**ENERGIA SOLAR E PLACA FOTOVOLTAICA : O FUTURO DA ENERGIA ALTERNATIVA**

ORESTES, Hilson

SARTORI, RODRIGO VINÍCIUS

Professor, Doutor em Administração

**RESUMO**

O presente trabalho aborda o tema da energia renovável e sua forma de obtenção, também faz referênciaas dificuldades enfrentadas para o desenvolvimento em larga escala desse tipo de tecnologia no Brasil. A energia, como os altos níveis de radiação solar, é de grande capacidade de distribuição e por se tratar de uma forma que não causa impacto ambiental por ser limpa e não contaminante e não causar interferências danosas aos habitats onde é instalada e ainda por deter um baixo custo para sua obtenção. As desvantagens encontradas são os elevados interesses de lucro que comprometem o custo ao consumidor final.

**Palavras-chave:** Energia; Fotovoltaica; Solar; Renovável; Ambiental.

1. **INTRODUÇÃO**

A energia gerada pelo sol no planeta terra, hoje é uma das alternativas para geração de energia que mais se destaca para o desenvolvimento humano. A energia do sol ou energia solar entre outros termos.

É através da energia do sol que se faz a evaporação, a indução de circulação atmosférica de ar, e origina a várias outras fontes de energia, como a energia hidroelétrica, energia eólica, energia solar fotovoltaica, energia térmica, entre outras.

Na geração da energia solar fotovoltaica, cada consumidor que provem dessa energia total ou parcial, contribui para o setor elétrico, além de diminuir sua conta de energia elétrica em curto prazo.

Como é uma nova tecnologia que está sempre sendo estudado, o custo de um sistema de energia solar fotovoltaico depende principalmente do tamanho e da complexidade da instalação, e por isso torna-se ainda uma tecnologia com preço muito alto.

1. **A ENERGIA SOLAR NO BRASIL**

O Brasil é um país que apresenta características favoráveis à utilização de meios renováveis produção de energia, especialmente a eólica e solar. Suas características de clima e índice de incidência de irradiação solar ao longo do ano é o que permite afirmar que sua utilização é favorável no país, até mesmo em larga escala (PETROBRÁS, 2006).

Mesmo com altos índices de irradiação solar, o Brasil ainda se limita em algumas dificuldades, fazendo pouco uso dessa tecnologia, entre tanto observa quem empenhos nessa área estão sendo feitos para o crescimento e avanço em pesquisas.

Atualmente, no Brasil há laboratórios e equipes de especialistas em universidades públicas e privadas, centro de pesquisa e empresas, atuando no desenvolvimento de tecnologias de purificação de silício, células e módulos fotovoltaicos, inversores e controladores de carga, bem como no estudo de aplicações dessas tecnologias, porém, ainda não foi atingido o nível de aperfeiçoamento tecnológico dos países desenvolvidos nesta área e, esforços devem ainda ser realizados por todos os atores do setor (TAVARES, ANTONIO, 2014, p.60).

Para fins de pesquisas, no Brasil segundo Tavares e Antônio (2014 p.62),“A Chesf (Companhia Hidroelétrica do São Francisco) foi pioneira nesta área ao instalar um sistema fotovoltaico de 11 Kwp em 1995, em a sede em Recife, PE”.

Programas políticos como o “Minha Casa Minha Vida” têm adotado a utilização de painéis fotovoltaicos como método de obtenção de energia para as residências. O presidente da Empresa Brasileira de Pesquisas Energéticas (EPE, 2011) afirmou, cerca de duas milhões de residências construídas neste projeto terão essa tecnologia; neste cenário as técnicas desenvolvidas pela área de Engenharia Elétrica atuam no sentido de justificar valores mais justos para a cobrança dos consumidores que utilizam tal tecnologia.

