

# **Instalação de iluminação no meio rural a partir do sistema fotovoltaico como fonte complementar de energia elétrica**

## **Lighting plant of voltaic system in the rural area as an additional source of energy**

**Lucas Diniz Andrade Carvalho<sup>1</sup>**

**Rodrigo Barbosa Silva<sup>2</sup>**

**JuniaTáiseSantos Roberto<sup>3</sup>**

### **RESUMO:**

A questão de busca de fontes alternativas e renováveis de produção de energia elétrica, que não ocasionam graves problemas ambientais, há muito tempo deixou de ser uma utopia. Já é uma realidade concreta e confiável, visível em muitos países considerados desenvolvidos.

Esse estudo tem como objetivo propor soluções baseadas em novas tecnologias e novos conceitos de fontes alternativas a serem implantados na iluminação de meios rurais como fonte complementar de energia, visando à redução no consumo de energia elétrica. As tecnologias que foram estudadas são basicamente as células fotovoltaicas para aplicação em iluminação de meios rurais, que tem por objetivo avaliar uma possível redução de consumo de energia elétrica viabilizando um complemento de energia elétrica nesses ambientes. Foram realizadas pesquisas baseadas em catálogos de diversos fabricantes e ensaios luminotécnicos para obtenção de informações técnicas, visando atingir níveis satisfatórios de economia e qualidade na iluminação.

**Palavras Chave:** Tecnologia, meio rural, complementar, células fotovoltaicas, iluminação.

### **ABSTRACT:**

The question of searching for alternative and renewable sources of electricity production, which don't cause serious environmental problems, has long ceased to be a utopia. It is already a reliable reality, visible in many countries considered developed.

This study has for goal to propose solutions based on new technologies and new concepts of alternative sources to be deployed in rural lighting as an additional source of energy, in order to reduce power consumption. The technologies that have been studied are basically photovoltaic cells for application in rural lighting, which aims to evaluate a possible reduction of power consumption enabling an add power as a complement in these environments. Surveys were conducted based on catalogs of various manufacturers and testing of luminance to obtain technical information in order to achieve satisfactory levels of quality and economy in lighting.

**Keywords:** Technology, rural, photovoltaic cells, lighting and LED

---

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Elétrica. UNIBH, 2013, MG. Email: ldiniz87@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Elétrica. UNIBH, 2013, MG. Email: rbsbico@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Graduada em Engenharia de Telecomunicações pela UNI-BH – MG, 2005. Mestre em Engenharia Elétrica pela UFMG, 2007. Email: juniataise@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

O Sol é a principal fonte de energia de nosso planeta, sendo que todas as outras fontes conhecidas de energia (eólica, hidrelétrica, biomassa) derivam de forma direta ou indireta da energia solar. O Sol fornece anualmente para a atmosfera terrestre  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia, o que corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período (CRESESB, 2006).

A origem dos ciclos das águas só é possível devido a energia do sol que gera a evaporação que por consequência possibilita o represamento e a consequente geração de eletricidade (hidroeletricidade). A radiação solar induz a circulação atmosférica em larga escala, causando os ventos possibilitando a geração de energia eólica. Petróleo, carvão e gás natural foram gerados a partir de resíduos de plantas e animais que, originalmente, obtiveram a energia necessária ao seu desenvolvimento, da radiação solar. É também por causa da energia do Sol que a matéria orgânica, como a cana-de-açúcar, é capaz de se desenvolver, fazer fotossíntese para, posteriormente, ser transformada em combustível nas usinas.

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão. Em 1876 detectou-se o fenômeno fotovoltaico no Selênio e foi construída a primeira célula fotovoltaica, e apenas no ano de 1956 iniciou-se a produção industrial.

As constantes preocupações com o meio ambiente, impactos causados por emissões de gases do efeito estufa e CO<sub>2</sub>, e escassez de recursos são os fatores que impulsionam o desenvolvimento das energias renováveis. Como exemplo dos impactos econômicos, as variações do preço da energia nas últimas décadas chamam atenção para a importância da energia nas atividades econômicas e a vulnerabilidade a desequilíbrios no suprimento de combustíveis. Segundo WORLD ENERGY OUTLOOK (2009): “O aumento de preços em 2008 provavelmente colocou a economia global na pior recessão desde a segunda guerra mundial”.

Apesar de seu alto custo em relação a outras fontes de energia alternativas, que varia entre 5 a 15 vezes mais aos custos unitários de uma usina a gás natural que opera com ciclo combinado (ANEEL, 2002), a energia solar fotovoltaica está em plena fase de desenvolvimento, depois do aparecimento das primeiras células fotovoltaicas em 1953. Atualmente, as células de silício monocristalino e filmes finos dominam o mercado e apresentam ainda grandes perspectivas de diminuição de seu custo de produção, juntamente com o aparecimento de novas tecnologias, como células orgânicas e fototermovoltas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. CÉLULA FOTOVOLTAICA

As células fotovoltaicas são produzidas com material semicondutor, ou seja, material com valor de condutividade entre isolantes e condutores. São caracterizados por terem banda de valência e condução separadas por uma faixa de energia (gap) menor ou igual a 3eV.

O principal representante dos semicondutores é obtido através da dopagem de silício. Este é encontrado naturalmente em forma de areia, e através de métodos adequados obtêm-se o cristal puro de silício. O cristal de silício possui quatro elétrons na sua camada de valência em ligação covalente e não possui elétrons

livres, caracterizando, portanto um mal condutor de eletricidade.

O cristal de silício é então acrescentado a outros elementos para alterar suas características, processo este chamado de dopagem.

Dopando o silício com um elemento como o fósforo, que possui cinco elétrons na camada de valência, a cada átomo de fósforo adicionado resulta em um elétron livre na banda de condução. Isto caracteriza um material semiconductor de tipo N, ou portador de carga negativa.

