

XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA CEMIG –
‘UMA TECNOLOGIA VIÁVEL PARA A PRÉ-ELETRIFICAÇÃO RURAL EM
MINAS GERAIS**

**AUTORES: A.S.A.C. DINIZ,
F. W. CARVALHO,
E. FRANÇA,
J. L. TOMÉ,
M. H. VILLEFORT,
M. REZENDE,
L. A. ARAÚJO,
J.G.F.ROSA & J. A. BURGOA**

Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG

Palavras Chave:
eletrificação rural,
sistemas fotovoltaicos

Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000

1 - Introdução

A Cemig considera a Eletrificação Rural como um fator importante para o desenvolvimento regional, permitindo à população rural uma melhor qualidade de vida, acesso à informação, educação e integração. Propriedades rurais eletrificadas tornam-se aptas a incorporar novos métodos, novas técnicas de produção, beneficiamento e transformação de produtos agrícolas, contribuindo para a redução do êxodo rural, possibilitando novos empreendimentos na área rural, geradores de empregos via aumento da produção de alimentos e de insumos básicos demandados pela indústria, resultando em incremento das atividades comerciais e na geração de impostos.

A Política de Eletrificação Rural da CEMIG estabelece que sejam oferecidas condições de atendimento a todos os produtores rurais de sua área de concessão interessados em eletrificar e otimizar suas propriedades, independente da localização geográfica, respeitando e otimizando a cultura e os empreendimentos locais, como forma de reduzir as grandes diferenças sócio econômicas encontradas entre as regiões do Estado de Minas Gerais.

Cumprindo sua missão de dotar o Estado de Minas Gerais de uma infra estrutura energética para contribuir com o seu desenvolvimento econômico, financeiro e social, a CEMIG ao longo dos anos tem implementado, em sua área de concessão, Programas de Eletrificação Rural e de Prestação de Serviços . Em prosseguimento à sua Política de Eletrificação Rural, a CEMIG pretende elevar a taxa de atendimento rural para valores próximos a 100%, nos 774 municípios de sua área de concessão, até o final do ano 2003. Para atingir este objetivo ela lançou em 1999 o Programa de Desenvolvimento Rural – LUMIAR.

O Estado de Minas Gerais possui 100% das áreas urbanas eletrificadas, porém, aproximadamente 185 mil residências, localizadas na zona rural, ainda estão sem energia elétrica. Grande parcela desses domicílios são dispersos e estão situados em áreas distantes da rede elétrica de distribuição da CEMIG.

A energização dessas áreas isoladas é um empreendimento pouco rentável e exige grandes investimentos em redes de distribuição para atender pequenas demandas. Geralmente os consumidores de baixa renda estão na faixa de consumo mínimo até 30 KWh/mês, tendo a tarifa subsidiada, pagando em torno de R\$ 2,0. Apesar dos subsídios estaduais e municipais para a conexão destes consumidores, os custos de operação e manutenção, fazem destes consumidores rurais de baixa renda não rentáveis para a empresa. De maneira a balancear os interesses dos investidores e a missão social do Estado, o acordo de acionistas da empresa prever que 5% do lucro será investido em programas sociais, incluindo a eletrificação rural de consumidores de baixa renda.

Este trabalho descreve o desenvolvimento da utilização da energia solar fotovoltaica pela CEMIG, desde as fases de avaliação da tecnologia fotovoltaica até a utilização em larga escala de sistemas fotovoltaicos no “Programa Luz Solar - Pré-eletrificação Rural com Sistemas Fotovoltaicos”. Será discutido, também, o modelo de sustentabilidade da tecnologia fotovoltaica.

O principal objetivo da CEMIG na utilização de sistemas fotovoltaicos é tornar disponível uma forma mais econômica de eletrificação, que permita a pessoas residentes em comunidades carentes da área rural, usufruírem dos benefícios da eletricidade. O sucesso de um programa de pré-eletrificação rural utilizando sistemas fotovoltaicos depende significativamente do modelo e estratégias adotados para a sua implantação. Os desafios são inúmeros, dentre eles identificar todos os aspectos interrelacionados (técnicos, social e econômicos) objetivando construir a sustentabilidade da tecnologia na área rural..

2 – Histórico da aplicação de energia solar fotovoltaica na CEMIG

Há vários anos a CEMIG vem investigando o uso da energia solar no Estado de Minas Gerais, tendo acumulado experiência e conhecimento no desempenho técnico dos equipamentos, bem como a adaptabilidade e aplicabilidade desta tecnologia, considerando-se as condições climáticas e os parâmetros

sócio-econômicos do Estado, em várias aplicações, tais como em telecomunicações, proteção catódica e pré-eletrificação rural.

