PANORAMA DA GERAÇÃO DISTRIBUIDA NO BRASIL BASEADA NO USO DA TECNOLOGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Federico Morante Trigoso – federico.trigoso@ufabc.edu.br
Renato Brito Quaglia – renato.quaglia@ufabc.edu.br
Albemerc Moura de Moraes – albemerc.moraes@ufabc.edu.br
Sérgio Henrique Ferreira de Oliveira – sergio.oliveira@ufabc.edu.br
Universidade Federal do ABC – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Programa de Pós-Graduação em Energia
Av. dos Estados, 5001 – Santo André – São Paulo – SP – Brasil – CEP 09210-971
Telf.: +55 11 4996-0101

Resumo. *A geração distribuída constitui um novo modelo de geração/distribuição alternativo ou complementar ao clássico sistema centralizado de suprimento de energia elétrica. Sua principal característica consiste em que a geração de energia é realizada no ponto de consumo final ou próximo deste. Dentro do grande leque de tecnologias que possibilitam a realização deste modelo, a tecnologia fotovoltaica apresenta características intrínsecas de geração distribuída. Isso acontece tanto nas aplicações na área rural como nos centros urbanos. No referente à inserção desta tecnologia na matriz energética brasileira, embora muitas barreiras tenhas sido superadas algumas ainda persistem e, com o passo do tempo, outras apareceram. Assim, neste trabalho discutem-se algumas importantes questões relacionadas com a geração distribuída no Brasil com o uso desta tecnologia. A metodologia utilizada parte da analise do estado da arte desta aplicação, dos projetos em curso e da legislação existente dirigida a promover sua inserção. Também é utilizado o conhecimento surgido de diversos projetos existentes no país nas áreas rurais e urbanas. O objetivo do trabalho é trazer à luz uma serie de considerações que podem ser tomadas em conta nas discussões relacionadas com a elaboração das políticas públicas que visam materializar este novo modelo de distribuição de energia elétrica no país.*

Palavras-chave: *Geração Distribuída, Tecnologia Solar Fotovoltaica, Analise de Barreiras, Matriz Energética Brasileira, Planejamento Energético.*

1. INTRODUÇÃO

Pode-se dizer que a energia elétrica proporciona ao ser humano, variadas oportunidades e alternativas para integração ao desenvolvimento, possibilitando o crescimento econômico, a qualidade de vida e o bem-estar social. Por tais razões o desenvolvimento socioeconômico atualmente não pode prescindir desse tipo de energia e, em tal contexto, todas as pessoas deveriam contar com a possibilidade de usufruí-la.

No entanto, por causa principalmente da estrutura urbanística das cidades e da localização das fontes hídricas, desde os primórdios da implantação das redes, o modelo do setor elétrico ficou com a geração localizada num ponto distante. Isso obrigou ao transporte dessa energia utilizando as redes de transmissão desde esse ponto e, geralmente, vencendo longas distâncias.

Uma vez que essa energia está disponível próximo aos usuários finais, foi preciso estabelecer um sistema de distribuição e comercialização. Claramente isso torna mais fácil e viável nas cidades, onde os usuários finais estão concentrados num reduzido espaço e não têm suas residências distribuídas de forma distante ou dispersa (Hughes, 1983).

Obviamente este modelo depende em grande medida da localização da fonte primária para produzir a energia elétrica, das restrições ambientais e da disponibilidade de recursos complementares e necessários. No caso das usinas hidrelétricas isso é muito claro. Já as usinas nucleares precisam contar com recursos hídricos e, além disso, áreas seguras e estratégicas. As grandes usinas termoelétricas a óleo diesel ou gás natural também requerem fontes hídricas e sua localização depende das condições ambientais.

No caso das termoelétricas de pequeno porte que utilizam óleo diesel, geralmente estão localizadas próximas aos usuários. É o caso, por exemplo, dos sistemas elétricos isolados que atendem cidades amazônicas. No entanto, isso não é exclusivo das áreas urbanas, pois é possível encontrar pequenas redes elétricas em diversas comunidades rurais. Isso acontece naquelas que dispõem de pequenos geradores a diesel que funcionam, geralmente, por volta de 4 horas cada noite (Mocelin *et al.*, 2007). Na maior parte dos casos esses geradores são doados pelas prefeituras, ONG´s ou por outras instituições e seu funcionamento depende da disponibilidade de combustível e da viabilidade de manutenção.

Adicionalmente, o modelo elétrico centralizado também leva em conta a extensão das redes elétricas às áreas rurais principalmente para atender os requerimentos das propriedades agropecuárias ou centros produtivos. Também isso é possível em pequenos povoados ou vilas onde a população não esta distribuída de forma distante ou dispersa. Em todos esses casos, pode-se dizer que as redes são estendidas até os lugares onde a relação custo/beneficio demonstre que

os empreendimentos são viáveis. Porém, do ponto de vista empresarial geralmente este tipo de empreendimentos não são possíveis de serem realizados e, por tal motivo, as ações governamentais apelam aos subsídios para torná-los viáveis.

É nesse contexto que podem ser inseridas as tecnologias de geração local de energia elétrica baseadas em fontes renováveis. É o caso da tecnologia solar fotovoltaica, dos geradores que aproveitam a energia eólica, das tecnologias que utilizam a biomassa, das pequenas centrais hidrelétricas (PCH) entre outras. Tais fontes podem assegurar a produção de energia elétrica de maneira sustentável. No caso da tecnologia fotovoltaica isso pode ser realizado tanto nas áreas rurais com população dispersa utilizando sistemas fotovoltaicos domiciliares (SFD) como nos grandes centros urbanos por meio dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR).

Assim, a geração distribuída (GD) isto é, aquela produzida e utilizada no próprio local, torna-se um modelo alternativo ao modelo centralizado descrito anteriormente. Porém, para que seja viável a médio e longo prazo uma serie de ações têm que ser realizadas. Embora o Balanço Energético Nacional mostre que a oferta interna de energia elétrica do Brasil é de fontes renováveis, pois 75,8% é gerada nas centrais hidroelétricas[1], a eletricidade produzida pelas outras tecnologias baseadas em fontes renováveis é ainda insignificante (MME-EPE, 2007).

Tomando em conta estas questões e sem deixar de lado a perspectiva do desenvolvimento sustentável a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao Ministério das Minas e Energia publicou o Plano Nacional de Energia 2030. Os cenários traçados nesse estudo mostram a importância a ser adquirida pelas fontes de energias renováveis e, portanto, da tecnologia solar fotovoltaica (Pereira Jr. *et al*., 2008).

Nesse contexto, torna-se interessante a inserção a grande escala tanto dos sistemas fotovoltaicos desenhados para a geração de energia em comunidades isoladas, onde o custo para levar às redes de transmissão e sistemas de distribuição não compensa financeiramente às concessionárias, quanto os sistemas conectados à rede elétrica. Estes são atrativos em grandes centros urbanos, por aproveitar o ambiente construído, por gerar próximo ao centro consumidor, não necessitar de linhas de transmissão e em alguns casos, serve como revestimento de edificações.

Desse plano pode-se inferir que no futuro, a tecnologia fotovoltaica vai se tornar mais interessante tanto no meio rural como no urbano. Porém, deve-se tomar em conta que essas aplicações apresentam algumas diferenças de ordem técnica, social e econômica. Mas, como fator comum vale ressaltar que, para que estas tecnologias consigam integrar a matriz energética, aumentar o "mix" na geração, possibilitar o crescimento de regiões e até mesmo garantir condições de escala, faz-se necessário assegurar condições mínimas que proporcione uma concorrência com os modelos tradicionais de geração, assim a criação de políticas públicas de incentivo (também chamados de mecanismos de incentivo) torna-se uma necessidade.

Esses mecanismos de incentivo são políticas públicas adotadas por países para tornar alguma tecnologia viável e participativa dentro da economia do país. Nesse caso, tais mecanismos são utilizados para viabilizar a tecnologia fotovoltaica, seja em sistemas autônomos ou conectados à rede elétrica.

Atualmente, há políticas adotadas ao redor do mundo para as fontes renováveis de energia, incluindo às tecnologias solar fotovoltaica e solar térmica, a eólica, de biomassa, as PCH e outras. Quanto à geração fotovoltaica, as políticas para sistemas autônomos e conectados divergem entre si, isso porque há diferenças sob o ponto de vista técnico, econômico e social. São numerosos os governos que outorgam subsídios para a diminuição do custo dos equipamentos e principalmente, que dão um tratamento especial à energia de origem fotovoltaica através de tarifas especiais e diferenciadas (Rodríguez, 2002).

