

**FERNANDO CESAR SOTERO SBAMPATO**

**ELETRIFICAÇÃO RURAL UTILIZANDO O SISTEMA DE  
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia, para a obtenção do título de Especialista em Formas Alternativas de Energia.

**Orientador**  
**Prof. Carlos Alberto Alvarenga**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**  
**2008**

**FERNANDO CESAR SOTERO SBAMPATO**

**ELETRIFICAÇÃO RURAL UTILIZANDO O SISTEMA DE  
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Formas Alternativas de Energia, para a obtenção do título de Especialista em Formas Alternativas de Energia.

APROVADA em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

UFLA

Carlos Alberto Alvarenga

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

Dedico este trabalho à minha esposa Débora e aos meus filhos, Bruno e Fernanda, pelo apoio integral que sempre me deram.

## **AGRADECIMENTOS**

- Primeiramente a DEUS porque sem Ele não há como tornar realizáveis nossos sonhos e trabalhos;
- Aos meus pais, Deraldo e Luzinete, pela grande luta em minha educação;
- Ao meu orientador, Prof. Carlos Alberto Alvarenga, pelas horas de paciência para que este trabalho fosse concluído da melhor forma possível.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS. . . . .	v
LISTA DE TABELAS. . . . .	vi
RESUMO. . . . .	viii
1 INTRODUÇÃO. . . . .	1
1.1 Apresentação. . . . .	1
1.2 A exclusão elétrica no Brasil. . . . .	1
1.3 Objetivo. . . . .	3
2 REVISÃO DA LITERATURA. . . . .	3
2.1 Efeito fotovoltaico. . . . .	3
2.2 Sistema fotovoltaico. . . . .	3
2.3 Descrição dos sistemas fotovoltaicos. . . . .	5
2.3.1 Gerador fotovoltaico. . . . .	5
2.3.2 Baterias. . . . .	7
2.3.2.1 Tipos de baterias . . . . .	7
2.3.2.2 Características de baterias para sistemas fotovoltaicos. . . . .	8
2.3.3 Controladores de carga. . . . .	10
2.3.3.1 Características desejáveis de controladores de carga. . . . .	12
2.3.4 Inversor de CC para CA. . . . .	13
2.3.5 Conversor de CC para CC. . . . .	14
3 REGULAMENTAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO RURAL COM SISTEMAS FOTVOLTAICOS. . . . .	14
3.1 Regulamentação do atendimento com sistemas fotovoltaicos. . . . .	14
3.1.1 Atendimento. . . . .	15
3.1.2 Medição, leitura e faturamento. . . . .	16
3.1.3 Qualidade do serviço. . . . .	16
3.1.4 Indicador de continuidade. . . . .	16
3.1.5 Padrões de continuidade. . . . .	17
3.1.6 Sistema de atendimento às reclamações dos consumidores . . . . .	17
3.1.7 Suspensão de fornecimento. . . . .	18
3.1.8 Integridade dos equipamentos. . . . .	18

4	PROGRAMAS NACIONAIS DE INCENTIVO .....	19
4.1	PRODEEM. ....	19
4.2	Programa “Luz para Todos”. ...	21
4.2.1	Programa “Luz para Todos” em Minas Gerais. ....	21
5	ALTERNATIVAS DE ATENDIMENTO NO PROGRAMA “LUZ PARA TODOS” .....	22
5.1	Diretrizes técnicas de atendimento. ....	22
5.1.1	Sistemas de Geração Descentralizada com Redes. ....	23
5.1.2	Sistemas de Geração Individual. ....	23
5.1.3	Características do mercado. ....	23
6	CUSTOS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. ....	26
7	VANTAGENS E DESAFIOS DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. ....	26
7.1	Vantagens da geração de eletricidade utilizando energia solar fotovoltaica. ....	26
7.2	Dificuldades na utilização da energia solar para geração de eletricidade em residências. ....	27
8	CONDIÇÕES PARA SUSTENTABILIDADE DOS PROJETOS. ....	28
8.1	Modelo de sustentabilidade em sistemas fotovoltaicos para a eletrificação rural .....	28
8.2	Modelo tarifário para sistemas fotovoltaicos. ....	29
8.3	Treinamento. ....	29
8.4	Principais obrigações das partes envolvidas. ....	30
8.4.1	Responsabilidade da concessionária. ....	30
8.4.2	Responsabilidade da Prefeitura. ....	30
8.4.3	Responsabilidade do usuário. ....	31
8.5	Sobressalentes. ....	32

8.6	Garantia de equipamentos. . . . .	32
8.7	Segurança. . . . .	33
9	DESAFIOS DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO. . . . .	33
9.1	Desafios sociais. . . . .	33
9.2	Desafios econômicos. . . . .	33
9.3	Desafios gerenciais. . . . .	34
10	MODELO PARA OPERACIONALIZAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO RURAL COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. . . . .	34
10.1	O Modelo Universal de Geração Descentralizada. . . . .	34
10.2	Unidades operacionais para a gestão sustentável de unidades de geração descentralizadas. . .	34
10.3	Atividades a serem realizadas pelas unidades operacionais. . . . .	36
10.3.1	Unidade controladoria patrimonial . . . . .	36
10.3.2	Unidade controladoria técnica e gerencial. . . . .	37
10.3.3	Unidade de normatização e padronização de engenharia de eletricidade. . . . .	37
10.3.4	Unidade de gestão operacional. . . . .	37
10.3.5	Unidade de serviço de atendimento aos clientes e relações com usuários - SAC . . . . .	38
10.3.6	Unidade de responsabilidade social corporativa. . . . .	38
10.3.7	Unidade agente local de instalação e manutenção. . . . .	39
10.3.8	Unidade de gestão de unidades de geração descentralizadas. . . . .	39
10.4	Pasta de campo. . . . .	39
10.5	Lista de verificação para manutenção preventiva do sistema fotovoltaico. . . . .	40
10.5.1	Manutenção programada de responsabilidade da concessionária. . . . .	41
10.5.2	Manutenção programada de responsabilidade da Prefeitura . . . . .	41
11	PERSPECTIVAS PARA DESENVOLVIMENTO DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. . . . .	44
12	CONCLUSÃO. . . . .	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. . . . .	49

ANEXO - REVISÃO DO TEXTO DECLARAÇÃO ..... 51



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Índices percentuais de não atendimento rural, por Estado, na Federação. . . . .	.2
Figura 02	Distribuição dos domicílios rurais não atendidos pelas regiões do Brasil. . . . .	.2
Figura 03	Sistema solar fotovoltaico isolado. . . . .	.4
Figura 04	Residências rurais eletrificadas com sistema fotovoltaico. . . . .	.4
Figura 05	Arranjo de painéis fotovoltaicos. . . . .	.6
Figura 06	Controlador de carga paralelo (shunt). . . . .	.11
Figura 07	Controlador de carga série (shunt) . . . . .	.11
Figura 08	Controladores de carga dos fabricantes Isoler e Brasil Solar. . . . .	.13
Figura 09	Inversor CC para CA. . . . .	.14
Figura 10	Formação básica de unidades corporativas internas à Concessionária. . . . .	.36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Características técnicas e custos das baterias. . . . .	8
Tabela 02	Classificação e disponibilidade de atendimento dos SIGFL. . . . .	15
Tabela 03	Padrões de referência de DIC. . . . .	17
Tabela 04	Sistemas fotovoltaicos instalados no PRODEEM. . . . .	19
Tabela 05	Resumo dos sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica por região e unidade da Federação instalada pelo PRODEEM. . . . .	20
Tabela 06	Sistemas fotovoltaicos para unidades consumidoras rurais e suas características . . . .	24
Tabela 07	Sistemas fotovoltaicos para atendimento à classe Poder Público e suas características. . . .	25
Tabela 08	Custo médio do atendimento por sistema fotovoltaico no mercado nacional. . . . .	26
Tabela 09	Unidades operacionais para gestão sustentável de unidades de geração descentralizadas. . . . .	35
Tabela 10	Unidade controladoria patrimonial. . . . .	36
Tabela 11	Unidade controladoria técnica e gerencial. . . . .	37
Tabela 12	Unidade de normatização e padronização de engenharia de eletricidade. . . . .	37
Tabela 13	Unidade de gestão operacional. . . . .	37
Tabela 14	Unidade de serviço de atendimento aos clientes e relações com usuários - SAC . . . . .	38
Tabela 15	Unidade de responsabilidade social corporativa. . . . .	38
Tabela 16	Unidade agente local de instalação e manutenção. . . . .	39
Tabela 17	Unidade de gestão de unidades de geração descentralizadas. . . . .	39
Tabela 18	Pasta de campo. . . . .	40
Tabela 19	Manutenção programada da unidade gerador fotovoltaico. . . . .	41
Tabela 20	Manutenção programada da caixa de junção. . . . .	42
Tabela 21	Manutenção programada das baterias e rede interna. . . . .	42

Tabela 22	Manutenção programada. Medidas elétricas do sistema fotovoltaico. . . . .	43
Tabela 23	Manutenção programada da unidade gerador fotovoltaico. . . . .	43
Tabela 24	Manutenção programada das baterias e rede interna. . . . .	44

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta as dificuldades e soluções para a eletrificação rural no Brasil, utilizando o sistema de energia solar fotovoltaica, através de projetos do governo federal. São mostradas as ações necessárias para garantir a sustentabilidade desses projetos e os custos dos mesmos. É apresentado o programa do governo federal “Luz Para Todos”, focando o projeto de implantação em Minas Gerais. São apresentadas as perspectivas em âmbito mundial e o que tem sido feito no Brasil para tornar possível uma utilização cada vez maior da energia elétrica gerada por células fotovoltaicas.

# **1 – INTRODUÇÃO**

## **1.1 – Apresentação**

Os preços elevados do petróleo, a urgente necessidade de proteção do meio ambiente, as dificuldades de geração de energia elétrica em muitas regiões remotas do país apontam para o desenvolvimento de fontes de energias eficientes, limpas e não poluentes, acarretando vantagens sociais, econômicas e ambientais.

A demanda mundial por fontes de energias alternativas é crescente em função do potencial de benefícios econômicos, sociais e ambientais que são gerados.

Obstáculos à produção e ao uso de energias renováveis têm sido superados.

Nos transportes, as principais montadoras estão desenvolvendo modelos a hidrogênio, nos quais células a combustível fazem a conversão de energia.

A indústria eólica mundial cresce acima dos 30%, anualmente.

Restrições ambientais estão fazendo com que a indústria utilize os resíduos dos processos agrícolas e industriais para geração de energia através da biomassa.

O uso da energia solar, como a térmica e a fotovoltaica, também vem apresentando taxas elevadas de crescimento.

A energia fotovoltaica tem crescido anualmente em torno de 35%, ao longo dos últimos anos. É uma solução eficaz para eletrificação de comunidades rurais isoladas, postos de saúde, bombeamento de água, irrigação e iluminação pública.

O Brasil possui ótimas condições para o desenvolvimento e produção de energias renováveis. O sol abundante durante todo o ano estimula o uso da energia solar para a produção de energia elétrica e térmica através de painéis solares e células fotovoltaicas.

## **1.2 - A exclusão elétrica no Brasil**

“O desafio do atendimento em energia elétrica no Brasil é proporcional ao enfrentamento do alto nível de desigualdade social e regional do País” (ELETRONORTE, 2006).

Cerca de 2 milhões de domicílios rurais não são atendidos por energia elétrica (10 milhões de pessoas), correspondendo a 80% do total nacional e cerca de 90% dessas famílias possuem renda inferior a 3 salários mínimos (ELETRONORTE, 2006).

A Figura 01 mostra o índice percentual de exclusão de eletrificação rural por Estados e a figura 02 ilustra a distribuição dos domicílios rurais não atendidos pelas regiões do Brasil.

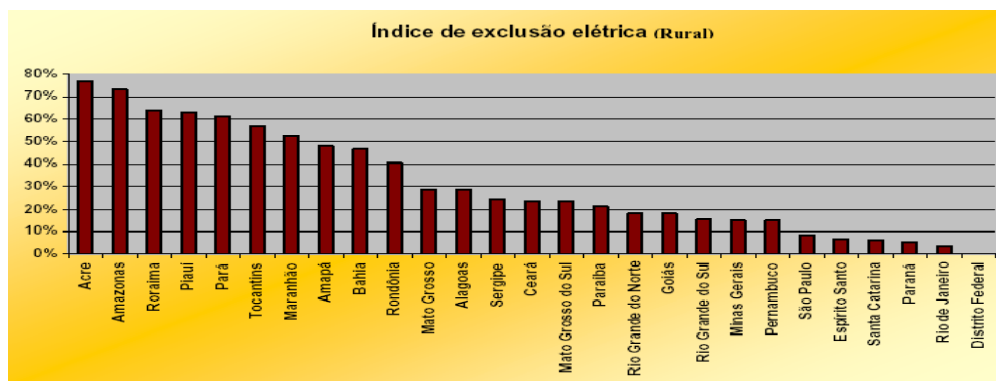


Figura 01 - Índices percentuais de não atendimento rural, por Estado

Fonte: Eletronorte, 2006

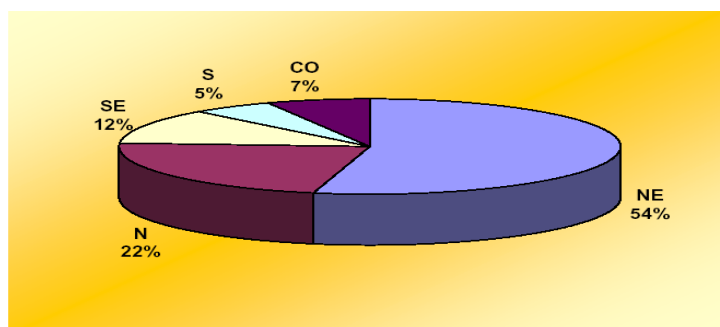


Figura 02 - Distribuição dos domicílios rurais não atendidos pelas regiões do Brasil.

Fonte: Eletronorte, 2006

As regiões Norte e Nordeste possuem os maiores índices de exclusão elétrica. As famílias sem acesso a energia são de baixa renda e, na maioria, localizadas nas localidades de menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

A implantação de energia nas áreas rurais contribui para o desenvolvimento econômico, financeiro e social dos municípios, reduzindo o êxodo rural e os impactos financeiros e sociais decorrentes, melhorando a qualidade de vida como o acesso a serviços de saúde, educação, abastecimento de água, comunicação e saneamento.

O alto grau de dispersão das residências no povoado, as grandes distâncias até a linha de distribuição, o elevado custo de extensão de linhas de distribuição viabilizam a implantação da energia fotovoltaica.