Porém, foi na utilização desta tecnologia em áreas rurais, isoladas da rede elétrica convencional, que estão sendo concentrados os maiores esforços. Desde 1986, a CEMIG vem avaliando a viabilidade técnica e econômica da eletrificação rural de consumidores remotos de baixo potencial de consumo de eletricidade, utilizando a energia solar como fonte energética. Seu principal objetivo é tornar disponível uma forma mais econômica que permita a estas pessoas usufruírem dos benefícios da eletricidade. Para alcançar este objetivo foram implantadas diversas instalações experimentais e de demonstração utilizando a tecnologia fotovoltaica de transformação direta da energia radiante do sol em eletricidade. Estas instalações decorreram de convênios e aporte de recursos de diversas entidades nacionais e internacionais, tais como Centro de Pesquisas em Energia Elétrica - CEPEL, National Renewable Energy Laboratory - NREL, GTZ, Ministério de Minas e Energia com o apoio do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios-PRODEEM, municípios, dentre tantos outros.

Entre 1993-1997 foram implantados vários projetos da demonstração da tecnologia fotovoltaica, dentre eles três merecem especial destaque: *Programa de Assistência ao Desenvolvimento Rural no Brasil e Uso Racional de Energia na Agricultura e o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios - PRODEEM*:

- O projeto “*Avaliação da Tecnologia Fotovoltaica para a Eletrificação Rural*”, objeto de convênio celebrado entre CEMIG e o Centro de Pesquisas em Energia Elétrica – CEPEL/ELETROBRÁS. Os equipamentos foram doados ao CEPEL/ELETROBRÁS através de acordo de cooperação técnica entre o mesmo e o Laboratório Nacional das Energias Renováveis dos Estados Unidos - NREL (National Renewable Energy Laboratory). Este projeto tem por objetivo avaliar as potencialidades da tecnologia fotovoltaica nas comunidades rurais, bem como avaliação de modelos de sustentabilidade da tecnologia em Minas Gerais. Foram instalados 70 sistemas fotovoltaicos, em 14 municípios mineiros da região norte do Estado, em escolas, centros comunitários, postos de saúde, capelas, reservas florestais e residências rurais.;
- Projeto “*Uso Racional de Energia na Agricultura*”, oriundo de cooperação técnica entre CEMIG e GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). Este projeto é voltado para aplicações produtivas das energias renováveis. Até o momento foram implantados 25 sistemas fotovoltaicos para pré-eletrificação de residências rurais, bombeamento d’água e irrigação;
- *PRODEEM (Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios)* - Instituído por Decreto do Exmo. Sr. Presidente da República, o PRODEEM tem por objetivo principal viabilizar o suprimento de energia às populações que habitam o meio rural, apoiando o atendimento das demandas sociais das comunidades (água potável, produção de alimentos, educação, saúde, saneamento, telefonia de emergência, informação, centro comunitário etc.). Promove, também o uso produtivo da energia nas propriedades rurais, favorecendo a geração de empregos e a elevação da renda nas regiões ainda não assistidas pela eletrificação convencional. Para tanto, são utilizadas as fontes de energia renováveis disponíveis em cada localidade.

A ação do PRODEEM está direcionada, principalmente, para a implementação de projetos de desenvolvimento social, através da instalação de microssistemas de produção de energia em comunidades carentes e não servidas pela rede elétrica, atendendo a Apesar do forte enfoque na área social, o PRODEEM começa a estruturar o seu segmento produtivo. Para isso vem atuando na investigação de esquemas auto-sustentáveis que permitam o atendimento de demandas individuais e produtivas.

Com o objetivo de investir no atendimento às comunidades carentes, estão sendo implantados, em Minas Gerais, sistemas fotovoltaicos em comunidades rurais, isoladas da rede elétrica, através do do Ministério das Minas e Energia dentro do PRODEEM.

Em 1997, foram instalados 37 sistemas fotovoltaicos (13 de bombeamento d’água, 13 escolas e 11 centros comunitários), em 12 municípios mineiros priorizados pelo Programa Comunidade Solidária -PCS/MG. Estes sistemas estão beneficiando mais de 2.000 pessoas no Vale do Jequitinhonha. Este projeto é objeto de convênios celebrado entre CEMIG e Ministério de Minas e Energia (através do PRODEEM), CEPEL, COPASA e Prefeituras.



Figura 1 – Exemplos de sistemas fotovoltaicos instalados pelo projeto PRODEEM – fase 1.

2 - Projeto LUZ SOLAR

Baseado nos resultados positivos oriundos de 140 sistemas fotovoltaicos instalados pelos projetos, acima mencionados, em 30 municípios, totalizando em torno de 45 KW_p, a CEMIG vem implementando desde 1998, o *Programa LUZ SOLAR - Pré-eletrificação Rural Utilizando Sistemas Fotovoltaicos*".