Nesse sentido, neste trabalho discutem-se algumas importantes questões relacionadas com a GD utilizando a tecnologia solar fotovoltaica. A metodologia utilizada parte da analise do estado da arte desta aplicação, dos projetos em curso e da legislação existente dirigida a promover sua utilização. Para tanto, é utilizado o conhecimento surgido de diversos projetos existentes no país, tanto nas áreas rurais como urbanas. O objetivo do trabalho é trazer à luz uma serie de considerações que podem ser tomadas em conta nas discussões relacionadas com a elaboração das políticas públicas que visam materializar a geração distribuída no país.

2. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO PLANO DE EXPANSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATÉ 2030

O termo geração distribuída constitui um modelo de geração/distribuição alternativo ou complementar ao clássico sistema centralizado de suprimento de energia elétrica. Embora existam múltiplas definições relacionadas com este conceito o denominador comum é que a geração de energia é realizada no ponto de consumo final ou próximo deste.

Tudo isso foi possível graças aos avanços tecnológicos conquistados nas ultimas décadas, tanto nos equipamentos de GD que utilizam combustíveis fósseis como aqueles baseados em fontes renováveis. Nesse aspecto podem ser consideradas, entre outras, as tecnologias de geração termelétrica em pequena escala, as células a combustível, as pequenas centrais hidrelétricas, os sistemas eólicos, a biomassa e os sistemas fotovoltaicos.

Uma das definições de GD refere que ela é uma fonte de geração conectada diretamente na rede de distribuição ou ao consumidor. Neste caso a potência instalada não é considerada relevante para sua caracterização. No Brasil, a GD é vista como tendo um limite superior de potência instalada. Consequentemente, esta geração pode ser dividida nas seguintes faixas: micro GD com potência inferior a 10 kW; pequena GD com potência entre 10 e 500 kW; média GD com potência entre 500 kW a 5 MW e grande GD com potência entre 5 e 100 MW (Silva & Haddad, 2006: 4).

[1] Desse total 74,1% corresponde às grandes centrais hidrelétricas e 1,7% às pequenas centrais hidroelétricas.

Outra definição considera que a GD tem como principal característica não haver sido planejada de forma centralizada assim não pode ser despachada de forma centralizada. Neste caso não existe um órgão que comande as ações das unidades de geração descentralizada. Desde outro ponto de vista, a GD é uma central de geração de dimensão tal que pode ficar conectada à rede de distribuição e muito próxima ao consumidor (Silva & Haddad, 2006: 4).

De maneira mais pontual, a utilização da tecnologia fotovoltaica para fornecer energia elétrica a residências ou edificações, tanto na área urbana ou rural, é considerada geração distribuída por estar nas proximidades da carga. No caso dos SFCR além de atender a carga da edificação também pode injetar o excedente da energia gerada no sistema de distribuição. Já os SFD, por serem de uso individual, atendem de forma autônoma os requerimentos da residência onde estão instalados. No entanto, neste caso também existe a possibilidade de centralizar os geradores fotovoltaicos e, a partir desse ponto, distribuir a energia por meio de uma pequena rede elétrica.

As características intrínsecas da tecnologia fotovoltaica para a GD, dependendo da perspectiva do observador, ressaltam seus benefícios energéticos e não energéticos. Ao lado da energia produzida propriamente dita, também deve ser levada em conta a estética e funcionalidade, assim como seus benefícios ambientais e aqueles de caráter socioeconômico. Consequentemente, isso põe em evidência que ela não pode ser avaliada tomando em conta somente o custo do kWh fotogerado.

Dentro do conjunto de benefícios desta tecnologia pode-se mencionar que a energia é gerada ao lado do ponto de consumo e na tensão de consumo. Isso diminui as perdas relacionadas com a transmissão e distribuição além de dispensar o uso de transformadores. A sua modularidade, facilidade e rapidez de instalação eliminam a necessidade de manter capacidade instalada ociosa. Adicionalmente, as inovações tecnológicas podem ser rapidamente utilizadas e adotadas (Silva & Haddad, 2006: 95).

É dessa maneira que a importância do uso desta tecnologia cresce a cada dia e, portanto, não pode ser desconsiderada nos planos de expansão de energia do país. Com relação a isso, dentro do Plano Nacional de Energia 2030 os estudos sobre energia elétrica mostram o crescimento na utilização desse produto dentro de quatro cenários econômicos elaborados (MME-EPE, 2007; Pereira Jr. *et al.*, 2008). Cabe apresentar que esses cenários consideram as taxas anuais médias do crescimento do PIB no período 2005/2030. O valor mais otimista apresenta 5,1 % de crescimento (Cenário A) e o menos otimista, apresenta 2,2 % (Cenário C).

No que concerne à Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), é dito que no Brasil há quantidade suficiente de energia primária para geração de energia elétrica para além do ano de 2030, entretanto, devido à diversificação da matriz energética, restrições sócio-ambientais e racionalização do uso de energia, leva-se a uma condição necessária para o estudo de alternativas na estratégia da expansão (MME-EPE, 2007).

Quanto às fontes baseadas em energias renováveis, dentro do horizonte do plano, as PCH e as usinas eólicas são as tecnologias com melhor previsão de crescimento dentro da OIEE. Muito embora, o plano aponta possíveis recursos de P & D para desenvolvimento tecnológico, podendo acarretar a inclusão de tecnologias que utilizam energias renováveis que se tornem maduras e viáveis para competirem no mercado. Nesse contexto, englobam-se os sistemas fotovoltaicos, as células a combustível e outras tecnologias e aproveitamentos. Dentro do plano apresentado, é confirmada a potencialidade do Brasil para as fontes renováveis, no que diz respeito a localização geográfica e aos aspectos climáticos, possuindo abundância nos recursos de energia solar, eólica, dos oceanos e de biomassa.

No que tange o uso dos SFCR, tais sistemas são apresentados como alternativa para a GD. Cabe dizer que a barreira técnica ainda é um dos fatores restritivos à tecnologia, sendo necessário à adoção de normas técnicas, no que concerne à qualidade, segurança e proteção de geradores distribuídos. Outro ponto mencionado limitante para expansão de tais sistemas, está relacionado com os custos das células fotovoltaicas. Como em nosso mercado, não há uma indústria fotovoltaica, o mercado fica preso às importações desses materiais, mesmo sabendo que o Brasil é um dos maiores exportadores do silício grau metalúrgico (matéria prima para o silício grau eletrônico). Nesse artigo, as barreiras impostas à tecnologia fotovoltaica serão discutidas mais adiante.

3. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA NAS ÁREAS RURAIS DO BRASIL

A tecnologia fotovoltaica é uma forte aliada no processo de eletrificação rural, principalmente em localidades isoladas e de baixo consumo energético. Assim, em várias partes do mundo muitos sistemas fotovoltaicos autônomos foram instalados com o objetivo de levar energia elétrica a comunidades rurais carentes. Isso está principalmente associado às políticas públicas de eletrificação rural. No Brasil essa tecnologia vem sendo utilizada de múltiplas formas e introduzida por diversas instituições (Zilles & Morante, 2000). No entanto foi por meio do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM) que se instalou a maior quantidade de sistemas. Embora pudesse utilizar outras tecnologias, tal programa foi baseado principalmente na tecnologia fotovoltaica.

Ao longo da sua existência o PRODEEM contemplou três tipos de aplicações: sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica, sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água e sistemas fotovoltaicos de iluminação pública (Galdino & Lima, 2002). Como a maior parte dos componentes dos sistemas fotovoltaicos instalados foram importados, o programa pouco contribuiu para o desenvolvimento da tecnologia e da indústria nacional, como previa o artigo 1° e objetivo IV do decreto presidência de 1994[2]. Além disso, vários problemas operacionais e técnicos assolaram o PRODEEM causados em sua maioria por inadequações de projeto, baixa experiência dos instaladores, manuais dos

[2] "Promover a capacitação de recursos humanos e o desenvolvimento da tecnologia e da indústria nacionais, imprescindíveis à implantação e à continuidade operacional dos sistemas a serem implantados" (BRASIL, 1994).

equipamentos de difícil compreensão, dificuldade para obtenção de baterias e peças para reposição, dentre outras (Neto & Carvalho, 2006).