### **1.3 - Objetivo**

Apresentar o sistema fotovoltaico, os projetos de eletrificação em andamento, a sustentabilidade e a perspectiva para utilização do sistema.

## **2- REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 - Efeito fotovoltaico**

De acordo com Alvarenga (2001), a célula fotovoltaica utiliza o "efeito fotovoltaico" para gerar eletricidade. Baseia-se na propriedade dos semicondutores de possuírem uma banda de valência totalmente preenchida com elétrons e uma banda de condução totalmente vazia a temperaturas muito baixas. Quando os fótons da luz solar na faixa do espectro de radiação visível incidem sobre esse material, excitam elétrons da banda de valência enviando-os à banda de condução. A energia presente nos fótons é transferida para os átomos liberando esses elétrons com alta energia. Uma barreira consegue impedir que tais elétrons retornem à sua posição anterior, gerando uma tensão e uma corrente elétrica. O elemento semiconductor mais utilizado atualmente é o silício. Quando se adicionam impurezas como o fósforo ou o boro, criam-se elementos de silício com excesso (tipo n) ou com falta de elétrons (tipo p). Esses elementos são combinados em uma junção pn. Quando os elétrons em excesso do lado n são excitados por fótons solares, atravessam a linha demarcatória formada na junção pn e são impedidos de retornar por uma barreira que se forma na junção. Com isso os elétrons se acumulam do lado p tornando-o um pólo negativo enquanto que o lado n torna-se um pólo positivo. Quando se interligam externamente os dois pólos, através de um fio condutor, há passagem de uma corrente elétrica que tende a equilibrar os dois pólos novamente. Se a incidência dos fótons solares sobre a superfície da célula é contínua, a corrente elétrica se manterá, transformando a célula em um gerador de eletricidade.

### **2.2 - Sistema fotovoltaico**

A figura 03 mostra um sistema solar fotovoltaico isolado.

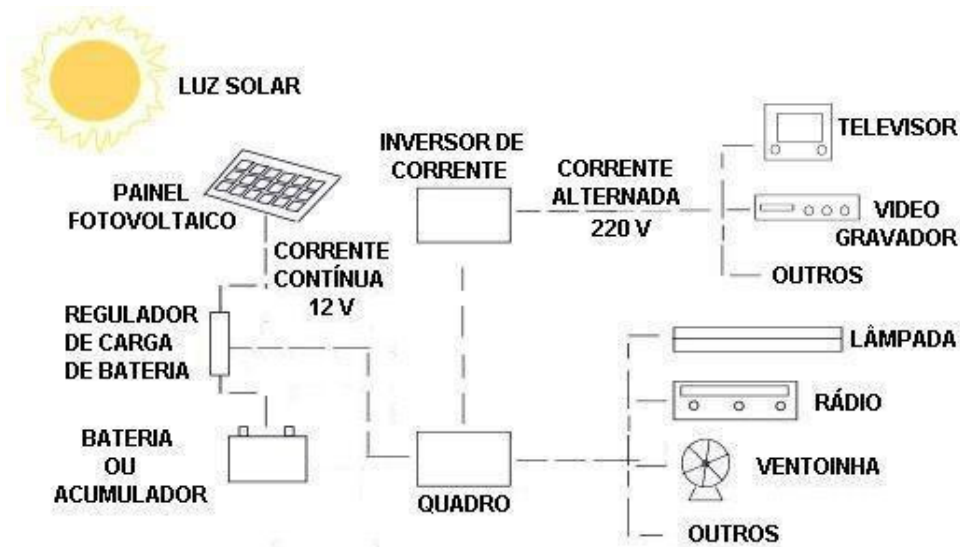


Figura 03 - Sistema solar fotovoltaico isolado

Fonte: Panorama energético. Curso de energia solar fotovoltaica, a eletricidade que vem do sol.

A figura 04 mostra residências rurais alimentadas por sistema fotovoltaico



Figura 04 - Residências rurais eletrificadas com sistema fotovoltaico

Fonte: Workshop Rio06 - Fotovoltaica na eletrificação rural. Apresentação da Coelba. Rio de Janeiro/2006



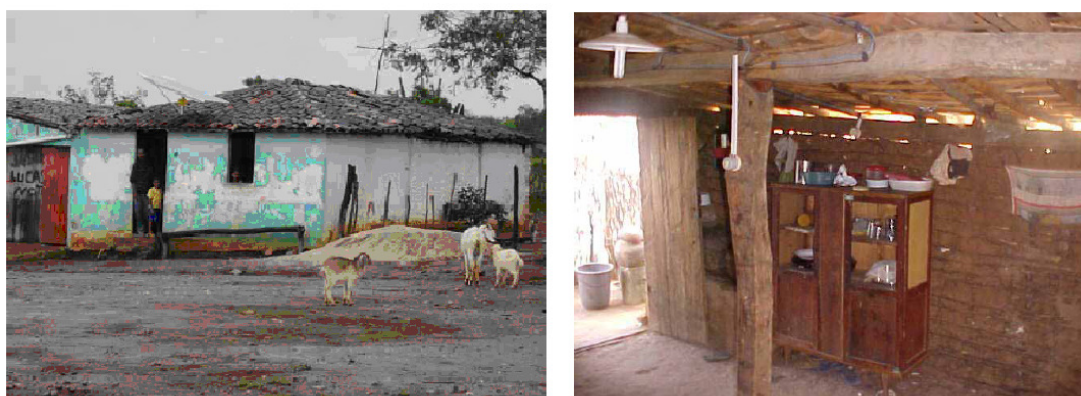


Figura 04 - Residências rurais eletrificadas com sistema fotovoltaico

Fonte: Workshop Rio06 - Fotovoltaica na eletrificação rural. Apresentação da Coelba. Rio de Janeiro/2006

## 2.3 - Descrição dos sistemas fotovoltaicos

### 2.3.1 - Gerador fotovoltaico

De acordo com Alvarenga (2001), a célula fotovoltaica é o elemento básico do gerador fotovoltaico. É na célula que se dá a conversão da energia radiante do sol em energia elétrica. Usualmente as células têm a forma de pequenos discos ou retângulos e são fabricadas em grande escala. Conforme os materiais utilizados e de acordo com a área, apresentam características elétricas específicas. São extremamente frágeis e geram individualmente uma quantidade de energia muito pequena, geralmente em tensões muito baixas, da ordem de 0,4 a 0,5 Volts. O módulo fotovoltaico é a unidade básica do subsistema de geração de eletricidade. Ele consiste de uma estrutura montada em quadro geralmente de alumínio e é composto de um conjunto de células fotovoltaicas ligadas eletricamente entre si em paralelo e em série, cobertas por um encapsulamento que protege as mesmas e suas conexões da ação do tempo e de eventuais impactos. As células são cobertas, do lado exposto ao sol, por uma cobertura transparente, normalmente vidro, plástico ou resina de silicone. Na parte traseira, são revestidas por um material plástico, normalmente EVA ou PVB, e outros materiais. Todos esses revestimentos, em conjunto com o quadro de alumínio, resultam em uma estrutura rígida e resistente ao manuseio e às intempéries. É importante que as células fiquem protegidas da umidade do ar para que possam manter suas características ao longo de sua vida útil. Na saída de cada módulo, tem-se a soma da energia produzida por cada célula resultando em um montante energético mais significativo e já

adaptado às características elétricas com que se quer trabalhar. O número de células em série determina as características da tensão elétrica de saída do módulo. Usualmente um módulo típico utilizado para carregar uma bateria de 12 Volts apresenta de 30 a 36 células. Para muitas aplicações de pequeno porte basta um módulo fotovoltaico. Aplicações maiores exigem o uso de muitos módulos. Vários módulos podem ser conectados fisicamente e eletricamente em uma mesma estrutura, formando um painel. Esse painel pode ser considerado como a unidade básica de uma instalação de grande porte. Cada painel é conectado de forma a fornecer as tensões adequadas ao sistema. Essa tensão pode ser, por exemplo, 24 V, 48 V ou outra projetada. Um conjunto de painéis de uma mesma instalação forma um arranjo. Um arranjo pode ser composto por apenas um painel ou por milhares de painéis fotovoltaicos, dependendo do porte da instalação de geração de eletricidade (Figura 05).



Figura 05 - Arranjo de painéis fotovoltaicos.

Fonte: Wikipedia -Portugal

Segundo Alvarenga (2001), existem diversos tipos de células fotovoltaicas no mercado, algumas em estágio experimental. O objetivo maior das pesquisas é conseguir células que apresentem custos mais baixos de fabricação, com alta durabilidade e com boa eficiência na conversão da radiação solar em energia elétrica. A seguir, são apresentados alguns tipos de células mais importantes:

Células de silício monocristalino: são as células mais utilizadas atualmente, devido à sua alta confiabilidade, alta eficiência e tecnologia de fabricação consolidada. Permite uma eficiência teórica de conversão de energia de 27%, mas a unidade comercializada tem eficiência na faixa entre 12% e 16%. Isso significa que 12% da energia solar que incide sobre a célula são transformados em energia elétrica. O restante é refletido ou transformado em calor.

Células de silício policristalino: essas células são fabricadas com o mesmo material das células de silício monocristalino. A diferença básica é que o bloco cilíndrico não é composto de um único cristal. Esse fato acarreta uma redução da eficiência das células, mas o custo de fabricação reduz-se substancialmente em função da menor quantidade de energia despendida. São células muito confiáveis, com tecnologia consolidada e participação significativa no mercado.

Células de filmes finos: os filmes finos constituem atualmente o grande campo de pesquisas para desenvolvimento de células de menor custo. O grande objetivo é desenvolver técnicas alternativas ao silício mono e policristalino que tenham custos menores e, ao mesmo tempo, a confiabilidade e durabilidade daqueles. A estratégia é usar pouco material, diminuir o consumo de energia e reduzir a complexidade dos processos, permitindo a produção em larga escala. Os principais tipos de células atualmente em pesquisa são as de silício amorfo (10%), as de disseleneto de cobre e índio (30%), as de telureto de cádmio (22%) e as de arseneto de gálio (11%). O restante é empregado em outras pesquisas relativas ao módulo e aos sistemas.

### **2.3.2 – Baterias**

De acordo com Alvarenga (2001), devido às características de variabilidade da radiação solar, a eletricidade produzida pelos módulos fotovoltaicos apresenta níveis variáveis dependendo das condições de insolação. Durante a noite, não há nenhuma geração e, no início da manhã ou no final da tarde, os níveis de energia elétrica gerados são baixos. O mesmo ocorre em dias nublados. Próximo ao meio-dia, a geração está no máximo. Para algumas aplicações, como o bombeamento d'água, isto pode não ser problema, pois se pode armazenar a água em reservatórios e usá-la quando se desejar. Entretanto, na maioria das aplicações de sistemas isolados, necessita-se que a energia elétrica esteja disponível durante as 24 horas do dia e, principalmente, à noite para iluminação. O armazenamento da energia elétrica contínua gerada pelos módulos é normalmente realizado através de acumuladores elétricos ou baterias. Nesses equipamentos, a energia elétrica é armazenada sob a forma de energia química. Quando se necessita dessa energia armazenada, esta é novamente convertida em energia elétrica contínua. Cada bateria é composta por um conjunto de células eletroquímicas. Conforme o número de células ligadas em série, tem-se a tensão elétrica da bateria.

#### **2.3.2.1 – Tipos de baterias**

Alvarenga (2001) descreve diversos tipos de baterias utilizando tecnologias e materiais diferentes que resultam em equipamentos de tamanhos, pesos, capacidades de armazenamento, custos e durabilidade bastante diferentes. A tabela 1 apresenta algumas características de diversos tipos de baterias disponíveis comercialmente e em desenvolvimento. Existem as baterias automotivas, especificamente projetadas para veículos onde se desejam correntes elevadas e onde ocorrem poucas descargas profundas. Existem as baterias próprias para tração, como as utilizadas em veículos elétricos, adequadas às descargas profundas, características dessa aplicação. As baterias estacionárias, usadas como backup em condições de emergência, trabalham mais em flutuação, fornecendo energia para a carga com esporádicos ciclos mais profundos de descarga e carga. Já as baterias fotovoltaicas trabalham com ciclos diários de carga e descarga com esporádicos ciclos mais profundos em épocas de chuva.

Tabela 01 - Características técnicas e custos das baterias.

Tipos de baterias	Densidade de energia Wh/kg	Custo US\$/kWh	Vida útil (1) ciclos
<b>Convencionais</b>			
Chumbo – ácida	10 – 30	80 – 160	500 – 2000
Níquel – cádmio	10 – 45	100 – 700	>1000
Níquel – ferro	22 – 45	500	>2000
Níquel – zinco	60 – 90	-	250 – 350
<b>Em desenvolvimento</b>			
Células de combustível	-	-	>2000
Lítio-sulfeto metálico	100 – 225	20 – 30	1000
Níquel – hidrogênio	44 – 60	>2000	>3000
Sódio – enxofre	120 – 250	400 – 1200	900 – 2000
Zinco – bromo	65 – 75	500 – 1500	600 – 1800
Zinco – cloro	60 – 90	-	500 – 800
1 – Para profundidade de descargas de 60 a 80%			

Fonte: Alvarenga. Energia Solar UFLA/FAEPE 2001

As baterias mais utilizadas em sistemas fotovoltaicos são as de chumbo-ácido. Existem baterias especificamente projetadas para sistemas fotovoltaicos que levam em conta as características próprias desse tipo de aplicação. Deve ser evitado o uso de baterias automotivas comuns utilizadas em veículos.

### 2.3.2.2 – Características de baterias para sistemas fotovoltaicos

As características das baterias para sistemas fotovoltaicos são assim definidas por Alvarenga (2001):

**Tensão** - As baterias mais utilizadas em sistemas fotovoltaicos são de 12 V de tensão nominal, sendo também usadas baterias de 6 V. Esta é a tensão nominal já que a tensão realmente presente nos terminais da bateria depende de sua condição de carga e do fornecimento ou solicitação externa de energia. Normalmente a bateria está a plena carga com 14,3 V, não devendo receber mais corrente e, quando atinge 11,3 V, as cargas devem ser desligadas. Essas providências aumentam a vida útil da bateria.

