

# ASPECTOS GERENCIAIS EM SISTEMAS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL FOTOVOLTAICA DOMICILIAR

**Heitor Scalabrini Costa**

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Elétrica e Sistemas de Potência, Núcleo de Apoio a Projetos de Energias Renováveis, 50.740 – 530, Recife – PE,  
Tel (Fax): (081) 271 – 8255 E-mail: naper@npd.ufpe.br

## **Resumo**

A disponibilidade financeira, mesmo limitada, tem possibilitado a instalação de inúmeros sistemas fotovoltaicos para diversas aplicações no Brasil. O êxito de projetos e programas depende, além dos recursos financeiros, de um conjunto de elementos adicionais, para satisfazer as necessidades elétricas dos usuários. Estes elementos de natureza técnica e não técnica requer adequada atenção no momento de planejar e executar estes projetos e programas. Neste trabalho é descrita uma proposta baseada na organização comunitária local, que leva em conta a participação dos usuários na gestão das instalações fotovoltaicas. Neste esquema, os usuários devem se envolver no processo de eletrificação, tanto na definição dos usos da eletricidade que receberão, como das ações de operação e manutenção dos sistemas. Uma estrutura organizativa e de gestão local (técnica, administrativa e financeira) em torno do projeto/programa contribuirá para o principal objetivo que é de manter uma qualidade aceitável dos serviços elétricos fornecidos pelos sistemas fotovoltaicos. Nesse processo é necessário enfatizar a necessidade de se criar uma nova cultura de fornecimento e uso da energia elétrica, promover a aceitação e a apropriação da tecnologia pelos usuários, desenvolver esquemas de eletrificação descentralizada sustentável, e estabelecer uma estrutura organizativa local em torno do projeto.

**Palavras chaves:** Sistema fotovoltaico domiciliar, Sustentabilidade, Gerenciamento.

## **1. INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos os sistemas fotovoltaicos (FV) têm demonstrado seu potencial técnico no fornecimento de eletricidade para numerosas aplicações em áreas rurais, evidenciando o setor da eletrificação rural.

Os sistemas FV são parte integrante de grandes programas de eletrificação rural descentralizada em distintas partes do mundo - Argentina, África do Sul, Bolívia, Índia, México, Zimbábue, entre outros. Tem-se documentado muitas experiências sobre as barreiras e dificuldades de difusão, e também como superá-las; tanto na área técnica, como nas áreas de organização, políticas energéticas e financiamento.

No Brasil a eletrificação rural com sistemas fotovoltaicos se iniciou em escala significativa entre 1992 e 1994, mediante projetos pilotos em cooperação com organismos estrangeiros, principalmente Alemanha (projeto Eldorado) e os Estados Unidos (DOE/NREL). O Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios-PRODEEM, concebido e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, em 1995, é quem tem levado a

cabo a tarefa de levar energia elétrica às comunidades rurais não servidas pela rede elétrica convencional com fontes renováveis de energia.

Segundo informações não oficiais, no final de 1999 mais de 3 MW de potência instalada de sistemas fotovoltaicos forneciam eletricidade para domicílios, escolas, centros comunitários, telefonia rural e bombeamento de água. Apesar do país contar com uma estrutura institucional básica, que poderia servir à disseminação dessa tecnologia, muito pouco se fez no sentido de garantir a sustentabilidade das instalações.

Inicialmente, foram as concessionárias de energia (Companhias Energéticas de Pernambuco, Ceará, Bahia, Alagoas, Minas Gerais, entre outras), que ficaram com a responsabilidade da instalação, assistência técnica e capacitação dos usuários. Com exceção da CEMIG, que ainda hoje mantém um programa de pré-eletrificação com sistemas fotovoltaicos, as outras concessionárias abandonaram esta opção energética para as áreas rurais.

