

Ana Thalita da Silva Reis de Freitas

Gessyelle Vilela de Oliveira

Raony Lucas Lopes Silva

Energias renováveis – Geração de energia Fotoelétrica

Juiz de Fora

2020

Resumo.

O desenvolvimento tecnológico nos últimos 50 anos se tornou o grande desafio para o mercado energético. A cada novo dia novas tecnologias totalmente dependentes de energia surgem e colocam em cheque os operadores do setor elétrico das grandes nações. Como manter a continuidade no fornecimento levando em consideração que os recursos para gerar tal energia são finitos e as fontes de consumo são infinitas? Neste contexto se estabelece a proposta deste trabalho, a análise do real da viabilidade de implantar uma geração fotovoltaica. Tem como objetivo também o levantamento das características dos painéis fotovoltaicos de acordo com a sazonalidade da incidência solar da região.

Palavras chaves: Sustentabilidade; Energia; fotovoltaica

1.0 - INTRODUÇÃO

A energia solar é uma das fontes mais grandiosas que se tem na atualidade. É uma fonte inesgotável, de fácil acesso e gratuita sendo que através dela pode-se gerar energia elétrica e também aquecimento de água. Por ser uma energia limpa e renovável é uma fonte de energia sustentável que luta diretamente contra a degradação do meio ambiente, além de ser uma alternativa inteligente para a redução de custos.

De acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), Minas Gerais pertence ao Top 5 Estados na geração centralizada solar em relação à potência instalada e status das usinas fotovoltaicas. Representa 20% da potência instalada no País na geração distribuída. E ainda possui duas das maiores cidades produtoras do Brasil: Uberlândia, em segundo lugar e Belo Horizonte em décimo.

Ainda segundo a ABSOLAR, o Brasil ocupa a 16^o posição no ranking de maiores produtores desse tipo de energia com uma potência instalada de 5,9GW. “Na liderança mundial, a China fechou o último ano com uma capacidade acumulada de mais 205 GW, o que representa o triplo fornecido pelo Japão, segundo colocado.” ABSOLAR (2020). Ainda que ocupando uma boa posição no ranking, a disparidade de potência gerada entre o Brasil e a China, por exemplo, ainda é extremamente alta. Com o passar do tempo vários países adotaram e estão investindo pesado nesse tipo de geração, visto que num futuro não muito distante, a geração sustentável será praticamente a única a existir.

A motivação principal deste trabalho é tentar contribuir com soluções técnicas e apresentar seus resultados no segmento de geração de energia fotovoltaica, sendo que a metodologia do presente trabalho será uma revisão bibliográfica sobre os métodos de geração de energia baseada na radiação solar bem como uma abordagem sobre as ferramentas de cálculo disponíveis no mercado.

2.0 - DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Todo o embasamento teórico utilizado acerca do setor de geração de energia fotovoltaica deste documento é exclusivamente voltado para a dinâmica da geração. Neste capítulo serão abordados diversos temas que vão desde os fenômenos físicos que possibilitam o processo de geração fotovoltaica até algumas ferramentas utilizadas em projetos de instalação desse modal de geração.

2.1 - SETOR FOTOVOLTAICO

A luz solar, de uma forma ampla, é o espectro total da radiação eletromagnética emitida pelo sol. Durante este processo, antes que toda esta radiação atinja a terra, a atmosfera atua como um grande filtro, bloqueando grande parte desta radiação eletromagnética. Esta energia já vem sendo utilizada há muito tempo pelo homem. Este capítulo irá fornecer a ideia básica da geração de energia com a origem na energia solar.

2.1.1 - Radiação solar

A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica que é convertida em energia elétrica através de efeitos de determinados materiais semicondutores, nesse processo destacam-se os setores termoelétricos e fotovoltaicos ANEEL(2002).

Recebemos do sol até a camada superior da atmosfera terrestre uma radiação do qual o valor da constante solar está entre 1368 e 1377 W / m² porém a radiação que chegará ao solo dependerá de alguns fatores como estações do ano, condições atmosféricas (umidade, nebulosidade) e localização geográfica (latitude, altitude) além de hora do dia SOLAR ENERGY(1979).