Em 2003, o decreto que instituiu o programa Luz Para Todos (LPT) estipulou que o PRODEEM, na época em processo de revitalização, passa a integrar esse programa. O decreto também definiu que "os equipamentos em estoque remanescente, após a revitalização, serão transferidos ao LPT, e serão utilizados para o atendimento de comunidades isoladas e repassados aos agentes executores ou entidades autorizadas pelo MME" (MME, 2006).

Com antecedência a esse processo, no dia 26 de abril de 2002 foi promulgada a lei 10.438 que dispõe a universalização do serviço de energia elétrica no Brasil até 2015 sem ônus para o usuário (BRASIL, 2002). A seguir, em 29 de abril de 2003 a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) emitiu a Resolução N^{o} 223 que estabelece as condições gerais para elaborar os Planos de Universalização de Energia Elétrica por parte das empresas concessionárias de energia e, além disso, regulamenta o disposto nos artigos 14 e 15 da lei 10.438 (ANEEL, 2003).

É nesse contexto que surgiu o programa Luz Para todos, sendo que no dia 11 de novembro de 2003 o Governo Federal por meio do Decreto N° 4.873 o instituiu. Seu objetivo fundamental foi propiciar, até o ano de 2008, o atendimento em energia elétrica à parcela da população do meio rural brasileiro que ainda não possui acesso a esse serviço público[3]. O programa é coordenado pelo Ministério das Minas e Energia, sendo operacionalizado com a participação das Centrais Elétricas Brasileiras S. A. – ELETROBRAS e das empresas que compõem o sistema Eletrobrás (BRASIL, 2003).

No LPT, a diferença do antigo PRODEEM, o atendimento também pode ser domiciliar. Neste caso, toma-se em conta que o usuário final beneficiado não terá ônus com a instalação do sistema de eletrificação, seja ele tradicional (prolongamento da rede elétrica) ou alternativo (sistemas autônomos). Os recursos para isso, serão provenientes do Governo Federal, Estados, Municípios e de agentes do setor elétrico.

Entretanto, no dia 28 de abril de 2008 foi publicado o decreto N^{o} 6.442 de 25 de abril de 2008 que oficializa a prorrogação do programa Luz Para Todos até 2010. Este decreto dá nova redação ao art. 1º do Decreto N^{o} 4.873, de 11 de novembro de 2003. Em seu parágrafo único estipula que "o Ministério de Minas e Energia definirá as metas e os prazos de encerramento do Programa, em cada Estado ou por área de concessão, respeitado a data estabelecida no caput" (BRASIL, 2008).

Disso tudo se pode inferir que a tecnologia fotovoltaica aparece como uma alternativa viável quando se trata de fornecer eletricidade a localidades onde é impraticável a expansão da rede elétrica. Neste caso, as características predominantes de uma população que vive de forma dispersa torna muito alto os investimentos para expandi-la. Isso fica pior quando se considera também o difícil acesso, as grandes distâncias, os acidentes geográficos, a baixa renda da população, as áreas ambientalmente protegidas, entre outras adversas condições.

Tendo em conta essa realidade, com a finalidade de possibilitar a utilização de fontes de geração baseadas em energias renováveis, em setembro de 2004 a ANEEL publicou a resolução n° 83 que estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI). Isso possibilita o uso de sistemas fotovoltaicos como alternativa para a universalização do serviço de energia elétrica e, em tal sentido, as empresas concessionárias podem utilizar esta tecnologia como fonte de geração (ANEEL, 2004).

Desta forma, tendo em vista as metas estabelecidas pela ANEEL para universalizar o serviço de energia elétrica, algumas empresas energéticas vêm optando cada vez mais pela instalação de sistemas fotovoltaicos autônomos para atender essa demanda. Um exemplo disso é a concessionária COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) que através do Programa Luz para Todos "já ligou 3.000 domicílios com a tecnologia solar fotovoltaica e outros 2.500 serão beneficiados até o final de 2006"[4]. A proposta da empresa também contemplava instalar outros 18.000 sistemas sendo 16.850 do tipo SIGFI-13; 1.100 SIGFI-30 e 50 do tipo SIGFI-80 (Filho, 2006).

Embora no momento exista esta iniciativa e outras, na maior parte dos casos não se verifica que esta tecnologia esteja sendo utilizada por outras empresas concessionárias para cumprir os prazos estabelecidos na Resolução N^{o} 223 da ANEEL e pelo programa Luz Para Todos. Existem localidades dos estados principalmente da região Norte e Nordeste onde isso vai ser muito difícil de ser realizado. Na Amazônia, por exemplo, as grandes distâncias, o difícil acesso e a dispersão da população rural constituem uma seria dificuldade para a instalação e gestão do empreendimento por parte das concessionárias.

Ainda que nessa região tecnicamente seja possível a instalação dos SIGFI`s baseados em tecnologia fotovoltaica, tal como o demonstram alguns projetos (Mocelin, 2007) existem diversas barreiras a serem superadas. Uma delas é o custo do investimento, atualmente sob a responsabilidade das empresas concessionárias. Mesmo existindo os meios para bancar estes custos, como aqueles estabelecidos pelo programa LPT, surge a discussão dos subsídios que podem viabilizar a instalação desta fonte de geração.

No entanto, essa discussão além dos aspectos puramente econômicos e financeiros, também deveria levar em conta tópicos relacionados com a questão geopolítica dessa região junto à problemática ambiental. Adicionalmente, deve-se considerar também que a médio e longo prazo, muito mais graves são as conseqüências da falta de condições para o desenvolvimento socioeconômico e o possível êxodo rural.

[3] Segundo o MME a exclusão à eletrificação no Brasil, antes do início do programa atingia mais de 11 milhões de pessoas, destes 90% são pertencentes a família com renda inferior a 3 salários mínimos (Junior *et al.*, 2006).

[4] Informação publicada no site da empresa: http://www.coelba.com.br/ (Acessada em 05 de maio de 2008).

4. GERAÇÃO DISTRIBUIDA COM TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA NOS CENTROS URBANOS

A utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) também enfrenta sérias barreiras para sua inserção na matriz energética do país. No entanto, no que se refere ao marco regulatório, existe a Resolução Normativa Nº 247 de 21 de dezembro de 2006 da ANEEL que estabelece as condições para a venda de energia elétrica gerada por fontes incentivadas (ANEEL, 2006). De forma complementar, a Resolução Normativa Nº 286 de 6 de novembro de 2007 aprova as Regras de Comercialização de Energia Elétrica aplicáveis a essas fontes incentivadas (ANEEL, 2007).

De acordo com essas resoluções, são consideradas fontes incentivadas os empreendimentos baseados em fonte eólica, biomassa ou solar com potência ≤ 30 MW. Também a produção independente ou autoprodução utilizando PCHs com potência > 1 MW e ≤ 30 MW e, além disso, as centrais geradoras hidrelétricas (CGH) com potência instalada igual ou inferior a 1 MW.

Ainda que exista a figura das "fontes incentivadas" faz-se necessário promover outros mecanismos que visem eliminar as dificuldades para ajudar a inserir esses sistemas nas áreas urbanas. Exemplo disso são os países membros da Agência Internacional de Energia, que ao longo dos últimos anos vêem adotando medidas buscando reduzir tais barreiras. Como conseqüência disso, nos últimos 15 anos o crescimento da potência instalada e, portanto, da energia fotogerada nesses países, foi vertiginoso. Os principais países onde se nota o crescimento desses sistemas são: Alemanha, Espanha, Estados Unidos, Holanda e Japão (IEA,2006).

Esses mecanismos de incentivo têm por característica aplicar subsídios à potência instalada e/ou à energia gerada. Além do subsídio financeiro, faz-se necessário a criação, por parte do órgão regulador de energia elétrica, de um marco regulatório e tarifário apropriado. Entretanto, sabe-se que esses mecanismos não são iguais em todos os países, pois dependem das características do setor elétrico, da economia local e de outras variáveis.

Quanto aos SFCR em funcionamento no Brasil, sabe-se que esta opção ainda é muito incipiente, sendo que os principais sistemas em operação estão em Universidades e outros Institutos, com a finalidade de Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento. Esses sistemas estão localizados na CHESF, IEE-USP, LABSOLAR-UFSC, UFRGS e CEPEL.