Neste trabalho são identificados os aspectos técnicos e não técnicos que podem constituir em barreiras para a disseminação da tecnologia fotovoltaica para as aplicações domiciliares. É reforçada a importância da organização local comunitária (associações, sindicatos) na gestão técnica, administrativa e financeira das instalações.

## **2. REQUERIMENTOS PARA A SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

O fornecimento energético desenvolvido principalmente através de unidades de produção e distribuição, altamente centralizadas, nem sempre é a melhor opção quando se trata de satisfazer as necessidades energéticas do setor rural. Isto se deve, em parte, ao alto nível de dispersão das populações nas zonas rurais, às baixas demandas de energia existentes nestas regiões e, em alguns casos, a dificuldade nos acessos às comunidades afastadas.

No esquema tradicional de eletrificação rural pela extensão da rede, a interação do usuário com a tecnologia de eletrificação comercialmente adotada, é mínima. Na eletrificação com sistemas fotovoltaicos, faz-se necessário uma participação ativa do usuário na compreensão e no manejo da tecnologia, além de um conhecimento do meio físico, social, econômico e ambiente em que a tecnologia se insere. Estes elementos, acima apontados, fazem com que o processo de eletrificação com sistemas fotovoltaicos seja mais completo que o tradicional, pois vai além da simples instalação de equipamentos.

As comunidades/usuários devem ter um papel preponderante no processo de eletrificação. Não dispondo de capacidade técnica autônoma, ela necessita de um grupo técnico que terá um papel importante, desde a concepção e instalação, até o acompanhamento dos projetos implantados. A participação das Organizações Não Governamentais, que atuam na capacitação e no acompanhamento de projetos, permite o envolvimento de entidades/técnicos com experiências comprovadas na área do desenvolvimento rural.

As experiências nacionais e internacionais de utilização das energias renováveis, em particular na eletrificação rural fotovoltaica, têm mostrado que a disseminação desta tecnologia é uma tarefa complexa, pois implica antecipar e resolver problemas de caráter técnico/engenharia, econômico, de infra-estrutura, social e de gestão.

É necessário, visto a complexidade do problema, que a intervenção de equipes multidisciplinares levem em conta aspectos críticos de natureza técnica e não técnica (Huacuz, 1999), que garantam a gestão sustentável e o êxito dos projetos de eletrificação rural com energia solar fotovoltaica. Os aspectos técnicos estão relacionados ao desempenho dos diferentes componentes/elementos do sistema (módulo fotovoltaico, bateria, controlador de carga, divisor de tensão, luminárias, fiação e interruptores). Nos aspectos não técnicos, são

analisados os interesses e vontade política, os fatores humanos (usuário, instalador e o promotor da tecnologia), a participação dos usuários, a capacitação, a infra-estrutura e o acompanhamento das instalações, visando à assistência técnica.

## **2.1. Aspectos técnicos**

### **2.1.1 Módulo fotovoltaico**

O módulo fotovoltaico constitui-se no elemento mais confiável, que, praticamente, não necessita de manutenção, dentre os componentes dos sistemas fotovoltaicos de eletrificação rural. Os outros componentes necessitam de manutenção em maior ou menor grau. Alguns requerem maior desenvolvimento e melhoras significativas no desempenho.

O caso mais grave que pode ocorrer com o módulo, é a quebra do seu vidro de cobertura. A infiltração de água é que pode, ao longo de dias (meses), debilitar o funcionamento do gerador, reduzindo assim a energia elétrica gerada.

### **2.1.2 Bateria**

É o elemento crítico nos sistemas fotovoltaicos. Pode ser danificada com sobrecargas e descargas profundas e por práticas impróprias de operação e manutenção.

A maioria dos projetos de eletrificação rural utiliza baterias automotivas, chumbo-ácidas, que são mais comumente encontradas e mais baratas. As baterias denominadas de “solares”, são menos disponíveis e mais caras. Na literatura, pouco existe sobre avaliações e diagnósticos sistemáticos ou estudos de desempenho, que comprovem a superioridade das baterias solares no âmbito da eletrificação rural. Verifica-se a importância deste elemento, cuja principal função, é o de armazenar a energia e disponibilizá-la quando o usuário a necessitar.

