – UFPE (F. Noronha)	2000	2,5
07	LSF (IEE/USP)	2001	6,3
08	Labsolar	2002	10
09	CEPEL	2002	16
10	HR	2002	3,3
11	Grupo FAE - UFPE (F. Noronha)	2002	2,5
12	CELESC (3x 1,4 kW _p)	2003	4,2
13	LSF-IEE/USP	2003	6,0
14	UFRGS	2004	4,8
15	CEMIG	2004	3,0
16	Escola Técnica de Pelotas	2004	0,85
17	LSF-IEE/USP	2004	3,0
18	Grupo FAE – UFPE	2005	1,7
19	C Harmonia (SP)	2005	1
20	CEMIG (3 x 3 kWp)	2006	9
21	UFJF	2006	30
22	GREENPEACE (SP)	2007	2,9
23	Grupo FAE-UFPE	2007	-
24	Residência Particular, Recife	2007	1
25	Lh2 Projeto CPFL	2007	7,5
26	Residência Particular, São Paulo	2008	2,9
27	Solaris, Leme - SP	2008	1
28	Zepini, Motor Z	2008	2,4
29	Zepini, Fundação Estrela	2008	14,7
	TOTAL	-	152,5 kWp

Fonte: Oliveira & Zilles, 2002; Zilles, 2005; Zilles, 2008^a; Varella (2009).

O custo de geração de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Brasil ainda é bastante elevado se comparado com o custo marginal de expansão do setor elétrico e com as tarifas de eletricidade praticadas aos consumidores.

O custo dos SFCR's no Brasil varia de 800 a 900 R\$/MWh (Zilles, 2008a). Já o custo marginal de expansão do setor elétrico nacional é de US\$ 57/MWh (R\$ 125,40/MWh) de acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007). As tarifas médias para os consumidores são apresentadas na Tabela 5.

Portanto, o custo dos SFCR's no Brasil é de seis a sete vezes maior do que o custo marginal de expansão e de três a quatro vezes maior do que as tarifas médias de eletricidade.

Tabela 5: Tarifas médias de eletricidade no Brasil (2009).

Classe de consumo	Tarifa média em 2009 (R\$/MWh)
Residencial	285,82
Industrial	218,82
Comercial	273,09

Fonte: ANEEL (2009).

Tendo exposto aqui as principais aplicações dos sistemas fotovoltaicos no mundo e no Brasil, sendo o Brasil o foco do trabalho, a seguir serão mostradas as barreiras e oportunidades existentes quanto ao desenvolvimento de uma legislação específica para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no país.

8. IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E OPORTUNIDADES

Este item baseia-se no Estudo Prospectivo para Energia Fotovoltaica, com horizonte em 2025, do CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) atualmente em andamento. As informações obtidas referem-se ao Relatório de Abertura do Estudo (CGEE, 2008), no qual consta a síntese das apresentações audiovisuais feitas na reunião de instalação do Comitê de Coordenação do Estudo Prospectivo para Energia Fotovoltaica transcorrida no CGEE, no dia 05/08/2008, em Brasília/DF. A lista de especialistas e participantes desta reunião contem 36 nomes.

O objetivo da reunião foi identificar os pontos fortes e fracos da capacidade brasileira de atuar competitivamente nos próximos 15 anos e as características da sociedade brasileira e do mercado internacional que justifiquem um programa intensivo e coordenado pelo governo, empresas e academia.

A seguir, nos itens 8.1 e 8.2, são destacadas algumas informações sobre as dificuldades e aspectos favoráveis, obtidas na reunião do Estudo do CGEE, sobre o potencial de participação do Brasil na geração de energia solar fotovoltaica. No caso das barreiras há um foco particular na sustentabilidade da indústria no mercado.

8.1. Oportunidades

As informações destacadas abaixo se referem aos pontos fortes quanto à cadeia produtiva, à infra-estrutura de P&D e aos aspectos facilitadores de mercado.

8.1.1. Cadeia Produtiva, Infra-Estrutura de P&D e Mercado

- O Brasil possui uma das maiores reservas de quartzo para produção de silício grau solar;
- O potencial solar no Brasil é suficiente para viabilizar qualquer projeto;
- O Centro Brasileiro de Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica (CB –SOLAR), sediado na PUC-RS, está desenvolvendo uma planta pré-industrial para fabricar células e módulos fotovoltaicos;
- O LABSOLAR da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desenvolve análise do desempenho de instalações fotovoltaicas autônomas, para locais remotos, e conectados à rede elétrica;
- O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) tem certificação para apoiar a indústria de módulos, inversores e baterias. O Instituto tem laboratórios para apoiar P&D de tecnologias chaves da indústria de energia fotovoltaica;
- O Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) pode fazer o levantamento de todo o desenvolvimento da tecnologia de células fotovoltaicas, podendo auxiliar no roadmap do empreendimento;
- O CETEC e a CEMIG têm um papel importante na área de integração de sistemas fotovoltaicos, relacionado às edificações e ao design;
- O IME tem trabalhado com filmes finos para células solares há mais de 20 anos e atualmente com telureto de cádmio;
- Há importante mercado de equipamentos para o Brasil em se tratando de desenvolvimentos para sistemas autônomos ou mesmo os sistemas conectados à rede elétrica;
- A PETROBRAS planeja instalar uma unidade de produção de lâminas de silício monocristalino a partir de silício de grau metalúrgico através da rota Siemens;
- Grupos industriais: a DOW CORNING está comercializando silício policristalino purificado, grau solar. A RIMA prevê comercialização de lâminas, ou silício, para 2010. A CONERGY comercializa sistemas fotovoltaicos em todo o País. A planta solar da MPX, que está sendo construída no município de Tauá, no Ceará, operará, em janeiro de 2009, produzindo 1 MW; no primeiro trimestre de 2010, 5 MW.

8.2. Barreiras

As informações destacadas abaixo se referem às dificuldades relativas à cadeia produtiva, à infra-estrutura de P&D e ao mercado.

8.2.1. Cadeia Produtiva

- A energia solar fotovoltaica tem como maior desafio não repetir o passado, ou seja, é necessário ter o domínio tecnológico de toda a cadeia produtiva;
- A importação de insumos e produtos químicos é um processo demorado, complexo, e que atrasa o ciclo de desenvolvimento de produtos;
- Até hoje não se tem no Brasil uma indústria de silício grau solar;
- Não há infra-estrutura de produção de equipamentos nacionais que atenda ao mercado. O país é muito dependente de importação de equipamentos e componentes;

- Os atuais 20 MW de fotovoltaicos produzidos, e a perspectiva de outros 80 mil sistemas individuais não dão escala de mercado.

8.2.2. Infra-estrutura de P&D

- Os grupos de P&D estão muito focados apenas no material. Não há no Brasil um laboratório que faça a caracterização elétrica e micro estrutural completa do silício;

- Há grave escassez de engenheiros, químicos, biólogos, e de uma série de outras especialidades necessárias ao empreendimento fotovoltaico, ou seja, é necessário qualificar recursos humanos;

- O Brasil está uns 20 anos atrasados em domínio de tecnologias se comparado ao primeiro mundo, em especial quanto à eficiência de sistemas energéticos;

- Há várias iniciativas isoladas, mas há necessidade de maior integração entre os centros de pesquisa e as empresas;

- A tecnologia fotovoltaica requer P&D na indústria. Não é uma característica do Brasil a questão da P&D (pré-competitivo e competitivo) estar configurada dentro das empresas.

8.2.3. Mercado

- Os sistemas conectados à rede elétrica são uma tecnologia emergente e cara. Não se tem necessidade dela ainda no sistema elétrico brasileiro. A população não vai querer pagar os subsídios da conexão à rede elétrica;

- No Brasil, o panorama pelo lado econômico é complexo, relativamente aos demais países, cujos subsídios são voltados aos sistemas conectados à rede e em larga escala;

- As empresas investidoras de fotovoltaicos que buscam sistemas conectados à rede esbarram na falta de regulamentação;

- O desenvolvimento de células fotovoltaicas requer investimentos multimilionários;

- É preciso resolver os entraves legais para a comercialização da produção independente.

9. LEGISLAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO MUNDO

A Alemanha, o Japão, EUA e Espanha, como os quatro países com a maior potência acumulada instalada de sistemas fotovoltaicos no mundo, apresentaram momentos diferentes de crescimento de seus mercados, como indicado pela Figura 9.

O que está por trás dos níveis de crescimento experimentados por estes países são os programas governamentais de incentivos desenvolvidos nos mesmos, aumentando a participação dos sistemas fotovoltaicos na geração de energia elétrica através de subsídios fornecidos pelo governo.

As principais motivações comuns em tais programas são a diversificação das fontes de energia tradicionalmente utilizadas, ou seja, a necessidade de se adotar um modelo energético sustentável; o incentivo à indústria de equipamentos fotovoltaicos; o barateamento da tecnologia; e a preocupação com o meio ambiente, principalmente com a redução das emissões de CO₂.

Apesar de motivados por questões comuns, cada país adotou suas próprias linhas de incentivo e fica evidente a partir dessas experiências que todos convergem para a obrigatoriedade em adquirir a energia gerada a partir de sistemas fotovoltaicos ou através de

outras fontes renováveis alternativas. Os mecanismos utilizados variam de país para país, sendo adotado um tipo de sistema ou uma combinação deles¹².

No caso da Alemanha, em 2000, a potência instalada acumulada aumentou 64% em relação ao ano anterior e daí por diante a tendência foi aumentar. Tal fato deveu-se ao Programa de 100.000 Telhados (*100,000 Roofs Programm*) (SCHEER, 1999) que teve início em 1999 e terminou em 2003. Neste período foram instalados mais de 360 MW, perfazendo um total de 65.700 sistemas conectados à rede.

O Programa de 100.000 Telhados é considerado o maior programa do mundo a introduzir a energia solar fotovoltaica (SCHEER, 1999; REW, 2003c) e disponibilizou à população empréstimos para a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Este regime de apoio através de empréstimos bonificados não foi interrompido e passou a ser chamado de *Solarstrom Erzeugen – Solar Power Generation* (IEA-PVPS, 2006).

De 2004 a 2007, conforme mostrado na Figura 9, houve um bom acréscimo da potência acumulada instalada na Alemanha e tal fato ocorreu devido à aplicação da nova Lei de Energia Renovável, *German Renewable Energy Sources Act* (EGG)¹³ que entrou em vigor em 2004 (WISSING, 2006; HAAS *et al.*, 2006; IEA-PVPS, 2007).

Essa Lei determinou a obrigatoriedade de compra de toda a energia elétrica proveniente de fontes renováveis por parte das empresas fornecedoras de energia elétrica que operassem redes para o abastecimento público (chamados de operadores de rede) (EREC, 2004; CAVALIERO *et al.*, 2004; HAAS *et al.*, 2006; WISSING 2006). A partir de então, a Alemanha passou a ser considerada o país com maior potência instalada de sistemas fotovoltaicos no mundo (IEA-PVPS, 2006), ficando o Japão com a segunda posição.

Para estimular a redução dos preços, as tarifas dos novos sistemas fotovoltaicos instalados atualmente no âmbito do EGG decrescem em até 5% ao ano. A Tabela 6 mostra o desenvolvimento da tarifa dos sistemas fotovoltaicos no período de 2004 a 2008. As tarifas são garantidas por um período de 20 anos.

Tabela 6: Tarifas dos novos sistemas fotovoltaicos instalados no EGG

	2004	2005	2006	2007	2008
Tarifa* Ct/kWh	57,4	54,5	51,8	49,2	46,75

* Para sistemas menores do que 30 kW. Para o caso de sistemas maiores há menores tarifas; e para os sistemas integrados às fachadas, há um bônus de 5 Ct/kWh.
Fonte: IEA-PVPS, 2006.

O crescimento verificado na potência acumulada do Japão também ocorreu em função do estímulo do governo, que subsidiou o custo da instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais. O subsídio em 2004 foi de 387 US\$/kW, enquanto em 2005 foi de 172 US\$/kW. Tal subsídio foi reduzido anualmente devido ao sistema de preço do Programa (IKKI & MATSUBARA, 2007b).

De 1994 a 2005 foram instalados mais de 250 mil sistemas, o equivalente a pouco mais de 1,4 GW de potência instalada, através do *Japanese Residential PV System Dissemination Program*¹⁴ (REW, 2003b, IKKI & TANAKA, 2004; IEA/PVPS, 2006; IKKI & MATSUBARA, 2007a e IKKI & MATSUBARA, 2007b).

¹² Os tipos de sistemas mais comuns são o sistema de quotas e o sistema de preços.

¹³ As tarifas para novos sistemas fotovoltaicos instalados passaram a ter 5% de redução ao ano durante o período de 20 anos.

¹⁴ Também chamado de “70.000 Roofs Programme”.

A política energética do Japão, incluindo a energia solar para geração de energia elétrica, baseia-se na *Basic Act on Energy Policy (Energy Policy Law)*, que entrou em vigor em 2002. Ela estabelece três princípios: garantia de um suprimento estável; adequação ambiental; e utilização dos mecanismos de mercado. A disseminação dos sistemas fotovoltaicos é definida no “*New Energy Innovation Plan*” sob a “*New National Energy Strategy*”, sendo esta última o alicerce da estratégia energética do Japão, ambos estabelecidos em 2006 (IEA-PVPS, 2007).

A partir de 2007 foram implementados sete programas de demonstração no Japão. Um desses programas é o *Field Test Project on New Photovoltaic Power Generation Technology* (IEA-PVPS, 2007). Todos os programas foram criados especificamente para promover a instalação em larga escala de sistemas fotovoltaicos nos segmentos comercial, industrial e outras aplicações não-residenciais (HAAS *et al.*, 2006).

No caso dos EUA nota-se que o crescimento da quantidade de sistemas fotovoltaicos instalados não foi tão acentuado e acelerado como na Alemanha e Japão, ocorrendo de forma gradativa, apesar da existência de alguns incentivos locais por parte do governo americano.

O número de estados americanos que estão implementando programas de subsídio para a introdução de tecnologias de energia limpa está crescendo anualmente¹⁵, mas os dois maiores programas de incentivo, considerados bem sucedidos, são o *California Solar Initiative* (CSI), da Califórnia, e o *New Jersey Renewable Portfolio Standard* (RPS), de New Jersey (IEA-PVPS, 2006).

O CSI foi criado em janeiro de 2006 pela *California Public Utilities Commission* fornecendo descontos ao consumidor residencial de energia renovável. Este programa de incentivo para sistemas inferiores a 1 MW começou em janeiro de 2007 e prevê um investimento total de US\$ 2,9 bilhões em dez anos (CEC, 2008).

O objetivo do CSI é aumentar a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica na Califórnia para 3.000 MW em 2017. O primeiro incentivo foi fixado em 2,80 US\$/W, a partir de 1º de janeiro de 2007, e a meta é reduzir, em média, 10% ao ano (IEA-PVPS, 2006).

Dentre os mecanismos regulatórios atualmente existentes para incentivar o uso das fontes renováveis alternativas nos EUA, o *Renewable Portfolio Standard* (RPS) é um dos programas mais adotados pelos estados americanos. Também chamado de *Renewable Electricity Standard* (RES), foi estabelecido em 2002. O objetivo do RPS é aumentar a participação das fontes renováveis de energia na matriz energética, visando atingir 20% até 2017 (CAVALIERO *et al.*, 2004).

O mercado espanhol iniciou seu desenvolvimento através da aplicação de sistemas isolados, mas foi devido à importância dada a Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação que a iniciativa empresarial “disparou” na indústria fotovoltaica nos anos 80 e 90 do século passado.

Em 1997, através da Lei 54/1997, iniciou-se o processo de liberalização do setor de eletricidade e foi permitida a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica, mesmo sem tarifas específicas (CAVALIERO *et al.*, 2004 e ASIF, 2008a).