O LUZ SOLAR é um subprograma do Programa de Desenvolvimento Rural LUMIAR. Este programa eletrificará, até 2003, 185.000 consumidores, dos quais 145.000 pequenos produtores rurais e 40.000 de produtores rurais típicos (fazendeiros).

Este programa contará com recursos oriundos da CEMIG e de Prefeituras Municipais para atendimento a Pequenos Produtores Rurais e centros comunitários. Recursos serão aportados, também, pela Secretaria de Estado da Educação, Secretaria de Minas e Energia e pelo Ministério de Minas e Energia, através do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM, para atendimento a escolas rurais e centros comunitários.

A meta proposta do LUZ SOLAR é o atendimento, até 2003, a 5.500 residências de pequenos produtores rurais, 600 escolas e centros comunitários rurais (escolas, capelas, centros de trabalhos comunitários e etc., beneficiando uma mesma comunidade), localizados na área de concessão da CEMIG, distribuídos conforme tabela abaixo:

Tabela 1 - Meta de Atendimento

Perfil Cliente	Número de Atendimentos					Total
	1999	2000	2001	2002	2003	
Residências	450	1.050	1.000	1.500	1.500	5.500
Poder Público (escolas, centros comunitários e etc.)	100	100	150	150	100	600
Total	565	1.100	1.150	1.650	1.600	6100

2.1 – Características dos Sistemas Fotovoltaicos utilizados no LUZ SOLAR

Os sistemas ofertados para as residências rurais serão 2225 do tipo simples (gerador fotovoltaico de 50 Watt-pico de potência-W_p) e 3225 duplos (gerador fotovoltaico de 100 W_p). Para as aplicações sociais serão ofertados sistemas fotovoltaicos para 600 escolas e centros comunitários em várias configurações.

Os sistemas fotovoltaicos utilizados neste subprograma são compostos pelo gerador fotovoltaico (contendo de 1 a vários módulos) e por um conjunto de equipamentos complementares, incluindo um subsistema de condicionamento de potência e um subsistema de armazenamento. Esses componentes variam de acordo com a aplicação a que se destina o sistema. Os módulos fotovoltaicos geram eletricidade em corrente contínua.

O subsistema de condicionamento de potência, que converte a saída do gerador fotovoltaico em potência elétrica útil, compreende: o(s) controlador(es) de carga (equipamentos que controlam a energia enviada às baterias e aos pontos de consumo), inversor(es), conversor(es) CC/CC. O controlador de carga é instalado entre os módulos e as baterias e gerencia o processo de carga e descarga das baterias, evitando que as mesmas sejam sobrecarregadas ou descarregadas além de limites pré-determinados. O inversor é necessário em um sistema fotovoltaico quando necessitamos alimentar cargas em corrente alternada. O inversor transforma a corrente contínua em corrente alternada, podendo portanto alimentar os aparelhos eletro-eletrônicos convencionais.

O subsistema de armazenamento é composto por baterias, que armazenam a energia obtida de luz solar durante o dia possibilitando o gerenciamento de cargas à noite ou em períodos chuvosos.

O sistema também contém equipamentos de proteção (disjuntores e fusíveis), luminárias, lâmpadas, interruptores, tomadas, fiação e suporte(s). A instalação física do sistema depende basicamente das características do prédio e do local onde será instalado.

Portanto, é essencial que o sistema seja adequadamente selecionado em função do consumo e das possibilidades econômicas do usuário e que o mesmo seja alertado a respeito das limitações do sistema.

A concepção contempla os tipos a seguir descritos na tabela 2, abaixo. Esses sistemas diferenciam-se, basicamente, pela capacidade de fornecimento de energia para atendimento das necessidades dos usuários:

- *Sistema Fotovoltaico Residencial - cargas atendidas em corrente contínua*
 - Sistema Residencial Tipo Simples
Sistema adequado para domicílios rurais com necessidade mínima de energia, onde é prevista a instalação apenas de lâmpadas e rádio. Tem uma capacidade média de produção de energia elétrica de aproximadamente 7 kWh/mês. Dimensionado para alimentar 3 lâmpadas fluorescentes de 20 W, durante 4 horas diárias, além do rádio por cerca de 5 horas.
 - Sistema Residencial Tipo Duplo
Sistema adequado para domicílios rurais, onde é prevista a instalação apenas de lâmpadas, rádio/gravador e um televisor preto & branco de baixo consumo. Tem uma capacidade média de produção de energia elétrica de aproximadamente 12 kWh/mês. Este sistema é dimensionado para alimentar 4 lâmpadas fluorescentes de 20 W, durante 4 horas diárias, um rádio gravador e um televisor preto e branco, por 5 horas.
- *Sistemas fotovoltaicos para escolas e centros comunitários – cargas atendidas em corrente alternada e/ou contínua*
Sistema adequado para escolas e centros comunitários, onde é prevista a instalação de lâmpadas, aparelho de som e o kit tecnológico (televisor colorido, vídeo e antena parabólica). Tem uma capacidade média de produção de energia elétrica mínima de 30 kWh/mês.
As cargas das igrejas, centros de trabalhos comunitários (casas de farinha, de costura, de confecção de doces e artesanatos e outros) serão alimentadas em corrente contínua ou alternada, enquanto as cargas das escolas serão alimentadas em corrente alternada.

A composição básica por tipo é a seguinte:

- Tipo 1 – Igrejas e Centros Comunitários
- Tipo 2 – Escola com 1 sala de até 36 m², igreja, posto de saúde, outros
- Tipo 3 – Escola com 1 sala de até 60 m², posto de saúde, outros:
- Tipo 4 – Escola com 2 ou 3 salas, cada uma em torno de 40 m²

Tabela 2 – Configuração dos sistemas fotovoltaicos utilizados no LUZ SOLAR

	Tipo de Sistema	Gerador Fotovoltaico	Baterias 12V	Controlador de Carga	Conversor 6/7,5/9/12 V	Inversor
Residencial	Simples	50 Wp	100 Ah	6A	1	-
	Duplo	100 Wp	200 Ah	10A	1	-
Poder Público	Tipo 1	Até 300Wp	Até 400 Ah	30A	1	250W
	Tipo 2	360Wp	600Ah	Mínimo 30A	-	500W
	Tipo 3	480Wp	700Ah	Mínimo 2 x 30A	-	800W
	Tipo 4	>500Wp	800Ah	Mínimo 2 x 30A		Mínimo 1000W

A configuração básica pode ser subdividida em várias outras configurações, em função dos tipos de carga a serem alimentadas e/ou da necessidade de armazenamento de energia.

2.3 - Critérios para Seleção dos Locais de Instalação

2.3.1 – Critérios de Seleção dos Municípios

a) Local com nível elevado de insolação às regiões com nível médio de radiação solar global no plano horizontal igual ou superior à 4,5 kWh/m²/ dia.

b) Caracterização segundo os Índices de Proporção de Pobres

Visando definir a participação financeira da Cemig por consumidor, os municípios pertencentes à área de concessão da Cemig foram divididos em três Classes, considerando-se os Índices de Proporção de Pobres e de Condições de Vida, publicados pela Fundação João Pinheiro, e respeitando-se o princípio de que todos os municípios receberão subsídio em níveis superiores aos praticados, em anos anteriores:

- Classe A: Composta por 428 municípios com economia muito concentrada nas atividades agropecuárias, sendo que 79% desses municípios têm percentual igual ou superior a 70% da população constituída de pobres, ou seja, renda familiar mensal de meio salário mínimo, estando 66% desses municípios localizados nas regiões Leste e Norte do Estado de Minas Gerais,

Esta Classe contempla 79% da meta de novas ligações do segmento Pequeno Produtor Rural – PPR.

- Classe B: Composta por 245 municípios, nos quais estão localizados 15% dos Pequenos Produtores Rurais a serem atendidos. Cerca de 74% dos municípios desta Classe têm 50% a 70% da população constituída de pobres.
- Classe C: Composta por 101 municípios com desenvolvimento econômico e social relativamente melhores que os municípios pertencentes às classes A e B. Nesses municípios estão localizados 6% dos Pequenos Produtores Rurais a serem atendidos e têm percentuais inferiores a 50% da população constituída de pobres.

A Tabela 3 a seguir apresenta a participação da Cemig por consumidor, conforme a Classe do Município ao qual pertence.

Tabela 3 – Participação da CEMIG

Classe de Município	Quantidade de Municípios	Participação da CEMIG (R\$/Cons).
A	428	1.300,00
B	245	1.100,00

C	101	800,00
---	-----	--------

2.3. 2 – Critérios de seleção das comunidades

a) Seleção das escolas a serem beneficiadas

Os critérios para a escolha das escolas participantes do projeto, a cargo da CEMIG e Secretaria de Estado da Educação (SEE), são:

- Existência de no mínimo 30 alunos;
- Potencial para cursos noturnos;
- Que a comunidade esteja, no mínimo, a 5 km da rede de distribuição rural existente e com alto nível de dispersão;
- Inexistência de planos de eletrificação para a comunidade a qual pertence a escola nos próximos 2 anos;
- Ter apoio da Prefeitura local;
- Facilidade de acesso inclusive para inspeções periódicas e visitas;
- Facilidade para estabelecimento de rotinas de operação, manutenção e monitoração.