**Capacidade de armazenamento de energia** - Quanto maior é a capacidade da bateria em armazenar energia, maior autonomia de funcionamento na ausência de radiação solar tem o sistema. A capacidade das baterias determina o número de dias que um dado pode fornecer energia para os equipamentos consumidores sem a presença do sol. Esta capacidade pode ser expressa em Wh ou kWh, mas a forma mais comum é expressá-la em Ah (Ampère-hora). Esta unidade quantifica a corrente elétrica que se pode tirar em determinado tempo da bateria considerando-se condições específicas de descarga, temperatura e tensão mínima. Uma bateria típica utilizada em sistemas fotovoltaicos tem uma capacidade nominal de descarga de 110 Ah em 20 horas - referência a 25°C. Isto significa que se pode tirar 5,5 A durante 20 h quando a temperatura é de 25°C ou 55A durante 2 horas . Entretanto, à medida que a descarga for mais rápida do que o especificado, a capacidade da bateria será ligeiramente diminuída. É preciso considerar que não se deve usar normalmente toda a capacidade da bateria, pois, quando a profundidade da descarga ultrapassa 50% da capacidade total, ocorre uma descarga profunda. Este tipo de descarga reduz a vida útil da bateria e deve ser evitada.

**Autodescarga** - As baterias, devido a seus processos internos, estão permanentemente se descarregando, mesmo quando não conectadas a um circuito externo. Considerando que a energia solar fotovoltaica é normalmente gerada em pequena escala, deve-se reduzir ao mínimo essa energia perdida internamente. O ideal é que essa autodescarga não ultrapasse 4% ao mês.

**Eficiência** - Mostra a relação entre a energia retirada de uma bateria e a quantidade de energia que se tem de colocar para que ela volte ao mesmo estado de carga anterior. Considerando o ciclo diário de carga e descarga das baterias em sistemas fotovoltaicos, é importante que estas apresentem nível de eficiência elevado.

**Vida útil** - A vida útil de uma bateria termina quando ela não consegue mais armazenar 80% da energia que armazenava quando nova. Isso significa que ela precisa ser substituída.

E é um problema quando se considera que os sistemas fotovoltaicos estão situados em locais remotos, distantes de centros de manutenção. Além disso, os custos das baterias são relativamente altos para muitos usuários. Portanto, é importante que as baterias para sistemas fotovoltaicos tenham vida longa, de preferência acima de 3 ou 4 anos.

**Manutenção** - Podem ser usadas em sistemas fotovoltaicos tanto as baterias abertas, que necessitam de inspeção periódica do eletrólito e eventual adição de água, quanto as baterias seladas, do tipo "livre de manutenção", sem necessidade de reposição de água. Em aplicações pequenas em locais remotos, sem estrutura de manutenção, é recomendável que se use a bateria selada. Na compra de baterias, deve-se procurar examinar a documentação técnica do fabricante, principalmente: ciclo de vida para operação em sistemas fotovoltaicos com descarga de 20%; eficiência média por ciclo carga-descarga, tensão máxima de recarga; se há exigência de equalizações periódicas das baterias, qual é a periodicidade e os parâmetros a serem utilizados; corrente de carga; capacidade útil em Ah a uma corrente determinada; gráficos de números de ciclos versus profundidade de descarga, capacidade versus temperatura; tensão versus peso específico do eletrólito (mostrando região de formação de gás); tempo de vida projetado e taxa de autodescarga.

### **2.3.3 – Controladores de carga**

O controlador de carga é definido por Alvarenga (2001) como um equipamento utilizado em sistemas fotovoltaicos, basicamente, para proteção das baterias garantindo uma vida útil maior para as mesmas. Ele é muito importante considerando que a bateria é um equipamento crítico no sistema e responsável pela maior parte das despesas geradas com um sistema fotovoltaico após sua instalação. Ele protege a bateria tanto contra as descargas profundas quanto contra o carregamento excessivo, que provoca aumentos de temperatura. Em alguns sistemas de utilização específica, com cargas fixas, pode-se dispensar o uso do controlador de carga desde que o módulo fotovoltaico seja projetado para gerar tensões que não danifiquem a bateria. Se a bateria utilizada é adequada para ciclos de descarga profunda, em alguns casos, podem ser utilizados controladores de carga que protegem a bateria apenas contra o carregamento excessivo.

**Tipos básicos de controladores de carga** - Os controladores podem ser do tipo paralelo (shunt) ou série, dependendo da forma como desconectam os módulos fotovoltaicos das baterias quando estas atingem a posição de plena carga. Os controladores do tipo paralelo apresentam um circuito elétrico básico conforme mostrado na Figura 06.

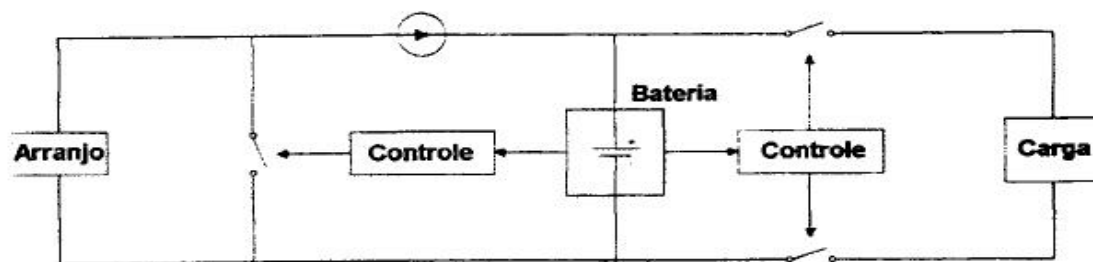


Figura 06 - Controlador de carga paralelo (shunt).  
 Fonte: Alvarenga. Energia Solar, UFLA/FAEPE 2001

Quando as baterias estão muito carregadas, o controlador curto-circuita a saída dos módulos fotovoltaicos fazendo com que a tensão dos mesmos caia para um valor próximo de zero. Como a tensão das baterias fica maior que a dos módulos, não há mais carregamento. São muito utilizados para sistemas com correntes baixas (até 10 A). É preciso colocar um diodo em série para bloquear a corrente reversa da bateria para o curto-circuito. Esse diodo é também importante para evitar a corrente reversa da bateria para os módulos durante a noite. Entretanto, como o diodo está em série, ele provoca uma queda de tensão e uma perda de energia no sistema. Alguns tipos de controladores, quando projetados para baixas tensões ( $\leq 12$  V), não usam diodos de bloqueio, pois a perda nos mesmos poderia ser maior que a eventual perda pela corrente reversa. Os controladores do tipo série são utilizados normalmente em sistemas com corrente mais elevada e se caracterizam por desconectar os módulos das baterias conforme mostrado na Figura 07.

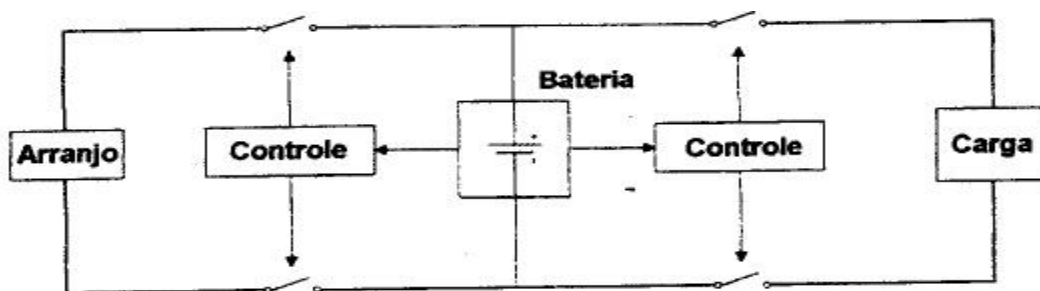


Figura 07 - Controlador de carga série (shunt).  
 Fonte: Alvarenga. Energia Solar, UFLA/FAEPE 2001

### 2.3.3.1 – Características desejáveis de controladores de carga

Existem muitos tipos de controladores de carga no mercado com grandes variações de funções e preços. Cabe ao projetista definir aquele que melhor se adequará às características de seu sistema. A seguir estão algumas características desejáveis, mas nem sempre disponíveis, nos modelos mais comercializados para a tensão de 12 V.

- Vida útil esperada de pelo menos 10 anos;
- Chaveamento eletrônico (sem componentes eletromecânicos);
- Proteção contra inversão de polaridade dos módulos, baterias e cargas;
- Desconexão da carga para proteção das baterias contra descargas excessivas;
- Capacidade de curto-circuitar o(s) módulo(s) em caso de não utilização da energia gerada;
- Capacidade de suportar a corrente de curto-circuito do(s) módulo(s) especificado(s);
- Compensação das variações de temperatura;
- Indicações visuais (LEDS) para indicação de carregamento da bateria pelo módulo de geração fotovoltaica e para indicação de estado de carga da bateria;
- Proteção contra sobrecarga da bateria;
- Desconexão do módulo e da carga caso a bateria seja desconectada;
- Fusível de proteção contra curto-circuito no lado da carga;
- Capacidade de corrente mínima para o lado da carga de acordo com a aplicação, para o lado dos módulos deve ser compatível com as características dos mesmos;
- Tensão de circuito aberto do módulo fotovoltaico: mínimo de 25,0 V;
- Queda de tensão máxima: 0,55 V;
- Set-points ajustáveis;
- Autoconsumo: até 5 mA;
- Massa conectada ao pólo negativo;
- Faixa mínima de temperatura de funcionamento: 0° a 50°C;
- Existência de dispositivo para redução de tensão mecânica nos cabos e capacidade para receber cabos de bitola até 4mm<sup>2</sup>;
- Caixa resistente a impacto;
- Inexistência de dispositivo externo para reconexão manual das cargas quando ocorrer o desligamento por subtensão na bateria;
- Não interferência em sistemas de recepção de radiofrequência;



- Desconexão automática da carga caso haja sobretensão no circuito de saída e reconexão quando a tensão voltar ao normal;
- Capacidade para suportar até 25% de sobrecarga por até 1 minuto;
- Regulação de gaseificação da bateria;
- Equalização de bateria;
- Proteção eletrônica sem fusível;
- Capacidade prévia de alerta de subtensão na bateria;
- Capacidade de gerenciar a desconexão de cargas, desligando primeiro as cargas não prioritárias.

Na figura 08 são apresentados controladores de carga utilizados no mercado nacional.



Figura 08 - Controladores de carga dos fabricantes Isoler e Brasil Solar.

Fonte: Manual de produtos - Solenerg. Outubro/2007

### 2.3.4 – Inversor de CC para CA

Muitos equipamentos consumidores existentes no mercado, principalmente eletrodomésticos, estão disponíveis apenas em corrente alternada, usualmente na faixa de 127 V e 220 V. Alvarenga (2001) descreve que o mercado ainda não disponibiliza, em corrente contínua, toda a gama de equipamentos que podem ser usados em sistemas fotovoltaicos, destacando-se principalmente televisores, videocassetes e antenas parabólicas. A função do inversor é transformar a energia elétrica contínua das baterias em energia elétrica alternada adequada para os consumidores.

Trabalham com tensões de entrada de 12, 24, 48 ou 120 Vcc e convertem para 120 ou 240 Vac na frequência de 50 ou 60 Hz. Os inversores permitem usar equipamentos disponíveis no mercado. Como se eleva o nível de tensão de trabalho, reduz o diâmetro dos cabos elétricos e as perdas ôhmicas já que se trabalha com correntes menores. A especificação técnica de cada tipo de inversor dependerá

da necessidade de acordo com a capacidade de geração das placas fotovoltaicas e dos tipos de consumidores (Figura 09).



Figura 09- Inversor CC para CA  
Fonte: Solar Brasil Outubro/2004

### **2.3.5 – Conversor de CC para CC**

De acordo com Alvarenga (2001), muitas instalações isoladas não utilizam inversores, o que reduz o custo e a complexidade e aumenta a eficiência do sistema. Nesses casos, todos os equipamentos consumidores devem ser adequados para trabalharem com corrente contínua. A tensão usual em pequenos sistemas é de 12 Vcc, variando normalmente de acordo com o estado das baterias entre 11,5 e 14,5Vcc. Entretanto, existem aparelhos eletrodomésticos que operam com pilhas, que trabalham com tensões menores, múltiplas de 1,5 Vcc que é a tensão de uma pilha. Enquadram-se nesse caso os rádios transistorizados, gravadores, aparelhos de CD e pequenos televisores, muito comuns principalmente em residências rurais. Os conversores CC/CC são utilizados para tornar disponíveis essas tensões, permitindo aos usuários economizarem os recursos que seriam gastos com pilhas. Tais aparelhos ainda não são comuns no mercado, mas tendem a ser mais facilmente encontrados à medida que os sistemas a baterias forem sendo disseminados.

## **3 – REGULAMENTAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO RURAL COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

### **3.1 – Regulamentação do atendimento com sistemas fotovoltaicos**

A Resolução Normativa ANEEL nº 83, de 20/09/2004, estabelece os procedimentos para atendimento, medições, faturamento, qualidade do serviço, coleta, armazenamento dos dados de

interrupções, indicador de continuidade, atendimento ao consumidor, suspensão de fornecimento de energia elétrica e integridade dos equipamentos para sistema individual de geração de energia elétrica com fontes intermitentes, assim apresentados:

### 3.1.1 – Atendimento

O sistema fotovoltaico dentro dessa resolução é denominado SIGFI, Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente. SIGFI é definido como sistema de geração elétrica para o fornecimento de eletricidade, utilizando somente fonte de energia intermitente, implantado por uma concessionária ou pressionaria de distribuição em uma única unidade consumidora.

Para o atendimento, estabelece que os sistemas serão enquadrados em uma das classes de atendimento, classificadas como SIGFI 13, SIGFI 30, SIGFI 45, SIGFI 60 e SIGFI 80, com a disponibilidade mensal garantida de 13 kWh/mês, 30 kWh/mês, 45 kWh/mês, 60 kWh/mês e 80 kWh/mês, respectivamente.

O fornecimento de energia deverá ser em corrente alternada, respeitando os níveis de tensão e frequência da área onde o mesmo for instalado.

Os sistemas são classificados nessa resolução pela disponibilidade mensal garantida, dada em kWh/mês.

O sistema deverá estar enquadrado em uma das classes de atendimento explicitadas na tabela 02.

Tabela 02 - Classificação e disponibilidade de atendimento dos SIGFI

#### Classificação e disponibilidade de atendimento

Classes de Atendimento	Consumo Diário de Referência (Wh/dia)	Autonomia mínima (dias)	Potência Mínima Disponibilizada (W)	Disponibilidade Mensal Garantida (kWh)
SIGFI13	435	2	250	13
SIGFI30	1000	2	500	30
SIGFI45	1500	2	700	45
SIGFI60	2000	2	1000	60

Fonte: Aneel. Resolução 083/2004

A concessionária poderá utilizar SIGFI com Disponibilidade Mensal Garantida superior a 80 kWh/mês, desde que garantida uma autonomia mínima de 2 dias.