O sistema do LABSOLAR-UFSC, localizado na zona urbana de Florianópolis, mostrou que em boas condições climáticas e atmosféricas, a produção fotovoltaica é considerada estratégica à edificação. Nesse estudo, notou-se que a contribuição foi pequena quando comparada ao consumo total do prédio, porém contribuiu com a diminuição do consumo de energia elétrica da rede. Além disso, devido o baixo índice de falhas o sistema pode ser considerado como confiável (Rüther *et al*, 2007a e 2007b; Viana & Rüther, 2007).

Entre o ano de 2004 e 2005, o sistema instalado pelo Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do IEE-USP apresentou contribuição significativa à edificação, atingindo valores de até 70% da carga do prédio. Quanto ao fluxo de potência injetado na rede, as contribuições significativas ocorreram nos dias não-úteis (finais de semana e feriados). Isso porque o edifício onde está instalado o sistema corresponde ao setor administrativo do Instituto e funciona a plena carga durante os dias úteis (Zilles & Macedo, 2007).

Ambos os estudos mostraram que os SFCR podem contribuir para a diminuição do consumo da rede elétrica de uma edificação e até mesmo, ao injetar na rede, contribuir com a linha de distribuição em baixa tensão, assim torna-se uma opção como geração distribuída. Nesse contexto, confirma-se que tais sistemas são interessantes, pois são modulares, integram o ambiente construído (não necessitando de grandes áreas extras para sua inserção), geram eletricidade no entorno do centro de carga, e principalmente, contribuem com a diminuição do pico de consumo de centros urbanos (Rüther, 2004). Justifica-se o uso de tais sistemas em centros urbanos, pois o pico de geração fotovoltaico é diurno, coincidentemente com o pico de consumo em centros comerciais.

Por outro lado, na região Nordeste o Grupo de Pesquisa de Fontes Alternativas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE-FAE) instalou um sistema de 2,4 kWp com bateria na Ilha de Fernando de Noronha. Também instalou outro sistema com baterias na própria universidade, na cidade de Recife, com 1,6 kWp de potência. A idéia é que a utilização de acumuladores de energia pode ser necessária em algumas situações, como *back-up*. Essa configuração pode proporcionar acréscimo ou decréscimo da contribuição solar no consumo do usuário, em função do modo operacional estabelecido (Barbosa *et al.*, 2007).

Além dessas experiências com fins de pesquisa acadêmica, não há nenhum Programa de Incentivo à tecnologia fotovoltaica conectada à rede no Brasil. Muito embora exista o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) que propõe a promoção do uso de fontes renováveis, não considera em seus guias de habilitação a tecnologia fotovoltaica. Isso porque esse programa ficou restrito ao uso da biomassa, da energia eólica e das PCH.

No entanto, em 15 de Junho de 2007, o Governo da República Federativa do Brasil, sancionou a lei nº. 11.488/2007 que tem como um dos seus objetivos alterar o artigo 26 da lei nº. 9.427, de 26 de Dezembro de 1996, que passa a vigorar da seguinte maneira (BRASIL, 2007):

> "Art. 26. .....
> § 1o Para o aproveitamento referido no inciso I do caput deste artigo, para os empreendimentos hidroelétricos com potência igual ou inferior a 1.000 (mil) kW e para aqueles com base em ***fontes solar***, eólica, biomassa e co-geração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 (trinta mil) kW, a ANEEL estipulará percentual de redução não inferior a 50% (cinqüenta por cento) a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada pelos aproveitamentos."

Ainda que esta lei inclua os sistemas solares conectados à rede abrindo a possibilidade para sua utilização, pois estipula percentual de redução não inferior a 50% a ser aplicada às tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição, tal medida não está regulamentada. Segundo o PROINFA, essa lei amplia os benefícios às Fontes Alternativas, entretanto, percebe-se que a participação da tecnologia com base em fontes solar dentro desse próprio programa é dificultosa, pois uma das exigências é que os sistemas apresentem no mínimo 60% de nacionalização.

Em adição a isso, em 2005 a ANEEL contratou serviços de consultoria para a elaboração dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Estes procedimentos estão constituídos por diversas disposições que criam novas regras e incorporam as antigas. O objetivo é regulamentar as atividades dos agentes relacionados aos sistemas de distribuição (Bortoni, 2007).

O PRODIST está estruturado em 6 módulos de caráter técnico e 2 de caráter geral. Os módulos técnicos contemplam o planejamento da expansão, o acesso ao sistema, os sistemas de medição e a qualidade da energia elétrica (ANEEL, 2008). Um dos aspectos mais importantes é a criação da figura de "Acessante" que é qualquer agente que se conecte ao sistema de distribuição. Seja ele um consumidor, um gerador ou mesmo outro agente de distribuição, a condição de acessante faz compartilhar os mesmos direitos e obrigações.

O modulo de acesso do PRODIST também define o "Ponto de Conexão" por meio do critério do menor custo global. Esse custo global das alternativas é definido pela Acessada e resulta da soma do custo anual da diferença de perdas e do custo anualizado dos investimentos (Bortoni, 2007).

Quanto aos Critérios Técnicos e Operacionais, mais precisamente quanto à conexão de unidades da categoria de produção aos sistemas de distribuição, as exigências do PRODIST não parecem restritivas ao uso dos SFCR. Entretanto, é possível que durante as futuras solicitações de acesso, perceba-se a necessidade da criação de novos procedimentos específicos à tecnologia fotovoltaica.

As dificuldades em integrar tais sistemas dentro do setor elétrico estão relacionadas às barreiras existentes. Nos últimos anos esse tema ganhou destaque, mas mesmo com a definição dos procedimentos de conexão de geradores distribuídos e o pequeno crescimento dos sistemas conectados à rede (principalmente aqueles de Instituições de Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento), deve se levar em conta a existência de uma série de barreiras a serem transpostas.

Bons exemplos a serem seguidos, estão no crescimento dos SFCR nos países membros do IEA, sendo que esses estão associados a uma série de ações que visam transpor barreiras. No geral, ações coordenadas na adoção de incentivos financeiros (quer seja a potência instalada e/ ou a energia gerada) a estruturação do setor elétrico com a criação de novos marcos regulatórios, bem como a elaboração de procedimentos técnicos para conexão de tais sistemas à rede, e ainda, o incentivo à indústria fotovoltaica, parece ter auxiliado a integração destes nos respectivos mercados.

5. COMENTÁRIOS SOBRE A SUPERAÇÃO, PERSISTÊNCIA E APARECIMENTO DE BARREIRAS

Embora nestes últimos anos no Brasil se tenha avançado muito na estruturação do marco regulatório para fomentar a GD, na prática não se observa a implantação de projetos fotovoltaicos em grande escala. Observando em perspectiva, esse panorama torna-se mais promissor no referente aos sistemas domiciliares e menos otimista para a instalação dos sistemas conectados à rede elétrica. Assim, a analise da situação atual da inserção dessa tecnologia, tanto no meio rural como urbano, mostra a superação de muitas barreiras ao lado da persistência e aparecimento de varias outras.

5.1 Barreiras técnicas

Embora nestes últimos anos as universidades tenham formado pessoas de nível superior em seus programas de pós-graduação, tanto na GD no meio rural quanto no urbano, verifica-se a dificuldade de encontrar pessoal técnico capacitado para lidar com os empreendimentos fotovoltaicos. Obviamente, este problema pode ficar maior ao momento de materializar projetos de grande porte. Isso porque vai ser preciso contar com a presença de profissionais preparados para elaborar os projetos, organizar os agentes envolvidos, realizar as instalações ou efetivar a gestão e manutenção. Evidentemente, tudo isso é muito mais difícil de ser estabelecido no meio rural, porém, nas áreas urbanas os sistemas tecnicamente são mais complexos. Como resultado disso, é preciso então que os centros de ensino técnico em seus diversos níveis incluam cursos voltados a formar este tipo de profissionais.

No referente à qualidade dos equipamentos, nestes últimos anos o INMETRO constituiu o Grupo de Trabalho GT-FOT conseguindo positivos avanços na formulação de normas técnicas apropriadas e no estabelecimento de ensaios de qualidade (Salazar, 2004; Ramos, 2006). Inclusive já existem centros credenciados no país para emitir certificações técnicas que garantem a qualidade dos mesmos. Na atualidade muitas das licitações também exigem o cumprimento deste fundamental passo.