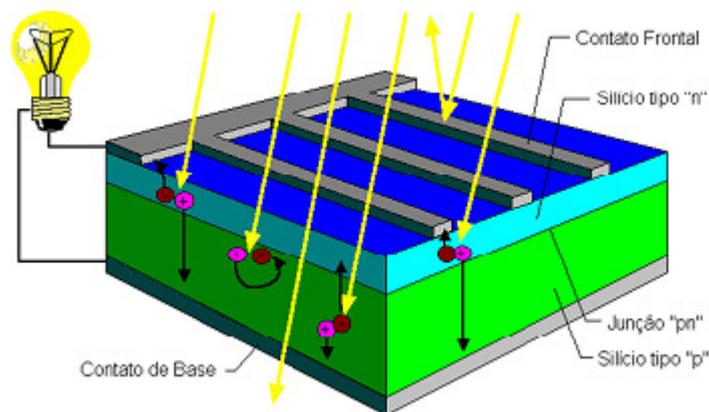
Se por outro lado, adicionamos um elemento com três elétrons na camada de valência, como o Boro, teremos lacunas de elétrons facilmente preenchidas por elétrons ligados a átomos vizinhos movendo as lacunas, ou cargas positivas, caracterizando um material semiconductor tipo P.

Separadamente, cada material semiconductor tipo N ou P é eletricamente neutro. Ao unir-se um semiconductor tipo P a um condutor tipo N, ou mesmo utilizando uma única estrutura de silício e dopando-se uma extremidade com um elemento doador e outra com um elemento receptor, cria-se uma junção P-N.

Nesta região, os elétrons livres da porção N do semiconductor movem-se para a região P preenchendo as lacunas. Como a princípio as duas partes eram eletricamente neutras, com o decorrer desta migração de elétrons da região tipo N para a região tipo P cria-se um potencial elétrico negativo na região P e positivo na região N. Esta migração ocorre até que a diferença de potencial entre as regiões crie um campo elétrico que atua como barreira impedindo a migração de elétrons e estabelecendo um equilíbrio elétrico.

Este valor de campo elétrico de equilíbrio estabelece o valor do gap de energia necessária para que novamente um elétron atravesse a junção.

Quando a junção é exposta à incidência de fótons com energia maior que o gap, ocorre a geração de pares elétron-lacuna. Se isto ocorre onde o campo elétrico é diferente de zero ocorre a aceleração de cargas, e os elétrons na região P movem-se para a região N, gerando uma corrente através da junção. Neste caso, gera-se uma diferença de potencial nos terminais externos das junções, e se forem conectadas através de um condutor cria-se uma circulação de corrente.



**Figura 1: Corte transversal de uma célula fotovoltaica.(CRESESB, 2012)**

Edmond Becquerel relatou o fenômeno em 1839, no qual podemos considerar que no processo de conversão da energia radiante em energia elétrica a célula é a unidade fundamental, a figura 1 mostra a curva de potência máxima de um módulo em função da hora do dia (O'REGAN, 1991).

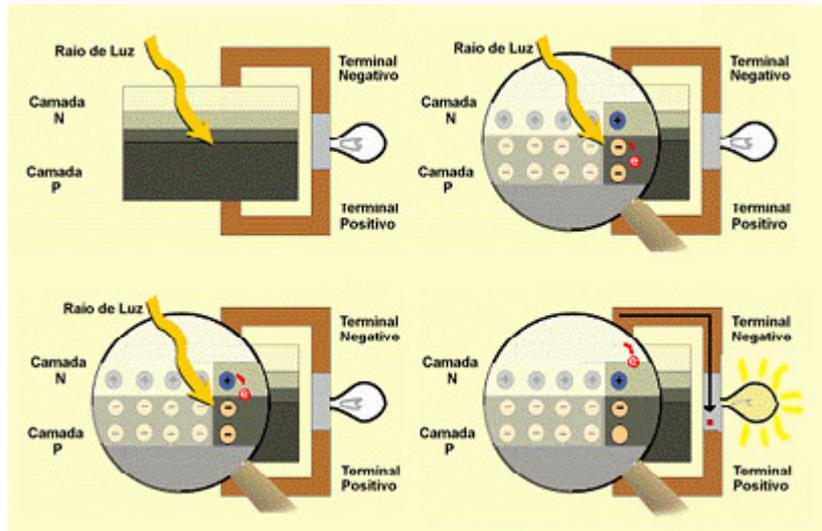


Figura 2: Efeito fotovoltaico na junção P-N.(CRESESB, 2012)

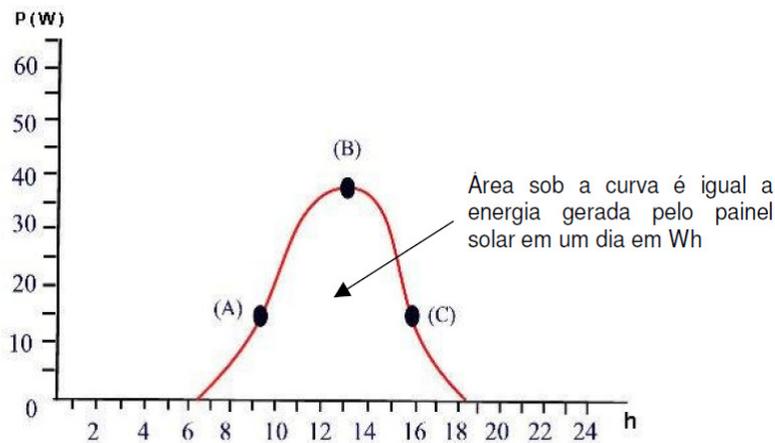


Figura 3. Curva de potência máxima de um módulo em função da hora do dia (O'REGAN, 1991)

A eficiência de conversão de uma célula solar é a razão entre a energia elétrica produzida e a energia luminosa incidente. Esta é uma das principais características dos geradores fotovoltaicos, sendo que ao melhorar esta eficiência a energia fotovoltaica poderá se tornar mais competitiva quando comparada com as fontes convencionais de energia. A título de comparação, a eficiência de conversão das primeiras células solares ficava em torno de 1% a 2%. As células produzidas atualmente já possuem eficiência de conversão em torno de 7% a 17% (PRIEB, 2002).