No ano seguinte, em 1998, o *Real Decreto* 2818/1998 (RD 2818/1998) reparou essa lacuna e criou uma tarifa específica para a energia solar fotovoltaica, criando um novo mercado com características de nicho para as instalações conectadas à rede elétrica. Mesmo com esse RD, o mercado espanhol não podia “decolar” porque as incertezas quanto ao retorno do investimento eram imensas e as tarifas específicas só estariam disponíveis até que a Espanha instalasse 50 MW de potência fotovoltaica (CAVALIERO *et al.*, 2004 e ASIF, 2008a).

¹⁵ Para obter maiores detalhes sobre tais programas e os subsídios federais existentes, sugere-se visitar a página eletrônica <http://www.dsireusa.org>.

Visando resolver esse impasse, em 2004, através do RD 436/2004, a situação mudou consideravelmente, pois foi proporcionada uma tarifa durante um período de tempo concreto e suficiente para amortizar o investimento e obter uma rentabilidade razoável. Com isso, o mercado nacional começou a “decolar”, impulsionado também pela alta do petróleo e o exemplo do grande salto dado pelo mercado fotovoltaico alemão nesse mesmo ano (ASIF, 2008a).

Posteriormente, em 2007, foi criado o *Real Decreto* 661/2007, no qual foram incorporados novos elementos, tais como o estabelecimento de um forte incentivo de 500 €/kW fotovoltaico instalado ou a obrigação de vender a eletricidade fotovoltaica gerada no mercado de energia elétrica, no lugar de vender para a distribuidora. Outro ponto importante é que o RD manteve a tarifa fixada pelo RD 436/2004. A tarifa foi mantida para consolidar a indústria espanhola e alcançar os 400 MW fixados pelo *Plan de Energias Renovables* – PER. O PER foi criado em 1999 com o objetivo de instalar 400 MW de potência fotovoltaica na Espanha até 2010 (IEA, 2007; EUROBSERV'ER, 2008; ASIF, 2008b).

Como consequência do mercado fotovoltaico espanhol ter experimentado um notável crescimento da ordem de 450% somente em 2007 (EUROBSERV'ER, 2008; ASIF, 2008b), o PER atingiu sua meta 3 anos antes do prazo estimado, tornando desta forma obsoleto o marco regulatório estabelecido pelo RD 661/2007.

Logo, o sistema de tarifa, denominado *feed-in tariff*, aplicado na Espanha até 28 de setembro de 2008 foi o definido pelo RD 661/2007, mas o novo sistema de tarifa que será utilizado a partir de 29 de setembro estava em discussão (EUROBSERV'ER, 2008).

A tarifa válida, até 28 de setembro de 2008, para os primeiros 25 anos varia de 0,4404 €/kWh para instalações menores ou iguais a 100 kWp (0,3523 €/kWh após 25 anos); de 0,4175 €/kWh para instalações entre 100 e 10 MWp incluídos (e, em seguida, 0,3340 €/kWh) e de 0,2294 €/kWh para as centrais elétricas até 50 MWp (e, em seguida, 0,1838 € / kWh) (EUROBSERV'ER, 2008).

A proposta proveniente do Ministério da Indústria é para distinguir as usinas que estão integradas na construção (variando de 0,44 €/kWh para centrais de energia menor ou igual a 20 kWp e 0,33 €/kWh para centrais de energia maiores do que 200 kWp) e as não integradas na construção, ou seja, as instaladas no solo, baseadas nos sistemas fotovoltaicos (0,33 €/kWh). Esse novo sistema de tarifa será válido até 31 de dezembro de 2009 ou até a capacidade instalada de 1.200 MWp ser atingida.

Resumidamente, cada um desses quatro países, considerados atualmente os mercados mais dinâmicos do mundo, tem seu próprio sistema de incentivo. No caso da Alemanha e Espanha está sendo utilizado o sistema de tarifas, denominado *feed in tariff*¹⁶, mas o Japão e os EUA também têm estabelecido mercados importantes sem necessariamente utilizarem esse mesmo sistema. Na Califórnia, por exemplo, um dos mercados regionais considerados de maior importância no mundo, ainda que não implantem o sistema de tarifas para incrementar a penetração no mercado da tecnologia solar fotovoltaica, o investimento está se revelando atrativo devido à combinação de subsídios e redução de impostos. A Tabela 7 apresenta um resumo dos programas e incentivos mostrados anteriormente.

¹⁶ Com esse tipo de sistema as companhias de energia elétrica são obrigadas pelo marco regulatório a conectar todos os sistemas fotovoltaicos à rede elétrica, e o mercado de energia elétrica paga aos proprietários da instalação um preço fixo por cada kWh injetado de origem fotovoltaica durante um período de tempo suficiente para tornar rentável o investimento inicial. Quando a remuneração recebida decresce com o tempo, se estimula a redução dos custos.

Tabela 7: Programas e Incentivos: Alemanha, Espanha, EUA e Japão

País	Programa	Incentivo
Alemanha	German Renewable Energy Sources Act - EGG	<i>Feed-in tariff</i> : as tarifas para novos sistemas fotovoltaicos instalados passaram a ter 5% de redução ao ano durante o período de 20 anos, conforme mostrado na Tabela 3.
Espanha	Real Decreto	<i>Feed-in tariff</i> : para os primeiros 25 anos, as tarifas variaa de 0,44 €/kWh até 0,33 €/kWh dependendo da aplicação e tamanho do sistema.
EUA	Califórnia Solar Initiative - CSI	Incentivo fixado em 2,80 US\$/W, com meta de redução de 10% ao ano.
Japão	Japanese Residential PV System Dissemination Program– RPVDP	Subsídio reduzido anualmente devido ao sistema de redução de preço. Por ex: em 2004 o subsídio era 387 US\$/kW e em 2005 era 172 US\$/kW.

Observa-se, então, que o tipo de incentivo a ser utilizado dependerá do perfil de cada país, pois, conforme supracitado, cada país adota seus próprios mecanismos e políticas de incentivo, e desta forma tem alcançado resultados positivos.

10. LEGISLAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL

A experiência nacional evidencia que o Brasil vem tentando introduzir ao longo dos anos o uso da energia solar fotovoltaica através de programas de incentivo. Porém, infelizmente o que foi feito até o momento não foi suficiente para garantir o desenvolvimento de um mercado para este tipo de aplicação, pois a energia solar fotovoltaica não tem sido contemplada efetivamente por políticas públicas específicas de longo prazo e pela legislação em vigor, apesar do país já ter iniciado incentivos a outras fontes renováveis de energia através do PROINFA¹⁷ e de possuir um vasto potencial para a aplicação dessas fontes.

10.1. Estímulos ao Uso da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

O que existe no país, que pode ser considerado como estímulo ao uso da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede, resume-se aos incentivos fiscais para alguns equipamentos e o Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica (CB – Solar), que são mostrados nos itens 10.1.1 e 10.1.2 a seguir.

Existem projetos de pesquisa em andamento no país, em sua maioria em instituições de ensino e pesquisa e alguns em concessionárias, mas não fazem parte de um esforço concatenado inserido em uma política pública específica, estruturada e de longo prazo.

Por outro lado, um passo importante foi dado em novembro de 2008, quando foi criado, no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME), o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF) com o objetivo de elaborar uma proposta de política pública de curto, médio e longo prazo para a inserção da geração fotovoltaica

¹⁷ Será mostrado com maiores detalhes na seção 12.

conectada à rede elétrica no país. Os resultados até o momento serão apresentados no item 11.2.

10.1.1. Incentivos Fiscais

Mesmo com o pouco avanço do Brasil na introdução da tecnologia solar fotovoltaica, já há alguns incentivos fiscais para alguns equipamentos fotovoltaicos. Os dois impostos mais relevantes que incentivam o uso de alguns equipamentos fotovoltaicos são o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS), de competência estadual, e o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), de competência federal.

Até dezembro de 2008, o convênio ICMS 101/97¹⁸ concede isenção do ICMS nas operações com alguns equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica. Os equipamentos especificados, isentos de ICMS, são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Equipamentos fotovoltaicos isentos de ICMS (2008)

Discriminação equipamentos
Bomba para líquidos, para uso em sistema de energia solar fotovoltaico em corrente contínua, com potência não superior a 2 HP
Módulos fotovoltaicos
Células solares não montadas
Células solares em módulos ou painéis

Fonte: Adaptada do Convênio ICMS 101/97.