Esse controle está dirigido principalmente a garantir a qualidade dos módulos fotovoltaicos, dos controladores eletrônicos de carga e os inversores cc/ca. Falta, no entanto, estabelecer mecanismos de controle das lâmpadas fluorescentes compactas existentes no comercio, principalmente das áreas rurais assim como das baterias automotivas. Isso também pode ser estendido aos diversos acessórios que possibilitam o termino das instalações. É imperativo criar mecanismos para o cumprimento das normas de instalações de sistemas de GD e da manutenção dos mesmos.

Enquanto à implantação dos SIGFI, uma das barreiras surgidas se relaciona com a materialização do controle de interrupções e a determinação do denominado DIC (Duração de Interrupção por Unidade Consumidora). Para isso a empresa deve manter um arquivo que permita calculá-lo levando em conta a totalidade das interrupções. A idéia

fundamental é que as instalações devem cumprir um padrão mínimo de atendimento e de qualidade do serviço de energia. Também devem respeitar o tipo de serviço brindado nas zonas urbanas, isto é, em corrente alternada.

No entanto, em lugares remotos esse controle ao lado da rapidez para solucionar os problemas técnicos vai precisar do estabelecimento de uma rede de apóio muito eficiente. É aqui que entra em jogo a questão do custo do deslocamento e do retorno econômico do empreendimento. Consequentemente, as empresas concessionárias vão ter que formar pessoas e criar métodos apropriados para enfrentar de maneira positiva este novo desafio. Neste caso, os técnicos teriam que estar muito próximo de seus clientes por meio de algum mecanismo alternativo ao usual urbano.

Quanto à inserção dos SFCR, uma das principais barreiras são as imposições exacerbadas impostas pelos agentes distribuidores para a realização de conexões de instalações de geração aos sistemas elétricos de distribuição (Bortoni, 2007; Oliveira, 2002). Isso tem como origem a presunção de possíveis perigos relacionados com o funcionamento de outros sistemas de geração em paralelo com o sistema principal. No entanto, os grandes avanços nos dispositivos de segurança inclusos nos inversores cc/ca e nos sistemas elétricos de controle da atualidade tem minimizado esse aspecto. Isso somado aos cuidados e rigorosas recomendações de segurança operacional do sistema e das pessoas estabelecidas nas normativas nacionais, diluem a existência desta barreira.

Enquanto à qualidade da energia injetada na rede, a qual representa um dos questionamentos mais freqüentes, os inversores cc/ca de ultima geração tem superado em grande medida essa preocupação. No entanto, equipamentos dessa qualidade são fabricados fora do país e têm que ser importados. Isso mostra um enorme vazio que tem que ser preenchido pela indústria nacional, porém, para isso têm que existir um mercado que justifique esse investimento.

5.2 Barreiras tecnológicas

Embora no Brasil existam diversos fabricantes de equipamentos e acessórios da indústria eletroeletrônica, no referente à tecnologia fotovoltaica ainda há muito por ser realizado. No que corresponde à fabricação de células e módulos fotovoltaicos a Heliodinâmica, localizada no Estado de São Paulo, continua sendo a única empresa nacional que permanece no mercado. Aqui são fabricados lingotes e lâminas de silício mono e multicristalino e módulos fotovoltaicos com capacidades de geração de 11 a 140 Wp. Também fabrica controladores eletrônicos de carga e outros elementos. No entanto, a quantidade da sua produção não chega competir com as de origem estrangeiro.

Entretanto, o Centro Brasileiro para Desenvolvimento da Energia Solar Fotovoltaica (CB-Solar) localizado no Parque Tecnológico da Pontifícia Universidade Católica de Rio Grande do Sul, conseguiu implantar e analisar uma unidade piloto de produção de módulos fotovoltaicos. A planta consta de 16 laboratórios e tem como proposta fundamental o desenvolvimento de um processo completo pré-industrial para fabricação de módulos. O objetivo é utilizar lâminas de silício grau solar produzidas no Brasil, criando as condições para a implantação de industriais nacionais para a purificação crescimento de silício cristalino e módulos fotovoltaicos (Moehlecke & Zanesco, 2006).

Por outro lado, apesar de algumas tentativas da indústria, os controladores eletrônicos nacionais não chegam a ser tecnicamente competitivos com os de origem estrangeiro. Estes na atualidade incorporam uma serie de controles, medição e armazenamento de dados, sistemas de proteção, interfaces com o usuário, etc. que os tornam muito eficientes e atrativos.

Algo parecido acontece com os inversores cc/ca nacionais os quais em sua grande maioria são de baixa potência e dirigidos a fornecer corrente alternada a veículos. Atualmente no país não existe um inversor desenhado com a potência adequada e, além disso, que incorpore com razoável confiabilidade todas as funções de controle e proteção necessária para um SFCR. No entanto, as pesquisas desenvolvidas nas universidades tentam preencher este vazio e podem fornecer uma grande ajuda aos fabricantes (Rodrigues, 2004).

Embora a indústria nacional de baterias automotivas de chumbo-ácido tenha uma boa experiência na fabricação, comercialização e reciclagem de seus produtos, pouco se avançou no desenvolvimento das baterias solares. Estas baterias têm que ser importadas a um preço muito alto comparativamente às automotivas. Por tal motivo a maioria de projetos opta por utilizar estes dispositivos eletroquímicos, pois são accessíveis praticamente em todo o país. Apesar disso, algumas empresas interessadas realizam experiências em campo para observar o desempenho das baterias construídas para uso em sistemas fotovoltaicos (Mocelin, 2007).

Enquanto aos sistemas de iluminação, as lâmpadas fluorescentes fabricadas no país e os acessórios para sua instalação respondem de maneira eficaz às necessidades fotovoltaicas. Isso também acontece com os outros dispositivos complementares como porcas, parafusos, estruturas de alumínio, cabos, suportes, caixas, peças de vedação, etc.

Claramente, para vencer estas barreiras tecnológicas assumem grande importância estratégica as atividades de pesquisa e desenvolvimento realizadas tanto nas universidades como nas empresas. Nesse sentido, pode-se dizer que a Universidade está cumprindo seu papel, pois nestes últimos anos têm surgido vários grupos de pesquisa em diversas regiões do país que desenvolvem atividades relacionadas com as diversas facetas da tecnologia.

5.3 Barreiras econômicas

Uma das principais barreiras nas áreas rurais é muito conhecida, trata-se da enorme dificuldade dos usuários empobrecidos de pagar o custo inicial do sistema fotovoltaico. Isso se relaciona com a renda muito baixa da população e a falta de oportunidades para gerá-la. Isto porque muitas das comunidades rurais que não contam com energia elétrica permanecem à margem da economia do país e, conseqüentemente, tampouco podem exercer plenamente sua cidadania.

Para enfrentar este problema geralmente opta-se por três esquemas. O primeiro é a *via social* por meio de mecanismos governamentais ou dos organismos bilaterais dirigidos a diminuir a pobreza. Neste caso, utilizando fundos para esta finalidade, os equipamentos fotovoltaicos são praticamente doados às famílias empobrecidas. O segundo esquema é a *via fiscal* onde as taxas, impostos e outros custos alfandegários são removidos para diminuir os custos dos equipamentos. Por último, existe a *via comercial* utilizada por bancos, companhias privadas ou empreendedores diversos. Esta via consiste em idear e testar mecanismos de financiamento com o objetivo de criar um mercado fotovoltaico e facilitar a venda dos equipamentos nas áreas rurais (Huacuz & Gunaratne, 2003).

No caso do Brasil a Resolução N^{o} 223 da ANEEL que estabelece as condições gerais para elaboração dos Planos de Universalização de Energia Elétrica em seu art. 3^{o} menciona-se que (ANEEL, 2003):

> "A partir da data de publicação desta Resolução, a concessionária deverá atender, *sem qualquer ônus para o solicitante ou consumidor,* ao pedido de fornecimento ou aumento de carga, em áreas do sistema elétrico, que possa ser efetivado mediante a extensão de rede em tensão secundária de distribuição, inclusive instalação ou substituição de transformador, ainda que seja necessário realizar reforço ou melhoramento na rede em tensão primária de distribuição".

De forma complementaria, a Resolução Normativa N^{o} 83 da ANEEL estabelece que "na execução do programa Luz Para Todos serão contempladas, como alternativa para o atendimento à população-alvo, tanto a extensão de redes convencionais, como os sistemas de geração descentralizados, com redes isoladas ou sistemas individuais" (ANEEL, 2004). Nesse contexto, deixa-se aberta a possibilidade de utilizar Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI) como opção para a universalização dos serviços de energia elétrica. Assim, o custo inicial dos equipamentos passa a ser assumido pelas empresas concessionárias ou permissionárias.

