

ENERGIA SOLAR FV – geração de energia limpa

Rafael Ramon FERREIRA (1); Paulo C. da SILVA Filho (2,3)

- (1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Av. Sen. Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN, e-mail: rafaelramon92@hotmail.com
(2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, e-mail: paulo.cavalcante@ifrn.edu.br
(3) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Física Teórica e Experimental.

RESUMO

Por milhares de anos a humanidade sobreviveu com base no trabalho braçal e animal, as fontes de energia eram inanimadas, como rodas hidráulicas e moinhos de vento. Esses tipos de energia significaram um importante incremento quantitativo do regime de trabalho. Hoje em dia grande parte de nossa energia procede de combustíveis fósseis, tais como: carvão mineral ou vegetal, petróleo e gás natural. Até muito pouco tempo se dava por descartada a esgotabilidade da energia. Um homem comum simplesmente desconhecia a intrincada rede formada pela produção de combustível e a indústria que serve à sua comodidade. Nesse panorama, o aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio. A energia solar que é abundante e permanente renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema. Em nosso estudo sobre o uso da energia solar, fizemos uma abordagem dentro da energia solar fotovoltaica - ESF. O Efeito Fotovoltaico, relatado pelo físico Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção de luz. Em nosso trabalho, a ESF é obtida através da conversão direta da luz solar em eletricidade. Dentro dessa perspectiva de atuação e de política energética, nosso estudo vem somar com as recentes pesquisas dentro do tema da energia solar, e visar à implantação dessa tecnologia como fonte energética sustentável.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica, energia alternativa, abastecimento energético sustentável.

1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio. E quando se fala em energia, deve-se lembrar que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas, em sua maioria, da energia do Sol.

A Energia Solar Fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado pelo físico Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção de luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão (CRESESB).

O Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo, com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados e, mais de 7 mil quilômetros de litoral, suas condições para aproveitamento energético são extremamente favoráveis. Se, por um lado, as reservas de combustíveis fósseis estão

gradativamente sendo reduzidas, por outro, os potenciais hidráulicos, da irradiação solar, da biomassa e da força dos ventos são suficientemente abundantes para garantir a auto-suficiência energética do país.

A energia solar é abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema. A energia solar 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. O Sol irradia anualmente o equivalente a 10.000 vezes a energia consumida pela população mundial neste mesmo período. Para medir a potência é usada uma unidade chamada quilowatt. O Sol produz continuamente 390 sextilhões ($3,9 \times 10^{23}$) de quilowatts de potência. Como o Sol emite energia em todas as direções, um pouco desta energia é desprendida, mas mesmo assim, a Terra recebe mais de 1.500 quatrilhões ($1,5 \times 10^{18}$) de quilowatts-hora de potência por ano. Para cada metro quadrado de coletor solar instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis, na construção de novas usinas hidrelétricas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segue abaixo alguns dos principais conceitos teóricos no tangente aos sistemas FV.

2.1 Energias renováveis

Entende-se por: “Energias renováveis são todas aquelas formas de energia cuja taxa de utilização é inferior a sua taxa de renovação. As suas fontes podem ter origem terrestre (energia geotérmica) gravitacional (energia das mares) e solar (energia armazenada na biomassa, energia de radiação solar, energia hidráulica, energia térmica oceânica e energia cinética do vento e das ondas). Também são consideradas fontes de energia renovável os resíduos agrícolas, urbanos e industriais.”

2.2 Energia solar fotovoltaica (FV)

i. Efeito fotovoltaico em semicondutores

O efeito fotovoltaico ocorre em materiais da natureza denominados semicondutores que se caracterizam pela presença de bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons (banda de valência) e de outra onde totalmente “vazia” (banda de condução). O semicondutor mais usado é o silício. Seus átomos se caracterizam por possuírem quatro elétrons que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Ao adicionarem-se átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, por exemplo, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado e que ficará “sobrando”, fracamente ligado a seu átomo de origem. Isto faz com que, com pouca energia térmica, este elétron se livre, indo para a banda de condução. Diz-se assim, que o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se *dopante n* ou *impureza n*.

ii. Células FV

Células fotoelétricas ou fotovoltaicas são dispositivos capazes de transformar a energia luminosa, proveniente do Sol ou de outra fonte de luz, em energia elétrica. São as menores unidades para os sistemas fotovoltaicos, sendo assim a sua unidade fundamental. Uma célula fotoelétrica pode funcionar como geradora de energia elétrica a partir da luz, ou como um sensor capaz de medir a intensidade luminosa. A função de uma célula solar consiste em converter diretamente a energia solar em eletricidade. A forma mais comum das células solares o fazerem é através do efeito fotovoltaico.