O benefício previsto somente se aplica aos equipamentos que forem isentos ou tributados através do Decreto 3827/01, que reduz a zero o IPI sobre diversos equipamentos e acessórios destinados à geração de energia elétrica.

De acordo com fabricantes e revendedores de equipamentos fotovoltaicos, os módulos fotovoltaicos são os únicos equipamentos que atualmente são isentos de IPI e ICMS. Na compra de inversores no mercado nacional são incluídos 12% de ICMS e no caso dos controladores de carga são incluídos 12% de ICMS e 15% de IPI.

10.1.2. Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica: CB-SOLAR

Apesar de atualmente não haver fabricante nacional de módulos fotovoltaicos no Brasil, em maio de 2004 foi firmado um acordo de cooperação técnico-científico¹⁹ para implantação do Centro Brasileiro para o Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica (CB-SOLAR) nas

¹⁸ Prorrogado até 31 de dezembro de 2008 através do convênio ICMS 71/08. Esse convênio é renovado mensalmente.

¹⁹ Este acordo é resultado de uma parceria da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) com o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o Estado do Rio Grande do Sul, por meio da Secretaria Estadual da Ciência e Tecnologia (SCT-RS) e da Secretaria Estadual de Energia, Minas e Comunicações (SEMC-RS), Secretaria Municipal da Produção, Indústria e Comércio de Porto Alegre (SMIC-POA) e Companhia Estadual de Energia Elétrica do Estado do Rio Grande do Sul (CEEE).

instalações do NT-Solar²⁰, na Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)²¹.

O CB-Solar está desenvolvendo um projeto chamado planta-piloto para produção industrial de módulos fotovoltaicos nacionais. O objetivo desse projeto é implantar e analisar uma unidade piloto de produção de módulos fotovoltaicos com tecnologia nacional de alta eficiência e baixo custo, avaliando a viabilidade técnica e econômica da produção em escala industrial (CB-SOLAR, 2008).



Figura 10: NT-Solar e CB-Solar, PUCRS.

Fotos: Varella, 2009.

Segundo a AGÊNCIA CT (2008), o Professor Adriano Moehlecke, um dos coordenadores do NT-Solar, afirmou que as pesquisas permitiram a descoberta de matérias-primas e processos mais econômicos e, segundo ele, as previsões preliminares apontam que será possível reduzir o preço dos módulos em até 15%. Ainda para a AGÊNCIA CT (2008), Moehlecke enfatizou que o objetivo é produzir equipamentos com a mesma eficiência dos concorrentes internacionais, porém a custos menores.

De acordo com a PUCRS (2007), estava previsto para setembro de 2007 a entrega dos primeiros 200 módulos fotovoltaicos. Posteriormente este prazo foi estendido para maio de 2008. De fato em maio de 2008 foi produzido o primeiro módulo fotovoltaico deste projeto, mas de acordo com a Professora Izete Zanesco e o Professor Adriano Moehlecke²², este prazo foi alterado, sendo estendido novamente, e desta vez até agosto de 2009.

Ainda segundo os professores Adriano e Izete, os resultados diretos deste projeto serão o processo de fabricação de células e módulos fotovoltaicos em fase pré-industrial; a

²⁰ Considerado o mais moderno laboratório da área na América Latina para fabricação de módulos fotovoltaicos.

²¹ Tal acordo foi estabelecido entre o MCT; Secretaria Estadual da Ciência e Tecnologia; Secretaria Estadual de Energia, Minas e Comunicações; Secretaria Municipal da Produção, Indústria e Comércio, Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE e PUCRS (CB-SOLAR, 2008).

²² Informação obtida pessoalmente em uma reunião no NT-Solar, Porto Alegre, no dia 06 de novembro de 2008.

fabricação e caracterização de 200 módulos fotovoltaicos; planilha de custos de cada processo envolvido na fabricação dos módulos fotovoltaicos e projeção de custos segundo a escala de produção; e a formação de recursos humanos na área de dispositivos fotovoltaicos.

11. LEGISLAÇÃO DE SFCR NO BRASIL

O item 11.1 apresenta os resultados obtidos na pesquisa aplicada a diferentes agentes pelo presente projeto, focando no objetivo deste trabalho, através da aplicação dos questionários mostrados na seção 4 (Metodologia). Posteriormente, nos itens 11.2 e 11.3 são mostrados os esforços que o país atualmente vem realizando, visando a elaboração de um programa de incentivo aos SFCR, e desta forma, talvez, resultar na elaboração de uma regulamentação específica para os SFCR's.

11.1. Resultados dos questionários aplicados na pesquisa

Quando questionados, os pesquisadores; concessionária de energia (P&D) e o MME responderam:

11.1.1. Pesquisadores

(1) Por que no Brasil ainda não há legislação em vigor para os SFCR?

- Atualmente está em funcionamento um Grupo de Trabalho no MME, Portaria No. 36 de 28/11/2008, que está trabalhando no sentido de propor um programa e regulamentação. O chamado Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos – GT- GDSF;

- Ausência de indústria de células solares e módulos fotovoltaicos estabelecida no país e, portanto, qualquer incentivo visaria o desenvolvimento das indústrias do setor fora do Brasil. O primeiro passo a ser dado é articular incentivos financeiros do governo para a implantação de uma indústria de células solares.

(2) O que tem impedido ou dificultado a entrada de uma legislação específica?

- Elevado custo;
- Baixo grau de nacionalização dos SFCR;
- Falta de conhecimento da tecnologia dos responsáveis por setores estratégicos do governo;
- Pulverização das informações dos especialistas nesta área.

(3) O que tem sido feito a respeito e o que pode ser feito neste sentido?

- Desde 1998 várias reuniões foram realizadas e no ano de 2008 finalmente se conseguiu formalizar as atividades no âmbito da SPE/MME.

- Em relação à indústria foram desenvolvidas duas tecnologias industriais e nacionais de fabricação de células solares em silício cristalino (90% do mercado mundial) e uma de módulos fotovoltaicos no Núcleo Tecnológico de Energia Solar da PUCRS.

- Faltam incentivos diretos e articulação governamental para o estabelecimento de uma nova indústria para a produção de células solares e a implantação de um programa para incentivo a instalação de sistemas fotovoltaicos, com índice de nacionalização dos equipamentos.

(4) Com relação à experiência internacional, em sua opinião, qual país tem a legislação que poderia ser mais adequada a ser aplicada no Brasil?

- Alemanha e Espanha;

- Deve-se analisar as legislações internacionais e construir uma legislação voltada à realidade brasileira. Praticamente existem dois métodos aplicados no mundo: a tarifa-prêmio ou incentivos na instalação. Todos os programas dos países desenvolvidos visam à geração de empregos e criação de parque industrial para fornecimento de células solares, módulos fotovoltaicos e inversores no país.

(5) Há alguma outra questão que queira acrescentar?

- Sugestão: ver o plano de trabalho do GT-GDSF e acompanhar as atividades;

- Articulação e incentivos financeiros para a implantação de indústrias novas no país para fabricação de células solares e módulos fotovoltaicos, incluindo pagamento de pessoal, equipamentos, consultorias, etc.;

- Criação de um programa de incentivos para instalação de SFCR, com índice de nacionalização dos sistemas como incentivo para a criação de indústrias no setor e geração de empregos;

- Regulamentação clara, sem burocracia e rápida, também como incentivo à instalação de SFCR.

11.1.2. Concessionária de energia elétrica (P&D)

(1) Por que no Brasil ainda não há legislação em vigor para os SFCR?

- Não existe geração expressiva dessa fonte e, por esse motivo, não houve a necessidade de se trabalhar numa legislação específica.

(2) O que tem impedido ou dificultado a entrada de uma legislação específica?

- Não há um impedimento, apenas não houve ainda uma demanda.

(3) O que tem sido feito a respeito e o que pode ser feito neste sentido?

- Quando houver interessados em investimentos comerciais nessa área, certamente haverá legislação, como ocorreu com as termelétricas que geram energia a partir do bagaço de cana.

- Hoje os investimentos estão direcionados à pesquisa ou a atendimento de cargas isoladas.

As questões (4) e (5) não foram respondidas.