No caso dos SFCR no Brasil não existe nenhum mecanismo de caráter social, fiscal ou comercial dirigido a facilitar a compra dos equipamentos fotovoltaicos e à realização de instalações nas edificações urbanas. Neste campo existe um grande descompasso com o que sucede nas áreas rurais. Isso também fica em evidencia ao comparar o que sucede em outros paises como Espanha, Alemanha, Austrália, etc. onde estes mecanismos estão ajudando a expandir este tipo de instalações.

5.4 Barreiras comerciais

Considerando o atual marco legal em vigência no país, surge uma barreira comercial relacionada com a utilização dos SIGFI´s baseados em tecnologia fotovoltaica. Esta barreira consiste na percepção por parte das empresas concessionárias ou permissionárias do não retorno dos investimentos realizados para disponibilizar a energia elétrica. Na maior parte dos casos a tarifa a cobrar é a mínima usual nas áreas rurais. Isso porque o art. 4º da resolução N^{o} 83 da ANEEL estabelece que a empresa concessionária deve instalar equipamentos de medição somente em unidades cuja Disponibilidade Mensal Garantida seja superior a 30 kWh, isto é, utilizando o SIGFI-30 (ANEEL, 2004).

Neste caso o faturamento deverá ser realizado com base no consumo verificado e respeitando o valor mínimo faturável de 30 kWh. Claramente, em lugares de difícil acesso e onde existem grandes distancias, como é o caso da Amazônia, o custo resultante do deslocamento de pessoas para realizar a medição ou cobrar o recibo é muito maior do que o ingresso esperado. Assim, esta barreira constitui um grave empecilho para a materialização das instalações e terão que ser estudados mecanismos apropriados para superá-la.

Quanto à barreira comercial nos SFCR, esta se relaciona com as taxas impostas pelas concessionárias como a taxa de entrada do pedido de conexão e para a conexão propriamente dita. Deve-se incluir também a falta de funcionários habilitados pelas concessionárias a operar tais sistemas distribuídos (Oliveira, 2002).

Segundo Bortoni (2007) outra barreira que enfrenta a geração distribuída é a idéia de que esta se constitui em um concorrente à empresa distribuidora de energia. Isso porque o SFCR pode ofertar energia elétrica dentro da área de concessão do agente de distribuição. No entanto, a desverticalização do sistema elétrico nacional determinou quatro áreas funcionais constituídas pela geração, transmissão, distribuição e comercialização. Fica assim delimitado que o serviço prestado pelo agente de distribuição consiste em somente o transporte de energia através de suas redes. Isso é independente de se o Acessante é um produtor ou um consumidor. Deve-se relembrar que dentro do PRODIST o Acessante é qualquer agente que se conecte ao sistema de distribuição.

5.5 Barreiras regulatórias

No referente ao marco regulatório dirigido a facilitar a eletrificação rural com a utilização da tecnologia fotovoltaica, nestes últimos anos houve significativos avanços. Embora se podendo avançar ainda mais, é possível afirmar que na atualidade existe um arcabouço legal e normas técnicas adequadas que permitem o emprego desta tecnologia nas áreas rurais. No entanto, por si só o levantamento desta barreira não é suficiente dado que, como pode ser visto neste artigo, existem diversas outras que impedem o desenvolvimento de ações de grande porte. Em outras palavras, ao lado das atividades dirigidas a estabelecer um marco regulatório apropriado, tem que existir um leque dinâmico de ações simultâneas para levantar o conjunto de todas as barreiras.

Com relação aos SFCR a barreira regulatória existente diz respeito às tarifas impostas aos geradores distribuídos e a proibição de funcionamento em paralelo com a rede quando a mesma estiver eletrificada ou não. Percebe-se que as

barreiras para os SFCR confundem-se entre si, isso porque a linha que separa os entraves regulatórios, técnicos e comerciais, é muito tênue. A transposição desta barreira se tornará possível ao elaborar marcos regulatórios onde seja definido como o gerador distribuído (ou ainda, o "Acessante") e a empresa concessionária deverão agir com o intuito de conectar tais sistemas na rede de baixa tensão. Com isso, abre-se a oportunidade de transpor as barreiras técnicas e comerciais acima descritas.

5.6 Barreiras institucionais

Estas barreiras aparecem na estrutura e funcionamento das organizações governamentais ou não governamentais e, em geral, nas instituições encarregadas de tomar decisões sobre políticas públicas. Mesmo existindo um marco legal e regulatório para possibilitar o acesso à energia elétrica ou para utilizar novas tecnologias, surgem diversos empecilhos muitos deles guiados por interesses de caráter econômico ou político. Tudo isso traz conseqüências materializadas, principalmente, no desperdício dos recursos econômicos e no adiamento das ações planejadas.

A mesma estrutura das organizações onde existem diretorias, departamentos, áreas, subáreas, etc. que funcionam por meio de uma estrita hierarquia, ocasiona o aparecimento de uma complexa burocracia. Assim, mesmo existindo decisões e financiamento, o controle de qualidade dos equipamentos, a organização das ações, a materialização dos trabalhos de campo, etc. sofrem demoras que, quando são muito excessivas, terminam por diluir os projetos. Isso porque com o passo do tempo podem acontecer mudanças de pessoas nos níveis decisórios e, de acordo com a linha política, interesses ou visão do mundo, pode acontecer até a paralisação desses projetos.

Além disso, no campo da eletrificação rural utilizando a tecnologia fotovoltaica, existem diversas ações promovidas por ONG´s, organismos bilaterais, universidades, instituições estrangeiras de ajuda a países pobres, etc. que utilizam sua própria metodologia e têm seus próprios objetivos. É possível constatar que muitas dessas ações de eletrificação ficam em funcionamento enquanto os promotores se encontram em campo. Uma vez que se alcançam os objetivos ou quando os recursos se esgotam acontece o abandono dos projetos. Se nada foi realizado para garantir a sustentabilidade dos mesmos, em pouco tempo aparecem falhas e requerimentos técnicos que a comunidade não pode resolver. Assim, a tecnologia é abandonada criando um enorme desprestigio difícil de ser revertido.

5.7 Barreiras culturais

Uma das barreiras que impedem o desenvolvimento da geração distribuída utilizando a tecnologia fotovoltaica está relacionada com a cultura empresarial. No referente às áreas rurais, apesar de que no passado este aspecto foi ainda muito pior, muitos executivos, engenheiros ou pessoas que velam pela eletrificação rural consideram como algo marginal atender a uma população de baixa renda e, ainda por cima, com ínfimos consumos e utilizando essa tecnologia. Sob estas circunstâncias, a baixa rentabilidade, se comparada com a obtida nas áreas urbanas com altíssima densidade de carga, faz com que o setor de eletrificação rural seja até menosprezado e visto sem possibilidades de crescimento pessoal ou profissional (Ribeiro, 2000).

No mesmo sentido, por diversas causas e dentro delas as de origem cultural, os sistemas fotovoltaicos domiciliares ainda são vistos com muita reserva. Nesta aplicação as potências elétricas do gerador fotovoltaico não ultrapassam a ordem de grandeza em torno dos "Watts-pico". Já os grandes sistemas elétricos de origem nuclear, térmica ou hidrelétrica envolvem potências de vários "Mega-Watts". Nesse sentido a denominada "cultura barrageira" instituída tanto nas empresas como nos órgãos governamentais, impede que os tomadores de decisão considerem em serio o uso desta tecnologia. No entanto, na medida em que o índice de eletrificação com a rede elétrica aumenta, vão ficando lugares onde não será possível estender este sistema. Neste caso, os SFD´s constituem uma boa alternativa.

Ao lado disso, a maior parte das pessoas que nunca tiveram acesso à energia elétrica, por vários motivos além dos culturais, têm também dificuldades para a adoção de uma nova tecnologia, o que se manifesta, principalmente, na solução das questões técnicas. Em adição a isso, a ausência de uma cultura monetária e a baixa escolaridade torna mais difícil a formalização de documentos bancários ou empresariais. Dentro de tal perspectiva, assume grande importância a simplificação desta questão e, portanto, deve ser considerada seriamente pelos setores envolvidos. A soma de todas estas barreiras culturais se manifestará fundamentalmente no adiamento das decisões que visam atender com energia elétrica estas populações.