* 1. **POTENCIAL SOLAR NO BRASIL**

O Brasil é um país com grande potencial para geração de energia, recebe grande índices de irradiação e é um dos países que mais produz silício do mundo, material que é usado para confecção de placas solares, o país é um dos que tem as fontes energéticas mais limpas, com isso o sistema vem para completar a geração de consumo diminuindo as perdas com transmissão (AMERICA DO SOL, 2018)

Segundo dados o Brasil caminha para aproveitar seu potencial de energia solar, isso devido á queda dos equipamentos fotovoltaicos, nos últimos anos, outro fator foi o aumento do preço da conta de energia.

Alguns fatores ajudam a explicar essa curva exponencial de adoção. Há seis anos, uma resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica ([**Aneel**](https://exame.abril.com.br/noticias-sobre/aneel/)) autorizou a produção própria de energia elétrica de fontes renováveis e possibilitou o repasse do excedente à rede pública de distribuição de energia em troca de desconto na conta de luz. Em 2015, outras facilidades foram incorporadas à norma. Os créditos gerados pelos consumidores passaram a valer durante cinco anos — e não apenas por três, como determinava a primeira regra. Os modelos também se diversificaram. Agora são permitidos sistemas de consumo coletivo, como condomínios e shoppings, e de consumo remoto — quando a energia é produzida num local e consumida em outro dentro da área de concessão de uma distribuidora (REVISTA EXAME, 2018).

Um estudo feito diz que a falta de conhecimento sobre tal assunto faz com que muitas pessoas recuem, por ser uma tecnologia nova dizem ser complicado e arriscado, mais com a regulamentação e baixos custos, crescerá em grande escala por ser uma fonte de energia limpa e renovável.

**3) CÉLULAS E MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

Alguns estudos foram feitos nos passar dos anos, depois que descobriram os efeitos da energia solar fotovoltaica para produção de energia elétrica, o efeito fotovoltaico foi descoberto no ano de 1839 por Edmond Becquerel, quando percebeu uma diferença gerada pela exposição à irradiação solar nas extremidades de uma célula eletroquímica. No ano de 1876 foi construído o primeiro aparelho de energia fotovoltaica, porém apenas no ano de 1956 que esta tecnologia começou a ser fabricada em escala industrial (PINHO; GALDINO, 2014).

O Efeito Fotovoltaico é o que se denomina quando a energia solar é diretamente transformada em energia elétrica e ocorre a partir de materiais semicondutores, caraterizados pela existência de bandas de energia, uma composta por elétrons e a outra vazia. O material mais utilizado para este fim é o silício. Os átomos deste material possuem quatro elétrons que fazem ligação com os que estão ao redor, criando uma rede. Quando são adicionados átomos de cinco elétrons em ligação, um dos elétrons ficará sobrando e este não possui uma forte ligação com seu átomo de origem, por conta desta característica, com pouca energia térmica, este elétron se move para a banda vazia. O fósforo pode ser utilizado como um exemplo de átomo de cinco elétrons, e pode ser chamado de dopante doador de elétrons, ou dopante n (CRESESB, 2006).

A introdução de átomos de três elétrons caracteriza uma falta de elétron, o que é chamado de lacuna; nesta situação, com pouca energia térmica, um elétron que esteja ao redor pode se mover para ocupar esta posição, deslocando a lacuna. O boro pode ser utilizado neste exemplo como o átomo de três elétrons, e é chamado de aceitador de elétrons ou dopante p (CRESESB, 2006).

No caso da adição de átomos de fósforo e boro em um silício puro, ocorre a junção pn. Neste caso, os elétrons que se encontram lives no lado n, se movem para o lado p onde existem as lacunas. Isso resulta em um acúmulo de elétrons no lado p, o que o torna carregado negativamente, e a redução de elétrons no lado n o caracteriza como eletricamente positivo. As cargas que ficam aprisionadas criam um campo elétrico que torna difícil o trânsito de elétrons do lado n ao lado p, ocorre um equilíbrio quando este campo consegue barrar os elétrons livres que permanecem do lado n (CRESESB, 2006).