### **3.1.2 – Medição, leitura e faturamento.**

A concessionária é obrigada a instalar equipamentos de medição em todas as unidades consumidoras com fornecimento por SIGFI, atendidas a partir da publicação daquela Resolução, cuja Disponibilidade Mensal Garantida seja superior a 30 kWh, além de cumprir os seguintes procedimentos: caso a disponibilidade mensal garantida seja superior a 30 kWh, o faturamento deverá ser realizado com base no consumo verificado e respeitado o valor mínimo faturável de 30 kWh; quando a disponibilidade mensal garantida for igual ou inferior a 30 kWh, o faturamento deverá ser realizado com base na disponibilidade mensal garantida, relativa à respectiva classe de atendimento.

### **3.1.3 – Qualidade do serviço**

A qualidade do fornecimento de energia elétrica deverá ser supervisionada, avaliada e controlada por meio de indicador de continuidade individual, associado à duração de interrupções.

Na apuração do indicador DIC (Duração de Interrupção) Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão, deverão ser consideradas todas as interrupções, admitindo-se as seguintes exceções:

- Interrupções provocadas diretamente pelo consumidor por uso indevido dos equipamentos e componentes do sistema, desde que tecnicamente comprovadas pela concessionária;
- Interrupções de ordem técnica oriundas de desligamentos efetuados pela concessionária para manutenção, reparos ou ampliação do sistema com duração igual ou inferior a 72 horas;
- Interrupções provocadas por furtos de componentes ou vandalismo ao sistema.

### **3.1.4 – Indicador de continuidade**

A concessionária deverá apurar, quando da reclamação de interrupções procedentes, e manter em arquivo próprio para fins de fiscalização da ANEEL, o indicador individual de continuidade DIC, utilizando a seguinte fórmula:

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i)$$

Onde:

DIC: Duração das Interrupções por Unidade Consumidora considerada, expressa em horas e por período de observação

I : Índice da interrupção na unidade consumidora, no período de observação, variando de 1 a n.

n: Número de interrupções na unidade consumidora considerada, no período de observação.

t(i): Tempo de duração da interrupção (i) na unidade consumidora considerada, no período de observação, expresso em horas.

### 3.1.5 – Padrões de continuidade

A concessionária deverá observar os padrões de referência de DIC conforme tabela 03:

Tabela 03 - Padrões de referência de DIC

INDICADOR	PADRÃO DE REFERÊNCIA (H)
DIC MENSAL	216
DIC ANUAL	648

Fonte: Aneel. Resolução 083/2004

### 3.1.6 – Sistema de atendimento às reclamações dos consumidores

A concessionária deverá dispor de sistemas de atendimento acessíveis aos consumidores, para que os mesmos apresentem suas reclamações quanto a problemas relacionados ao fornecimento de energia elétrica.

### **3.1.7 – Suspensão de fornecimento**

A concessionária poderá suspender o fornecimento, de imediato, quando verificar a ocorrência de qualquer das seguintes situações:

- Utilização de procedimento irregular, de responsabilidade do consumidor e que tenha provocado faturamento inferior ao correto;
- Revenda ou fornecimento de energia elétrica a terceiros sem a devida autorização federal;
- Religação à revelia;
- Deficiência técnica ou de segurança das instalações da unidade consumidora, que ofereça risco iminente de danos a pessoas ou bens, inclusive ao funcionamento do SIGFI.

A concessionária poderá suspender o fornecimento, após prévia comunicação formal ao consumidor, nas seguintes situações:

- Atraso no pagamento da fatura relativa à prestação do serviço público de energia elétrica;
- Atraso no pagamento de encargos e serviços vinculados ao fornecimento de energia elétrica, prestados mediante autorização formal do consumidor;
- Atraso no pagamento dos serviços cobráveis estabelecidos no art. 109 da Resolução nº. 456, de 2000;
- Atraso no pagamento de prejuízos causados às instalações do SIGFI, cuja responsabilidade tenha sido imputada ao consumidor;
- Aumento da carga instalada à revelia da concessionária;
- Impedimento ao acesso de empregados e prepostos da concessionária para fins de leitura e inspeções necessárias.

### **3.1.8 – Integridade dos equipamentos**

A concessionária é a responsável pela integridade dos equipamentos, devendo contratar adequada apólice de seguro, visando dar cobertura, pelo menos, às situações de roubo, furto e danos causados por acidentes ou vandalismo.

## 4 – PROGRAMAS NACIONAIS DE INCENTIVO

### 4.1 – PRODEEM

A maioria dos sistemas fotovoltaicos existentes no País foi instalada no âmbito do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, instituído pelo Governo Federal, em dezembro de 1994, no âmbito da Secretaria de Energia do Ministério de Minas e Energia – MME. Desde a sua criação, foram destinados US\$ 37,25 milhões para 8.956 projetos e 5.112 kWp (quilowatt-pico) de potência (MME, 2003).

Como indicado na tabela 04, esses projetos incluem bombeamento de água, iluminação pública e sistemas energéticos coletivos. A maioria dos sistemas do PRODEEM são sistemas energéticos e instalados em escolas rurais (MME, 2003).

Tabela 04 - Sistemas fotovoltaicos instalados no PRODEEM

Fases	Energéticos			Iluminação Pública			Bombeamento			Totalização		
	Qty. (A)	Potência KWp (B)	Total US\$1mil (C)	Qty. (D)	Potência KWp (E)	Total US\$1mil (F)	Qty. (G)	Potência (KWp) (H)	Total US\$ 1mil (I)	Qty. (J)=A+D+G	Potência KWp (L)=B+E+H	Total US\$ 1mil (M)=C+F+I
Fase I	190	87	526	137	7	76	54	78	480	381	172	1.081
Fase II	387	195	1.621	242	17	197	179	213	1.635	808	425	3.453
Fase III	843	526	3.495	0	0	0	224	165	1.173	1.067	691	4.668
Emerg.	0	0	0	0	0	0	800	235	2.221	800	235	2.221
Fase IV	1.660	972	5.456	0	0	0	1.240	457	4.569	2.900	1.429	10.026
Fase V	3.000	2160	15.801	0	0	0	0	0	0	3.000	2.160	15.801
<b>Total</b>	<b>3.080</b>	<b>3.940</b>	<b>3.940</b>	<b>379</b>	<b>24</b>	<b>272</b>	<b>2.497</b>	<b>1.147</b>	<b>10.078</b>	<b>8.956</b>	<b>5.112</b>	<b>37.250</b>

Fonte: Ministério de Minas e Energia - MME. Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM, 2003.

Uma síntese por região e unidade da Federação dos sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica no Brasil instalados pelo PRODEEM é apresentada na tabela 05.

Tabela 05 - Resumo dos sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica por região e unidade da Federação, instalados pelo PRODEEM

Região	UF	Atendimento até 2001 Sistemas	US\$ 1 mil	Atendimento em 2002 Sistemas	US\$ 1 mil	Atendimento até 2002 Sistemas	US\$ 1 mil
	AC	156	577,20	96	450,66	252	1.027,86
	AM	81	299,70	125	586,79	206	886,49
	AP	99	366,30	8	37,55	107	403,85
N	PA	211	780,70	224	1.051,53	435	1.832,23
	RO	238	880,60	35	164,30	273	1.044,90
	RR	6	22,20	23	107,97	29	130,17
	TO	127	469,90	42	197,16	169	667,06
	<b>TOTAL:</b>	<b>918</b>	<b>3.396,60</b>	<b>553</b>	<b>2.595,97</b>	<b>1.471</b>	<b>5.992,57</b>
	AL	249	921,30	164	924,85	413	1.846,15
	BA	685	2.534,50	587	3.310,27	1272	5.844,77
	CE	476	1.761,20	257	1.449,30	733	3.210,50
	MA	339	1.254,30	582	2.700,00	921	3.954,30
NE	PB	166	614,20	71	400,39	237	1.014,59
	PE	197	728,90	58	327,08	255	1.055,98
	PI	122	451,40	302	1.703,07	424	2.154,47
	RN	204	754,80	46	259,41	250	1.014,21
	SE	28	103,60	44	248,13	72	351,73
	<b>TOTAL:</b>	<b>2.466</b>	<b>9.124,20</b>	<b>2.111</b>	<b>11.322,50</b>	<b>4.577</b>	<b>20.446,70</b>
	ES	48	177,60	2	11,28	50	188,88
SE	MG	244	902,80	288	1.624,12	532	2.526,92
	RJ	68	251,60	0	0,00	68	251,60
	SP	105	388,50	0	0,00	105	388,50
	<b>TOTAL:</b>	<b>465</b>	<b>1.720,50</b>	<b>290</b>	<b>1.635,40</b>	<b>755</b>	<b>3.355,90</b>
	PR	5	18,50	0	0,00	5	18,50
S	RS	97	358,90	0	0,00	97	358,90
	SC	77	284,90	0	0,00	77	284,90
	<b>TOTAL:</b>	<b>179</b>	<b>662,30</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>179</b>	<b>662,30</b>
	GO	120	444,00	33	186,10	153	630,10
CO	MS	348	1.287,60	0	0,00	348	1.287,60
	MT	96	355,20	13	61,03	109	416,23
	<b>TOTAL:</b>	<b>564</b>	<b>2.086,80</b>	<b>46</b>	<b>247,12</b>	<b>610</b>	<b>2.333,92</b>
<b>BRASIL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4.592</b>	<b>16.990,40</b>	<b>3.000</b>	<b>15.801,00</b>	<b>7.592</b>	<b>32.791,40</b>

Fonte: Ministério de Minas e Energia - MME. Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios - PRODEEM

Como se observa, a maioria desses sistemas localiza-se nas regiões Norte e Nordeste do País.

Uma visão geográfica mais detalhada da distribuição dos sistemas fotovoltaicos instalados por todo o País é dificultada pelos seguintes fatores:

- A natureza desses projetos;
- A sua localização, espalhados por pequenas e remotas localidades no território nacional;
- A multiplicidade de empresas e instituições envolvidas na sua implantação e operação (MME, 2003).



O PRODEEM está parcialmente paralisado, diante de inúmeros fatores como:

- A não preparação do usuário para as oportunidades geradas pelo acesso à energia;
- Centralização das decisões;
- Baixo envolvimento das comunidades beneficiárias;
- Indefinição quanto às responsabilidades dos agentes ;
- Ausência de capacitação para operação, manutenção, assistência técnica e sustentabilidade dos sistemas (MME, 2003).

## **4.2 – Programa “Luz para Todos”**

O Governo Federal iniciou em 2004 o “Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Luz para Todos”, com o objetivo de levar energia elétrica para a população do meio rural. Instituído através do Decreto n.º 4.873 de 11 de novembro de 2003, é uma iniciativa do Governo Federal que conta com a parceria dos governos estaduais e das distribuidoras de energia elétrica. O objetivo é levar eletricidade a mais de doze milhões de pessoas, em todo o território nacional, até 2008, com investimentos estimados em sete bilhões de reais. É coordenado pelo Ministério de Minas e Energia com participação da Eletrobrás e de suas empresas controladas. (MME, 2003)

### **4.2.1 – Programa “Luz para Todos” em Minas Gerais**

O “Luz para Todos” é um programa de eletrificação rural para implantação de energia elétrica em domicílios e estabelecimentos rurais ainda sem energia, contribuindo com o desenvolvimento econômico, financeiro e social. Neste trabalho, será apresentado o projeto de implantação na área de concessão da concessionária de energia elétrica em Minas Gerais.

O Programa atende o mercado rural e contribuirá para a promoção do desenvolvimento de forma sustentada, nos 774 municípios de sua área de concessão, beneficiando 700.000 pessoas de forma a elevar a taxa de atendimento rural a 100%, até o final do ano 2008 (CEMIG, 2004).

As comunidades devem ser atendidas com energia elétrica, conforme as seguintes classificações:

- Escolas, Centros Comunitários e Postos de Saúde com iluminação pública e interna;
- Pequeno Produtor Rural para consumo doméstico;

- Produtor Rural Típico para bombeamento de água, irrigação e alimentação de máquinas e motores.

Os investimentos para instalação de sistemas fotovoltaicos individuais e sistemas de geração descentralizada são oriundos de dois contratos com a Eletrobrás, ambos com parte a título de financiamento (Reserva Global de Reversão - RGR) e parte a título de subvenção econômica e fundo perdido (Conta de Desenvolvimento Energético - CDE) (CEMIG, 2004).

## **5 – ALTERNATIVAS DE ATENDIMENTO NO PROGRAMA “LUZ PARA TODOS”**

### **5.1 – Diretrizes para o atendimento**

O programa “Luz para Todos” contempla o atendimento elétrico no meio rural mediante extensão de redes, sistemas de geração descentralizada com redes isoladas (redes não conectadas ao sistema elétrico de distribuição) ou sistemas individuais (MME, 2003).

Os projetos para atendimento com sistemas de geração descentralizada e individual, deverão observar as condicionantes ambientais e a atividade de capacitação dos usuários no uso eficiente da energia (MME, 2003).

Cerca de 5% do projeto de eletrificação rural serão realizados através de geração descentralizada com rede isolada ou o sistema fotovoltaico individual (CEMIG-2004).

Os critérios básicos a serem seguidos para a utilização de sistemas fotovoltaicos são (CEMIG-2004):

- Que a comunidade esteja a uma distância mínima de 10 km em relação à rede de distribuição rural existente;
- Que a comunidade seja composta por consumidores rurais classificados como Residencial de Baixa Renda;
- Alto nível de dispersão das unidades consumidoras;
- Os sistemas de geração descentralizada com mini-redes isoladas atenderão as comunidades concentradas, situadas em ilhas ou em locais de difícil acesso para a rede elétrica existente.

### **5.1.1 – Sistemas de Geração Descentralizada com Redes**

Para esse atendimento, a concessionária usará sistemas híbridos, resultantes da combinação de sistemas fotovoltaicos e diesel (biodiesel quando possível), ou de alternativas que se mostrarem técnico-economicamente viáveis, utilizando mini-redes (CEMIG, 2004).

### **5.1.2 – Sistemas de Geração Individual**

As configurações serão implantadas em função dos tipos de cargas a serem alimentadas.

Os sistemas fotovoltaicos serão implantados em residências rurais e prédios comunitários, conforme as cargas e necessidades dos usuários. Todas as cargas serão atendidas em corrente alternada observando-se a tensão nominal do município (ANEEL, 2004).

Para facilitar a operação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos residenciais do programa “Luz para Todos”, foram definidos 2 (dois) tipos de sistemas fotovoltaicos:

Tipo 1 - gerador fotovoltaico de 150 Wp;

Tipo 2 - gerador fotovoltaico de 300 Wp;

O sistema TIPO 1 é classificado como SIGFI13 com potência do gerador fotovoltaico de 150 Wp e o sistema TIPO 2 com gerador fotovoltaico com potencia de 300 Wp (CEMIG-2004).