Essa disponibilidade solar deve-se a inclinação do eixo imaginário do qual a terra gira diariamente e a trajetória elíptica que ela percorre ao redor do sol, conforme ilustração na figura 1. Sendo assim o período de duração que o Sol fica visível, varia de região para região e períodos anuais. A variações mais intensas ocorre nas regiões polares e nos períodos de solstício, o inverso ocorre na linha do Equador e nos

períodos equinócios, quando dia e noite têm a mesma duração na terra. Como grande parte do território brasileiro está próximo a linha do Equador não se vê muita variação na duração fluxo solar, mas em locais mais distantes onde a duração é consideravelmente menor para maximizar o aproveitamento da radiação podem ser utilizadas técnicas com os coletores solares ajustando o seu posicionamento a fim de se requerer mais energia (ANEEL, 2002).

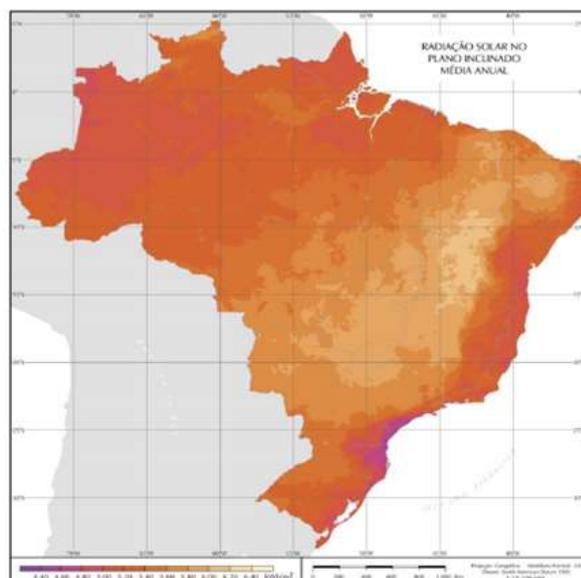
Figura 1 – Representação das estações do ano da Terra em torno do sol.



Fonte: (ANEEL, 2002)

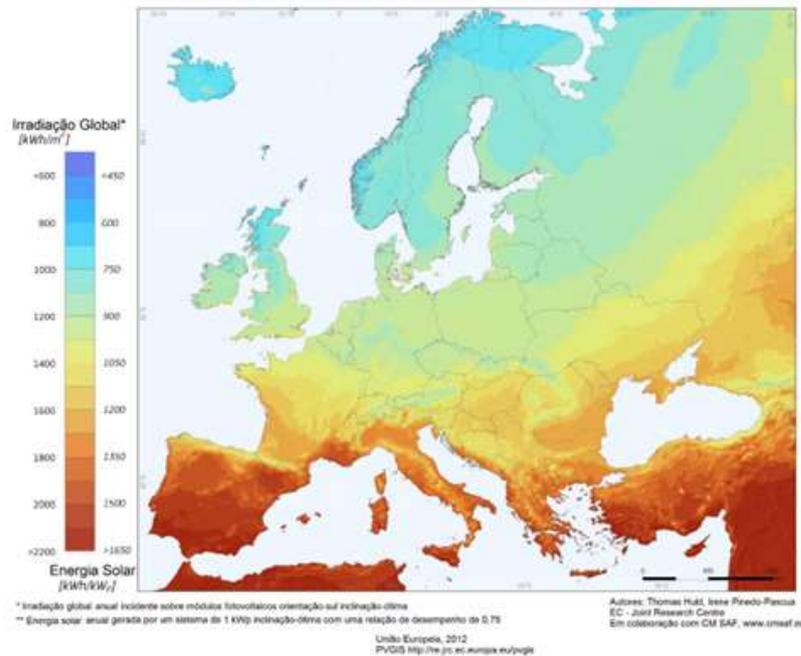
Através das figuras 2 e 3 é possível ver nos mapas a irradiação média anual do Brasil e da Europa, onde é possível verificar que o potencial na região brasileira é maior em relação a países europeus onde já é utilizada constante e em larga escala a energia fotovoltaica (TAVARES; GALDINO, 2014).

Figura 2 – Mapa brasileiro de irradiação solar em média anual.



Fonte: (PVGIS, 2013).

Figura 3 – Mapa Europeu de irradiação solar em média anual.



Fonte: (PVGIS, 2013).