Nos últimos anos diversas tecnologias vêm sendo empregada a partir do uso do silício cristalino (monocristalino e policristalino), que hoje corresponde cerca de quase 80% da produção dos sistemas fotovoltaicos.

**3.1 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS**

Os componentes de uma célula fotovoltaica, que dá origem aos painéis e sistemas fotovoltaicos, são os materiais semicondutores e os contatos metálicos. De acordo com Nascimento (2004) o material semicondutor tem características que se estabelecem entre um condutor e um isolante; o mais visado e utilizado na composição dos mais diversos tipos de células fotovoltaicas ou fotoelétricas é o silício. Além destes materiais semicondutores, a célula fotovoltaica apresenta dois contatos metálicos ou eletrodos (um positivo e um negativo), para fechar o circuito elétrico.

De modo geral, segundo Nascimento (2004), o efeito fotovoltaico consiste no não armazenamento de energia elétrica produzida a través da luz solar pela célula fotovoltaica. Seguindo a disposição do autor em comento, este reflete que a célula ou painel apenas mantém um determinado fluxo de elétrons em um circuito elétrico enquanto houver luz incidindo sobre ela.

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade através do efeito fotovoltaico (COLLARES-PEREIRA, 1998, p. 80). O silício usado na fabricação de células e painéis fotovoltaicos é um elemento químico que possui 4 elétrons em sua camada de valência, estes quando se combinam acabam por formar cristais que em temperatura ambiente se comportam como isolantes, para aumentar a condutividade deste material e, assim, obter energia, é necessária a junção de outros átomos ao silício, sobretudo, os átomos de fósforo e boro. O silício é um dos elementos mais abundantes no nosso planeta, corresponde a aproximadamente 25% da massa da crosta terrestre. Encontrado em rochas e em minérios (quartzo, feldspato e mica), até a areia é em parte composta por silício.

O silício puro é um mal condutor elétrico por não conter elétrons livres. Com isso realiza-se a dopagem. Acrescentando o fósforo ao silício, obtendo um material com elétrons livres, (silício tipo N). Agora dopando o silício com o material de nome Boro, temos um material com características inversas, portanto, um material com cargas positivas livres (silício tipo P). Portanto um painel solar compõe-se de células com uma camada fina do material tipo N e uma maior do material tipo P. Que quando unidas (P-N), geram um campo elétrico devido a interação do silício tipo N com os vazios da estrutura do silício tipo P.

O silício ainda pode ser diferenciado entre silício monocristalino e policristalino. Silício monocristalino são blocos de silício ultrapuro, são aquecidos em altas temperaturas e submetidos a um processo de formação de cristal, o lingote é de silício, constituído de uma estrutura cristalina única e possui organização molecular homogênea, o que lhe oferece aspecto brilhante e uniforme. O lingote é serrado e fatiado para produzir os *wafers*, que não possuem as propriedades de uma célula fotovoltaica, para isso, recebem impurezas em ambas as faces, formando camadas de silício P e N que constituem a base para o funcionamento da célula fotovoltaica. Finalmente, a célula semiacabada recebe a película metálica em uma das faces, uma grade na outra face e uma camada de material anti reflexivo na face que vai receber a luz (LUQUE; HEGEDUS, 2011).

O silício policristalino, além do silício monocristalino, representa a base da tecnologia fotovoltaica de hoje. Ele oferece vantagens em relação ao silício monocristalino em relação aos custos de fabricação e tolerância à matéria-prima, no entanto, economias levemente reduzidas. Outra vantagem inerente do silício policristalino é a forma de bolacha retangular ou quadrada que proporciona uma melhor utilização da área do módulo em comparação com as bolachas monocristalinas principalmente redonda (LUQUE; HEGEDUS, 2011).

**3.2. ASSOCIAÇÃO DE CÉLULAS E MÓDULOS**

Definido por um conjunto de células, podendo ser configurado como serie ou paralelo, para obtenção de correntes e tensões diferentes a fim de chegar num resultado desejado.