b) Seleção das comunidades para os sistemas residenciais

- Que a comunidade esteja, no mínimo, a 5 km da rede de distribuição rural existente e com alto nível de dispersão;
- Inexistência de planos de eletrificação para a comunidade a qual pertence a escola nos próximos 2 anos;
- Aceitação da Prefeitura local e pelo(s) usuário(s) de participar(em) do projeto, aceitando as limitações dos sistemas tais como não ser possível o uso de chuveiro e ferro elétrico;
- Facilidade de acesso inclusive para inspeções periódicas e visitas;
- Facilidade para estabelecimento de rotinas de operação, manutenção e monitoração.

2.4 - Características do Público Beneficiário

A geração descentralizada possibilita atender um segmento de mercado, caracterizado por Pequenos Produtores Rurais, ou trabalhadores residentes em propriedades rurais, que necessita do fornecimento de energia elétrica para uso em suas residências da maneira mais elementar, ou seja, para iluminação e recepção de programas de rádio e TV. Prevê-se, também, o atendimento a escolas e centros comunitários rurais. A demanda por energia elétrica deve estar muito próxima da capacidade de atendimento dos sistemas fotovoltaicos, de forma a garantir custo competitivo.

Levantamento sócio-econômico realizado no Vale do Jequitinhonha constatou que 60% do público alvo do Projeto LUZ SOLAR tem renda familiar até 1 salário mínimo (R\$151,00) e que a maioria das comunidades pertencentes ao mercado potencial, não possui organização comunitária.

2.5 – Modelo de Sustentabilidade do Programa LUZ SOLAR

Uma importante iniciativa da ANEEL é a recente aprovação da resolução 233, de 29/07/99, que estabelece um valor normativo de R\$ 237,50/kWh para a energia de origem fotovoltaica. Este valor significa o limite que a concessionária poderá transferir para a tarifa na componente dos custos de geração, quando adquirida de energia solar fotovoltaica. Se por um lado este valor não chega a cobrir os custos de geração, por outro significa uma sinalização positiva que, se composta com outros incentivos, poderá viabilizar alguns programas. A tabela 4 demonstra os valores comparativos entre as tarifas das resoluções 162 e da 233.

Tabela 4 – Simulação de Valores Tarifários comparando as Resoluções 162 e 233

Energia Elétrica via Rede de Distribuição					Energia Solar Fotovoltaica			
Classe	Atividade	Consumo Mínimo faturado (kWh/mês)	Tarifa (Resolução 162)	Valor Importe (R\$)	Tarifa Fotovoltaica (Resolução 233)	Qtde de Unidade Elétrica a faturar	Consumo Mínimo faturado (kWh/mês)	Valor Importe (R\$)
Residencial	Residencial	30	56,21	1,69	237,5	Simplex	7	1,66
		30	56,21	1,69		Duplo	12	2,38
P. Público	Escolas	30	149,92	4,50	237,5		30	7,13
		40	149,92	6,00		40	9,50	
		50	149,92	7,5		50	11,88	
		60	149,92	9,00		60	14,25	
		30	149,92	4,50		30	7,13	
Comerciais	Igrejas	30	149,92	4,50	237,5		20	4,75

O consumidor rural de baixa renda eletrificado pela rede elétrica convencional possui tarifa subsidiada. Visando manter a isonomia dos consumidores atendidos pela CEMIG, todos os consumidores pré-eletrificados com sistemas fotovoltaicos, também, usufruirão dos mesmos benefícios. Portanto, para a reposição dos bancos de baterias e O&M dos sistemas fotovoltaicos será cobrada a mesma tarifa da Resolução 162.

Os valores tarifários serão aplicados, adotando-se a mesma metodologia e sistemática adotada para o faturamento dos consumidores convencionais, ou seja, valores mínimos de faturamento, emissão de fatura, cadastramento do usuários na rota de leitura, etc. Acrescente-se, na oportunidade, que todos os procedimentos para o início de faturamento automatizado já estão solucionados pelas áreas envolvidas.