2.1.2 - Fundamentos dos painéis fotovoltaicos

2.1.2.1 História

Segundo estudos de CARVALHO e JUCÁ (2013), a energia fotovoltaica, que é a geração direta de eletricidade a partir da energia Solar, é conhecido desde 1839. Edmund Becquerel realizou estudos que comprovou a possibilidade de conversão da radiação luminosa em energia elétrica, através da incidência de luz em um eletrodo mergulhado em uma Solução de eletrólito. Em 1873, Willoughby Smith descobriu a fotocondutividade do selênio. Em 1887, W.G. Adams e RE.Day observaram que a exposição do selênio à radiação produzia uma corrente elétrica. Charles Fritz descobriu, em 1883, a primeira célula produzida a partir de pastilhas de selênio, com eficiência de conversão de energia solar em elétrica em torno de 1%.

Em 1918, Czochralski desenvolveu um monocristal a partir do Silício fundido. Na década de 30, os trabalhos de diversos pioneiros da física, como Lenge, Grondahl e Schotky, mostraram valiosas contribuições para a compreensão do efeito fotovoltaico em junção de estado sólido com Óxido cuproso e selênio. Em 1941, Ohl obteve a primeira célula de Silício monocristalino. Somente em 1945 o "Laboratórios da Bell Telephone" através dos pesquisadores Pearson, Fuller e Chapin, é que surgiu

a célula de silício com características semelhantes às encontradas hoje, possuindo uma eficiência de cerca de 6%. Assim em 1949, Billing e Plessnar pesquisaram sobre a eficiência de células de silício cristalino, ao mesmo tempo Shokley divulgou a teoria da junção PN. Na década de 50 foi desenvolvido um processo de purificação de monocristais de silício. Este processo, conhecido como processo Czochralski, é largamente utilizado até hoje.

No ano de 1958, começou a utilização de células fotovoltaicas nos programas espaciais. Entre os anos de 1961 e 1971 se se concentrou na melhoria das células, reduzir o peso e o seu custo. Em 1972, foi anunciado o desenvolvimento da "célula violeta", com 15,2% de rendimento.

Devido à crise mundial de energia em 1973 e 1974 a geração fotovoltaica de energia recebeu um grande impulso. Esse crescimento vem acontecendo até os dias atuais, por inovações como o aumento da eficiência das células de silício, bem como uma significativa redução nos custos de produção dos módulos fotovoltaicos.

2.1.2.2 Princípio de funcionamento

O efeito fotovoltaico dá-se em semicondutores, que apresenta nível intermediário de portadores de carga (elétrons livres) entre as extremidades condutora e isolante. Segundo estudos de CARVALHO e JUCÁ (2013), o elemento mais usado é o silício, que pertence ao grupo IV da tabela periódica. Seus átomos possuem quatro elétrons na banda de valência que se ligam aos átomos vizinhos, formando uma rede cristalina. Ao adicionarem-se átomos que pertencem ao grupo V da tabela periódica com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, haverá um elétron em excesso, ficando fracamente ligado a seu átomo de origem. Isto faz com que, com pouca energia, este elétron se libere, 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.

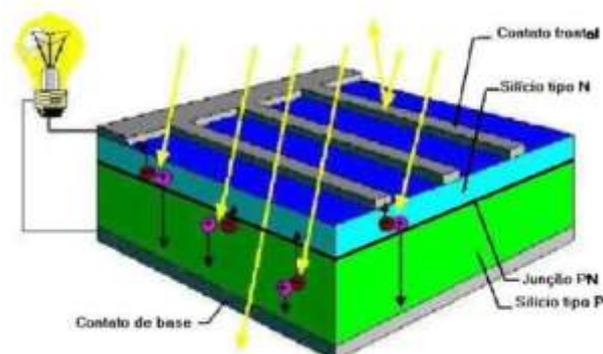
Em contrapartida, se forem introduzidos átomos do grupo III da tabela periódica com apenas três elétrons de ligação, como o boro, haverá falta de um elétron para

satisfazer as ligações com os átomos de silício da rede. Esta falta de elétron é denominada lacuna e com isso, com pouca energia, um elétron de um local vizinho pode passar a essa posição. Portanto, o boro é chamado de receptor de elétrons ou um dopante P.

Se forem introduzidos, em um silício puro, átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra, será formado a junção PN, onde os elétrons livres do lado N passam ao lado P onde encontram as lacunas que os capturam. O que ocasiona um acúmulo de elétrons no lado P, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado N, que o torna eletricamente positivo. Esse acúmulo de cargas dá origem a um campo elétrico permanente (ou banda proibida), que dificulta a circulação de elétrons do lado N para o lado P; o processo entra em equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de impedir a passagem dos elétrons livres remanescentes no lado N.