Já nas áreas urbanas, as ações desenvolvidas nos paises mais avançados para instalar SFCR em diversas edificações terminaram por criar uma positiva cultura ambientalista. A razão é que neste tipo de empreendimentos o apelo pelo cuidado do meio ambiente e o risco de esgotamento dos recursos energéticos teve grande importância na definição das políticas publicas. No entanto, no Brasil esta cultura ainda não foi assumida pela população de forma ampla e organizada, mas, espera-se que no futuro isso aconteça.

5.8 Barreiras ideológicas

Estas barreiras têm relação com os valores, as idéias, as concepções de mundo e o inter-relacionamento pessoal. Para entender o comportamento deste tipo de barreiras deve-se ter em conta o significado da palavra *percepção.* Este termo se encontra relacionado com a apreensão (compreensão, conhecimento) da realidade ou, em geral, de uma situação objetiva. Esta percepção, por sua vez, depende de diversos fatores de caráter psicológico, social ou cultural. No

fim de contas, a percepção da realidade também determina o caráter social dos agrupamentos humanos, os quais dificilmente conseguirão escapar às influências externas que vão sendo captadas e acumuladas na memória.

Ao lado disso, encontra-se a palavra *ideologia* que, a maneira de uma primeira aproximação, pode ser definida como o conjunto de idéias enraizadas no mais profundo do espírito humano e aceitas como verdades absolutas, a ponto de dirigir a ação de uma pessoa ou grupo social. Uma vez assimiladas estas supostas verdades, dificilmente haverá espaço para outras e, muito pelo contrário, se tentará convencer as demais pessoas de que a percepção da realidade enunciada é a única e a melhor. O processo de assimilação de uma ideologia é também muito complexo porque as questões familiares, sociais e psicológicas, além do o entorno espaço-tempo histórico, entram em jogo (Eagleton, 1997).

Na eletrificação utilizando novas tecnologias, principalmente aquelas baseadas em sistemas fotovoltaicos, esta questão fica em evidência quando se trata de tomar decisões para sua inserção. A razão é que a geração distribuída constitui um modelo alternativo ao centralizado. Este modelo tem mais de 100 anos de historia e está fortemente enraizado no pensamento das pessoas. Assim, o aparecimento de uma nova alternativa de geração/distribuição de energia elétrica conduz à reformulação dos conceitos existentes. Por tal motivo, muitas das discussões e argumentos proclamados que se opõem à consolidação deste modelo têm um forte embasamento ideológico.

Em adição a isso, não há duvidas de que o acesso à energia elétrica pode facilitar o desenvolvimento socioeconômico e, portanto, ela deveria constituir um direito essencial das pessoas. No entanto, em sua essência a definição do conceito "desenvolvimento socioeconômico" não deixa de ser também uma questão ideológica. No mesmo sentido, a procura por respostas e soluções aos problemas sociais muitas vezes traz à tona o fator ideológico. Isto, ao final de contas, ficará refletido nos modelos escolhidos para que as pessoas tenham acesso à energia elétrica. É nesse momento que surgem as barreiras de caráter ideológico que se convertem num forte empecilho à inserção de novas formas de geração/distribuição de energia elétrica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de SFD no meio rural surge como uma alternativa ao atendimento elétrico a comunidades de baixo consumo energético, situadas em regiões distantes da rede elétrica convencional. Desta forma as políticas públicas de incentivo aos sistemas fotovoltaicos autônomos, estão diretamente ligadas ao processo de eletrificação rural permitindo assim uma maior disseminação desta tecnologia. Contudo, tendo em vista o panorama da exclusão elétrica rural no Brasil, apesar da existência de programas como "Luz Para Todos" dirigidos a possibilitar a universalização do serviço elétrico, esta tecnologia ainda não foi tomada em conta pela grande maioria de empresas concessionárias.

Quanto aos SFCR, as políticas adotadas em países como Estados Unidos e Japão, mostraram-se eficazes devido aos crescimentos obtidos nesse mercado em poucos anos. Percebeu-se que os sistemas que foram cobertos pelos mecanismos, de maneira massiva, foram os de geração distribuída. É importante salientar que à instalação de SFCR possuem motivação diferente em relação aos SFD, pois a conexão à rede entra como auxílio na redução de picos de consumo em centros urbanos ou ainda, contribuir no crescimento da matriz energética, aumentando o *mix* na geração.

No Brasil, ainda é incipiente a utilização desses sistemas conectados à rede, resumindo-se apenas aos institutos de pesquisa, ensino e desenvolvimento. No entanto, espera-se que políticas sejam regulamentadas, com o intuito de promover um crescimento significativo no uso dos SFCR. Para isso têm que ser levantadas uma serie de barreiras e estabelecidas as condições para sua difusão.

Vários são os países, dentre eles o Brasil, que utilizam a tecnologia fotovoltaica como alternativa na diversificação de sua matriz energética ou para promover uma eletrificação rural mais abrangente. No entanto, nos países onde houve maior sucesso, a difusão desta tecnologia esteve sempre associada a mecanismos de incentivo. Graças a isso, em vários países o uso dessa tecnologia vem crescendo significativamente nos últimos anos. No entanto, se considerarmos a matriz energética mundial esse número ainda é insignificante, portanto a continuidade desses mecanismos e o aparecimento de novos são de essencial importante para ampliar cada vez mais a participação dessa tecnologia de geração distribuída no cenário mundial.

A geração distribuída utilizando a tecnologia solar fotovoltaica constitui uma nova forma de geração/distribuição de energia elétrica. No entanto, a inserção desta opção tecnológica na matriz energética do país requer vencer uma serie de barreiras técnicas, tecnológicas, econômicas, comerciais, regulatórias, institucionais, culturais e ideológicas. A analise realizada mostra que estas barreiras têm que ser ultrapassadas de forma conjunta, pois, dirigir a atenção somente em algumas pode fortalecer as outras. Assim, a elaboração de políticas públicas dirigidas a fomentar a utilização desta tecnologia deve considerar o problema em sua totalidade. Obviamente, isso requer uma visão ampla e desprendida por parte dos tomadores de decisões.

REFERÊNCIAS

ANEEL. 2003. Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Resolução N^{o} 223 de 29 de abril de 2003. Estabelece as condições gerais para elaboração dos Planos de Universalização de Energia Elétrica visando ao atendimento de novas unidades consumidoras ou aumento de carga. Diário Oficial da União - DOU, 30 de abril de 2003, seção 1, p. 154, v. 140, N^{o} 82, Brasília.

_____. 2004. Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Resolução Normativa N° 83 de 20 de setembro de 2004. Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento de Sistemas Individuais de Geração de Energia

Elétrica com Fontes Intermitentes, SIGFI. Diário Oficial da União – DOU, 24 de setembro de 2004, seção 1, p. 126, v. 141, Nº 185, Brasília.

_____. 2006. Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Resolução Normativa Nº 247 de 21 de dezembro de 2006. Estabelece as condições para a comercialização de energia elétrica, oriunda de empreendimentos de geração que utilizem fontes primárias incentivadas, com unidade ou conjunto de unidades consumidoras cuja carga seja maior ou igual a 500 kW e dá outras providências. Diário Oficial da União – DOU, 26 de dezembro de 2006, seção 1, p. 271, v. 143, n. 246, Brasília.

_____. 2007. Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Resolução Normativa Nº 286 de 6 de novembro de 2007. Aprova as Regras de Comercialização de Energia Elétrica aplicáveis a fontes incentivadas e consumidores especiais, de que trata a Resolução Normativa Nº 247 de 21 de dezembro de 2006. Diário Oficial da União de 26 de novembro de 2007, seção 1. p. 83, v. 144, n. 226, Brasília.

_____. 2008. Agencia Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Versão atualizada pela Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição - SRD, em fevereiro de 2008.

Barbosa, E. M.; Silva, D. O.; Melo, R. O. 2007. Sistema fotovoltaico conectado à rede com baterias: sistema UFPR-Brasil, Avances em Energias Renovables y Médio Ambiente, ASADES, Argentina, Vol. 11, pp. 04.77-04.83.

Bortoni, E. 2007. Procedimentos de distribuição no Brasil: regras para o acesso. Revista Brasileira de Energia, Vol. 13, nº 2, 2ºsem./2007, pp. 37-53.

BRASIL. 1994. Decreto Presidencial sem número de 27 de dezembro de 1994. Cria o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM e dá outras providências. Presidência da República, Diário Oficial da União, Brasília.