11.1.3. Ministério de Minas e Energia

- Todas as questões formuladas no questionário remetem precisamente ao escopo do trabalho do GT-GDSF, que será mostrado, com maiores detalhes, a seguir, no item 11.2.

11.2. Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF)

Apesar da ausência de legislação específica nacional para os SFCR, em novembro de 2008 a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, do Ministério de Minas e

Energia (MME), publicou a Portaria n° 36 (ver Anexo) que cria o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF).

O GT-GDSF tem como finalidade elaborar uma proposta de política de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, em particular em edificações urbanas, como fator de otimização de gestão da demanda de energia e de promoção ambiental do país, em curto, médio e longo prazo.

O Grupo de Trabalho é formado por profissionais da secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético (SPE), da Secretaria de Energia Elétrica (SEE), ambas do MME, do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), da Universidade de Salvador (UNIFACS), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP), e coordenado pelo Sr. Paulo Augusto Leonelli, diretor substituto do Departamento de Desenvolvimento Energético (DDE) do MME.

O GT-GDSF tem como prazo 6 meses, contados a partir da data de publicação da Portaria n° 36, que foi em 28 de novembro de 2008, para concluir as atividades propostas no Plano de Trabalho. A primeira reunião deliberativa do GT- GDSF ocorreu em 15 de dezembro de 2008, e segundo o cronograma da Ata da 1ª Reunião Deliberativa do GT – GDSF ainda ocorrerão mais quatro reuniões, sendo a última agendada para dia 03 de junho de 2009.

Na segunda reunião deliberativa, ocorrida em 18 de fevereiro de 2009, foram apresentados os resultados das quatro primeiras atividades propostas na primeira reunião. As quatro atividades apresentadas foram sobre a situação dos SFCR's em operação no país; sobre os mercados alemão e espanhol dos SFCR's; sobre os mecanismos de incentivo adotados na Alemanha e Espanha; e sobre a carga tributária e alfandegária incidente no país sobre os equipamentos utilizados em SFCR.

Na terceira reunião deliberativa, ocorrida nos dias 15 e 16 de abril de 2009, foram apresentados, no primeiro dia, os cinco trabalhos propostos na reunião deliberativa anterior. Os trabalhos apresentados foram: a análise detalhada da legislação e do marco legal brasileiro referente à aplicação de sistemas fotovoltaicos a nível comercial e residencial; o levantamento do custo e valor econômico do MW gerado pelos sistemas fotovoltaicos; a proposta de projeto para inserção no Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL como projeto estratégico; a apresentação dos estudos do CGEE referentes à Fotovoltaica; e a apresentação dos estudos do MCT referente ao desenvolvimento tecnológico da cadeia do silício.

No segundo dia, no dia 16 de abril, houve uma reunião complementar. Nesta reunião foram estabelecidas as diretrizes para apresentação final dos resultados dos estudos desenvolvidos pelo GT-GDSF, de forma a atender à finalidade estabelecida pela Portaria n° 36, de 26 de novembro de 2008, que criou o GT-GDSF.

Na quarta reunião deliberativa, ocorrida em 06 de maio de 2009, foi apresentada à ANEEL a experiência e situação dos mercados alemão e espanhol no desenvolvimento dos SFCR's e a expectativa para um programa brasileiro de geração distribuída com sistemas fotovoltaicos. Ao final desta reunião, o coordenador do GT-GDSF, Paulo Leonelli (MME), sintetizou os resultados obtidos, que foram: não há impeditivo regulatório para a inserção dos sistemas de geração distribuída fotovoltaica; há a necessidade de se trabalhar mais sobre os incentivos econômicos e financeiros, ampliar a abordagem da geração distribuída conectada à rede e ampliar o canal de comunicação com a ANEEL; e incorporar a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) às discussões do GT-GDSF.

Não ficou definida a próxima data da quinta e última reunião deliberativa do GT-GDSF, mas consta na Ata da primeira reunião que deveria ter ocorrido no dia 03 de junho de 2009.

11.3. Programa de Telhados Solares Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil

Além do GT–GDSF, *Rüther et al.* (2008) publicaram um trabalho desenvolvido com o objetivo de elaborar um conjunto de procedimentos que viabilize e facilite a inserção, em larga escala, da tecnologia solar fotovoltaica no Brasil. Este estudo simulou um programa solar fotovoltaico brasileiro e usou como base o programa alemão, adotando os sistemas de tarifa-prêmio (*feed-in tariff*). No entanto, enquanto no modelo alemão todos os consumidores finais de energia rateiam os custos da energia elétrica gerada, no caso do Brasil, a proposta apresentada excluiu do rateio os consumidores de baixa renda.

A análise realizada por *Rüther et al.* (2008), apresentou um cenário desenvolvido para um programa de 1.000 MW_p a serem instalados em um período de 10 anos. Isso corresponde a 100 MW_p como meta anual. A duração do pagamento da tarifa prêmio, por cada kWh produzido pelo sistema solar fotovoltaico, foi determinada como sendo de 25 anos. Foi adotado um preço de 5.000 €/kW_p instalado, assumindo que tal preço declinará 5% ao ano. A taxa interna de retorno ao investidor foi assumida como sendo de 7% e foi considerada uma geração média anual de 1.662 kWh/kW_p/ano (exemplo realizado para a cidade de Fortaleza/CE). Outros detalhes dessa análise podem ser vistos no trabalho de *Rüther et al.* (2008).

Os resultados do trabalho de *Rüther et al.* (2008) estimam que, devido à redução dos custos da tecnologia solar fotovoltaica no mundo e, ao mesmo tempo, ao aumento nas tarifas de eletricidade no país, a paridade de rede²³ no Brasil poderá ocorrer entre os anos de 2012 e 2013, dependendo das taxas de juros aplicadas no país. As primeiras regiões do Brasil que poderiam atingir a paridade de rede seriam os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Piauí. Já a paridade total poderá acontecer entre 2015 e 2020.

12. ÍNDICE DE NACIONALIZAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL

Quando questionados sobre o que pode estar impedindo ou dificultando a inserção de uma legislação específica para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (vide item 11.1), algumas das respostas dos profissionais foram: elevado custo da tecnologia e baixo índice de nacionalização dos equipamentos pertencentes aos SFCR's.

Neste sentido, acredita-se que na elaboração de um programa de fomento ao uso de tais sistemas, uma de suas metas seja a maior participação da indústria brasileira de equipamentos, pois isso desenvolverá e amadurecerá a tecnologia, e como consequência reduzirá os custos; e restringirá a importação de equipamentos, sem mencionar a geração de empregos.

Seguindo essa lógica, Varella (2009) estimou índices de nacionalização para três sistemas fotovoltaicos, incluindo os SFCR's.

De acordo com Varella (2009), a determinação de um índice de nacionalização para os sistemas fotovoltaicos é de fundamental relevância em um programa brasileiro de incentivo ao uso da energia solar fotovoltaica por estimular diretamente a indústria nacional de equipamentos e resultar em benefícios sociais, econômicos e ambientais importantes para a sociedade.

²³ Paridade de rede significa o momento em que o preço da energia solar fotovoltaica se iguala ao preço da energia convencional.

O item a seguir mostra os resultados da estimativa dos índices de nacionalização dos três sistemas fotovoltaicos analisados por Varella (2009), com ênfase aos SFCR's.

12.1. Estimativa do Índice de Nacionalização dos SFCR's no Brasil

O único programa nacional que incentiva atualmente as fontes renováveis alternativas de geração de energia elétrica é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Em sua primeira etapa, tal programa incentivou a indústria nacional ao estabelecer a obrigatoriedade de um índice mínimo de nacionalização de serviços e equipamentos de 60% do custo total de construção dos projetos contemplados.

Para elaboração deste cálculo e comprovação do atendimento ao índice de nacionalização, foi adotado o padrão da Agência Especial de Financiamento Industrial (FINAME) quanto aos equipamentos e serviços, conforme o documento intitulado "Critérios e Instruções para Cálculo de Índices de Nacionalização de Equipamentos e Serviços dos Empreendimentos do PROINFA" (PORTARIA MME nº 86, 2007).