A segurança com as baterias nas instalações fotovoltaicas residenciais é muito importante, pois existe perigo de explosão e corrosão. Para se prevenir acidentes, é recomendável que elas não sejam instaladas em dormitórios e nem em áreas de maior circulação. São recomendáveis locais com boa ventilação, ficando a bateria isolada do chão (por exemplo, o uso da madeira é uma boa solução). Estes cuidados devem ser levados em consideração.

### **2.1.3 Controlador de carga**

Os controladores eletrônicos de carga (também conhecidos como reguladores de tensão), têm como propósito proteger a bateria contra sobrecargas e descargas excessivas. São elementos fundamentais, possibilitando estender a vida útil das baterias, além de protegê-las contra sobrecarga e sobredescarga.

### **2.1.4 Luminárias**

Uma luminária fluorescente completa DC é composta do tubo luminoso (lâmpada), do reator inversor eletrônico (RIE) e da estrutura mecânica.

O RIE tem a função de adaptar os parâmetros elétricos da saída da fonte de alimentação aos parâmetros elétricos da entrada da lâmpada.

A forma de onda na saída do RIE é uma indicação da sua qualidade e custo. Ela depende do método de conversão e filtragem utilizadas para suavizá-la e eliminar os harmônicos indesejáveis, resultantes do processo de conversão. No caso do RIE com onda senoidal, apesar de serem mais caros, são os que apresentam um desempenho mais adequado à

aplicação em domicílios rurais com energia solar fotovoltaica, não apresentando interferência no rádio e na televisão.

### **2.1.5 Instalação elétrica**

Um elemento que muitas vezes não é mencionado em sistemas fotovoltaicos domiciliares é a instalação elétrica. É necessária a existência de normas técnicas e, também, o seu cumprimento.

Os condutores utilizados são na forma de fios (rígido) e cabos (flexível) isolados. A intensidade de corrente elétrica máxima admissível, que circula nos condutores, é fixada em função da secção e do tipo do condutor.

No dimensionamento dos condutores, para uma instalação fotovoltaica, deve-se minimizar as perdas ôhmicas, ou seja, otimizar a secção do condutor de maneira a limitar a queda de tensão, ao limite de 2 % da tensão de operação.

### **2.1.6 Interruptores**

Sugere-se que os materiais empregados nas instalações elétricas dos sistemas fotovoltaicos, instalados nas áreas rurais, sejam de boa qualidade. Isto se faz necessário para evitar problemas e manter um fornecimento regular de energia elétrica residencial.

É digna de menção a não opção pelo uso de interruptores do tipo “pêra” nas instalações. Tal dispositivo é inadequado pois, apresenta problemas nos contatos liga-desliga, após alguns meses de uso.

### **2.1.7 Divisor de tensão**

A tensão de operação nos domicílios é fixada pela bateria interligada, em geral 12 VDC. Os usuários necessitam de outras tensões para alimentar, o rádio e/ou o aparelho de som. O divisor de tensão comumente utilizado fornece 6 e 9 VDC.

## **2.2 Aspectos não técnicos**

### **2.2.1 Vontade política**

Entre os elementos não técnicos indispensáveis para assegurar a sustentabilidade dos projetos e programas de eletrificação rural com energias renováveis, está a vontade política para reconhecer o direito do cidadão à energia elétrica. Esta vontade deve ser traduzida em leis, regulamentos e ações, que garantam este direito e estabeleça as responsabilidades do Estado nos diferentes níveis.

### **2.2.2 Fatores humanos críticos**

Identifica-se três elementos como fatores críticos para a sustentabilidade das instalações fotovoltaicas.