O modelo de sustentabilidade do Programa LUZ SOLAR ainda está em elaboração, porém, algumas definições já foram feitas, tais como:

- As Unidades de Negócio Regionais serão responsáveis pelo levantamento de unidades consumidoras, que atendem aos critérios do subprograma Luz Solar, identificando o tipo de unidade (residencial, escola, outro), localização e tipo de sistema necessário;
- atendimento às reclamações de falha do fornecimento de energia elétrica dos consumidores, pré-eletrificados com sistemas fotovoltaicos será feita através da Central de Atendimento aos Consumidores da CEMIG, que direcionará para a Central de Operação da Rede de Distribuição – CORD, da área onde está localizado o sistema;
- A manutenção entrará em escala de prioridade do CORD, que definirá qual a equipe que restabelecerá o sistema, da CEMIG local ou empreiteiras. A manutenção de sistemas fotovoltaicos foi incluída nos Contrato de Manutenção das empreiteiras já contratadas para a manutenção da rede elétrica;
- Cada Prefeitura Municipal participante do projeto deverá indicar um eletricista, funcionário da mesma, para treinamento em manutenção preventiva dos sistemas fotovoltaicos das escolas e centros comunitários;
- O treinamento de usuários e dos eletricistas das prefeituras será concentrado em manutenção preventiva, enquanto o treinamento dos eletricistas das empreiteiras e da CEMIG em manutenção corretiva.- os beneficiários devem ser treinados para dar manutenção nas instalações internas de suas casas e os eletricistas das prefeituras devem continuar a serem treinados para fazer manutenção preventiva nas escolas e centros comunitários;
- Todos os equipamentos e materiais que serão repostos pelos usuários dos sistemas fotovoltaicos deverão ser disponibilizados nas lojas de material elétrico das sedes dos municípios participantes do Programa LUZ SOLAR.

2.6 – Implantação do Programa LUZ SOLAR

Atualmente, estão instalados 685 sistemas fotovoltaicos eletrificando 509 residências, 120 escolas, 34 poços artesanais e 22 centros comunitários. Destes sistemas, 560 foram instalados em 1999, dentro do Programa LUZ SOLAR- fase 1, principalmente dentro de dois subprogramas: “Pré-eletrificação de Escolas e Centros Comunitários Rurais utilizando Sistemas Fotovoltaicos” e “Pré-eletrificação de Residências Rurais utilizando Sistemas Fotovoltaicos”.

★ *“LUZ SOLAR – fase 1 - Pré-eletrificação de Escolas e Centros Comunitários Rurais utilizando Sistemas Fotovoltaicos*

Até agosto de 1999, foram eletrificadas 90 escolas rurais, em 26 municípios das regiões Norte e Leste do Estado de Minas Gerais, em 4 áreas de concentração (Diamantina, Januária, Araçuaí e Montes Claros). Este esquema foi escolhido para facilitar a implantação da infraestrutura de manutenção do Programa, dividindo o staff envolvido, equipamentos e conhecimentos. As escolas e centros comunitários estão sendo beneficiadas com iluminação, equipamentos de tele-educação e água potável.

Os recursos deste projetos foram oriundos da CEMIG, Governo Estadual (Secretaria das Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Secretaria da Educação) e Ministério de Minas e Energia (através do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios) em parceria com o CEPREL, Companhia de Saneamento de Minas Gerais e Prefeituras Municipais. Estes sistemas foram adquiridos, incluindo aquisição, montagem em regime turn-key e assistência técnica por três anos.

A Prefeitura ficará responsável pela manutenção preventiva dos sistemas (que será feita por um eletricista da Prefeitura, treinado pela CEMIG) e pagará tarifa à CEMIG para O&M, conforme o tipo da escola descrito na tabela 4.

Os critérios de escolha das escolas participantes do programa foram os descritos no item 2.3.2.



Figura 2 – Exemplo de escola eletrificada com sistemas fotovoltaicos pelo LUZ SOLAR – fase 1.

• *“LUZ SOLAR fase 1 - Pré-eletrificação de Residências Rurais com Sistemas Fotovoltaicos”*

Em 1999, foram eletrificados 450 residências rurais, com baixo potencial de consumo (abaixo de 30 kWh/mês). Elas estão localizadas em 45 comunidades, de 8 municípios das regiões Norte e Leste do Estado. As comunidades foram concentradas dentro de 3 áreas polos em um raio de 100 km dos municípios núcleos. Os critérios básicos deste subprograma foram descritos no item 2.3.2.

Estes sistemas fotovoltaicos foram adquiridos, incluindo aquisição, montagem em regime “turn-key” e assistência técnica por três anos. Os recursos para a implementação desta fase foram oriundos da CEMIG, KfW (Banco alemão de fomento ao desenvolvimento) e Prefeituras Municipais.

Neste sub-programa a CEMIG arcou com 64% do custo total, incluindo os recursos do Banco Alemão KfW (Kreditanstalt fur Wiederaufbau) e as 8 Prefeituras Municipais com 36%. Os consumidores arcarão com tarifas subsidiadas para O&M dos sistemas fotovoltaicos residenciais , conforme descrito na tabela 4.