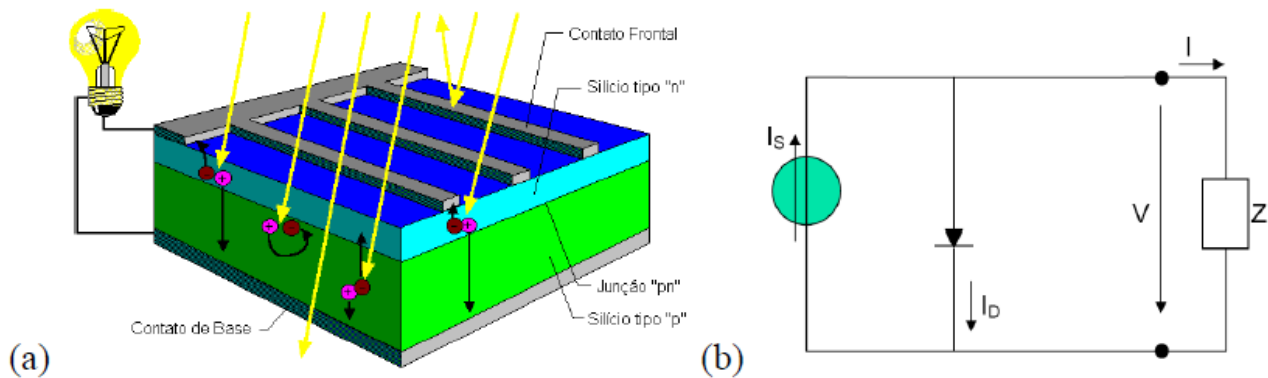


Figura 1: (a) Corte transversal de uma célula fotovoltaica (b) Circuito elétrico equivalente de uma célula fotovoltaica

(1) Tipos de células (Classificação quanto ao material semiconductor):

(a) Silício Monocristalino;

As células mono-cristalinas representam a primeira geração. O seu rendimento elétrico é relativamente elevado (aproximadamente 16%, podendo subir até cerca de 20% em laboratório), mas as técnicas utilizadas na sua produção são complexas e caras. Por outro lado, é necessária uma grande quantidade de energia na sua fabricação, devido à exigência de utilizar materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita.

(b) Silício Policristalino

As células poli-cristalinas têm um custo de produção inferior por necessitarem de menos energia na sua fabricação, mas apresentam um rendimento elétrico inferior (entre 11% e 13%, obtendo-se até 18% em laboratório). Esta redução de rendimento é causada pela imperfeição do cristal, devido ao sistema de fabricação.

(c) Silício Amorfo

As células de silício amorfo são as que apresentam o custo mais reduzido, mas em contrapartida o seu rendimento elétrico é também o mais reduzido (aproximadamente 8% a 10%, ou 13% em laboratório). As células de silício amorfo são películas muito finas, o que permite serem utilizadas como material de construção, tirando ainda o proveito energético.

2.3 Módulos FV

(1) Características elétricas dos módulos FV

Pela baixa tensão e corrente de saída em uma célula fotovoltaica, agrupam-se várias células formando um módulo. O arranjo das células nos módulos pode ser feito conectando-as em série ou em paralelo. Ao conectar as células em paralelo, somam-se as correntes de cada módulo e a tensão do módulo é exatamente a tensão da célula. Por outro lado, ao conectar-se as células em série há a soma de correntes e uniformidade nos valores da corrente (a corrente nominal de saída é a da própria célula). A corrente produzida pelo efeito fotovoltaico é contínua. Pelas características típicas das células (corrente máxima por volta de 3A e tensão muito baixa, em torno de 0,7V) este arranjo não é utilizado salvo em condições muito especiais.

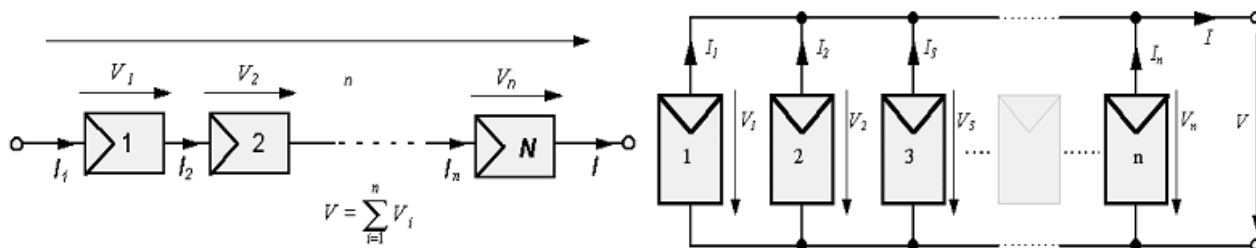


Figura 2: (a) Arranjo de células em série; (b) Arranjo das células em paralelo.