#### O usuário

Os principais beneficiários das instalações fotovoltaicas pertencem aos setores excluídos da sociedade. As principais características comuns nestas comunidades rurais estão enumeradas a seguir:

- São marginalizadas pelo poder público;
- Não estão familiarizadas com tecnologia moderna e não têm experiência no uso da eletricidade;
- Apresentam carências significativas quanto a equipamentos de uso coletivo e familiar;
- Deficiências na comunicação com o exterior (estradas, TV, rádio, ...);
- A organização social é em torno da família;
- Utilizam estratégias mistas de sobrevivência (autoconsumo, pequena comercialização, emigração, ...);
- Hegemonia da “palavra” sobre a “escrita” (elevados índices de analfabetismo);
- Baixa população (30 a 50 casas,  $\approx$  200 habitantes);
- Similaridades em relação ao grau de desenvolvimento sócio-econômico (renda econômica fixa: aposentadoria, pouca ou nenhuma especialização profissional, ...) e com relação aos usos e padrões de demanda de energia;
- Atividade econômica predominante ligada ao setor primário (agricultura familiar).

O fato destes moradores não estarem familiarizados com o uso da eletricidade, requer um tratamento especial no que concerne a sua capacitação no manejo e uso da energia solar fotovoltaica, além da própria gestão (administrativa, técnica e financeira) de tais equipamentos.

#### O instalador

No campo, caso os instaladores não estejam sensibilizados e capacitados a realizar um bom trabalho, um número de circunstâncias podem forçá-los a se desviar das especificações técnicas estabelecidas, implicando em uma baixa qualidade das instalações.

#### O promotor

Comumente, são técnicos das companhias energéticas, das Universidades e de Organizações Não Governamentais que têm a função de influenciar a comunidade para utilizar os sistemas fotovoltaicos. Pode ser verificado que mesmo entre os promotores, existe um descrédito (pela falta de informações), sobre a operacionalidade dos sistemas solares.

Em muitos casos não existe uma preocupação maior na escolha das comunidades rurais que serão beneficiadas pela eletricidade solar. Em várias situações, a própria escolha não leva em conta aspectos técnicos-sociais, econômicos e organizativos da comunidade selecionada.

### **2.2.3 Participação dos usuários**

Tradicionalmente, o usuário tem sido considerado como um objeto, no processo de eletrificação rural convencional pela extensão da rede elétrica.

No caso do uso das fontes renováveis de energia, com geração elétrica local, o usuário deve se envolver no processo. Tanto na definição dos usos da energia, como nas ações de operação e manutenção das instalações. Não se deve esquecer, também, da necessidade da gestão administrativa, técnica e financeira dos sistemas instalados.

Para ser sustentável ao longo do tempo, o processo de eletrificação rural fotovoltaica, deve ser orientado no sentido da confiabilidade do serviço oferecido, onde a meta mais importante é a satisfação das necessidades dos usuários.

#### **2.2.4. Capacitação**

A capacitação e informação são uma exigência quando se trata de implantar eletrificação rural fotovoltaica. Grandes esforços de capacitação e informação são necessários. O usuário é um dos objetivos maiores da capacitação. Na maioria dos casos, a eletricidade é um fator completamente novo na vida destas pessoas, o que requer uma extensa campanha de informação e educação, que motive o uso racional da eletricidade proporcionado pelos sistemas fotovoltaicos. O usuário participa diretamente na manutenção preventiva requerida por tais equipamentos. A capacitação técnica dos usuários deve ser feita através de cursos sobre o uso e a gestão dos sistemas com energia solar, não esquecendo a formação do eletricista solar da comunidade.

O treinamento e capacitação fornecidos aos usuários permitem que o gerenciamento técnico, administrativo e financeiro destas instalações, sejam realizados pelos próprios beneficiários da eletricidade solar.