Figura 3 – Exemplo de residência eletrificada com sistemas fotovoltaicos pelo LUZ SOLAR – fase 1.

Baseado nos resultados positivos oriundos dos 685 sistemas fotovoltaicos instalados dentro das fase de demonstração da utilização da tecnologia fotovoltaica e na fase 1 do Programa LUZ SOLAR, a CEMIG lançou em setembro/99, em Diamantina, o Programa LUZ SOLAR – Pré-eletrificação Rural utilizando Sistemas Fotovoltaicos – Fase 2”. Esta fase será implantada conforme a Tabela 1 – Meta de Atendimento.

3.0 - Centro de Treinamento em Energia Solar Fotovoltaica

Para que possamos realizar a implantação da infra-estrutura de manutenção dos projetos implantados na fase de demonstração e para dar suporte ao modelo de sustentabilidade do Programa LUZ SOLAR, a CEMIG iniciou em setembro/98 o Programa de Treinamento em Energia Solar Fotovoltaica da CEMIG.

Para realização da capacitação, foi inaugurado em agosto de 1998, na Escola de formação e Aperfeiçoamento Profissional da CEMIG – EFAP, o Núcleo de Treinamento em Energia Solar Fotovoltaica.

Ele é composto pelo Centro de Demonstração (1 residência rural, eletrificada com um sistema residencial fotovoltaico típico, conforme mostrado na Figura 3, bem como diversas aplicações desta tecnologia, como bombeamento d’água, iluminação pública e irrigação) e por várias salas de aula equipadas para treinamento na tecnologia fotovoltaica.

No Núcleo de Treinamento em Energia Solar Fotovoltaica já foram treinados os técnicos envolvidos nos projetos de demonstração da tecnologia fotovoltaica e agora estão sendo treinados engenheiros, técnicos eletricitas da CEMIG, bem como eletricitas das prefeituras e usuários beneficiados pelo Programa LUZ SOLAR – fase1. Estão sendo treinados, também, técnicos de outras entidades (tais como WINROCK e etc).



Figura 4 – Vista do Centro de Demonstração em Energia Solar Fotovoltaica

4.0 - Conclusões - Desafios Futuros

O atendimento à demanda por energia elétrica pela via convencional a comunidades rurais, dispersas, cujos potenciais consumidores apresentam um baixo potencial de consumo (em sua maioria até 30 KWh/mês), exige valores elevados de investimento, operação e manutenção, tornando mais viável economicamente realizar o atendimento via sistemas fotovoltaicos. A implantação de sistemas fotovoltaicos nessas comunidades postergará investimentos em extensão de redes de distribuição rurais e evitará que sejam ligados consumidores com baixo potencial de consumo. Estes consumidores, devido ao tipo das cargas utilizadas (basicamente iluminação) e hábitos culturais consomem energia principalmente no horário de ponta do sistema elétrico .

No entanto, no futuro, quando o sistema tornar-se limitado pela necessidade de aumento de carga, este público poderá optar pela eletrificação rural convencional, possibilitando a transferência do sistema fotovoltaico para outro usuário.

O grande desafio para a implementação de programas utilizando sistemas fotovoltaicos é a sustentabilidade dos mesmos. Dentre todas as fases de implementação, a que tem apresentado maior complexidade é o desenvolvimento de uma rede de assistência técnica, treinamento de usuários e técnicos, rede de venda de materiais, que garantam o pleno funcionamento dos sistemas ao longo da vida útil dos equipamentos, bem como a garantia da reposição das baterias.

Tem-se verificado, em outros países, o fato que, independentemente do mérito técnico, projetos piloto e de demonstração terminam no abandono, devido à falta de uma estrutura institucional de sustentação técnica e financeira. Por fim, ocorre mesmo que a confiabilidade da técnica adotada é colocada em questão.

No Programa LUZ SOLAR, pretendia-se, inicialmente selecionar comunidades em que já existe um nível razoável de organização comunitária, assegurando condições mínimas da introdução de uma nova tecnologia e de um novo sistema de gestão. Porém devido ao grande espalhamento da rede elétrica de distribuição (em torno de 300.000 km) foi encontrado na pesquisa sócio econômico, que as comunidades a que pertencem o público a ser beneficiado não possuem organização comunitária suficiente, como inicialmente almejado pelo Programa. Tal característica impossibilitou a implantação de modelos de sustentabilidade que vinham sendo testados pela CEMIG, optando-se pela criação de uma rede de assistência técnica e implantação da manutenção de sistemas fotovoltaicos, dentro de rotinas já dominadas pelo corpo técnico da empresa.