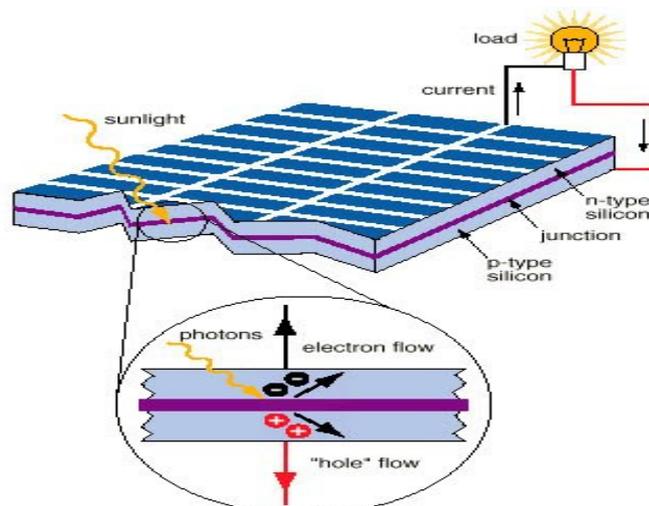


Figura 4. Exemplo da dopagem de uma célula fotovoltaica (PRIEB, 2002)

Segundo O'REGAN (1991), o deslocamento de cargas dá origem a uma diferença de potencial chamado "efeito fotovoltaico", que é a base para o funcionamento dos painéis fotovoltaicos. Através de uma ligação externa, os elétrons são levados para fora dos painéis e assim ficam disponíveis para uso, porém para cada elétron que deixa o painel há outro que retorna da carga para substituí-lo, portanto é evidente que um painel fotovoltaico não pode armazenar energia elétrica. Sendo assim, é necessário o uso da energia elétrica na hora de sua conversão ou o armazenamento da mesma por meio de baterias.

A corrente que uma célula de um painel fotovoltaico pode fornecer é afetada diretamente pela intensidade de radiação luminosa. A corrente gerada aumenta linearmente com o crescimento da intensidade luminosa (figura 3). (KYOCERA SOLAR DO BRASIL, 2007).

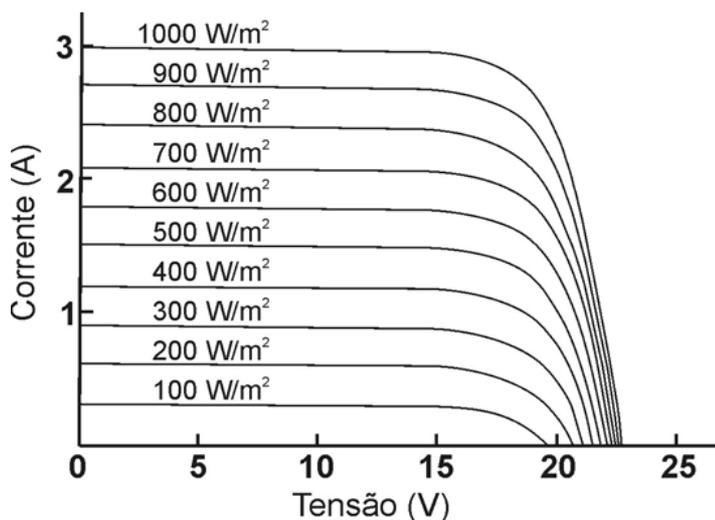


Figura 5. Efeito na corrente da variação da intensidade luminosa 25 °C (KYOCERA, 2007).

Segundo a KYOCERA (2007) a corrente que uma célula de um painel fotovoltaico pode fornecer ( $I_{carga}$ ) é afetada diretamente pela intensidade de radiação luminosa, bem como a potência instantânea.

Assim, para permitir o máximo aproveitamento, os painéis são instalados com uma inclinação e uma direção predeterminada. Tanto a inclinação, quanto a direção, é obtida através da latitude do local e das características da demanda de radiação do ambiente (PALZ, 2002).

Segundo PALZ (2002) outra solução para a otimização do aproveitamento da radiação é a utilização de equipamentos que movimentam os painéis de acordo com o deslocamento do Sol. Contudo estes equipamentos possuem um elevado custo e somente são viáveis em locais de alta latitude e para um elevado número de painéis.

## 2.2. CONTROLADOR DE CARGA

O controlador de carga e descarga é o responsável direto pela vida útil da bateria. É um componente utilizado nos sistemas fotovoltaicos para gerenciar e controlar o processo de carga e descarga do banco de baterias. O controlador permite que as baterias sejam carregadas por completamente e evita que as baterias sejam descarregadas abaixo de um valor seguro para a vida útil da mesma. Ele atua desligando o painel solar da bateria quando a tensão nos terminais atinge o valor predeterminado e volta a religar somente quando a tensão cai a um valor predeterminado pelo projeto. Também pode atuar desligando o inversor com um sinal elétrico, caso a bateria atinja uma tensão menor do que o valor mínimo predeterminado, somente religando após a tensão voltar a um valor suficiente para operação na bateria (KYOCERA, 2007).