Um sistema fotovoltaico é composto por um bloco gerador, um bloco de condicionamento e potência e um bloco de armazenamento. O bloco gerador contém os arranjos fotovoltaicos, constituídos por módulos fotovoltaicos em diferentes associações, o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura de suporte. O bloco de condicionamento de potência pode ter conversores c.c.-c.c., seguidor de ponto de potência máxima (SPPM) e inversores, controladores de carga (se houver armazenamento) e outros dispositivos de proteção, supervisão e controle. Finalmente, o bloco de armazenamento é constituído por acumuladores elétricos (baterias) e/ou outras formas de armazenamento (PINHO; GALDINO, 2014, p. 144).

De acordo com Teixeira (2017), apenas um módulo, normalmente, não é suficiente para atender as exigências de potência dos projetos; por conta deste fator, é comum associar os módulos de forma a obter maiores potências que possam suprir essas necessidades. Existem três formas de associar os módulos: em série, em paralelo ou em misto de série e paralelo, nos três casos, o resultado final é a soma das potências.

* Associação série - Configuração usada para elevar tensões, e manter a corrente, deve se atentar as associações em caso de dispositivos com corrente de curto circuito diferentes, pois pode gerar um aquecimento danificando as mesmas as de menor potência.

V= V1 + V2 +...+ Vn

I = I1 = I2 =... In

No caso, associação em série também pode ser chamada de string e a tensão da associação é a soma das tensões de cada módulo, a corrente se limita à corrente do módulo que apresenta o menor valor de corrente (TEIXEIRA, 2017).

* Associação paralela - consiste em uma associação usada para elevar as correntes e manter a tensão, de acordo com o resultado desejado.

I = I1 + I2 +...+ In

V= V1 = V2 =... Vn

Este tipo de associação deve ser feito com módulos que apresentem a mesma tensão nominal, e a corrente total é a soma das correntes de cada módulo, sendo que a tensão resultante desta associação é representada pela tensão nominal de cada módulo associado (TEIXEIRA, 2017).

De forma a obter um desempenho maximizado na associação de módulos, é preciso que todos estejam posicionados da mesma maneira, ou seja, suas faces devem estar voltadas para a mesma direção e devem apresentar a mesma inclinação. Desta forma, existe uma maior garantia de que todos os módulos recebam a mesma quantidade de irradiação solar; no caso de os módulos receberem diferentes quantidade de irradiação, o que recebe a menor quantidade irá limitar todos os outros, mesmo que estes recebam mais (TEIXEIRA, 2017).

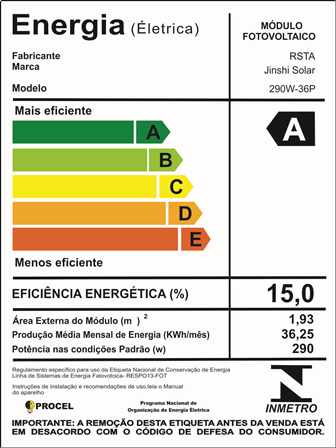
De acordo com Teixeira (2017), a melhor configuração de posicionamento dos módulos é volta-los para o Norte, caso estejam localizados no hemisfério Sul, e voltados para o Sul no caso de se localizarem no hemisfério Norte. Para maximizar a eficiência, a melhor inclinação para posicionar os módulos é uma inclinação igual a latitude do local onde eles se encontram, de forma a evitar inclinações inferiores a 10º, pois neste caso, o módulo poderá acumular muito mais poeira, e a limpeza natural ocasionada pela água da chuva fica comprometida pela falta de escorrimento das águas.

**3.3. NORMAS PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

Para fins de consulta, existem uma ou mais normas aplicáveis para cada país, regulamentadas para uma maior segurança e qualidade dos produtos.

No Brasil, os módulos comercializados devem ser ensaiados de acordo com o RAC do Inmetro (INMETRO), 2011. Todos os módulos devem ser credenciados e ensaiados, quanto para classe de eficiência, devem seguir normas padrões nacionais e internacionais como a IEC, NBR e passar por alguns testes de segurança e qualidade, apresentando informações sobre o produto conforme a Figura 8.