Um grande desafio é garantir a coerência no processo de implementação do Programa LUZ SOLAR. Muitas análises de mercado potencial em zonas rurais, levam em consideração a capacidade que os usuários possuem em pagar, sob a forma de mensalidades, por um sistema fotovoltaico para suprir sua demanda de eletricidade. Para tal, avaliam as despesas atuais destes consumidores com energéticos (pilhas, recarga de baterias, óleo combustível, querosene, entre outros). Vários valores aplicados por si só, já seriam suficientes para cobrir os gastos relacionados com a aquisição de um sistema fotovoltaico individual.

Esta abordagem se contrapõe ao conceito de universalização de serviço, que justifica a extensão de rede elétrica a comunidades rurais a custos altamente subsidiados. Mesmo que o consumidor esteja satisfeito com o serviço prestado pelo sistema fotovoltaico, haverá uma mudança de atitude quando o mesmo tiver consciência de programas em localidades vizinhas que contam com incentivos para o atendimento via rede elétrica e o mesmo sendo onerado com valores superiores, por um atendimento limitado, estimulando, inclusive, uma possível inadimplência. Portanto, a CEMIG optou pela cobrança de tarifa para a O&M, utilizando como base o valor normativo da Resolução 233 da ANEEL.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a todo o corpo técnico da CEMIG e de outras entidades que têm contribuído para este trabalho. Na CEMIG, em especial David Victor dos Santos, José Maria da Silva, Danilo Borges dentre outros. Em especial destaque o Governo Estadual (Secretaria das Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Secretaria da Educação), Ministério de Minas e Energia (através do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios), CEPEL/ELETOBRÁS, COPASA-MG, GTZ e KfW.

Referências Bibliográficas

1. World Bank technical report - "Brasil: Proposta de Energias Renováveis para Eletrificação Rural no Nordeste", Workshop de Conceituação do Projeto, Rio de Janeiro, Julho/97.
2. A.R. Lobo, C.A. Alvarenga, A.E. Prado, and M.S.C.C. Mendonça, Photovoltaic Rural Electrification and Electric Power Utility, IERE Workshop, Cocoyoc, Mexico, (1995), page 146.
3. C. A. Alvarenga, D. Costa & A. R. Lobo Proc. 4th World Renewable Energy Congress Denver, U.S.A. (Elsevier, London; 1996), 1152. Photovoltaic Energy Program in the State of Minas Gerais - Brazil
4. A. S. A. C.Diniz, M. S Mendonça, C. Alvarenga, F. Queiroz, D. Costa, 26th IEEE Photovoltaic Specialist Conference", 1317, Anaheim - U.S.A, 1997. "Rural Electrification Programme Program in the State of Minas Gerais – Brazil"
5. Current Status and Prospects of the Photovoltaic Rural Electrification Program in the State of Minas Gerais - Brazil
 Autor: Diniz, A. S. A. C., Mendonça, M. S., Queiroz, F., Costa, D., Alvarenga, C.A.
 Progress in Photovoltaic: Res. Appl., 6, Jonh Wiley & Sons, U.K., 1998.
6. A. S. A. C.Diniz, M. S Mendonça, C. Alvarenga, F. Queiroz, D. Costa, J. A. Burgoa, Second World Photovoltaic Conference, 437, Viena – Austria, 1998, "Rural School Electrification Programme".
7. A. S. A. C.Diniz, J. G. F. Rosa, R. Flora, R. Schoer, J. A. Burgoa, Second World Photovoltaic Conference, 1337, Viena – Austria, 1998, "SHS Pre-Electrification Programme".
8. A. S. A. C.Diniz, J. G. F. Rosa, M. H. Villefort, F. W. Carvalho, M. Rezende, E. França, J. L Tomé, A. Burgoa, **LUZ SOLAR – An Electric - Power Utility Photovoltaic Programme for Rural Pre-Electrification** , 16th European Photovoltaic Specialist Conference", Glasglow – U.K., anais em publicação
9. ELETROBRÁS, "Programa Luz do Campo", 1999
10. R. Ramakumar, W. L. Hughes, "Renewable Energy Sources and Rural Development in Developing Countries", IEEE Transactions on Education, 1981
11. C. M. Ribeiro e outros, "Brazilian Strategy on PV Dissemination:1998 Update", , Second World Photovoltaic Conference, Viena – Austria, 1998

Endereço para Correspondência:

Antonia Sônia Alves Cardoso Diniz

CEMIG – CM/CE

Av. Barbacena 1200/20/A2 – Santop Agostinho
 Belo Horizonte – M.G.
 CEP: 30123-970

Tel: (031) 299 45 05
 Fax: (031) 299 39 82
 e-mail: asacd@cemig.com.br