De acordo com a KYOCERA (2007), esta proteção aumenta a vida útil da bateria, evitando sua sobrecarga ou descarga completa, é instalado eletricamente entre o painel fotovoltaico e banco de baterias. A solução ideal é

carregar a bateria até o seu máximo, e logo que atingido, comutar essa energia para um consumidor auxiliar, se este desvio for útil, melhor ainda. Um controlador típico possui: entrada para os painéis fotovoltaicos, saída para baterias, saída para carga (corrente contínua). Os Controladores modernos utilizam uma tecnologia chamada PWM (Pulse With Modulation).



Figura 6. Controlador de carga (KYOCERA, 2007).

Segundo a KYOCERA (2007), as principais características de um controlador são: proteção contra corrente reversa, ele desconecta os painéis fotovoltaicos para prevenir perda de carga das baterias nos módulos solares durante a noite, o controle de descarga é feito através do desligamento da saída para evitar descarga das baterias abaixo de valores seguros, o monitoramento do sistema é feito por medidores digitais ou analógicos, com leds indicadores ou alarmes de advertência para indicação, a proteção contra sobre corrente é feita através de fusíveis ou disjuntores, as opções de montagem são geralmente feitas através de montagens embutidas, montagens em paredes, e sistema de proteção para uso interno ou externo.

De acordo com o mesmo autor, o controle de carga secundária é feito através de: controle automático de cargas secundárias, controle de lâmpada, bombas d'água, outras cargas como temporizadoras ou chaveamentos, a compensação de temperatura é feita quando as baterias são instaladas em área não climatizada, a tensão de carga é ajustada em função da temperatura do ambiente.

Os controladores são dimensionados em função da corrente dos módulos e da tensão de operação do sistema. As tensões de operação mais comuns são de 12, 24 ou 48V, e a corrente de operação entre 1 e 60 amperes, como por exemplo: suponha um sistema com dois módulos fotovoltaicos que produz cada um 7,45A, este pode aumentar a capacidade de corrente em 25%, o que elevará para 18,6A. Os dois módulos produzirão juntos 14,9A, em situações especiais de insolação poderá haver um aumento da corrente total produzida, como prática pode então utilizar um controlador de 20A neste caso, que é o valor mais próximo comercialmente disponível, a questão a ser observada é o custo. Caso necessitar aumentar a capacidade do sistema no futuro, a sugestão é considerar um controlador com a capacidade de corrente sobre dimensionada para o projeto (Kyocera, 2007).

### 2.3. BATERIAS OU ACUMULADORES

A capacidade e as características eletroquímicas dos vários tipos de baterias existentes no mercado mostram que para um projeto desta magnitude, o conhecimento das baterias é fundamental para uma boa escolha. Pois em qualquer sistema fotovoltaico com acumuladores, a escolha do tipo de bateria empregada ditará o sucesso ou fracasso do projeto (MAMMANO, 1994).

Segundo MAMMANO (1994), para uma primeira definição as baterias podem ser classificadas em dois tipos:

baterias primárias de uso único, não recarregáveis, e secundárias que podem ser recarregadas. Neste estudo não serão discutidas as baterias primárias por não poderem ser empregadas no projeto.

De acordo com o mesmo autor, as baterias secundárias operam pelo processo de reação química de oxidação e redução. Sendo a oxidação um processo de liberar elétrons, enquanto a redução o processo de consumir elétrons.

Uma bateria consiste de quatro elementos básicos: um ânodo feito com material que pode contribuir com elétrons, um cátodo que deverá aceitar elétrons, o eletrólito e um separador (figura 5). (DEGNER, 1994).

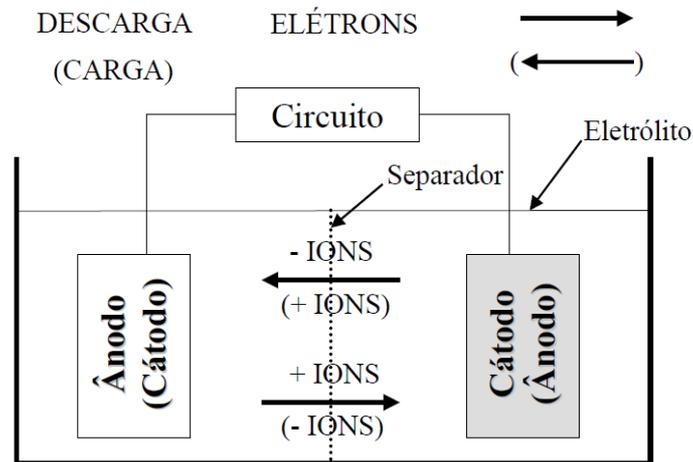


Figura 7. Elementos de uma célula recarregável (DEGNER, 1994)

Segundo DEGNER (1994), durante a descarga da bateria, o ânodo contribui com elétrons para a oxidação, no qual gera íons positivos. Similarmente, o cátodo gera íons negativos no processo de aceitar elétrons. Um elemento chave de uma bateria é o separador entre o ânodo e o cátodo, enquanto permite o fluxo livre dos íons, o fluxo dos elétrons é forçado a trafegar pelo circuito externo, completando o circuito. Em uma célula recarregável o processo é reversível, na descarga o terminal positivo é o cátodo e o terminal negativo o ânodo. Porém, durante a carga ocorre o inverso, agora o terminal positivo é o ânodo e o terminal negativo o cátodo.

De acordo com mesmo autor, tipicamente, o ânodo é feito de um metal base, enquanto o cátodo é formado de um óxido metálico.