### **5.1.3 – Características do mercado**

A concessionária classificará a unidade consumidora baseada nas atividades nela exercidas, conforme Resolução ANEEL nº. 456.

A menor tarifa é aplicada na unidade consumidora residencial caracterizada como Residencial Baixa Renda, conforme critérios da resolução 083/2004. Essa tarifa também é aplicável à unidade consumidora com fim residencial que desenvolve agricultura de subsistência e que tenha renda familiar até 2 (dois) salários mínimos por mês (ANEEL, 2004).

Na tabela 06 são demonstradas as unidades consumidoras rurais classificadas pelo nível de serviço, das configurações e as cargas que poderão ser ligadas no sistema fotovoltaico, sendo:

- Residencial de baixa renda - utilizará o sistema fotovoltaico SIGFI13;

- Unidade consumidora localizada em ilhas ou áreas de proteção ambiental - utilizará sistemas fotovoltaicos TIPO 2 (300 Wp);
  - Uma pequena fazenda ou chácara utilizará o sistema fotovoltaico residencial TIPO 2 – 300Wp;
- Para as edificações classificadas pela ANEEL como poder público, tais como escolas, igrejas, postos de saúde e centros comunitários, será feito estudo de carga para identificar o tipo de sistema fotovoltaico a ser instalado, conforme descritos na Tabela 07.

Tabela 06 - Sistemas fotovoltaicos para unidades consumidoras rurais e suas características

Nível de Serviço	Configuração	Uso Final	Cargas	Observações
<b>TIPO 1 SISTEMA RESIDENCIAL SIGFI 13</b>	Gerador Fotovoltaico: SIGFI13	Iluminação CA	3 x 16/20W	Armário FT Residencial Des. 02.111 ED/CE 19A
	Controlador: 10A Inversor: (mínimo) 250W Baterias: (mínimo) 210Ah Tensão 12V Mínimo de 13KWh/mês	Duas Tomadas CA	Rádio gravador TV colorida c/ parabólica Ventilador Liquidificador	
<b>TIPO 2 SISTEMA RESIDENCIAL</b>	Gerador Fotovoltaico: 300Wp	Iluminação CA	6 x 16/20W	Armário FT Residencial Des. 02.111 ED/CE 19A
	Controlador: 30A Inversor: (mínimo) 400 Wp Baterias: (mínimo) 420Ah Tensão 12V	Três Tomadas CA	Rádio gravador TV colorida c/ parabólica Ventilador Liquidificador Cargas Compatíveis	

Fonte: Cemig - Critérios Técnicos Redução do Custo da Rede Rural - Setembro/ 2004

Tabela 07 - Sistemas fotovoltaicos para atendimento à classe poder público e suas características

Nível de Serviço	Configuração	Uso Final	Cargas	Observações
36 kWhmês Tensão: 24V	<b>Tipo 1</b> Controlador: 30A Baterias: 420Ah  Inversor: 600W Gerador Fotovoltaico: 300Wp	Iluminação CA	8 x 16W	Armário FT poder público Des. 02.111 ED/CE 18B
		Tomadas CA	som,TV colorida	Tomadas bem distribuídas e evitar uso simultâneo das cargas
48 kWhmês Tensão: 24V	<b>Tipo 2</b> Controlador: 30A Baterias: 420Ah  Inversor: 800W Gerador Fotovoltaico: 400Wp	Iluminação CA	5 x 16W 4 x 32W	Armário FT poder público Des. 02.111 ED/CE 18B
		Tomadas CA	TV colorida c/ parabólica video cassete	Tomadas bem distribuídas e evitar uso simultâneo das cargas
67 kWhmês Tensão: 24V	<b>Tipo 3</b> Controlador: 30A Baterias: 600Ah  Inversor: 1000W Gerador Fotovoltaico: 560Wp	Iluminação CA	5 x 16W 10 x 32W lâmpada externa	Armário FT poder público Des. 02.111 ED/CE 18B
		Tomadas CA	TV colorida c/ parabólica video cassete	Tomadas bem distribuídas e evitar uso simultâneo
86 kWhmês Tensão: 24V	<b>Tipo 4</b> Controlador: 40A (carga e descarga) Baterias: 1000Ah  Inversor: 1800W Gerador Fotovoltaico: 720Wp	Iluminação CA	25x16W 15 x 32W	Armário FT poder público Des. 02.111 ED/CE 18B
		Tomadas CA	TV colorida c/ parabólica video cassete	Tomadas bem distribuídas
100 kWhmês Tensão: 48V	<b>Tipo 5</b> Controlador: 40A (carga e descarga) Baterias: 1200Ah  Inversor: 1800W Gerador Fotovoltaico: 900Wp	Iluminação CA	25x16W 15 x 32W	Armário FT poder público Des. 02.111 ED/CE 18B
		Tomadas CA	TV colorida c/ parabólica video cassete	Tomadas bem distribuídas
192 kWhmês Tensão: 48V	<b>Tipo 6</b> Controlador: 40A (carga e descarga) Baterias: 1600Ah  Inversor: 2500W Gerador Fotovoltaico: 1600Wp	Iluminação CA	35 x 32W 30 x 16W	Armário FT poder público Des. 02.111 ED/CE 30A
		Tomadas CA	TV colorida c/ parabólica video cassete	Tomadas bem distribuídas

Fonte: Cemig - Critérios Técnicos Redução do Custo da Rede Rural - Setembro/ 2004

## 6 – CUSTOS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Na tabela 08, são apresentados os custos levantados no mercado nacional, em outubro de 2007, classificados por tipo de gerador fotovoltaico e seus equipamentos para compor o sistema fotovoltaico (SOLENERG, 2007).

Tabela 08 – Custo médio do atendimento por sistema fotovoltaico no mercado nacional.

Gerador	Módulos	Baterias	Controlador	Suporte	Gerador fotovoltaico corrente contínua	Inversor para corrente alternada	Gerador fotovoltaico corrente alternada
75W	1.464	438	159	355	R\$ 2.416	151	R\$ 2.567
150W	2.928	876	286	390	R\$ 4.480	241	R\$ 4.721
225W	4.392	1.046	443	420	R\$ 6.301	241	R\$ 6.542
300W	5.856	1.569	501	450	R\$ 8.376	683	R\$ 9.059
375W	7.320	2.092	501	495	R\$ 10.408	849	R\$ 11.257

Suporte metálico sem poste-Gerador fotovoltaico isento de ICMS e IPI-Inversor co/ca - ICMS 18%-Preços posto Belo Horizonte com depósito prévio em conta

Fonte: Solenerg. Outubro/2007

## 7 – VANTAGENS E DESAFIOS DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

### 7.1 – Vantagens da geração de eletricidade utilizando energia solar fotovoltaica

Alvarenga (2001) descreve as vantagens para utilização da energia fotovoltaica, como:

**Autonomia** – Uma das principais vantagens do uso das células fotovoltaicas para geração de eletricidade é que o consumidor é também o produtor da energia, sendo dono e responsável por todo o processo. Não dependem de conexão às concessionárias de energia elétrica nem de suprimento de combustíveis fósseis.

**Fonte energética gratuita e disponível** – Devido ao fato de a fonte energética solar estar disponível em todas as partes, fica minimizado o problema do suprimento de eletricidade em locais remotos, distantes de cidades e de redes elétricas, com estradas ruins e com dificuldades de obtenção de combustíveis fósseis. Com isso pode-se ter disponível a eletricidade sem a limitação de se estar próximo à rede elétrica.

**Geração distribuída** – Em lugar de se gerar a eletricidade em grandes centrais e distribuí-la, gera-se no próprio local de uso, reduzindo-se os impactos ambientais das grandes instalações de geração e de transmissão.

**Confiabilidade** – Uma característica importante dos sistemas fotovoltaicos é a confiabilidade. Devido ao fato de não terem partes móveis, serem de baixo nível de complexidade, não estarem sujeitos praticamente aos efeitos dos ventos fortes ou das descargas atmosféricas, apresentam alto índice de disponibilidade. Além disso, caso ocorra um defeito, este se limita à instalação específica, não se estendendo às demais.

**Energia elétrica sem interferências externas** – As redes elétricas convencionais podem trazer para dentro da instalação do consumidor distúrbios elétricos que podem ocasionar danos a equipamentos e aos seres vivos. Equipamentos eletrônicos são muito sensíveis a surtos de tensão provocados principalmente por descargas atmosféricas, muito comuns em redes de distribuição. Estação repetidora de telecomunicações situada em locais elevados aumenta muito a sua confiabilidade quando alimentada localmente com sistemas fotovoltaicos em vez de redes elétricas.

**Modularidade** – Devido às células fotovoltaicas estarem dispostas em módulos, os sistemas podem ser expandidos na medida das necessidades. Isto possibilita que os sistemas sejam projetados mais adequadamente para as necessidades atuais, reduzindo-se o investimento inicial.

## **7.2 – Dificuldades na utilização da energia solar para geração de eletricidade em residências**

Para que as vantagens descritas no item anterior sejam realmente obtidas na prática, são necessários cuidados especiais que deverão ser observados por todos os envolvidos no processo.

**Dimensionamento** – O dimensionamento é muito crítico em uma instalação fotovoltaica, principalmente em sistemas isolados. Considerando os custos relativamente elevados dos sistemas fotovoltaicos em relação à sua capacidade de produção de energia, é importante que sejam adotados critérios de dimensionamento adequados às cargas previstas e estimativas de uso da energia. Instalações superdimensionadas levam a custos de instalação muito altos, o que pode inviabilizar o projeto. Ao contrário, instalações subdimensionadas levam ao descrédito da tecnologia ao não serem satisfeitas as necessidades dos consumidores.

**Qualidade** – Para que o sistema realmente apresente alto grau de confiabilidade, é preciso que sejam utilizados componentes de alta qualidade e que a instalação seja criteriosa e bem feita. Isto na prática nem sempre acontece, frustrando-se muitos projetos bem intencionados.

**Manutenção** – Contrapondo-se à vantagem da autonomia e da geração distribuída, é preciso ter em conta que não se tem como retaguarda a estrutura de manutenção de uma concessionária de energia elétrica pronta para corrigir defeitos surgidos. Portanto, é essencial que se disponha na região de uma infra-estrutura de manutenção que possa resolver problemas e disponibilizar equipamentos de reposição.

**Equipamentos consumidores de alta eficiência** – Considerando a limitação da quantidade de energia produzida pelo sistema fotovoltaico, é importante que todos os equipamentos consumidores de energia utilizados sejam de alta eficiência, evitando-se o desperdício de eletricidade. Somente devem ser usadas lâmpadas fluorescentes e luminárias eficientes, reatores eletrônicos, disjuntores de baixa perda, inversores de alta eficiência, refrigeradores especiais com alto nível de isolamento térmico e outros equipamentos e eletrodomésticos eficientes.

**Informação e treinamento** – O projeto, instalação, operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos são geralmente simples, mas é necessário que todos os envolvidos estejam bem informados das características da instalação e das limitações da tecnologia. Isto é particularmente importante para o usuário, que deve estar consciente de que a quantidade de energia é limitada e que sua instalação tem características bem diferentes de uma ligação a uma rede elétrica convencional.

**Modelo auto-sustentável** – A instalação de sistemas fotovoltaicos na área rural deve ser precedida pela implantação de um modelo logístico e administrativo que permita a auto-sustentabilidade das instalações em termos de financiamento da manutenção e de novas instalações.

## **8 – CONDIÇÕES PARA SUSTENTABILIDADE DOS PROJETOS**

### **8.1 – Modelo de sustentabilidade em sistemas fotovoltaicos para a eletrificação rural**

O grande desafio para a implementação de programas utilizando sistemas fotovoltaicos é o modelo de sustentabilidade dos mesmos que garanta a continuidade dos serviços.



Essas rotinas envolvem atividades de operação e manutenção como reposição de baterias, treinamento de usuários e técnicos, disponibilidade de sobressalentes e comércio de materiais que garantam o pleno funcionamento do sistema durante a vida útil dos equipamentos.

Para sucesso de uma operação sustentável, devemos considerar os seguintes aspectos:

- Conhecimento e capacitação dos usuários;
- Organização e implementação de um sistema de manutenção corretiva e preventiva;
- Organização e implementação de um sistema tarifário que disponha recursos para a compra e instalação de componentes e reparos futuros.
- Implementação de uma logística de reposição de componentes, como lâmpadas, inversores, baterias, etc.

Para implementação dessas ações, há necessidade de uma estratégia de gestão de operação e manutenção do sistema.

## **8.2 – Modelo tarifário para sistemas fotovoltaicos**

Os consumidores atendidos com sistemas fotovoltaicos terão a tarifa subsidiada, como acontece com os consumidores rurais de baixa renda atendidos pela rede elétrica convencional. Para a reposição dos bancos de baterias e operação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos, será cobrada a mesma tarifa da Resolução 162. Os valores tarifários são os mesmos adotados para o faturamento dos consumidores convencionais, atualmente homologada pela ANEEL, ou seja, tarifa mínima de faturamento, emissão de fatura, cadastramento dos usuários na rota de leitura, etc.

## **8.3 – Treinamento**

Cada Prefeitura deverá indicar um eletricitista para treinamento em manutenção preventiva dos sistemas fotovoltaicos das escolas e centros comunitários.

O treinamento dos professores, técnicos das Prefeituras e usuários no uso e manutenção preventiva dos sistemas fotovoltaicos das escolas ficará a cargo da equipe de instalação, bem como a entrega do manual de operação e manutenção de todos os equipamentos do sistema.

O treinamento deve ser simples para garantir a utilização de forma eficiente e racional da energia gerada pelo sistema fotovoltaico e suas limitações.

O treinamento dos eletricitistas da concessionária será em manutenção corretiva.