#### **2.2.5 Infra-estrutura**

Outro aspecto muito importante para a sustentabilidade das instalações autônomas fotovoltaicas diz respeito à necessidade de uma infra-estrutura para bem atender aos sistemas instalados nas áreas rurais.

As disponibilidades locais de peças para reposição e serviços de manutenção são dois aspectos fundamentais para o bom êxito dos projetos em longo prazo. Um sistema fotovoltaico deve funcionar pelo menos 20 anos fornecendo energia elétrica.

#### **2.2.6 Acompanhamentos dos projetos**

O acompanhamento através de visitas periódicas, tem demonstrado que a manutenção preventiva e, em alguns casos, corretiva, pode e deve ser realizado por membros da própria comunidade, que devem receber treinamento para exercerem esta tarefa. É o caso do papel fundamental do “eletricista solar”, que são membros (dois ou três) da própria comunidade, que devem receber informações e treinamento adequados, para realizarem a assistência técnica dos equipamentos instalados na comunidade em que vivem.

Não havendo um acompanhamento sistemático destas instalações, a probabilidade do insucesso da eletrificação rural com energia solar é muito grande.

### **3. GERENCIAMENTO LOCAL E PARTICIPATIVO**

Assim como a tecnologia de geração de energia elétrica, através da conversão fotovoltaica da energia solar, o gerenciamento ou o acompanhamento da mesma tem que ser descentralizado. Isto é, o aspecto fundamental para garantir a sustentabilidade dos programas com eletrificação fotovoltaica é a divisão de responsabilidades. A Organização Comunitária Local (OCL) deve se responsabilizar pela gestão técnica, administrativa e financeira dos sistemas fotovoltaicos instalados na comunidade.

As principais vantagens desta proposta é que a OCL responderá pelas necessidades locais e pela administração. As desvantagens são da carência de recursos financeiros, e dos desvios dos recursos para outras necessidades mais imediatas da comunidade.

No tocante à capacitação, um problema bastante constatado na prática, é o deslocamento de técnicos de localidades distantes, como a capital do Estado, até o local da instalação defeituosa, quando surge um mau funcionamento nos sistemas. Isto encarece muito a solução do problema, além de acarretar um tempo maior para sua correção, que em muitas situações o

próprio usuário poderia resolver. Para solucionar tais questões relativas à capacitação dos usuários, algumas sugestões e propostas são recomendadas:

- Criação de um programa regular para a capacitação dos moradores;
- Plano de capacitação técnica com acompanhamento e monitoramento para todo o sistema antes e depois da implantação;
- Capacitação em três níveis: eletricitista rural e para o usuário (nível local), um nível intermediário através de técnicos da prefeitura e/ou ONG's (regional) e por último, em nível central (estadual) através do órgão gestor;
- Priorizar a capacitação do usuário com a formação dos eletricitistas e com o aumento de informações sobre a energia solar;
- Descentralizar a capacitação para um maior envolvimento a nível regional na assistência técnica;
- Reduzir as barreiras de informação a fim de aumentar a troca de experiências entre a comunidade e os responsáveis pela tecnologia.

No que diz respeito à assistência técnica, uma questão essencial é a dificuldade de aquisição de peças de reposição. Apesar da bateria ser um dos equipamentos que apresentam maiores problemas, devido, principalmente, ao término da vida útil da mesma, pode ser facilmente substituída por baterias automotivas, que resolvem parcialmente o problema. Porém, o mesmo não ocorre perante a aquisição dos demais componentes dos sistemas, e isto também tem sido uma questão bastante preocupante. Para resolver o problema da manutenção e assistência técnica, são recomendadas as seguintes sugestões:

- Maior ênfase (priorizar) à assistência técnica local, pois se trata de um nível de permanente apoio;
- Criação de um pequeno estoque de peças sobressalentes (inversores para lâmpadas, fusíveis, entre outros) e anexá-lo ao kit básico que compõe um sistema fotovoltaico;
- Criação de um fundo auxiliar na associação de moradores para manter um pequeno estoque de peças;
- Maior negociação com fornecedores de peças para a redução dos custos na compra em “quantidade”;
- Maior conscientização e mobilização da comunidade, objetivando a redução da dependência com os órgãos governamentais;
- Repassar a propriedade dos equipamentos para a organização comunitária local.