### 2.3.1. PARÂMETROS E DEFINIÇÕES SOBRE BATERIAS

A célula é a unidade eletroquímica básica de uma bateria e possui uma tensão característica que depende dos materiais nela contidos. Uma célula é uma combinação de dois eletrodos e do eletrólito. Quando uma célula está descarregando, ocorrem reações químicas entre o material ativo de cada eletrodo e o eletrólito, que produzem eletricidade. Durante o processo de carga, a reação inversa ocorre consumindo energia. A polaridade dos eletrodos indica o sinal da carga que eles possuem. É essencial que os eletrodos positivo e negativo não se toquem. Caso isto ocorra, um curto-circuito será causado e a célula descarregará rapidamente. Quando todo o material ativo nos dois eletrodos é convertido, a célula está completamente descarregada. Durante o carregamento o processo é revertido, ocorre a conversão do material ativo para o estado inicial (MOURA CLEAN, 2001).

A bateria pode ser uma simples célula ou uma combinação de células, podendo ser em série ou em paralelo, para obter a tensão e capacidade de corrente desejável.

Ainda conforme o mesmo autor, a capacidade é definida como a corrente máxima que uma bateria pode fornecer continuamente por uma hora, sem causar sua inutilização. A sua unidade de medida é dada em amperes-hora

(Ah). Uma bateria que pode fornecer dois amperes em uma hora, não necessariamente fornece em duas horas somente um ampere, já que quanto maior o seu tempo de descarga, maior será sua eficiência.

A densidade de energia pode ser definida como a quantidade de energia para um determinado volume ou peso. As unidades mais empregadas são: Watt hora por quilograma (Wh/kg) e Watt hora por litro (Wh/l).

A curva de descarga de uma bateria pode ser caracterizada como o valor de tensão de pico nominal e quando ela está totalmente descarregada. Geralmente, os gráficos fornecidos pelos fabricantes para a curva de descarga são funções da taxa “C”, como exemplo da figura 8. (MOURA CLEAN, 2001).

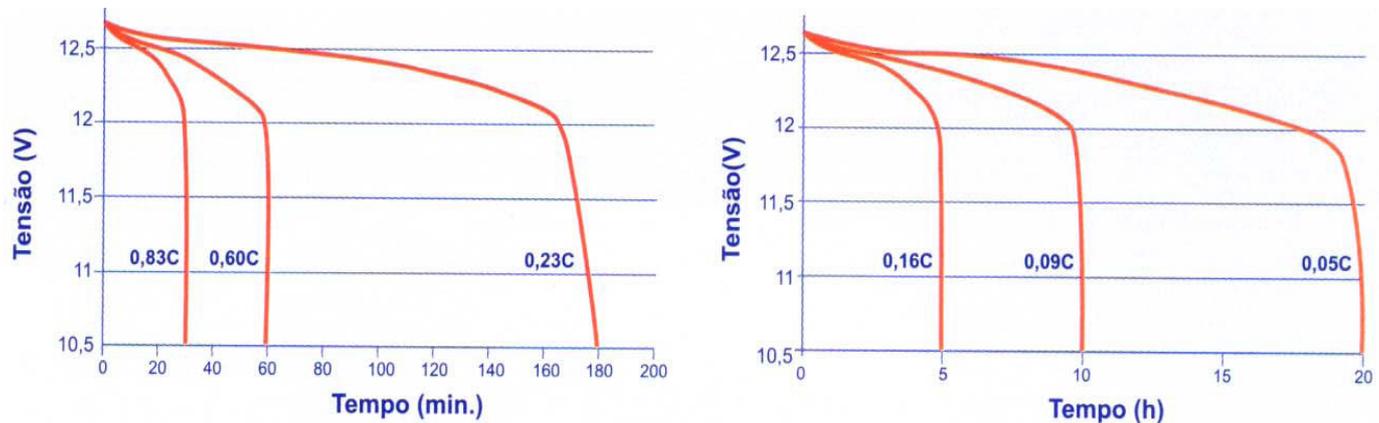


Figura 8. Curva de descarga de uma bateria de chumbo ácido do fabricante (MOURA CLEAN, 2001).

A auto descarga é resultante de correntes internas na bateria, essas correntes ocasionam perda de carga mesmo em uma bateria não utilizada (MOURA CLEAN, 2001).

Segundo o mesmo autor, a vida útil é dada em números de ciclos, carga seguida de descarga, que uma célula recarregável pode fornecer.

### 2.3.2. PRINCIPAIS TIPOS DE BATERIAS RECARREGÁVEIS

Entre os vários tipos de baterias recarregáveis, podem ser citadas as cinco mais utilizadas:

- PrataZinco (AgZn);
- Lítio ion;
- NíquelCádmio (NiCd);
- Níquel Metal Hidreto (NiMH);
- ChumboÁcido (Pb-Ácido)

A bateria de Prata Zinco (AgZn), atualmente composta por prata e oxido de zinco, é um processo bem sedimentado. A sua célula utiliza uma solução de hidróxido de potássio como eletrólito, gerando uma reação exotérmica e a liberação de gases, característica que é mais acentuada com correntes de descarga maiores. Nos dias atuais, ela é uma das baterias que possui a maior densidade de energia, tanto em volume quanto em peso, sendo mais empregada na indústria militar e aeroespacial (DEGNER, 1994)

As baterias de Prata Zinco (AgZn), apresentam elevado custo de fabricação da célula e composição química com materiais perigosos.

As baterias de Lítio Ìon possuem picos de potência específica maior que 1000 W/kg e densidade de energia maior que 100 Wh/kg. Ela possui maior eficiência energética que as baterias à base de chumbo ou níquel, porém a sua vida útil é menor. É muito empregada em celulares e notebooks, onde o volume e a autonomia são mais importantes

que a vida útil (MELO, 1999).

Estas baterias necessitam de um controle de carga preciso, pois possuem baixa tolerância à sobrecarga. Na descarga, se a tensão da célula cair abaixo de 2,5 V a bateria é danificada.