**Figura 8 –** Etiqueta do Inmetro para módulo fotovoltaico



Fonte: INMETRO

A norma NBR 16149 de 03/2013 estabelece recomendações para a interface de conexão entre sistemas fotovoltaicos e rede de distribuição além de estabelecer seus requisitos. Esta norma pode ser aplicada a sistemas fotovoltaicos estruturados em paralelo com a rede de distribuição; os requisitos podem variar de acordo com a utilização de sistema de armazenamento de energia. Já a norma NBR 16150 de 03/2013 indica os procedimentos de ensaio que visam verificar os equipamentos utilizados na interface de conexão entre o sistema fotovoltaico e a rede de distribuição, a fim de identificar se estão de acordo com a norma NBR 16149, citada anteriormente. Estes procedimentos se aplicam aos inversores de conexão e a outros componentes que sejam utilizados na interface de conexão entre sistema e rede de distribuição (AS NORMAS, 2018).

Neste sentido, a norma determina que a qualidade da energia fornecida pelos sistemas fotovoltaicos seja controlada por práticas e normas que verificam tensão, cintilação, frequência, distorção harmônica e fator de potência. Quando se identifica algum aspecto fora dos padrões estabelecidos, se caracteriza anormalidade; neste caso o fornecimento de energia por este sistema deve ser encerrado. Os padrões citados devem ser medidos na interface rede/ponto de conexão comum (AS NORMAS, 2018).

**3.4. BATERIAS PARA GERADOR FOTOVOLTAICO**

Muito utilizado para sistemas de geração fotovoltaico isolados ou off grid, onde encontra inviável a instalação de rede do sistema elétrico ou custos para implementação, locais onde os períodos de sol ou dias chuvosos são bastantes comuns, a bateria surge para suprir o restante da demanda.

No Brasil, “para o caso de micro e mini geração, regulamentado pela RN Aneel N° 482/2012(ANEEL, 212b) não há regulamentação prevendo este tipo de operação e nas distribuidoras de energia não o aceitam, exigindo, inclusive, proteção para desligamento da geração em casos de ilhamento”. (ANEEL, 2012)

Para cada tipo de sistema existe um modelo de bateria, saber definir o tipo de projeto é essencial para a escolha da bateria, pois muitos fatores influenciam na hora da aplicação, como, carga e descarga, eficiência, temperatura, entre outros.

De acordo com Pinho e Galdino (2014, p. 164), existem diversas maneiras de armazenar energia, como exemplo:

Campo elétrico (supercapacitores), campo magnético (indutores com supercondutores, SMES – *Superconducting Magnetic Energy Storage*), energia mecânica (volantes de inércia – *flywheels*, ar comprimido, bombeamento de água), vetores energéticos (como o Hidrogênio) etc. Entretanto, a bateria eletroquímica ainda é o dispositivo mais utilizado em sistemas fotovoltaicos isolados, por ser uma forma conveniente e eficiente de armazenamento de energia elétrica.

A bateria consiste em um conjunto de células conectadas em série ou em paralelo com a capacidade de armazenar energia elétrica como forma de energia química através de processos de oxidação e redução. A classificação das baterias ocorre de acordo com a célula que as compõem, sendo recarregáveis ou não recarregáveis. As células podem ser primárias ou secundárias.

Células primárias são utilizadas na composição de baterias que podem ser utilizadas uma vez, portanto não são recarregáveis. O que ocorre é que a vida útil da célula se encerra assim que ela se descarrega por completo. Este tipo de bateria é utilizado geralmente para fornecimento de energia de baixa potência como relógios de pulso ou calculadoras (PINHO; GALDINO, 2014).