Com este tipo de acompanhamento e assistência, através da divisão de responsabilidades, pode-se otimizar este processo de acompanhamento, além de tornar mais rápido a manutenção quando necessário.

Para garantir a sustentabilidade (entendido aqui como a garantia da boa qualidade do serviço elétrico fornecido pelo sistema, ao longo da vida útil do gerador fotovoltaico, 20 anos) destas instalações, propõem-se as seguintes ações:

- seleção de comunidades não eletrificadas conjuntamente com parceiros locais (ONG's, Prefeitura, Sindicato dos Trabalhadores Rurais - STR), em função de critérios físicos, energéticos, organizativos, sociais e econômicos;
- Caracterização sócio-econômica e energética, familiar e comunitária;
- Promoção e divulgação da energia solar fotovoltaica nos encontros municipais realizados com esta finalidade;
- Especificações técnicas e econômicas do projeto;

- Capacitação da comunidade através de treinamento dirigido aos usuários;
- Instalação participativa dos equipamentos;
- Gestão comunitária para assistência técnica e reposição de peças (criação do fundo comunitário);
- Acompanhamento do projeto.

#### 4. CONCLUSÕES

Uma parte importante do esforço de eletrificação nas pequenas comunidades rurais distantes da rede, até então não contemplada na política de eletrificação rural, poderia ser levado a cabo mediante a disseminação de sistemas autônomos fotovoltaicos. O objetivo seria de dotar as residências de energia elétrica (iluminação, e outras aplicações) em curto prazo.

Requer-se entretanto, de uma política coerente que permita fortalecer e, sobretudo, ampliar este esforço, provendo as comunidades de um nível energético suficiente para iniciar as atividades produtivas que permita seu desenvolvimento econômico.

Algumas das principais barreiras sócio-econômicas-culturais encontradas que oferecem resistência à implantação da tecnologia estão listadas abaixo:

- A diferença entre a energia solar e a convencional, dificulta a aceitação por parte dos usuários, pelo fato de inicialmente não darem credibilidade;
- Alguns usuários mais ambiciosos e com um poder aquisitivo um pouco maior que os demais, não se contentam com a carga que poderá ser conectada ao sistema;
- Outros muito conservadores não aceitam que seja instalado o sistema em suas casas, pois receiam que com a chegada de informações, seus filhos sofram má influência;
- Algumas comunidades preferem esperar pelo cumprimento de promessas políticas para com a chegada da energia elétrica convencional;
- Os programas com a energia solar fotovoltaica precisam de recursos financeiros para, posteriormente, ser feita a manutenção nos equipamentos; porém, existem determinados usuários que não assumem a responsabilidade com a organização comunitária local, dificultando assim, o bom funcionamento da mesma e do sistema;
- Para muitos usuários, é lógico pensar que se alguma instituição/órgão do governo trouxe o sistema, outra (ou a mesma) deverá repará-lo, então não apoiam as iniciativas da organização local, dificultando o trabalho da mesma.

Em contraposição com a extensão das redes de combustíveis convencionais, o uso de tecnologias renováveis requer uma alta participação e organização local. As experiências mundiais, levadas a cabo, até o momento, demonstram que o grau de organização das comunidades, a compreensão das prioridades, expectativas e necessidades dos usuários, treinamento adequado dos usuários e a existência de manutenção regular dos equipamentos, são fundamentais para o êxito dos projetos.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Huacuz, J. M., 1999, “Energias sostenibles en zonas rurales dentro del proceso de modernización del sector en América latina y el Caribe”, Comunicação privada, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, México, 71 p.