As baterias de níquel cádmio (NiCd), têm sido utilizadas em aparelhos domésticos como celulares, filmadoras, computadores, entre outros. A célula da NiCd é composta por um ânodo metálico de cádmio, um cátodo de óxido de níquel e um eletrólito de hidróxido de potássio.

Esta bateria possui densidade de energia maior que a de chumbo ácido, bem como uma vida útil maior. O segredo da sua longa durabilidade está no material das placas, que é de aço sólido, relativamente imune aos agentes químicos que as cercam, mantendo inalterada a integridade mecânica e condutividade elétrica por toda sua vida útil (MELO, 1999).

As baterias de NiCd possuem menor susceptibilidade à variação de temperatura, suportando um regime de trabalho em temperaturas mais elevadas, quando comparadas as baterias de chumbo ácido.

Um problema da bateria de NiCd é sua boa regulação, a tensão em aberto deste tipo de bateria praticamente não muda com sua descarga, o que torna difícil determinar o seu estado de carga apenas monitorando a tensão, dificultando o projeto de seu carregador.

Outro grande inconveniente de baterias de NiCd é sua toxicidade. O cádmio é um metal altamente tóxico, cujo uso vem sendo questionado por razões ambientais. Embora o uso de grandes baterias de níquel cádmio seja encontrado em alguns veículos especiais ou mesmo em bancos de baterias para fontes de telecomunicações, a sua substituição por baterias de níquel metal hidreto pode ser uma tendência, embora essas últimas possuam uma expectativa de vida menor (MELO, 1999).

A bateria de níquel hidreto metálico (NiMH), pode ser considerada como uma extensão da tecnologia da bateria de NiCd, mas com algumas diferenças. A maior diferença está na construção de seu ânodo, este é feito com hidreto metálico e não é utilizado cádmio.

Segundo MELO (1999), os aspectos negativos desta bateria são; alto custo, baixa capacidade para fornecer picos de corrente, grande risco de se danificar com sobrecarga e alta taxa de auto descarga.

Na construção das células das baterias de chumbo ácido, são utilizadas placas positivas de dióxido de chumbo, placas negativas de chumbo e eletrólito de ácido sulfúrico. Na descarga, ocorre uma reação química que converte estes componentes em sulfato de chumbo e água. Na carga a reação é inversa, contudo uma sobrecarga pode ocasionar a formação de gás hidrogênio e gás oxigênio, conseqüentemente ocorre à perda de água. A atual tecnologia já permite a construção de separadores que converte estes gases em água.

As baterias de chumbo ácido têm sido fabricadas da mesma maneira há muitas décadas, e têm provado serem confiáveis e de baixo custo para partida de motores de automóveis, iluminação e ignição. Mais de 90% dos veículos automotores utilizam bateria de chumbo ácido. Inclusive os primeiros veículos elétricos concebidos pelo General Motors, Ford e outras companhias. A invenção da partida elétrica de automóveis de motores a combustão em 1912, alimentada pela bateria de chumbo ácido, foi fator decisivo do declínio da produção de automóveis movidos à bateria, que era de cerca de 50% em 1900 (MELO, 1999).

Segundo o mesmo autor, a durabilidade de uma bateria de chumbo ácido depende muito da forma como ela é descarregada e da temperatura de operação, o que dificulta a determinação da carga remanescente. Isto pode ser solucionado com o uso de sistemas de monitoração e controle sofisticados juntamente com algoritmos de recarga com diferentes etapas controladas.

#### **2.4. INVERSOR DE FREQUÊNCIA**

O inversor é um dispositivo eletrônico capaz de converter uma tensão contínua em uma tensão alternada simétrica em sua saída, com frequência e módulos idênticos aos da rede de concessionária de energia. O inversor que será utilizado neste projeto é dividido em duas etapas, sendo a primeira etapa responsável para filtrar a tensão de

frequência contínua gerada pelo painel solar, esta é composta por capacitores, indutores e resistores (BARBI, 2000). Estes inversores são aplicados em sistemas fotovoltaicos, para esta aplicação, ele tem a função de inverter esta tensão contínua em tensão alternada simétrica com módulo e frequência variável, utilizando para isto chaves eletrônicas de estado sólido (semicondutores), controladas por um CI do sistema de controle do inversor, estes semicondutores devem ser chaveados de maneira tal a garantir na saída uma modulação de largura de pulso para obter uma de tensão de corrente alternada, sintetizada com módulo e frequência variável, com isto este equipamento esta apto a alimentar uma carga.

A variabilidade da frequência e tensão para estes equipamentos disponíveis no mercado é muito grande, atualmente seu valor está entre 0 e 400 Hz, este equipamento pode ser da forma escalar ou vetorial, a escalar é a mais utilizada, em linhas gerais, pode dizer que os inversores escalares baseiam-se em equações de regime permanente. A lógica de controle utilizada é a relação V/F constante, conforme figura 9 (LANDER, 1996).

Existem no mercado alguns tipos de Inversores: Inversor monofásico com terminal central, monofásico em ponte, trifásico em ponte, com fonte de corrente constante e transistores de potência. Neste projeto esta sendo utilizado o inversor monofásico com terminal central (LANDER, 1996).

Como neste projeto a carga a ser alimentada é um sistema de iluminação que necessita de uma tensão de alimentação da forma alternada, deve ser inserido um filtro na entrada do transformador, composto por capacitores. Mas, como capacitor efetivamente está em paralelo com a carga e com o transformador, deve ser instalado um indutor em série com a fonte de corrente contínua, necessário para prevenir a descarga instantânea do capacitor, quando ocorre o chaveamento dos tiristores. Quando um tiristor está conduzindo, a tensão da fonte de corrente contínua está aplicada sobre uma metade do primário do transformador, no qual a tensão total vale duas vezes a tensão da fonte CC, portanto o capacitor se carrega com este valor. O disparo do outro tiristor desliga o primeiro pelo princípio do capacitor de comutação em paralelo, se o transformador for considerado ideal, o valor de ampere-espira sempre será balanceado. Quando chaveamos a tensão da fonte CC sobre o enrolamento do transformador, o fluxo de corrente está variando, acontecendo o princípio de magnetização do trafo. Para obter um ganho na forma de onda produzida por um inversor, visando aproximar de uma senoide perfeita, deve trabalhar nos disparos de cada tiristor, ilustrado na figura 10.