A Portaria MME nº 86/2007, de 25 de maio de 2007, que regulamenta o cálculo do grau de nacionalização de 60% para equipamentos e serviços dos empreendimentos construídos, apresentou em seu Anexo I a fórmula para elaboração deste cálculo.

Como o PROINFA não contempla a energia solar fotovoltaica, Varella (2009) desenvolveu um trabalho utilizando uma adaptação da metodologia utilizada pelo PROINFA visando estimar índices de nacionalização para três tipos de aplicação: bombeamento de água, eletrificação rural e conexão à rede elétrica. Para tanto, os índices determinados incluíram somente os equipamentos e não os serviços.

Os índices determinados por Varella (2009) para as aplicações mencionadas são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Índices de nacionalização estimados para sistemas fotovoltaicos

Aplicação do Sistema Fotovoltaico	Índice de Nacionalização (%)
Bombeamento de água	5
Eletrificação rural	35
Conectado à rede elétrica	0

Fonte: Varella (2009).

Como o foco deste estudo são os SFCR's, a seguir será mostrada a análise dos resultados e as perspectivas no médio e no longo prazo de tais sistemas apresentados em Varella (2009).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica não dispõem de nenhum dos seus dois principais equipamentos fabricados no Brasil, que são os inversores para conexão à rede elétrica e os módulos fotovoltaicos.

Como a tecnologia dos inversores CC-CA já está bem desenvolvida nacionalmente, acredita-se que tal fato possa facilitar o desenvolvimento e amadurecimento dos inversores CC-CA para conexão à rede elétrica, possibilitando avanços tecnológicos importantes no país.

Assim, considera-se aqui que no médio prazo este equipamento pode vir a ser fabricado no país e o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica poderá atender um índice

de nacionalização de cerca de 19%²⁴, que corresponderia ao inversor para conexão à rede elétrica fabricado no Brasil. Esse índice também pode variar de 14 a 24%, quando se considera uma margem de erro de 5% devido à variação de orçamento e de custos, por exemplo.

Diferentemente dos inversores CC-CA para conexão à rede elétrica, para a fabricação de módulos fotovoltaicos é preciso um investimento inicial muito alto, que segundo Zanesco e Moehlecke (2008) gira em torno de R\$ 50 milhões, o que equivaleria a uma fábrica produzindo aproximadamente 10 MWp²⁵ por ano inicialmente. Tratando-se de tamanho investimento inicial, o interesse em investir na indústria deste equipamento só será viável se for criada uma demanda que possua um horizonte mínimo capaz de possibilitar a amortização dos investimentos realizados. Assim, acredita-se que somente no longo prazo módulos fotovoltaicos poderão vir a ser produzidos no país. Não se pode deixar de mencionar que a criação do CB-SOLAR é uma importante ação nesse sentido.

Apesar da dificuldade em produzi-los, acredita-se que no médio prazo os módulos poderiam ser montados no Brasil, não sendo necessário importá-los já prontos e montados. Para isso, seria necessário investir na capacitação de recursos humanos e na formação de boa competência nacional para a montagem dos módulos a partir das células. No entanto, acredita-se que isso somente ocorrerá se houver uma exigência contratual para que assim seja feito, como no caso de compras feitas por empresas ou instituições públicas.

Ainda pensando no longo prazo, o silício poderia ser purificado no país, pois o Brasil é um grande produtor de silício metalúrgico e o silício (mono e multicristalino) continua sendo o material majoritário na responsável por 90% produção mundial de células solares. Em 2007 correspondeu a 90% da produção conforme apresentado na seção 5.

Tal quadro mostra que a tecnologia do silício continuará dominando as aplicações fotovoltaicas nos próximos anos, apesar de novas tecnologias estarem sendo inseridas no mercado. A disponibilidade de silício purificado no mercado local certamente estimularia investimentos na fabricação de células e módulos fotovoltaicos.

13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do elevado potencial de aproveitamento solar que o país dispõe, no decorrer da pesquisa foi possível perceber que até então somente poucas tentativas foram realizadas visando incentivar a energia solar fotovoltaica, mas ainda assim bem ínfimas quando comparadas às iniciativas da Alemanha, Japão, EUA e Espanha. Até então, tudo o que se progrediu relacionado aos SFCR tem sido insuficiente no sentido de se criar um arcabouço regulatório específico para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil.

Percebe-se nitidamente que o país necessita de um mecanismo regulatório específico de fomento caso pretenda ampliar a participação dessa fonte na matriz energética nacional, assim como mostrado nos programas bem sucedidos do Japão, Alemanha, EUA e Espanha. Esse mecanismo regulatório deve estar atrelado a uma política pública nacional de longo prazo de incentivo à energia solar fotovoltaica no país.

Os programas de sucesso implantados no Japão, Alemanha, EUA (especialmente na Califórnia) e Espanha servem de referência na elaboração de um programa nacional de

²⁴ De acordo com a estimativa do índice de nacionalização, baseado na escolha do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica utilizado em Varella (2009), o módulo corresponde a 81% do total do sistema, e o inversor para conexão à rede elétrica corresponde a 19%.

²⁵ Este valor é a potência em módulos fotovoltaicos fabricados por ano, medida nas condições padrão internacionalmente estabelecidas: irradiância de 1000 W/m², espectro AM 1,5G e temperatura do módulo a 25°C.

incentivo a essa fonte, mas sempre levando em consideração as especificidades nacionais e regionais. Como, por exemplo, as características dos sistemas utilizados no país, da população que será beneficiada, dos arranjos institucionais, da fonte dos recursos e das tipologias dos sistemas a serem instalados.

Iniciativas nesse sentido já vêm ocorrendo no país, como a proposta de um programa brasileiro elaborada por Rütther et al. (2008) que propõe um conjunto de procedimentos para viabilizar e facilitar a inserção em larga escala da tecnologia solar fotovoltaica no Brasil baseado no programa alemão de telhados solares através da tarifa-prêmio.

Diferentemente do Japão, Alemanha, EUA e Espanha, o nicho de aplicação encontrado até o momento no Brasil para os sistemas fotovoltaicos é em sistemas autônomos (sistemas de eletrificação rural e bombeamento de água), instalados em comunidades isoladas e na zona rural quando os custos de extensão da rede são relativamente mais altos. Boa parte desses sistemas foi viabilizada principalmente através de projetos de pesquisa desenvolvidos por instituições do governo e através do PRODEEM. Isso ocorre devido ao elevado preço de um sistema solar fotovoltaico e à ausência de legislação específica para esta fonte, o que o mantém pouco competitivo em relação aos valores das tarifas cobradas pelas concessionárias.

Assim, ainda não há como se ter a utilização economicamente viável de SFCR, o que aponta, mais uma vez, para a necessidade de uma legislação específica para essa fonte. O que há, até então, de mais específico é a Portaria n° 36/2008 que criou o GT-GDSF com a finalidade de elaborar estudos, propor condições e sugerir critérios destinados à elaboração de uma proposta de política de utilização da energia solar fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas.

Conforme mencionado, foram realizadas quatro reuniões do GT-GDSF. Os resultados preliminares obtidos nessas reuniões permitiram ao coordenador do Grupo de Trabalho concluir que não há impeditivo regulatório para a inserção dos sistemas de geração distribuída fotovoltaica; há a necessidade de se trabalhar mais sobre os incentivos econômicos e financeiros, há a necessidade de ampliar a abordagem da geração distribuída conectada à rede e ampliar o canal de comunicação com a ANEEL; e incorporar a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) às discussões do GT-GDSF.

Ainda há uma última reunião agendada pelo Grupo e, espera-se que sejam obtidos resultados positivos e que, a partir de tais resultados, seja elaborada uma proposta de programa de fomento aos SFCR e o desenvolvimento de uma legislação específica para a inclusão desses sistemas no mercado de forma efetiva, como já vem ocorrendo há anos em vários países do mundo.

Conforme mencionado por especialistas da área, nas respostas obtidas através da submissão dos questionários por parte do presente estudo, um dos pontos apontados quanto às atuais barreiras da elaboração de uma regulamentação específica para os SFCR's são: ausência de indústrias nacionais de equipamentos, elevado custo, baixo índice de nacionalização dos equipamentos, falta de qualificação de recursos humanos e necessidade de reunir as informações dos especialistas da área.