## **8.4 – Principais obrigações das partes envolvidas**

### **8.4.1 – Responsabilidade da concessionária:**

- a) Projetar, especificar, adquirir e instalar os sistemas fotovoltaicos;
- b) Executar a manutenção corretiva dos sistemas instalados;
- c) Treinar os usuários sobre o funcionamento dos sistemas e sobre como utilizá-los;
- d) Treinar eletricitistas da Prefeitura para serem responsáveis pela manutenção preventiva e entrega das contas nas comunidades beneficiadas, caso seja necessário;
- e) Cobrar da Prefeitura os custos de serviços prestados ocasionados por acidentes ou má operação dos usuários;
- f) Cobrar da Prefeitura a tarifa referente a operação e manutenção;
- g) Monitorar o funcionamento dos sistemas, através de relatórios semestrais emitidos pelos eletricitistas da Prefeitura;
- h) Manter a propriedade dos equipamentos principais (gerador fotovoltaico e suportes, controladores de carga, inversores e baterias);
- i) Responsabilizar a Prefeitura e o usuário residencial pela manutenção preventiva dos sistemas fotovoltaicos;
- j) Transferir a guarda dos sistemas para a Prefeitura imediatamente após a instalação dos mesmos;
- k) Retirar o gerador fotovoltaico após 3 meses consecutivos de falta de pagamento e reaviso, religando após normalização dos pagamentos;
- l) Retirar o sistema fotovoltaico caso seja comprovada a utilização dos mesmos para outros fins ou quando for instalada a rede elétrica convencional na comunidade;
- m) Preparar manual de operação e manutenção preventiva dos sistemas;
- n) Preparar material para divulgação dos sistemas entre os usuários;
- o) Adquirir peças de reposição para manutenção dos sistemas;
- p) Responsabilizar-se pela operação e manutenção corretiva dos sistemas fotovoltaicos instalados (CEMIG, 2003).

### **8.4.2 – Responsabilidade da Prefeitura:**

- a) Preparar os prédios para recebimento dos sistemas fotovoltaicos para eletrificação, como a pintura interna das escolas com cores claras e reformas de cozinhas e banheiros, incluindo sistemas de água e esgoto;
- b) Indicar um eletricista que, devidamente treinado pela concessionária, realizará a manutenção preventiva dos sistemas instalados, tais como limpeza dos módulos, reposição de lâmpadas, reatores e tomadas, responsabilizando-se pela mão-de-obra não especializada e pela especializada;
- c) Comunicar problemas operacionais dos equipamentos para a concessionária;
- d) Assumir os custos de instalação de eventuais transferências de sistemas para novos centros comunitários, após aprovação da concessionária e em obediência aos critérios estabelecidos;
- e) Manter a guarda dos sistemas e equipamentos dos sistemas fotovoltaicos;
- f) Assumir todos os custos oriundos de atos de vandalismo ou operação indevida dos sistemas fotovoltaicos;
- g) Solicitar à concessionária permissão para a transferência dos sistemas, quando da eletrificação da localidade pela rede elétrica convencional, caso seja comprovada a utilização dos mesmos para fins não acordados ou em caso de falta de usuário habilitado;
- h) Fazer cumprir as normas de utilização dos sistemas fotovoltaicos estabelecidas pela concessionária. Caso o usuário não cumpra as normas de utilização, o sistema poderá ser transferido para novo usuário, após aprovação da concessionária;
- i) Pagar a tarifa cobrada pela concessionária para operação e manutenção;
- j) Acompanhar e fiscalizar, em conjunto com a concessionária, a operação e manutenção das instalações e sistemas;
- k) Designar um representante responsável pelos contatos com a concessionária;
- l) Manter as estradas de acesso às comunidades em boas condições de tráfego, facilitando o acesso dos técnicos encarregados da instalação e da manutenção;
- m) Colocação de placas indicativas em encruzilhadas, bifurcações e estradas secundárias que dão acesso aos locais das instalações (CEMIG,2003).

#### **8.4.3 – Responsabilidade do usuário**

- a) Preparar sua residência para recebimento dos sistemas fotovoltaicos, como a pintura das paredes com cores claras e reforma do telhado, caso seja necessário;
- b) Comparecer ao treinamento dado pela concessionária à comunidade;
- c) Comunicar problemas de falhas dos equipamentos de propriedade da concessionária;

- d) Manter a guarda e cuidar dos sistemas e equipamentos;
- e) Fazer cumprir as normas de utilização dos sistemas fotovoltaicos estabelecidas pela concessionária. Caso o usuário não cumpra as normas de utilização, o sistema poderá ser transferido para novo usuário, após aprovação da concessionária;
- f) Pagar a tarifa cobrada pela concessionária para operação e manutenção;
- g) Comunicar à concessionária quando da chegada da rede elétrica na comunidade para que a mesma possa transferir o sistema;
- h) Assumir todos os custos oriundos de atos de vandalismo ou operação indevida dos sistemas fotovoltaicos;
- i) Operar adequadamente o sistema (CEMIG,2003).

### **8.5 – Sobressalentes**

Serão fornecidos sobressalentes do sistema pelos fornecedores contratados pela concessionária, permitindo a imediata substituição dos mesmos em caso de defeitos ou mau funcionamento. Devem ser estocados por centro de região de manutenção e constar no mínimo de 5% de módulos fotovoltaicos e 10% de controladores de carga e inversores do total instalado no sistema (CEMIG, 2003).

### **8.6 – Garantia de Equipamentos**

Todos os sistemas, inclusive a instalação, deverão ser garantidos por um prazo de 3 anos sem ônus para a concessionária de energia elétrica, prefeitura ou usuários. Os equipamentos deverão ser cobertos pela garantia por um período mínimo de:

- 20 anos para o gerador fotovoltaico;
- 3 anos para o controlador de carga;
- 3 anos para a bateria;
- 3 anos para o inversor cc/ca.

Durante o período de garantia dos módulos fotovoltaicos, a potência elétrica produzida pelos mesmos não deverá ser inferior a 90% do valor nominal declarado pelo fornecedor e, no caso de acidentes causados por fenômenos naturais, a concessionária se responsabilizará pela aquisição dos novos módulos (CEMIG,2003).

## **8.7 – Segurança**

A concessionária de energia elétrica deverá construir, em torno do gerador fotovoltaico, uma cerca de proteção de no mínimo 2m de altura.

## **9 – DESAFIOS DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO**

### **9.1 - Desafios sociais**

A capacitação e a informação dos usuários são fundamentais para implantação da eletrificação rural fotovoltaica. Na maioria dos casos, a eletricidade é um fator completamente novo para os camponeses, o que requer uma extensa campanha de informação e educação, motivando o uso racional da eletricidade e suas limitações. O usuário deve participar diretamente na manutenção preventiva exigida pelo sistema. A capacitação técnica dos usuários deve ser feita através de palestras sobre o uso e a gestão dos sistemas com energia solar. O treinamento e a capacitação técnica dos eletricitistas da Prefeitura devem permitir o gerenciamento técnico, administrativo e financeiro dos beneficiários da eletricidade solar.

A manutenção, seja ela preventiva ou corretiva, é de fundamental importância para garantir que o sistema fotovoltaico possa funcionar por toda a vida útil do sistema. A ausência de manutenção por um longo período e o estado de abandono das instalações do sistema fotovoltaico podem gerar na população um descrédito na utilização dessa energia. A logística deve garantir a disponibilidade local de reposição de componentes, mantendo-se a disponibilidade do serviço (CUNHA, 2006).

Um sistema fotovoltaico terá vida útil de vinte anos, caso as condições acima mencionadas sejam levadas em conta.

### **9.2 - Desafios econômicos**

Para implantação de energia elétrica em propriedades rurais isoladas, os custos de produção de eletricidade, utilizando um sistema fotovoltaico, geralmente são comparados com os custos relacionados à expansão da rede elétrica convencional (CUNHA, 2006).

No sistema de eletrificação rural convencional, verifica-se que os custos crescem com a distância da linha de distribuição e diminui com o aumento do número de residências beneficiadas.

No sistema fotovoltaico, os custos permanecerão constantes pois o sistema é dimensionado para uso específico e individual.

A viabilidade econômica deve ser analisada caso a caso, observando a distância do consumidor em relação à linha de distribuição mais próxima e do número de domicílios a serem atendidos.

Para uma edificação rural isolada, ou seja, distante da rede elétrica convencional, fica claro que a opção pelo sistema fotovoltaico torna-se bem mais vantajosa economicamente.

Segundo Alvarenga (2001), os custos de sistemas fotovoltaicos vêm reduzindo com o aperfeiçoamento dos processos de fabricação, com o aumento de escala de produção e com o aumento da concorrência.

### **9.3 - Desafios gerenciais**

Para a correta operação e manutenção do sistema fotovoltaico, há necessidade de implantação de sistemas gerenciais para garantir a eficiência da energia elétrica e a sustentabilidade do projeto.

## **10 – MODELO PARA OPERACIONALIZAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO RURAL COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

### **10.1 – O Modelo Universal de Geração Descentralizada**

Segundo Rosa (2007), é um modelo que apresenta as atividades básicas de gestão que precisam ser planejadas e executadas depois da instalação de unidade de geração descentralizada, por exemplo, em sistemas solares fotovoltaicos.

As atividades de gestão e rotinas garantirão a sustentabilidade do serviço em energia elétrica.

### **10.2 – Unidades operacionais para a gestão sustentável de unidades de geração descentralizadas**

De acordo com Rosa (2007), é possível que as companhias de energia elétrica não tenham as mesmas unidades identificadas com os mesmos nomes, mas terão unidades similares, com outros nomes e mesmas funções.

As unidades operacionais para a gestão sustentável de unidades de geração descentralizadas são definidas por Rosa (2007):

Tabela 09 – Unidades operacionais para gestão sustentável de unidades de geração descentralizadas

NÚMERO	UNIDADE
1	CONTROLADORIA PATRIMONIAL
2	CONTROLADORIA TÉCNICA E GERENCIAL
3	NORMATIZAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DE ENGENHARIA DE ELETRICIDADE
4	GESTÃO OPERACIONAL
5	SAC - SERVIÇO DE ATENDIMENTO AOS CLIENTES/ RELAÇÕES COM USUÁRIOS
6	GESTÃO DE UNIDADES DE GERAÇÃO DESCENTRALIZADA
7	RESPONSABILIDADE SOCIAL CORPORATIVA
8	AGENTE LOCAL INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO
9	DESENVOLVEDOR DE MERCADO: Capacitação e Treinamento, Transferência de Tecnologia, Desenvolvimento de Projetos

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

A figura 10 apresenta uma formação básica de unidades corporativas internas à concessionária de energia elétrica e seus níveis de interações e, segundo Rosa (2007), se responsabilizam por atividades específicas inter-relacionadas, garantindo a sustentabilidade do serviço de energia através de unidades de geração descentralizada. As unidades contidas em elipse cor verde apresentam interface com o usuário final e as unidades contidas nas elipses cor laranja apresentam atribuições internas à concessionária.

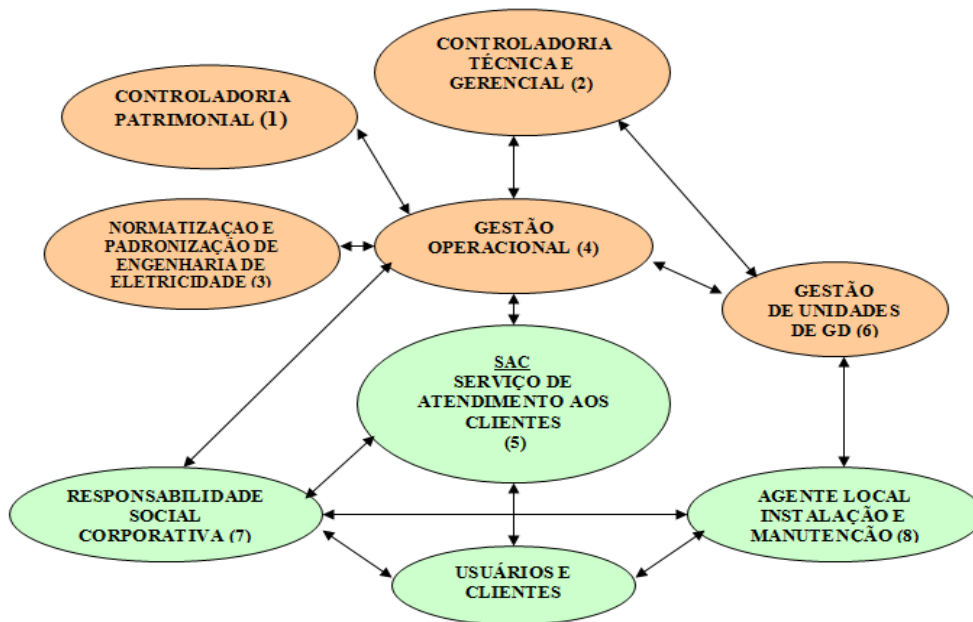


Figura 10 - Formação básica de unidades corporativas internas à concessionária.

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007

### 10.3 – Atividades a serem realizadas pelas unidades operacionais:

Rosa (2007) afirma que as atividades apresentadas a seguir garantem a gestão sustentável de sistemas solares fotovoltaicos pela efetiva realização das atividades descritas.

#### 10.3.1 – Unidade controladoria patrimonial

Tabela 10 – Unidade controladoria patrimonial

ATIVIDADES
Registro das Unidades de GD instaladas
Registro dos Componentes
Controle de localização dos componentes
Controle de vida útil de componentes, garantias

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.



### 10.3.2 – Unidade controladoria técnica e gerencial

Tabela 11 – Unidade controladoria técnica e gerencial

ATIVIDADES
Sistema de registros, localização e acompanhamento de desempenho – software.
Controle de desempenho do sistema / histórico
Controle de desempenho dos componentes dos sistemas
Desempenho das manutenções – normativa ANEEL.
Fluxograma das atividades de instalação, fiscalização, manutenção e controle de desempenho técnico e operacional.
Estoques – política de formação e manutenção/ estoques regionais.