Células secundárias são utilizadas em baterias que podem ser recarregadas através de uma fonte de corrente, portanto podem ser reutilizadas. Este tipo de bateria é útil quando se faz necessária sua aplicação por longos períodos, no caso, em sistemas fotovoltaicos este tipo de bateria é recomendado. A respeito deste tipo de bateria, a mais conhecida e utilizada é a bateria de Chumbo-ácido (Pb-ácido); ainda que existam outros tipos de bateria mais eficientes, sua utilização ainda não é viável pelo seu alto custo, por exemplo as baterias de Níquel-Cádmio (NiCd), e íon de Lítio (Li-ion) (PINHO; GALDINO, 2014).

**5. CONTROLADOR DE CARGA**

Tem a função de proteger o sistema como o todo, visa o controle e segurança de outros dispositivos tais como a bateria, age na proteção de cargas e descargas repetitivas e na regulação de tensão de tensão fornecida pelos painéis fotovoltaicos.

Saber definir as características do projeto é importante pois” características desnecessárias adi cionam complexidade ao sistema, aumentam o custo e diminuem a confiabilidade” (TAVARES, ANTONIO, 2014, p. 205).Existem vários tipos de controladores, alguns se difere pelo tipo de funcionamento, desconexão do sistema e outros recursos.

**6. INVERSORES**

O inversor é um dispositivo que utiliza chaves eletrônicas para converter tensão contínua em tensão alternada, e, em casos em que o inversor se conecta àrede, é possível realizar também o sincronismo com a tensão alternada de rede (CRESESB, 2014 apud TEIXEIRA, 2017).

Responsável por converter corrente continua (cc) em corrente alternada (ca) das placas solares fotovoltaicas, de um modo geral existem dois modelos de inversor utilizados atualmente, os inversores off grid ou isolados, e os inversores on grid, ou conectados a rede.

* Inversores off grid ou sistemas isolados – utilizado para sistemas onde requerem o uso de baterias, locais onde o sistema elétrico não está presente, ou torna-se inviável sua instalação, muito usado para área de telecomunicação.
* Inversor on grid ou conectado a rede – dispositivo inteligente, feito para interagir paralelamente conectado com a rede, produz corrente alternada para a rede em mesma amplitude tensão e corrente capaz de detectar anomalias e distúrbios da rede, e quando precisa, desliga da rede através do sistema de ilhamento, só a funcionamento quando a rede do sistema elétrico está operando. É automaticamente desligado quando a rede é desligada; este desligamento automático ocorre por motivo de segurança dos equipamentos que se conectam a ele, pelo fato de que o inversor não foi estruturado de forma a trabalhar isoladamente e pela segurança daqueles que trabalha com a manutenção da rede elétrica. De acordo com Villalva (2012, p. 160-165) as principais características deste tipo de inversor são:

Faixa útil de tensão contínua de entrada; tensão contínua máxima de entrada; número máximo de *strings* de entrada; número máximo de entradas com MPPT; tensão de operação na conexão com a rede; frequência da rede elétrica; distorção da corrente injetada na rede; grau de proteção; temperatura de operação; umidade relativa do ar: consumo de energia noturno; potência de corrente contínua de entrada; potência alternada de saída; rendimento.

* Inversor central – são inversores de alta potência, podendo receber centenas de placas solares, é muito utilizado para usinas e empreendimentos que se despõe de muita energia.
* Inversor solar hibrido – inversores interativos e inteligentes, trabalho conectados com e sem a rede, surge com uma segunda alternativa, para clientes que se despõe de mais de uma tecnologia.

Os inversores precisam, necessariamente, possuir algumas funções integradas que são exigidas aos microgeradores fotovoltaicos, como elemento de desconexão (exceto microgeradores que se conectam à rede por inversores); proteção de sub e sobretensão; proteção de sub e sobrefrequêcia; relé de sincronismo e anti-ilhamento, todas funções integradas ao inversor (TEIXEIRA, 2017).

**6.1. CLASSIFICAÇÕES DOS INVERSORES**

Para um bom entendimento, os inversores são classificados quanto ao tipo de operação, divididos em dois grupos, comutados pela rede (comutação natural) e auto comutados (comutação forçada).