(2) Comportamento sob influencias externas (Clima, meio ambiente);

Os principais fatores que influenciam nas características elétricas de um painel são a *Intensidade Luminosa* e a *Temperatura das Células*. A corrente gerada nos módulos aumenta linearmente com o aumento da Intensidade luminosa. Por outro lado, o aumento da temperatura na célula faz com que a eficiência do módulo caia abaixando assim os pontos de operação para potência máxima gerada (CRESESB, 1999).

2.4 Sistemas FV

Um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias distintas: sistemas isolados, híbridos e conectados a rede. Os sistemas obedecem a uma configuração básica onde o sistema deverá ter uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento.

(1) Tipos de sistemas:

(a) Sistemas Isolados (off-grid);

Sistemas isolados, em geral, utilizam-se alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos ou armazenam-se na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida ou estocada em reservatórios.

(b) Sistemas Híbridos;

Sistemas híbridos são aqueles que, desconectados da rede convencional, apresentam várias fontes de geração de energia como, por exemplo: turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica torna-se complexo na necessidade de otimização do uso das energias. É necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário.

(c) Sistemas Conectados a rede (On-grid connected)

Estes sistemas utilizam grande número de painéis fotovoltaicos, e não utilizam armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente na rede. Este sistema representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte, ao qual está conectada. Todos os arranjos são conectados em inversores e logo em seguida guiados diretamente na rede. Estes inversores devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada.

3 PANORAMA DOS SISTEMAS FV NO BRASIL

3.1 Sistemas FV no Brasil

No Brasil existem hoje vários projetos em nível governamental e privado. Esses projetos englobam diversos aspectos da utilização da energia solar como na eletrificação rural, no bombeamento

d'água e também em sistemas híbridos. Aqui serão apresentados alguns dos sistemas instalados no Brasil mostrando suas características e as populações beneficiadas.

3.2 Panorama energético brasileiro

Com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados e, mais de 7 mil quilômetros de litoral e condições para aproveitamento energético extremamente favoráveis, o Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo (os potenciais hidráulicos, a irradiação solar, a biomassa e a força dos ventos). Entretanto, para ANNEL (2002) o crescimento da demanda, a escassez de oferta e as restrições financeiras, socioeconômicas e ambientais a expansão do sistema indicam que o suprimento futuro de energia elétrica exigirá maior aproveitamento de fontes alternativas renováveis.

4 PESQUISA COM SISTEMAS FV NO IFRN

Abaixo segue dados alusivos a nossa pesquisa desenvolvida no campus Natal-Central do IFRN desde 2009.

4.1 Aspecto histórico

Iniciada em maio de 2009 esta pesquisa trata-se de um estudo descritivo exploratório de abordagem científica, com ênfase em medidas experimentais, voltada para o estudo da viabilidade da utilização da energia solar e divulgação científica entre a comunidade do IFRN. Durante os eventos científicos realizados no IFRN, realizamos mini-cursos na EXPOTEC 2009, na VII Mostra de Física e no VI Congresso de Iniciação Científica do IFRN – 2009 (CONGIC). Também apresentamos nossa pesquisa no XXVII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste - 2009 (EFNNE), realizado na cidade de Belém-PA.

4.2 Material utilizado

Durante nosso estudo, fizemos o levantamento técnico de monitoramento dos módulos de energia solar FV: monocristalino e policristalino, através de instrumentos de medidas elétricas. As variáveis físicas envolvidas (tensão, corrente e potência) foram estudadas qualitativamente e quantitativamente para analisar a viabilidade de implantação do projeto de sistemas FV em ambientes pequenos. Como carga, utilizamos um banco de resistores (ver figura 3), sendo 10 resistores de 33Ω de resistência elétrica cada, dispostos em ligação paralela (aproximadamente $3,3\Omega$) para que a corrente elétrica possa ser dividida com cada resistor. O banco foi montado numa base de acrílico.

5 ANÁLISE DE DADOS

Diferentemente da energia elétrica proveniente da rede elétrica da concessionária de energia elétrica que é alternada (com frequência de 60 Hz), a tensão e corrente elétricas produzidas pelos módulos FV são de forma contínua (C.C), ou seja, semelhante as fontes químicas: baterias e pilhas. As cargas com maior viabilidade para serem alimentadas pelos módulos fotovoltaicos são os aparelhos resistivos, tais como: lâmpadas, aquecedores, e outros sistemas resistivos.