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

### 10.3.3 – Unidade de normatização e padronização de engenharia de eletricidade

Tabela 12 – Unidade de normatização e padronização de engenharia de eletricidade

ATIVIDADES
Modelagem da instalação
Protótipo
Teste de protótipo
Manutenção de componentes e equipamentos

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

### 10.3.4 – Unidade de gestão operacional

Tabela 13 – Unidade de gestão operacional

ATIVIDADES
Gestão de Instalação e Manutenção
Manutenção de registros operacionais: localização de sistemas, controle do estoque local
Comunicação interna - atualização de banco de dados (central)
Suporte tecnológico (telecomunicações)

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

### 10.3.5 – Unidade de serviço de atendimento aos clientes e relações com usuários – SAC

Tabela 14 – Unidade de serviço de atendimento aos clientes e relações com usuários

ATIVIDADES
Suporte Logístico
Estoque para Manutenções
Controle das manutenções
Gestão operacional
Relatoria

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

### 10.3.6 – Unidade de responsabilidade social corporativa

Tabela 15 – Unidade de responsabilidade social corporativa

ATIVIDADES
Ações integradas/uso da energia para geração de renda
Responsabilidade Social Corporativa – integração com outros segmentos sociais
Estudos da Exclusão
Estudos da inclusão elétrica

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

### 10.3.7 – Unidade agente local de instalação e manutenção

Tabela 16 – Unidade agente local de instalação e manutenção

ATIVIDADES
Instalação das Unidades de Geração Descentralizada
Preenchimento do Relatório de Instalação - Sistemas de Registro (Pasta de campo)
Treinamento de usuários /preparação para o uso
Relatório de Manutenção

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

### 10.3.8 – Unidade de gestão de unidades de geração descentralizadas

Tabela 17 – Unidade de gestão de unidades de geração descentralizadas

ATIVIDADES
Suporte Logístico
Estoque e Controle para Manutenções
Gestão operacional
Relatoria

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

## 10.4 – Pasta de campo

A pasta de campo idealizada por Rosa (2007) é formada por um grupo de fichas que são geradas durante a instalação de unidades de geração descentralizada, com informações:

Tabela 18 – Pasta de campo

Ficha	Nome da Ficha	INFORMAÇÃO
1	Mapa de localização e rotas	Informa como encontrar a unidade de geração descentralizada no campo. Contém mapa detalhado, inclusive estradas, caminhos, eventos particulares e coordenadas geográficas por GPS.
2	Perfil do Cliente	Informações básicas sobre o cliente, como: endereço postal, número do telefone, perfil familiar, ingressos e geração de renda e contabilidade mensal de gastos com energias não renováveis.
3	Planta de Instalação Elétrica	Informa detalhes técnicos da instalação elétrica.
4	Descrição dos Materiais Elétricos	Descrição técnica e memorial técnico descritivo com todos os materiais elétricos instalados.
5	Relatório Técnico da Instalação	Desempenho técnico da unidade de geração descentralizada instalada: tensão e corrente elétrica, painel solar, bateria, controlador de carga e inversor
6	Relatório de Visita Anual de Manutenção	Desempenho da unidade de geração descentralizada instalada: tensão e corrente elétrica do gerador descentralizado, condições da (s) bateria (s), controlador de carga e inversor. Adicionalmente informa aperfeiçoamentos ou assistência técnica realizada, se isso ocorrer.

Fonte: Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. IDEAAS. 2007.

### 10.5 – Lista de verificação para manutenção preventiva do sistema fotovoltaico

Para a correta operação e manutenção do sistema fotovoltaico, além da estrutura técnica, da logística de sobressalentes, da reposição de consumíveis e da capacitação técnica, há necessidade de introdução de procedimentos a fim de garantir os níveis de qualidade exigidos na Resolução Normativa 083 da Aneel (DIC-216 horas/mês).

Nas planilhas abaixo, são apresentadas as manutenções programadas para garantia do DIC 216 horas/mês. Incluem itens de medição e verificação dos equipamentos do sistema como os painéis fotovoltaicos, baterias, controladores, inversores, fiações e lâmpadas. A manutenção programada é dividida por responsabilidade, ou seja, a manutenção programada mais simples é realizada pelo electricista da Prefeitura e deve ser realizada com periodicidade mensal. A manutenção programada mais criteriosa deverá ser realizada pela concessionária com periodicidade semestral.

### 10.5.1 – Manutenção programada de responsabilidade da concessionária:

Tabela 19 - Manutenção programada do gerador fotovoltaico

MANUTENÇÃO PROGRAMADA INSPEÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS							
CHECK-LIST- UNIDADE GERADOR FOTOVOLTAICO							
Responsabilidade Concessionária							
DADOS DA LOCALIDADE				IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMIDOR:			
Povoado/ Localidade:			Município:			UF:	
DADOS DO ARMÁRIO DO PADRÃO FOTOVOLTAICO							
Modelo: Residencial ___ Poder Público ___		Data de ativação:		Nº de Série			
DADOS DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS							
Fabricante Potência (Wp)		Nº de Série		Nº de Série			
Nº de Série		Nº de Série		Nº de Série			
Item	Descrição	VALOR ESPERADO	Valor Medido	PERIODICIDADE	OK	C	NC
<b>EXECUTAR:</b>							
1	Limpeza dos módulos/células			SEMESTRAL			
2	Reaperto geral			SEMESTRAL			
<b>VERIFICAR:</b>							
1	Módulo quebrado			SEMESTRAL			
2	Se há sombreamento dos módulos/células solares durante o dia			SEMESTRAL			
3	Posicionamento do arranjo fotovoltaico - Norte verdadeiro.			SEMESTRAL			
4	Ângulo de inclinação dos painéis em 20°			SEMESTRAL			
5	Estruturas de montagem e conservação			SEMESTRAL			
6	Ferrugem em parte do suporte			SEMESTRAL			
7	Sinais de curto circuito			SEMESTRAL			
8	Eletrodutos, bornes e conexões firmes sem ferrugens e conservados			SEMESTRAL			
9	Isolamento de condutores e eletrodutos com danos			SEMESTRAL			
10	unifilar			SEMESTRAL			
11	fotovoltaico e o quadro de distribuição			SEMESTRAL			
12	Qualidade das fiações e interconexões			SEMESTRAL			
13	Conexão do aterramento entre módulos e haste			SEMESTRAL			
14	Integridade da cerca de proteção do gerador/cadeado			SEMESTRAL			
<b>Executor:</b>							
<b>Matrícula e CREA:</b>							
<b>Empresa:</b>							
<b>Data da Inspeção:</b>							
<b>Assinatura Executor:</b>							

Fonte: Elaboração própria a partir de dados extraídos da Especificação Técnica Sistemas Fotovoltaicos para Eletrificação Rural. Cemig, 2006.

Tabela 20 - Manutenção programada da caixa de junção

MANUTENÇÃO PROGRAMADA INSPEÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS							
CHECK-LIST- CAIXA JUNÇÃO (PARTE SUPERIOR DO ARMÁRIO)							
Responsabilidade Concessionária							
DADOS DA LOCALIDADE				IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMIDOR:			
Povoado/ Localidade:				Município:		UF:	
DADOS DO ARMÁRIO DO PADRÃO FOTOVOLTAICO							
Modelo: Residencial ___ Poder Público ___				Data de ativação:			
Item	Descrição	VALOR ESPERADO	Valor Medido	PERIODICIDADE	OK	C	NC
<b>EXECUTAR:</b>							
1	Limpeza da caixa de junção			SEMESTRAL			
2	Reaperto geral			SEMESTRAL			
<b>VERIFICAR:</b>							
1	Distribuição dos equipamentos está conforme documentação			SEMESTRAL			
2	A ligação dos equipamentos está em conformidade com o diagrama unifilar			SEMESTRAL			
3	Fiação organizada e facilidade de utilização dos instrumentos de medição			SEMESTRAL			
4	Fiação entre arranjo e o controlador passando pelo disjuntor			SEMESTRAL			
5	Fiação entre o controlador e as baterias passando pelo fusível Diazed			SEMESTRAL			
6	Capacidade do fusível Diazed conforme diagrama unifilar			SEMESTRAL			
7	Fiação entre as baterias e o inversor conforme diagrama unifilar			SEMESTRAL			
8	Fiação entre inversor e o disjuntor de cargas conforme especificado			SEMESTRAL			
9	Disjuntores sem danos de arco voltaico			SEMESTRAL			
Executor:							
Matrícula e CREA:							
Empresa:							
Data da Inspeção:							
Assinatura Executor:							

Fonte: Elaboração própria a partir de dados extraídos da Especificação Técnica Sistemas Fotovoltaicos para Eletrificação Rural. Cemig, 2006.

Tabela 21 - Manutenção programada das baterias e rede interna

MANUTENÇÃO PROGRAMADA INSPEÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS							
CHECK-LIST- BATERIA E REDE INTERNA							
Responsabilidade Concessionária							
DADOS DA LOCALIDADE				IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMIDOR:			
Povoado/ Localidade:				Município:		UF:	
DADOS DO ARMÁRIO DO PADRÃO FOTOVOLTAICO							
Modelo: Residencial ___ Poder Público ___				Data de ativação:			
DADOS DAS BATERIAS							
Fabricante/ modelo e Capacidade (Ah):		Nº de Série		Nº de Série			
Nº de Série		Nº de Série		Data de fabricação			
Item	Descrição	VALOR ESPERADO	Valor Medido	PERIODICIDADE	OK	C	NC
<b>EXECUTAR:</b>							
1	Limpeza da caixa de junção			SEMESTRAL			
2	Limpeza da superfície superior das baterias			SEMESTRAL			
<b>VERIFICAR:</b>							
1	Terminais oxidados no banco de baterias			SEMESTRAL			
2	Conexões bem afixadas e com pasta anti-óxido			SEMESTRAL			
3	Baterias com vazamento, trincadas ou sujas			SEMESTRAL			
4	Armário está fechado com cadeado			SEMESTRAL			
5	Objetos em cima das prateleiras			SEMESTRAL			
6	Superfície superior das baterias está limpa e seca			SEMESTRAL			
7	Firmeza das prateleiras e presilhas			SEMESTRAL			
8	Fiação da rede interna mestre conforme especificação no diagrama unifilar			SEMESTRAL			
9	Fiação da rede interna está organizada e fixada com roldanas de PVC			SEMESTRAL			
10	Fixação das canaletas e as caixas dos interruptores na rede interna			SEMESTRAL			
11	Lâmpadas, fusíveis e luminárias estão de acordo com o diagrama unifilar			SEMESTRAL			
12	Tipos de reatores: Eletrônicos Convecionais Fator de potência			SEMESTRAL			
13	Rede Interna: Instalação do Quadro de Distribuição			SEMESTRAL			
14	Curto-circuito em algum ponto da rede interna			SEMESTRAL			
Executor:							
Matrícula e CREA:							
Empresa:							
Data da Inspeção:							
Assinatura Executor:							

Fonte: Elaboração própria a partir de dados extraídos da Especificação Técnica Sistemas Fotovoltaicos para Eletrificação Rural. Cemig, 2006.

Tabela 22 - Manutenção programada. Medidas elétricas do sistema fotovoltaico

MANUTENÇÃO PROGRAMADA INSPEÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS							
CHECK-LIST- MEDIDAS ELÉTRICAS							
Responsabilidade Concessionária							
DADOS DA LOCALIDADE				IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMIDOR:			
Povoado/ Localidade:				Município:			UF:
DADOS DO ARMÁRIO DO PADRÃO FOTOVOLTAICO							
Modelo: Residencial ___ Poder Público ___			Data de ativação:				
DADOS DAS BATERIAS							
Fabricante/ modelo e Capacidade (Ah):			Nº de Série		Nº de Série		
Nº de Série			Nº de Série		Data de fabricação		
Item	Descrição	VALOR ESPERADO	Valor Medido	PERIODICIDADE	OK	Q	NC
<b>TESTAR</b>							
1	Na caixa de controle:			SEMESTRAL			
2	Tensão de circuito aberto do gerador (cabo de chegada no controlador): V			SEMESTRAL			
3	Após 10 minutos (no mínimo) do início da contagem de tempo, medir			SEMESTRAL			
4	Na Bateria:			SEMESTRAL			
5	Temperatura ambiente no armário: °			SEMESTRAL			
6	Tensão de circuito aberto nos bornes da bateria: V			SEMESTRAL			
7	os interruptores das cargas (nesta ordem). Disparar novamente o cronômetro e após			SEMESTRAL			
8	Nos terminais da bateria:			SEMESTRAL			
9	Tensão de descarga (carga máxima): V			SEMESTRAL			
10	Nos terminais do controlador (+BAT –BAT):			SEMESTRAL			
11	Tensão de descarga (carga máxima): V			SEMESTRAL			
12	Desligar o disjuntor e medir:			SEMESTRAL			
13	Na caixa de controle:			SEMESTRAL			
14	Controle de descarga (nos bornes do disjuntor da carga): V			SEMESTRAL			
Executor:							
Matrícula e CREA:							
Empresa:							
Data da Inspeção:							
Assinatura Executor:							

Fonte: Elaboração própria a partir de dados extraídos da Especificação Técnica Sistemas Fotovoltaicos para Eletrificação Rural. Cemig, 2006.

### 10.5.2 – Manutenção programada de responsabilidade da prefeitura:

Tabela 23 - Manutenção programada do sistema fotovoltaico

MANUTENÇÃO PROGRAMADA INSPEÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS							
CHECK-LIST- UNIDADE GERADOR FOTOVOLTAICO							
Responsabilidade Prefeitura Municipal							
DADOS DA LOCALIDADE				IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMIDOR:			
Povoado/ Localidade:				Município:			UF:
DADOS DO ARMÁRIO DO PADRÃO FOTOVOLTAICO							
Modelo: Residencial ___ Poder Público ___			Data de ativação:		Nº de Série		
DADOS DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS							
Fabricante Potência (Wp)			Nº de Série		Nº de Série		
Nº de Série			Nº de Série		Nº de Série		
Item	Descrição	VALOR ESPERADO	Valor Medido	PERIODICIDADE	OK	Q	NC
<b>EXECUTAR:</b>							
1	Limpeza dos módulos/células			MENSAL			
<b>VERIFICAR:</b>							
1	Módulo quebrado			MENSAL			
2	Se há sombreamento dos módulos/células solares durante o dia			MENSAL			
3	Estruturas de montagem e conservação			MENSAL			
4	Ferrugem em parte do suporte			MENSAL			
5	Integridade da cerca de proteção do gerador/cadeado			MENSAL			
Executor da Prefeitura/ Comunidade:							
Assinatura Executor:							
Data da Inspeção:							

Fonte: Elaboração própria a partir de dados extraídos da Especificação Técnica Sistemas Fotovoltaicos para Eletrificação Rural. Cemig, 2006.

Tabela 24 - Manutenção programada das baterias e rede interna

MANUTENÇÃO PROGRAMADA INSPEÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS								
CHECK-LIST- BATERIA E REDE INTERNA								
Responsabilidade Prefeitura Municipal								
DADOS DA LOCALIDADE				IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMIDOR:				
Povoado/ Localidade:				Município:			UF:	
DADOS DO ARMÁRIO DO PADRÃO FOTOVOLTAICO								
Modelo: Residencial _____ Poder Público _____			Data de ativação:					
DADOS DAS BATERIAS								
Fabricante/ modelo e Capacidade (Ah):			Nº de Série			Nº de Série		
Nº de Série			Nº de Série			Data de fabricação		
Item	Descrição	VALOR ESPERADO	Valor Medido	PERIODICIDADE	OK	C	NC	
<b>EXECUTAR:</b>								
1	Limpeza da caixa de junção			SEMESTRAL				
2	Limpeza da superfície superior das baterias			SEMESTRAL				
<b>VERIFICAR:</b>								
1	Terminais oxidados no banco de baterias			SEMESTRAL				
2	Conexões bem afixadas e com pasta anti-óxido			SEMESTRAL				
3	Baterias com vazamento, trincadas ou sujas			SEMESTRAL				
4	Armário está fechado com cadeado			SEMESTRAL				
5	Objetos em cima das prateleiras			SEMESTRAL				
6	Superfície superior das baterias está limpa e seca			SEMESTRAL				
7	Firmeza das prateleiras e presilhas			SEMESTRAL				
8	Rede Interna: Fixação das canaletas e as caixas dos interruptores			SEMESTRAL				
9	Curto-circuito em algum ponto da rede interna			SEMESTRAL				
Executor:								
Data da Inspeção:								
Assinatura Executor:								

Fonte: Elaboração própria a partir de dados extraídos da Especificação Técnica Sistemas Fotovoltaicos para Eletrificação Rural. Cemig, 2006.