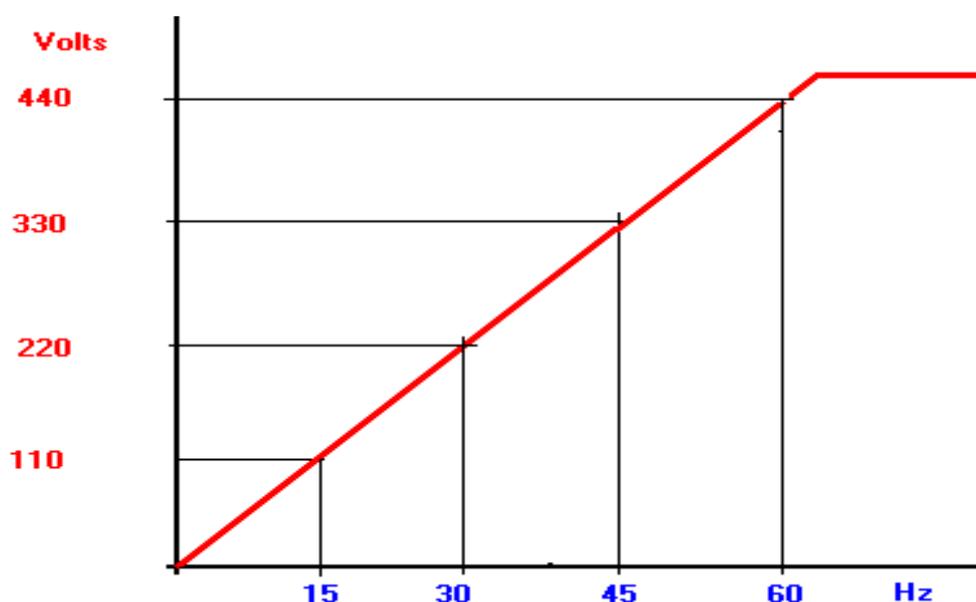


Figura 9. Gráfico Escalar V/F (LANDER, 1996).



### 3.2 CÁLCULOS DO CONSUMO DIÁRIO

Como essa lâmpada apresenta um fluxo luminoso bem mais disperso se comparada com os LEDs, será adotada apenas uma em cada cômodo, apesar dela ser fixa. A tabela 1 apresenta o consumo estimado.

AMBIENTE	QUANTIDADE	POTÊNCIA NOMINAL	HORAS DE USO/DIA	CONSUMO DIÁRIO
VARANDA	1	15	6	90
SALA	1	15	3	45
COZINHA	1	15	3	45
QUARTO 1	1	15	1	15
QUARTO 2	1	15	1	15
QUARTO 3	1	15	1	15
QUARTO SUÍTE	1	15	1	15
BANHEIRO SUÍTE	1	15	2	30
BANHEIRO SOCIAL	1	15	2	30

**TABELA1. Consumo estimado usando lâmpadas eletrônicas**

O consumo diário estimado para o verão será então dado por:

$$C = 90 + 45 + 45 + 15 + 15 + 15 + 15 + 30 + 30 = 300\text{Wh}$$

Calculando a potência total instalada:

$$P \text{ instalada} = 15 \times 9 = 135\text{W}$$

### 3.3 DIMENSIONAMENTO DAS BATERIAS

Como explicado anteriormente, uma descarga diária média de 20% será considerada, então a energia demandada pelas baterias (levando em conta o pior caso, um consumo de 300W.h), e a capacidade (levando em conta os 12V de tensão terminal) serão dadas por:

$$E \text{ bateria} = 300\text{Wh} / 0,2 = 1500\text{Wh}$$

$$C \text{ bateria} = 1500\text{Wh} / 12 = 125\text{Ah}$$

Aproximando a descarga diária (20%) da bateria em 4h, a partir de uma simples regra de três, tem-se que a taxa de descarga completa se dará em 20h.

Deve-se procurar por uma bateria do tipo C 20 com 125Ah de capacidade, ou melhor. Sem levar em conta os preços, a partir da tabela para modelos FNC, percebemos que a bateria FNC 121500-C, com 150Ah de capacidade, atenderia bem esse caso.

### 3.4 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

De acordo com os valores nominais de tensão, corrente e potência, calculados anteriormente para o projeto, definiu-se a partir da tabela do fabricante SOLAREX que o painel com a tecnologia de filme fino de silício amorfo, modelo

MST-20LV atende as necessidades dos valores calculados e possui os seguintes dados de placa:

GRANDEZA	INICIAL	NOMINAL
POTÊNCIA MÁXIMA	24,1 W	20 W
CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO	22,3 V	22 V
TENSÃO DE CIRCUITO ABERTO	1,72 A	1,56 A
TENSÃO PARA POTÊNCIA	17,2 V	16,2 V
CORRENTE PARA POTÊNCIA	1,40 A	1,30 A