A maioria destas indicações aponta para a necessidade da elaboração de um programa nacional específico de fomento ao uso de sistemas fotovoltaicos que inclua, em sua regulamentação, a obrigatoriedade de atender um índice de nacionalização de equipamentos, tal qual o PROINFA. Desta forma, acredita-se que esse estímulo, além de aumentar a participação da energia solar na matriz energética, poderá auxiliar na melhoria de sua competitividade econômica frente às fontes convencionais através do incentivo à indústria nacional, proporcionando ainda importantes benefícios ao meio ambiente e à sociedade brasileira.

Assim sendo, índices de nacionalização para os sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água, eletrificação rural e conectados à rede elétrica foram propostos por Varella (2009) como instrumentos de desenvolvimento à indústria nacional dentro de um programa de promoção ao uso da energia solar fotovoltaica no Brasil.

Apesar dos valores apresentados por Varella (2009) serem estimativas, pois foram considerados determinados sistemas fotovoltaicos cujos índices podem variar um pouco de acordo com a utilização de cada sistema, ainda assim os índices seriam maiores caso os módulos fotovoltaicos fossem fabricados nacionalmente, pois o módulo é responsável pela maior parte do custo dos sistemas, até mesmo no caso dos sistemas conectados à rede elétrica em que os inversores também são importados.

Varella (2009) acrescenta que o estabelecimento destes índices também permite que a partir deles uma determinada demanda seja criada, através de um programa de incentivo ao uso desta tecnologia, mas lembra que os índices estimados referem-se à capacidade atual da indústria brasileira em atender a demanda por sistemas fotovoltaicos.

Outro resultado decorrente do presente relatório é que o representante da área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da concessionária de energia elétrica selecionada nesse estudo afirma que não existe geração expressiva dos SFCR's no Brasil, o que de fato ocorre, e que por esse motivo acredita que não há necessidade de se ter uma legislação em vigor. Tal concessionária justifica ainda que isso ocorre devido à falta de demanda atualmente existente. Contraditoriamente a essa afirmação por parte da concessionária, uma das barreiras sinalizadas neste trabalho é que as empresas investidoras em energia solar fotovoltaica, que buscam os SFCR's, têm sido impedidas devido à falta de regulamentação.

Ainda com relação às barreiras e oportunidades identificadas na pesquisa, sobre o potencial de participação do Brasil na geração de energia solar fotovoltaica, vale destacar que apesar do país ser um grande produtor de silício metalúrgico, ainda não dispõe de silício grau solar. Uma das saídas para isso seria purificá-lo no país, porém outra dificuldade identificada é a grave escassez de qualificação de recursos humanos. Outra barreira existente atualmente refere-se ao tamanho do investimento, da ordem de milhões de reais, necessário para se investir na fabricação de módulos fotovoltaicos. Estima-se que seria necessário um investimento inicial na ordem de R\$ 50 milhões, o que equivaleria a uma fábrica produzindo anualmente aproximadamente 10 MWp.

São apontados também como oportunidades o estímulo que vem sendo dado através dos incentivos fiscais para alguns equipamentos de sistemas fotovoltaicos; o Centro Brasileiro para Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica (CB-Solar), que está desenvolvendo uma planta pré-industrial para fabricar células e módulos fotovoltaicos; e a certificação de alguns equipamentos nacionais e importados, realizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), visando apoiar a indústria de módulos fotovoltaicos, entre outros equipamentos pertencentes aos sistemas fotovoltaicos autônomos.

Portanto, pelas experiências internacionais bem sucedidas e pelos aprendizados decorrentes de algumas experiências do Brasil, vislumbra-se que a melhor estratégia de política pública a ser adotada pelo país é a de estabelecer um programa de difusão da geração distribuída com sistemas fotovoltaicos nos contextos residencial, comercial, industrial e de prédios públicos associado a uma estratégia de desenvolvimento industrial. E esta estratégia de desenvolvimento industrial deve estar alicerçada em atividades de desenvolvimento científico e tecnológico.

Há uma grande oportunidade de se implantar esse tipo de estratégia a partir das medidas que serão tomadas como resultado das duas ações iniciadas em 2008, sendo elas o GT-GDSF (MME) e o estudo encomendado pelo MCT, cujas atividades estão praticamente

concluídas. Cabe agora esperar que o esforço realizado por estes estudos concretizem-se observando o futuro sem se esquecer das lições do passado.

14. RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

Recomenda-se o acompanhamento dos desdobramentos dos resultados alcançados pelo GT-GDSF e pelo estudo do CGEE.

Escolha e análise mais detalhada dos mecanismos e dos aspectos regulatórios utilizados pelos países líderes, como os critérios de formação da tarifa-prêmio, questões ligadas à conexão dos sistemas à rede, problemas encontrados e soluções adotadas, impacto sobre as concessionárias de distribuição e consumidores.

Simulação de tarifas e subsídios para o caso brasileiro e respectivas análises de sensibilidade a diferentes fatores econômicos e técnicos adotados.

15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA CT. MCT. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Pesquisa reduz custo de equipamentos de geração de energia solar.** Disponível em: <<http://agenciact.mct.gov.br/index.php/content/view/47757.html>> Acesso em: abr 2008.
- ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Energia Solar.** Brasília: ANEEL, 2002. 153p.
- ASIF. Asociación de La Industria Fotovoltaica. **Solar Generation V – 2008.** Electricidad Solar para Más de Mil Millones de Personas y dos Millones de Puestos de Trabajo para el Año 2020. 2008a.
- CAVALIERO, C.K.N. *et al.*. **Mecanismos Regulatórios para Geração de Energia Elétrica a Partir de Fontes Renováveis Alternativas de Energia.** Setembro 2004.
- CB-SOLAR. **Centro Brasileiro para Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica.** Disponível em: <<http://www.pucrs.br/cbsolar/ntsolar/index.htm>> Acesso em: Nov 2008.
- CEC. **Califórnia Energy Commission. Renewable Energy Program.** Disponível em: <<http://www.energy.ca.gov/renewables/index.html>>. Acesso em: jun 2008.
- CGEE. **Centro de Gestão de Estudos Estratégicos.** Relatório do Estudo Prospectivo em Energia Fotovoltaica 2025. Outubro, 2008.
- CONVÊNIO ICMS 101/97**, de 12 de dezembro de 1997. Concede isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica que especifica. Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/confaz/confaz/Convenios/ICMS/1997/cv101_97.htm> Acesso em: abr 2008.
- CONVÊNIO ICMS 71/08**, de 04 de julho de 2008. Prorroga disposições de Convênios que concedem benefícios fiscais. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/confaz/>> Acesso em: nov 2008.
- CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar: Princípios e Aplicações.** Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em: dez 2005.
- DECRETO N° 3827/01**, de 21 de maio de 2001. Reduz a zero o IPI sobre diversos equipamentos e acessórios destinados a geração de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.fisconet.com.br/user/legis01/decreto/3827.htm>> Acesso em: abr 2008.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030**. Rio de Janeiro: EPE/MME, 2007. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>.

EREC. European Renewable Energy Council. **Renewable Energy Policy Review** Germany. 2004.

EUROSERV'ER. **Photovoltaic Energy Barometer**. 2008. 17 p.

European Union. A Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology. The European Photovoltaic Technology Platform. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007. Disponível em: <<http://cordis.europa.eu/technology-platforms/pdf/photovoltaics.pdf>>. Acesso em: abril 2009.

FEDRIZZI, M. C. **Fornecimento de água com sistemas de bombeamento fotovoltaicos: dimensionamento simplificado e análise de competitividade para sistemas de pequeno porte**. Universidade de São Paulo. Instituto de Eletrotécnica e Energia. 1997. (Dissertação de mestrado).

FEDRIZZI, M. C. **Sistemas Fotovoltaicos de Abastecimento de Água para Uso Comunitário: Lições Aprendidas e Procedimentos para Potencializar sua Difusão**. Universidade de São Paulo. Instituto de Eletrotécnica e Energia. 2003. (Tese de Doutorado).