## 11 – PERSPECTIVAS PARA DESENVOLVIMENTO DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O Relatório lançado em setembro de 2007 pelo Greenpeace e a Associação da Indústria Fotovoltaica Européia (AIFE) prevê um futuro brilhante para a indústria da energia solar. O relatório Geração Solar 2007 demonstra o crescimento acentuado do mercado fotovoltaico dos últimos anos e mostra que a geração de eletricidade por painéis solares será competitiva na próxima década, com mercado de 300 bilhões de euros por ano em 2030, criando 6.5 milhões de empregos e suprimindo 9,4% da demanda mundial por eletricidade (GREENPEACE, 2007).

O relatório enfatiza os benefícios e a forma de proporcionar energia elétrica a 2,9 bilhões de pessoas vivendo em países em desenvolvimento, como o Brasil (GREENPEACE, 2007).

Desde 1998, o mercado de energia solar fotovoltaica cresceu a uma taxa de 35% por ano e hoje gira mais de 9 bilhões de euros anualmente (GREENPEACE, 2007).



A produção mundial de painéis fotovoltaicos cresceu 51% em 2007, para 3.733 Mw, segundo novo estudo divulgado pelos Institutos Worldwatch-WWI e Prometheus.

A capacidade instalada cresceu 2.935 MW, acumulando 9.740 Mw de geração global. De acordo com o WWI, nos últimos cinco anos, a produção de painéis cresceu sete vezes e a capacidade acumulada quintuplicou (CANÁZIO, 2008).

Os investimentos em energia solar chegaram a US\$ 3 bilhões em 2007, principalmente para novas empresas nos Estados Unidos e tecnologias mais avançadas. A Europa liderou a produção com 1.063 Mw, o equivalente a um crescimento de 56% sobre 2006. O Japão foi o país que mais produziu painéis solares com 920 Mw, respondendo por 25% do mercado global, perdendo espaço para a China e Taiwan, que têm custos menores de produção. A China produziu 820 Mw em painéis, correspondendo a 22% do mercado, mas o país já acumula uma capacidade de produção de 1.590 Mw anuais (CANÁZIO, 2008).

Taiwan produziu 368 Mw em painéis fotovoltaicos e acumula capacidade de 710 Mw. Nos Estados Unidos, a produção cresceu 46% para 288 Mw. Devido à diferença de custos, EUA, Europa e Japão apostam em novas tecnologias para substituição dos painéis fotovoltaicos, que usam polisilicone, produto em escassez. As empresas desses países estão desenvolvendo a tecnologia Thin Film, que não requer polisilicone. O Thin Film é uma espécie de película composta por camadas ultra finas de materiais fotossensíveis (CANÁZIO, 2008).

A geração de energia solar também ganhou espaço em inúmeros países em todo o mundo. A Alemanha lidera o ranking como o maior gerador de eletricidade a partir de energia solar, instalando 1.300 Mw, totalizando 3.830 Mw de capacidade. A Espanha, por sua vez, instalou entre 425 Mw e 640 Mw, ultrapassando a expectativa do governo de ter 400 Mw até 2010. Em 2006 foram instalados apenas 100 Mw em solo espanhol (CANÁZIO, 2008).

No Japão, o ritmo da geração de energia solar foi reduzido com a queda na ampliação da capacidade, de 286 Mw, em 2006, para 230 Mw, em 2007. Nos EUA foram instalados 150 Mw. Na maior parte dos países onde a energia solar ganha espaço há incentivos para a instalação dos painéis, bem como a obrigação das distribuidoras de adquirir a energia excedente produzida pelos consumidores residenciais, aponta o estudo da WWI (CANÁZIO, 2008).

A indústria solar fotovoltaica investirá até 2010, 14 bilhões de euros na expansão de fábricas de painéis fotovoltaicos no mundo todo. A produção em massa vai possibilitar a redução dos custos e de preços finais competitivos para o consumidor, até 2015.

Essa rápida expansão está diretamente relacionada com as metas de utilização das energias renováveis de vários países, para reduzir emissões de CO<sub>2</sub> e substituir a utilização de combustíveis fósseis, conforme metas estabelecidas pelo Tratado de Kyoto. Também contribuíram para esse crescimento os programas governamentais implantados no Japão e Alemanha e, mais recentemente, na Espanha, Portugal e na Califórnia (Estados Unidos).

Em Serpa, Portugal, país dependente quase totalmente de energia importada, foi inaugurada em março de 2007 a maior unidade de sistema fotovoltaico do mundo, com um investimento de 61 milhões de euros. Tem 52 mil painéis numa área de 60 hectares, podendo alimentar 8.000 casas, prevenindo a emissão de 30 mil toneladas de gases de efeito estufa por ano, quando comparada a combustíveis fósseis (Jornal Mundo Lusíada on line, 2007).

A capacidade instalada de geração de energia é de 11 MW, quase o dobro daquela que era a maior central até ao momento, localizada em Pocking, na Alemanha. O empreendimento pertence ao grupo norte-americano General Electrics. A PowerLight, um importante fornecedor global de sistemas de energia solar, projetou e vai operar e manter a central de energia solar fotovoltaico. A Catavento, uma empresa portuguesa de energias renováveis, desenvolveu o projeto e vai assegurar serviços de gestão (Jornal Mundo Lusíada on line, 2007).

Portugal receberá em breve uma outra central de energia fotovoltaica de grande porte, localizado em Moura, e será ainda maior que a central de Serpa (Jornal Mundo Luzíada on line, 2007).

Portugal planeja investir US\$ 10,8 bilhões em projetos de energia renovável nos próximos cinco anos e estima que 45% do consumo de energia do país venham de fontes renováveis em 2010 (Jornal Mundo Lusíada on line, 2007).

A Alemanha concede há alguns anos, subsídios para compra de equipamento solar térmico e garante a compra de eletricidade fotovoltaica a preços elevados, até 60 centavos de Euros por quilowatt/hora. Essa visão combina o interesse ambiental e a política industrial estatal visto que, apoiado desta forma, está emergindo um setor novo e, principalmente, gerador de empregos (REVISTA ECO 21, 2004).

A Espanha, seguindo o mesmo caminho, há vários anos já dispõe de uma legislação de compra de energia excedente dos usuários de energia eólica e deverá adotar uma tarifa de compra de eletricidade estimulando a geração fotovoltaica (REVISTA ECO 21, 2004).

A China pensa implementar uma poderosa indústria fotovoltaica e inundar o mercado interno que se encontra em pleno desenvolvimento. Até o ano 2010, Beijing pretende suprir até 10% da eletricidade nacional mediante placas fotovoltaicas e turbinas eólicas (REVISTA ECO 21, 2004).

A Índia é o único País que dispõe de um Ministério das Energias Renováveis e demonstra interesse em renovar a sua matriz energética com uma maciça implementação de fotovoltaicos (REVISTA ECO 21, 2004).

No Brasil foram formulados e implementados alguns programas governamentais como o PRODEEM (Programa de Desenvolvimento de Estados e Municípios), baseado principalmente nos sistemas fotovoltaicos e no Programa “Luz para Todos” que conta com a parceria dos governos estaduais e das distribuidoras de energia elétrica para suprir de eletricidade os pequenos produtores rurais que já estão utilizando, dentre outras fontes de energia, a energia de células fotovoltaicas, como bem de consumo e como fator de produção em processos agropecuários.

As operadoras de telecomunicações no Brasil utilizam a tecnologia fotovoltaica em atendimento às comunidades rurais, indígenas e estações repetidoras de telecomunicações.

A CEMIG realiza o "Projeto Silício", um programa de desenvolvimento da tecnologia de purificação de silício para uso na produção de células solares fotovoltaicas, em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC. Os conhecimentos fundamentais já foram dominados por técnicos brasileiros, mas ainda falta a experiência produtiva do processo de purificação e de fabricação de células solares de baixo custo. Desde 2001, já foram investidos mais de R\$ 7 milhões, e o resultado foi o domínio de todas as etapas do processo de produção laboratorial das tecnologias envolvidas no processo. A segunda fase do programa foi criada em 2005, para desenvolver e implementar uma linha-piloto de produção do silício purificado, com o objetivo de transferir a tecnologia para o setor produtivo no prazo de dois anos.

## 12- CONCLUSÃO

A indústria solar é um elemento-chave para reduzir a emissão de gases geradores do efeito-estufa. Segundo o Greenpeace, em 2030, a taxa de redução anual de emissões de CO<sub>2</sub> deve estar em torno de 1 bilhão de toneladas/ano. O saldo acumulado de economia de emissões atingiria 6,6 bilhões de toneladas em 2030.

A utilização de painéis solares fotovoltaicos criará milhões de empregos e levará eletricidade a bilhões de pessoas que hoje não têm acesso à rede elétrica.

O aproveitamento da energia solar, tanto como fonte térmica quanto elétrica, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio. A energia solar, abundante, limpa e permanente, renovável a cada dia, que não polui nem prejudica o ecossistema é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente num país como o Brasil onde se encontram bons índices de insolação em qualquer parte do território.

Os nichos de mercado podem e devem ser atendidos por sistemas fotovoltaicos autônomos, reduzindo o custo total da eletrificação rural de áreas ainda não servidas, permitindo que um número maior de consumidores seja atendido.

Do ponto de vista tecnológico, a célula fotovoltaica deverá avançar rapidamente graças ao desenvolvimento de novos materiais, mais eficientes e mais baratos.

No Brasil, a falta de uma política nacional que incentive o emprego de energia fotovoltaica nas residências das grandes metrópoles está associada ao imposto de importação muito elevado com relação às células fotovoltaicas. Uma boa alternativa a ser estudada é criar uma legislação que incentive os sistemas conectados a rede. Isso aumenta o mercado, reduz preços e estimula a eletrificação rural como consequência.

A indústria está comprometida a fazer da energia fotovoltaica um sucesso, mas necessita de ajuda e de vontade política. Os governos precisam apoiar as ações concretas contra o aquecimento global e para o desenvolvimento das energias renováveis como a tecnologia fotovoltaica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministério de Minas e Energia, 2003. Manual do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica do Ministério de Minas e Energia. Disponíveis em <http://www.mme.gov.br> e <http://www.prodeem.mme.gov.br>. Acesso em set. 2007.
2. ELETRONORTE, 2006. Exclusão Elétrica. Disponível em <http://www.eletronorte.gov.br>. Acesso em jun. 2007.
3. ANEEL, 2004. Resolução Normativa nº. 83 de 20/09/2004. Disponível em <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em set. 2007.
4. Panorama Energético, 2007. Curso de energia solar fotovoltaica, a eletricidade que vem do sol. Disponível em <http://www.panoramaenergetico.com>. Acesso em set. 2007.
5. Notícias do Greenpeace Brasil, 2007. Disponível em <http://www.greenpeace.org.br>. Acesso em jun. 2007.
6. Revista Mundo Lusíada on line. Economia. Disponível em [http://www.mundolusiada.com.br/ECONOMIA/econ163\\_mar07.htm](http://www.mundolusiada.com.br/ECONOMIA/econ163_mar07.htm). Acesso em jun. 2007.
7. Foto Arranjo de painéis fotovoltaicos. Disponível em [http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia\\_solar](http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_solar). Acesso em ago. 2007.
8. Custo médio do atendimento por sistema fotovoltaico no mercado nacional. Acesso em out. 2007. Disponível em <http://www.solenerg.com.br>
9. Revista Eco 21, Julho 2004. ANO XIV, Edição 92. Acesso em out. 2007. Disponível em [www.eco21.com.br](http://www.eco21.com.br)
10. Fábio Rosa. Melhores Práticas de Gestão em Geração Descentralizadas, Porto Alegre, 2007. Disponível em [www.ideaas.org.com.br](http://www.ideaas.org.com.br). Acesso em 27 de out. 2007.
11. Governo do Chile, 2005. Sistemas fotovoltaicos de electrificación para viviendas rurales. Remoción de barreras para la electrificación rural com energias renovables. Disponível em [www.renovables-rural.cl](http://www.renovables-rural.cl). Acesso em out. 2007.
12. COELBA. Apresentação de Uso de Sistemas Individuais de Geração Fotovoltaica. Workshop Rio de Janeiro, novembro de 2006.
13. CEMIG. Manual de Utilização de Sistemas Fotovoltaicos para Eletrificação Rural. Junho de 2003.
14. CEMIG. Luz para Todos. Manual de Projetos. Abril de 2004.
15. CEMIG. Especificação Técnica Sistemas Fotovoltaicos para Eletrificação Rural. Julho de 2006.
16. Alvarenga, Carlos Alberto. Energia Solar. Lavras: UFLA / FAEPE, 2001.

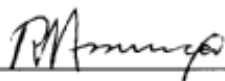
17. Canázio, Alexandre. Agência Canal Energia. Reportagem de 12 de maio de 2008.
18. Cunha, José Luiz de Paula Alves. Eletrificação de edificações rurais isoladas utilizando energia solar fotovoltaica. Monografia. Lavras: UFLA / FAEPE, 2006.

## ANEXO

### REVISÃO DO TEXTO DECLARAÇÃO

Eu, RAIMUNDO LUÍS ASSUNÇÃO, professor de Português, atualmente fora do Magistério regular, portador do Registro de Magistério nº 6668 da Delegacia Regional MG-DR/4, do Estado de MINAS GERAIS, conforme cópia anexa, declaro, para os devidos fins e efeitos, que fiz a revisão gramatical e morfosintática de texto da monografia de Conclusão intitulada “ELETRIFICAÇÃO RURAL UTILIZANDO O SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA” de autoria de FERNANDO CESAR SOTERO SBAMPATO.

Por ser verdade, firmo a presente declaração. São João del-Rei, 25 de agosto de 2008.



---

RAIMUNDO LUIS ASSUNÇÃO – C. Id. M.1.322.661/MG.