**6.2. RENDIMENTOS DE INVERSOR SOLAR**

É um dos parâmetros mais importantes, saber identificar cada processo como um todo faz toda a diferença, algumas questões como inclinação, orientação dos painéis devem ser trabalhadas.

O sombreamento é uma questão crítica. Um gerador Fotovoltaico apresenta performance ótima quando iluminado homogeneamente. Dada a característica construtiva da maioria dos módulos fotovoltaicos, em que as células solares individuais são conectadas em série, uma pequena sombra sobre uma destas células, como a sombra projetada por uma antena, chaminé ou poste, pode reduzir acentuadamente o rendimento de todo o sistema. Isto se deve ao fato de que a célula sobre a qual incidir a menor quantidade de radiação é que irá determinar a corrente (e portanto a potência) de operação de todo o conjunto a ela conectado em série (RUITHER, 2014, p 31)

Neste sentido, o modo como os raios solares irão incidir sobre os painéis depende de sua incidência sobre a superfície terrestre, portanto, depende de sua posição no céu. Sabe-se que a posição do sol varia ao longo do dia e do ano, portanto é importante determinar os ângulos para que seja possível calcular a melhor maneira de dispor os painéis, aumentando seu rendimento. Os ângulos que permitem determinar a posição do sol são os ângulos azimutal e zenital, além da altura solar.

Ângulo zenital é o ângulo que se forma entre os raios do sol e a vertical local, chama de Zênite. A altura do sol, importante para determinar a posição e a incidência dos raios solares, se calcula pelo ângulo que existe entre os raios do Sol e sua projeção sobre algum plano horizontal. O ângulo zenital e o ângulo determinado pela altura do sol são complementares e resultam em um total de 90 graus (PINHO; GALDINO, 2014).

O ângulo azimutal do sol é medido pelo ângulo existente entre a projeção dos raios solares em um plano horizontal e a direção norte e sul. O deslocamento angular é considerado positivo quando a projeção se apresenta à direita do Sul, e negativo quando à esquerda, quando verificado a partir do Norte (PINHO; GALDINO, 2014).

A inclinação da superfície de captação se dá pela determinação do ângulo da superfície e o plano horizontal. O ângulo de incidência representa o ângulo que se forma entre os raios solares e a superfície de captação determinada (PINHO; GALDINO, 2014).

Ao se considerar o ângulo da superfície e do sol, é importante levar em conta o horário do sol, pois este se movimenta 15º a cada hora solar. Existe uma diferença entre a hora que normalmente se utiliza para determinar o tempo no relógio e a hora solar; para conversão é preciso considerar a longitude entre o meridiano do observador e o padrão que baseia a hora. Pinho e Galdino (2014) apresentam a fórmula de conversão:

Hora solar – Hora oficial = 4(Lst– Lloc)+E

Na fórmula, Lste Llocsão os valores que representam a longitude padrão e local, enquanto o 4 é o valor utilizado para converter tais valores em tempo. E é o valor que representa a equação do tempo, que é determinada pela seguinte equação:

E = (0,000075 + 0,001868cosΩ - 0,032077senΩ - 0,014615cos2Ω - 0,04089sen2Ω) × (229,18)

Sendo Ω = 2π(n-1)/365

Neste caso, n representa o dia do ano em que se encontra, em contagem direta, sem separação de mês (PINHO; GALDINO, 2014).

Com isso, verifica-se que muitos fatores podem ser considerados quando se trata da instalação do módulo em relação à incidência dos raios solares na região onde se encontra.

O módulo é instalado com ângulo de inclinação *α* em relação ao solo e tem sua face voltada para o norte geográfico, os raios solares incidem sobre a superfície sobre a superfície do módulo com o ângulo de inclinação *β*, definindo em relação à reta perpendicular à superfície do módulo. Em cada dia do ano, conforme a altura solar *γs*varia, o módulo recebe os raios solares com uma inclinação *β* diferente.