FLORIDA SOLAR ENERGY CENTER. **Installing Photovoltaic Systems**. Maio 1999.

FRAINDENRAICH, N.; LYRA, F. **Energia Solar: Fundamentos e Tecnologias de Conversão Heliotermoeletrica e Fotovoltaica**. p. 423 – 436. 1995.

FRAINDENRAICH, N. **Tecnologia Solar no Brasil. Os próximos 20 anos**. In: Sustentabilidade na geração e uso de energia no Brasil: os próximos vinte anos. Campinas, SP: UNICAMP, 2002.

GALDINO, Marco A.; LIMA, Jorge H. G. **PRODEEM - O Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica**. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA. Hotel Glória. **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002. CD-ROM.

HAAS, R.; DEMET, S.; LOPEZ-POLO, A. **An International Comparison of Market Drivers for Grid Connected PV Systems**. 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 4-8 september 2006. Dresden, Germany.

IEA. International Energy Agency. **PVPS Annual Report 2006**. 2006.

_____. **Trends in Photovoltaic Applications. 2007. Survey Report of Selected IEA Countries Between 1992 and 2006.** Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1_16.pdf> Acesso em: jul 2008.

_____. **Trends in Photovoltaic Applications. 2008b. Survey Report of Selected IEA Countries Between 1992 and 2007.** Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1_17.pdf> Acesso em: out 2008.

_____. **Technical Concepts and Process.** Disponível em: <<http://www.iea-pvps.org/>> Acesso em: out 2008a.

IKKI, O; TANAKA, Y. **National Survey Report of PV Power Applications in Japan 2003.** IEA, 2004.

IKKI, O; MATSUBARA, K. **National survey report of PV Power Applications in Japan 2006.** IEA, 2007a.

IKKI, O.; MATSUBARA, K. **Japan: PV Technology and Prospects. PVPS Annual Report 2007.** IEA, 2007b.

MARKVART, T. **Solar Electricity.** 2nd ed. 1994 e 2000.

MAYCOCK, P. D. **Photovoltaics: Sunlight to Electricity in One Step.** Andover: Brick House. 222 p. 1981.

OLIVEIRA, S.H.F; ZILLES, R. **Geração Distribuída de Eletricidade: Inserção de Edificações Fotovoltaicas Conectadas à Rede no Estado de São Paulo.** Universidade de São Paulo. Instituto de Eletrotécnica e Energia. 2002. 198 p. (Tese de Doutorado).

PHOTON International. **Market Survey: Cell and Module Production 2007.** March 2008. 140 – 174p.

PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS. Short Communication: **Solar Cell Efficiency Tables (Version 32).** Jun, 2008.

PUCRS. Revista da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. **Sol e dispositivos orgânicos na física.** Ano XXX. nº 135. p. 18. Julho-Agosto 2007.

REW. Renewable Energy World. May – June. Financing PV Growth. 2003a. 112-127p.

_____. July – August. PV Market Update. 2003b. 84 – 101p.

_____. November – December. Germany's Solar Success. 2003c. 68 – 79p.

RÜTHER, R. **Panorama Atual da Utilização da Energia Solar Fotovoltaica e o Trabalho do LABSOLAR nesta Área.** 1999. 02 – 18p.

RÜTHER, R. *et al.* **Avaliação do impacto da geração distribuída utilizando sistemas solares fotovoltaicos integrados à rede de distribuição.** 2005. Disponível em: http://www.unisinos.br/diversos/revistas/estudos_tecnologicos/index.php?e=1&s=9&a=3
Acesso em: dez 2007.

RÜTHER, R. *et al.* **Programa de Telhados Solares Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica Pública no Brasil.** In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Geração de Valor no Ambiente Construído: Inovação e Sustentabilidade. 7 a 10 outubro de 2008. Fortaleza/CE. ISBN: 978-85-89478-27-4. 2008.

SCHEER, H. **Germany's 100,000 Roof Photovoltaic Programme.** 1999.

TELEBRAS Telecomunicações Brasileiras S.A. Disponível em: <http://www.telebras.com.br> Acesso em: fev 2007.

TOLMASQUIM, M. T. (organizador). **Fontes Renováveis de Energia no Brasil.** Rio de Janeiro. Interciência: CENERGIA, 2003.

TREBLE, F.C. **Generating electricity from the sun.** Oxford : Pergamon. 293 p. 1991.

VARELLA, F. K. O. M. **Estimativa do Índice de Nacionalização dos Sistemas Fotovoltaicos no Brasil.** Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2009. 148 p. (Tese de Doutorado).

WISSING, L. **National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2006.** IEA, 2006.

WINROCK INTERNATIONAL – BRAZIL. **Trade Guide on Renewable Energy in Brazil.** Outubro 2002.

ZANESCO, I.; MOEHLECKE, A. *Comunicação pessoal. Visita ao Núcleo Tecnológico de Energia Solar - NT-Solar.* Porto Alegre, no dia 06 de novembro de 2008.

ZILLES, R. **Geração de Eletricidade a Partir da Energia Solar: Sistemas Fotovoltaicos.** Dossiê Energia GREENPEACE. 2004.

ZILLES, R. **Aplicações e Regulamentação: Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, Miniredes e Sistemas Interligados.** II SIMPÓSIO NACIONAL DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. CRESESB. 2005. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/snesf/palestras/18-05-2005/ZILLES.pdf> Acesso em: dez 2007.

ZILLES, R. **Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos**. 1ª Reunião do Grupo de Trabalho GT-GDSF. 15 dezembro 2008. 2008a.

D.O.U.	28/11/2008
Seção:	2
Página:	56

PORTARIA Nº 36 , DE 26 DE NOVEMBRO DE 2008.

O SECRETÁRIO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO, no uso das atribuições conferidas pelo art. 5º e seguintes do Decreto nº 5.267, de 9 de janeiro de 2004, resolve:

Art. 1º Criar Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos - GT-GDSF, com a finalidade de elaborar estudos, propor condições e sugerir critérios destinados a subsidiar definições competentes acerca de uma proposta de política de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas, como um fator de otimização de gestão da demanda de energia e de promoção ambiental do País, em curto, médio e longo prazo.

Art. 2º O Grupo de Trabalho será integrado pelos seguintes membros:

I - da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético - SPE:

PAULO AUGUSTO LEONELLI, Diretor Substituto do Departamento de Desenvolvimento Energético - DDE, que o coordenará; e

THIAGO GUILHERME FERREIRA PRADO, Gerente de Projetos do Departamento de Planejamento Energético - DPE;

II - da Secretaria de Energia Elétrica - SEE:

SÉRGIO DE AMORIM PACHECO, do Departamento de Gestão do Setor Elétrico - DGSE;

III - do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL:

MARCO ANTÔNIO ESTEVES GALDINO, Pesquisador;

IV - da Universidade Salvador - UNIFACS:

OSVALDO LÍVIO SOLIANO PEREIRA, Professor, Dr;

V - da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC:

RICARDO RÜTHER, Professor, Dr;

VI - do Instituto de Eletrotécnica e Energia - USP:

ROBERTO ZILLES, Professor, Dr.

Art. 3º O Coordenador do Grupo de Trabalho poderá convidar técnicos e especialistas de outros Órgãos e Entidades da Administração Pública e do setor privado, com o objetivo de reunir contribuições e aperfeiçoamentos, especificamente no que tange às questões inerentes às atividades a serem desenvolvidas pelo Grupo de Trabalho de que trata esta Portaria.

Art. 4º O Grupo de Trabalho terá o prazo de até seis meses contados a partir da publicação desta Portaria para concluir as atividades propostas no Plano de Trabalho do GT e apresentar relatório contendo sugestões e recomendações pertinentes ao seu objetivo.

AA

Portaria SPE nº 36 , de 26 de novembro de 2008 - fl. 2

Art. 5º O apoio administrativo necessário ao Grupo de Trabalho será de responsabilidade da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético e os custos de deslocamento e estada dos representantes indicados pelas Universidades correrão por conta desta Secretaria.

Parágrafo único. Eventuais despesas de deslocamento e estada dos demais integrantes do Grupo de Trabalho correrão por conta dos Órgãos e Entidades que representam.

Art. 6º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.


ALTINO VENTURA FILHO