6 PERSPECTIVAS FUTURAS

O constante desenvolvimento de tecnologias é fundamental para a evolução da ciência e tecnologia das nossas civilizações. Nosso objetivo é o aprofundamento contínuo dos estudos para assim constituirmos uma base de dados mais sólida e extensa, podendo assim desenvolver um processo de maturação dos estudos em energia FV.

7 CONCLUSÕES

A energia solar que é abundante, não polui e nem prejudica nossos ecossistemas. Em nosso estudo sobre o uso desta energia, fizemos uma abordagem dentro da energia solar fotovoltaica - **ESF**. Este fenômeno foi descoberto pelo físico Edmond Becquerel, em 1839.

Neste estudo, fizemos uso dos módulos de silício monocristalino e policristalino. No que diz respeito à análise qualitativa e quantitativa sobre o uso da energia solar para abastecimento energético, o módulo monocristalino possui a eficiência de aproximadamente 15%, e dos policristalinos estão entre 11% e 13%, segundo a literatura (CRESESB). A diferença encontrada nos valores de corrente elétricas medidas (~ 1 A e ~ 2 A, respectivamente), nesta pesquisa, se deve a diferença das áreas de nossos módulos fotovoltaicos: 0,1413 m² para monocristalino e 0,594 m² para policristalino. O fato dos valores das correntes elétricas estarem oscilando próximos de 1 A e 2 A, significa que o módulos de ESF conseguem manter esta corrente elétrica, fato muito importante para o abastecimento do banco de baterias.

Ainda corrente elétrica, as variações observadas nestas são causadas pela influência da atmosfera, tais como: reflexão por nuvens e aerossóis; reflexão pela superfície; absorção (O₃ da estratosfera e vapor d'água da troposfera) e absorção pela superfície.

A partir da posição geográfica da nossa cidade, Natal-RN, é possível obter-se elevados níveis de radiação solar durante todo o ano, fato positivo para uso da tecnologia fotovoltaica. Sendo assim, podemos concluir com parecer favorável a viabilidade do uso de um sistema de energia fotovoltaico híbrido, isto é, parte da energia elétrica é proveniente da concessionária elétrica (COSERN), parte do nosso sistema fotovoltaico.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, Carlos Arthur de Oliveira; GUARONGHE, Vinicius Mendes; **Energia Solar**. In: Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP [online]. Disponível em:

<<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/esolar/esolar.html>>. Acesso em 07 de julho de 2010;

CENTRO DE REFERENCIAS PARA ENERGIA SOLAR E EOLICA SERGIO DE SALVO BRITO. **Manual do engenheiro para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: 1999.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2a. Ed. - Brasília: ANEEL, 2005.[online] Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/EdicaoLivros2005atlas.cfm>> Acesso em 14 de julho de 2009.

CASTRO, Rui M.G.; **Energias Renováveis e Produção Descentralizada INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA**. UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA. Ed. 3. Lisboa: Marco de 2009.

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; ABREU, Samuel Luna de; RUTHER, Ricardo; **Atlas brasileiro de energia solar**, Sao Jose dos Campos: INPE, 2006.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília : ANEEL, 2002.[online] Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf> Acesso em 14 de Julho de 2009.

BEZERRA, Arnaldo Moura. **Aplicações Térmicas da Energia Solar**. 4. Ed. Editora Universitário-UFPB. Joao Pessoa: 2001

VAN VALKENBURGH, NOOGER & NEVILLE, INC. **Eletricidade Básica Vol.3**. Ao livro tecnico. Rio de Janeiro: 1982

INPE (BRASIL). **Gráficos da estação climatológica/solarimétrica**. In: Centro Regional do Nordeste – Laboratorio de Variaveis Ambientais Tropicais. Disponível em:

<<http://www.crn2.inpe.br/lavat/index.php?id=graficosClimatologica>>

SILVA, Francisco Raimundo; OLIVEIRA, Hugo Sergio Medeiros de; MARINHO, George Santos. **Análise das componentes global e difusa da radiação solar em natal-rn entre 2007 e 2008**. II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferencia Regional Latino-Americana da ISES - Florianopolis, 18 a 21 de novembro de 2008.

CASTRO, Rui M.G.; **Energias Renováveis e Produção Descentralizada INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA**. UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA. Ed. 3. Lisboa: Marco de 2009.

AMBIENTE BRASIL. **Energia solar e o meio ambiente**. Disponível em:

<[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/solar.html)

[base=./energia/index.html&conteudo=./energia/solar.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/solar.html)> Acesso em 07 de julho de 2009