**TABELA 2. Dados de placa do painel MST-20LV**

### 3.5 DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR

Uma vez que a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos e armazenada na bateria é em corrente contínua e se deseja conectar uma carga de corrente alternada, torna-se necessário o uso de um inversor. De acordo com a Tabela 1 da Recon, como nossa unidade residencial terá uma potência total instalada inferior a 1kVA, deveremos adotar um fator de demanda igual a 0,80. Assim, nossa demanda máxima igual a:

$$\text{Demanda máxima} = 0,8 \times 135 = 108\text{W}$$

Logo, nosso inversor deverá possuir uma potência real mínima de 108W, uma entrada em corrente contínua de 12V e uma saída em 220V (corrente alternada). Em geral, os inversores são dimensionados em função da potência aparente, utilizando o fator de potência de 0.60 nominal das lâmpadas eletrônicas, teremos uma potência aparente máxima dada por:

$$S = P / F_p = 108 / 0,60 = 180 \text{ VA}$$

Os valores de potência em Watts apresentados nos inversores indicam a potência máxima do inversor, caso alimentando uma carga puramente resistiva, o que não é o caso. Assim, será utilizada sempre a potência aparente para o seu dimensionamento. Para que os inversores de onda retangular trabalhem com o máximo possível de eficiência, deveremos dimensioná-lo de modo que ele trabalhe com no máximo 80% da sua potência nominal.

Sendo Potencia ativa (W) = Potencia aparente (VA) / Fp logo o inversor dimensionado devera ter:

$$P = 180 / 0,6 = 300 \text{ W}$$

Assim, estará trabalhando sempre abaixo dos 80%, o que garante uma confortável eficiência de conversão e uma reserva estratégica, caso novas cargas venham a ser ligadas. Caso nenhuma carga esteja conectada, é recomendado que o botão do inversor seja desligado, evitando assim as perdas intrínsecas do equipamento.

### 3.6 DIMENSIONAMENTO DO CONTROLADOR DE CARGA

O controlador de carga deverá permitir que as baterias sejam carregadas do modo ótimo, protegê-las contra sobrecargas, prevenir descargas indesejáveis, proteger descargas profundas, além de informar o estado de carga da bateria.

Com isso tudo, aumenta-se em muito a vida útil das baterias e se protege os painéis fotovoltaicos contra correntes

reversas.

Como foi calculada uma demanda máxima de 108W, e de acordo com o fabricante um fator de potência igual a 0,60, teremos uma potência aparente igual a:

$$S = P / F_p = 108 / 0,60 = 180VA$$

E uma corrente máxima no lado de corrente alternada de:

$$I_{max} = S / V = 180 / 220 = 0,82A$$

Considerando um rendimento de aproximadamente 86.2%( de acordo com o fabricante do inversor), teremos a seguinte corrente no lado de corrente contínua:

$$I_{max} = ( V_{220} \times I_{max220} ) / ( n \times V_{12} ) = ( 220 \times 0,82 ) / ( 0,862 \times 12 ) = 17,44A$$

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve o intuito de fazer um estudo de viabilidade para instalação de iluminação de instalações de meios rurais através de energia solar que é uma das opções de energia alternativa e é um dos incentivos das companhias de energia e do governo para as pesquisas e desenvolvimento de projetos para fontes alternativas de energia.

No presente trabalho, mostrou-se que é possível utilizar equipamentos mais econômicos que os convencionais em sistemas fotovoltaicos, obtendo uma boa eficiência e funcionalidade.

A partir desse estudo do pôde se conhecer mais sobre os equipamentos necessários para a instalação de um sistema fotovoltaico, criando assim uma base para uma futura implantação. Como o mesmo aplica valores ideias de cálculos, faz-se necessário a implementação do projeto para que possa ser comprovado os cálculos via medições, levantamentos de consumo/carga, assim sendo possível projetar um consumo mais próximo da realidade evitando um sub ou superdimensionamento.

Com base nos estudos e na conscientização ambiental pode-se afirmar que a energia sustentável é a energia que pode ser utilizada sem danos ao meio ambiente e aos seres vivos, tendo em mente que não somente a energia fotovoltaica, mas também todas as outras formas de energia renovável têm influencia direta no nosso cotidiano, afinal tudo o que fazemos ou que possuímos ao nosso redor utiliza alguma forma de energia.

## 6.REFERÊNCIAS

BARBI, "Generation of Family of Non-Isolated DC-DC PWM Converters Using New Three-State Switching Cell", in Proc. of Power Electronics Specialists Conference, vol. 2, June 2000.

FILHO, N. P. – Inversores Monofásicos para Sistemas Fotovoltaicos de Energia Elétrica, São Luís - UFMA, 2003.

KYOCERA SOLAR DO BRASIL, copyright 2007, [http://www.kyocerasolar.com.br/site/produtos\\_modulos.php?cat=12](http://www.kyocerasolar.com.br/site/produtos_modulos.php?cat=12)

LANDER, Texcom Intelligence and Electronics Warfare Test Directorate, october 1996

MAMMANO, Bob. Portable Power – A Designer's Guide to Battery Management. Topic2, SEM-1000, Unitrode Power Supply Design Seminar Book, Oct 1994.

MELO, S. Pilhas e baterias: indústria terá de oferecer opções para descarte. Saneamento Ambiental, 1999.

Moura Clean – Famílias MF e MC. Ref.: MC01 2001. Acumuladores Moura S.A. <http://www.moura.com.br>

O'Regan e M. Grätzel, Fazer uma célula fotovoltaica 1991.

PALZ, Fontes de Energia Renováveis e seus principais benefícios para a humanidade, 2002.

PRIEB, C. W. M. – Desenvolvimento de um Sistema de Ensaio de Módulos fotovoltaicos, Porto Alegre -UFRS, Dissertação de Mestrado, 2002;

Roadstar Management SA, 2010. <http://www.roadstar.com>

CRESESB/CEPEL – Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, Ediouro Gráfica e Editora S.A., Setembro de 2008 – Rio de Janeiro, RJ;

LIGHT - RECON – BT Entradas Individuais e Coletivas.

.