**6.3. NORMAS E REGULAMENTOS**

Procedimento muito importante a ser seguido são as normas regulamentadoras, em vários projetos já finalizados foi constatada a ocorrência de problemas, tanto na parte de instalação como na parte de projeto. “Esses fatos ressaltam que para um bom resultado não são suficientes um bom dimensionamento e a especificação de equipamentos de qualidade, mais sim, o bom gerenciamento da qualidade do projeto e da instalação como um todo: por isso é fundamental critérios e especificações bem definidas para todas as etapas do processo” (TAVARES, ANTONIO, 2014 p.357).

**7. Considerações Finais**

A energia solar fotovoltaica estava ganhando cada vez mais espaço nas residências brasileiras. Não é mais raro atravessar casas que orgulhosamente expõem seus painéis solares ao longo de seus telhados. Graças ao progresso da tecnologia e novos subsídios, está cada vez mais considerando a instalação dessa tecnologia. No entanto, existem algumas considerações de energia solar que você tem que fazer para investir. Um sistema fotovoltaico consiste em uma fonte de energia que utiliza células fotovoltaicas capazes de converter energia luminosa em energia elétrica.

As principais vantagens da utilização deste sistema é o fato de não consumir combustível, não poluir ou contaminar o meio ambiente, não gerar ruído, ter uma vida útil estimada em mais de 20 anos, ser resistente as adversidades climáticas, não possuir peças móveis o que resulta em uma baixa necessidade de manutenção além da limpeza e a possibilidade de se aumentar a potência de geração de energia através da implementação de mais módulos (AS NORMAS, 2018).

Uma das vantagens para o aumento do investimento na utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil é que o país apresenta características muito favoráveis a este tipo de produção de energia devido às suas características de incidência e irradiação solar e pela sua alta produção de silício, material utilizado na fabricação das placas solares (AMERICA DO SOL, 2018; PETROBRÁS, 2006). O que é preciso superar, no entanto, é o nível tecnológico para realização de pesquisas a respeito do desenvolvimento deste tipo de tecnologia; o país ainda se encontra muito atrás com relação à tecnologia dos países desenvolvidos (TAVARES; ANTÔNIO, 2014).

**REFERÊNCIAS**

AS NORMAS técnicas para a energia solar fotovoltaica. **Revista Digital AdNormas,** v. 1, n. 5, 2018. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2018/06/06/a-normas-tecnicas-para-a-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: abr. 2021.

COLLARES-PEREIRA, Manuel. **Energias Renováveis, a Opção Inadiável.** SPES, Sociedade Portuguesa de Energia Solar, 1998.

CRESESB/CEPEL. **Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\_content&lang=pt&cid=321>. Acesso em: abr. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE]. **Anuário estatístico de energia elétrica 2011**. Rio de Janeiro: EPE, 2011.

FAPESP. **Um futuro com energia sustentável:** iluminando o caminho. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo: FAPESP, InterAcademyCouncil, 2007. Disponível em: <www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf*>.* Acesso em: abr. 2021.

LUQUE, A.; HEGEDUS, S. **Status, Trends, Challenges and the Bright Future of Solar Electricity from Photovoltaics.** Handbook of photovoltaic science and engineering. 1ª Ed. Great Britain, Wiley. 2011.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica.** Monografia. Pós-Graduação. Lavras, Minas Gerais:Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, 2004.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A**. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPEL, 2014. 36

TEIXEIRA, R. E. P. **Projeto, execução e análise de um sistema de microgeração distribuída fotovoltaica em uma unidade residencial do município de Paulo Afonso-BA.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia. 2017. Disponível em: <http://portal.ifba.edu.br/paulo-afonso/cursos/graduacao-1/engenharia-eletrica-1/TCC-EE/2017/TCC%20-%20RuiTeixeira.pdf/view>. Acesso em: abr. 2021.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica:** conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2012. 224p