_____. 2002. Lei Nº 10.438 de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica. Diário Oficial da União – DOU, 29 de abril de 2002, seção 1, p. 1, v. 139, Nº 81-A, Brasília.

_____. 2003. Decreto N° 4.873 de 11 de novembro de 2003. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "Luz Para Todos" e dá outras providências, Diário Oficial da União, DOU, 12 de novembro de 2003, Seção 1, p. 130, Brasília.

_____. 2007. Lei Nº 11.488/2007 de 15 de Junho de 2007. Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura – REIDI e, entre outras, altera o artigo 26 da lei Nº 9.427 de 26 de Dezembro de 1996. Diário Oficial da União - DOU, 15 de junho de 2007, Edição Extra, Brasília.

_____. 2008. Decreto Nº 6.442 de 25 de abril de 2008. Prorroga o prazo do Programa Luz Para Todos até 2010. Diário Oficial da União – DOU, 28 de abril de 2008, ano CXLV, Nº 80, seção 1, p. 1, Brasília.

Eagleton, T. 1997. Ideologia. Editempo Editorial – Editora UNESP, São Paulo, 204 p.

Filho, H. M. S. 2006. Aplicações de Sistemas Fotovoltaicos no Programa Luz Para Todos da COELBA. Workshop Rio06 Climate & Energy Event – Fotovoltaica na Eletrificação Rural. Rio de Janeiro, 17 a 18 de Novembro de 2006. Disponível em: http://rio6.com/proceedings/RIO6_171106_IT_1530_Machado.pdf (Acessado em 02/05/2008).

Galdino, M.A.; Lima, J.H.G. 2002. PRODEEM- O Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica, Anais do IX Congresso Brasileiro de Energia, IXCBE, Rio de Janeiro, Maio de 2002, Volume IV, pp. 1806-1814.

Huacuz, J. M.; Gunaratne, L. 2003. Photovoltaics and Development, in Luque, A.; Hegedus, S. (Org.) Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. Editora John Wiley & Sons, USA, pp. 1043-1071.

Hughes, T. 1983. Networks of Power: electrification in western society 1880-1930. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 474 p.

IEA. 2006. International Energy Agency. Photovoltaic Power Systems Programme. Annual Report, 2006. Disponível em: http://www.iea-pvps.org/ (Acessado em Janeiro de 2008).

Junior, B. G.; Strazzi, E. S.; Carmo, J. R.; Ribeiro, F. S. 2006. Metodologia de análise técnica para redução de custo no planejamento das obras do programa "Luz Para Todos" em São Paulo. Anais do 6° Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural – AGRENER, Campinas, junho de 2006.

MME. 2006. Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica: manual de operacionalização, Programa Luz Para Todos, revisão 4.

MME-EPE. 2007. Balanço Energético Nacional 2007: ano base 2006, Ministério de Minas e Energia – MME, Empresa de Pesquisa Energética – EPE

_____. 2007. Plano de Expansão 2030. Ministério de Minas e Energia: colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília.

Mocelin, A.; Zilles, R; Morante, F. 2006. Instalações fotovoltaicas domiciliares em comunidades que possuem geradores a Diesel. Anais do XI Congresso Brasileiro de Energia, XICBE, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Vol. I, pp. 363-374.

Mocelin, A. 2007. Implantação e Gestão de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares: Resultados Operacionais de um Projeto Piloto de Aplicação da Resolução ANEEL N^0 83/2004. Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pos-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 133 p.

Moehlecke, A.; Zanesco I. 2006. Planta piloto de produção de módulos fotovoltaicos com tecnologia nacional. Anais do XI Congresso Brasileiro de Energia, XICBE, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Vol. II, pp. 935-943.

Neto, M. R. B; Carvalho, P. C. M. 2006. Energia solar fotovoltaica no semi-árido: Estudo de caso sobre a atuação do PRODEEM em Petrolina-PE, Anais do 6° Congresso internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural – AGRENER, Campinas, junho de 2006.

Oliveira, S.H.F. 2002. Geração Distribuída de eletricidade: Inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, da Universidade de São Paulo, 198 p.

Pereira Jr., A. O.; Soares, J. B.; Oliveira, R. G.; Queiroz, R. P. 2008. Energy in Brasil: toward sustainable development?, Energy Policy, 36, pp. 73-83.

Ramos, C. M. 2006. Procedimentos para caracterização e qualificação de módulos fotovoltaicos. Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, da Universidade de São Paulo, 141 p.

Ribeiro, F. S. 2000. Política de eletrificação rural explicitamente desenhada para atender comunidades de baixa renda. Anais do seminário-oficina "Políticas y Gestión en Electrificación Rural" organizado pela ONG Energética, Cochabamba, Bolívia 13 a 15 de junho de 2000, pp. 297-316.

Rodríguez, C.R.C. 2002. Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: fotovoltaicos conectados à rede. Dissertação de Mestrado. FEM/ UNICAMP, Campinas.

Rodrigues, M. do C. B. P. 2004. Inversor Boost Multinível em corrente e sua aplicação no processamento de energia em sistemas fotovoltaicos monofásicos conectados à rede elétrica. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Rüther, R. 2004. Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis: LABSOLAR.

Rüther, R.; Salamoni, I. T.; Jardim, C.; Knob, P. 2007a. O potencial de geração fotovoltaica integrada a edificações e conectada à rede elétrica pública no Brasil, Anais do I Congresso Brasileiro de Energia Solar, I CBENS, Fortaleza, 8 a 11 de abril de 2007, versão digital em CD.

Rüther, R; Knob, P.J; Jardim, C.S; Rebechi, S.H. 2007b. Potential of building integrated photovoltaic solar energy generators in assisting daytime peaking feeders in urban areas in Brazil. Energy Conversion & Management, Disponível em: http://www.sciencedirect.com.

Salazar Taute I. R. 2004. Procedimentos de qualificação e aceitação de componentes de sistemas fotovoltaicos domiciliares. Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, PIPGE, da Universidade de São Paulo, 152 p.

Silva Lora, E. E.; Haddad, J. (Org.). 2006. Geração Distribuída: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais, Editora Interciência Ltda., Rio de Janeiro, 240 p.

Viana, T.; Rüther, R.. 2007. Análise de desempenho de um sistema fotovoltaico de 10 kWp conectado à rede elétrica, Anais do I Congresso Brasileiro de Energia Solar, I CBENS, Fortaleza, 8 a 11 de abril de 2007, versão digital em CD.

Zilles, R.; Morante, F. 2000. La electrificación fotovoltaica en el Brasil: políticas y estrategias en el Estado de São Paulo. Anais do seminário-oficina "Políticas y Gestión en Electrificación Rural" organizado pela ONG Energética, Cochabamba, Bolívia, 13 a 15 de junho de 2000, pp. 55-72.

Zilles, R.; Macedo, W. N. 2007. Contribuição Energética de um Sistema Fotovoltaico Conectado à rede de Baixa Tensão. Anais do I Congresso Brasileiro de Energia Solar, I CBENS, Fortaleza, 8 a 11 de abril de 2007, versão digital em CD.

VIEW OF THE DISTRIBUTED GENERATION IN BRAZIL USING PHOTOVOLTAICS SOLAR TECHNOLOGY

Abstract. *The distributed generation constitutes a new model of generation/distribution alternative or supplementary to the classic centered system of electric energy supply. Your main characteristic is that the energy generation is carried through in the point of consumption final or next to this. Inside of the great set of technologies that make possible the accomplishment of this model, the photovoltaic technology presents intrinsic characteristics of distributed generation. This happens in such a way in the applications in the rural area as in the urban centers. In the referring one to the insertion of this technology in the Brazilian energy matrix, even so many barriers you have been surpassed some still persist e, with the step of the time, others had appeared. Thus, in this work some important questions related with the generation distributed in Brazil with the use of this technology are argued. The used methodology part of analyzes of the state of the art of this application, the projects in course and the existing legislation dedicated to promote its insertion. Also the knowledge appeared of diverse existing projects in the country in the rural and urban areas are used. The objective of the work is to bring to light several considerations that can be taken in account in the debates related with the elaboration of the public politics that they aim at to materialize this new model of distribution of electric energy in the country.*

Key words*: Distributed Generation, Photovoltaic Solar Energy, Analysis of Barriers, Brazilian Energy Matrix, Energy Planning.*