Quando uma junção PN é exposta a uma energia maior que a da banda proibida, ocorrerá a geração de pares elétrons-lacuna; quando isto acontece numa região onde o campo elétrico é diferente de zero, haverá uma movimentação de cargas, gerando assim, uma corrente através da junção; essa movimentação de cargas dá origem a uma diferença de potencial nas extremidades do “bloco” de silício à qual se chama de Efeito Fotovoltaico, como na figura 4.

Figura 4 - Ilustra um esquema simplificado de uma célula fotovoltaica (FV).



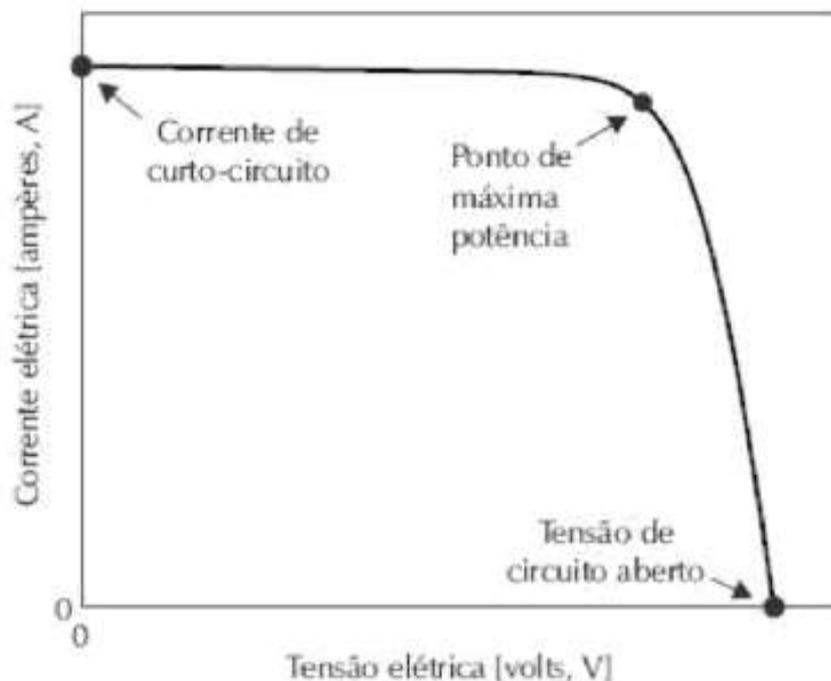
Fonte: CARVALHO e JUCÁ (2013)

2.1.2.3 Curva de comportamento da corrente, tensão e potência.

Os módulos fotovoltaicos têm um funcionamento bem diferente de uma fonte elétrica, pois eles não têm uma tensão constante em seus terminais de saída, devido ao fato de a tensão ser dependente da corrente e vice-versa. Portanto, o valor de saída da corrente ou da tensão em seus terminais, depende do equipamento a ele conectado. Por exemplo, se for conectado um equipamento que precisa de muita corrente, a tensão de saída será mais baixa, entretanto se se for conectado um equipamento que precisa de pouca corrente, a tensão de saída será mais elevada, tendendo a máxima tensão do módulo (corrente de circuito aberto).

A relação entre corrente e tensão é representada na curva do gráfico 1, e para cada curva da corrente versus tensão existe uma correspondente da potência em função da tensão, gráfico 2. Os três pontos de suma importância a ser observado é o ponto de corrente de curto-circuito, ponto de máxima potência e ponto de tensão de circuito aberto.

Gráfico 1 – curva da corrente versus tensão



Fonte: VILLALVA (2015)

Gráfico 2 – Curva da potência versus tensão



Fonte: VILLALVA (2015)

2.1.3 - Células solares

Uma célula solar converte a energia da luz do sol em energia elétrica. As células solares são feitas de materiais semicondutores, que geram tensão de saída com a entrada de luz. Na maioria das aplicações, as células solares são utilizadas em combinação com uma célula solar de chumbo-ácido, que armazena a energia elétrica para a utilização quando não há luz. Quando há luz solar, as células solares carregam a bateria e alimentam carga e na falta de luz solar, a bateria fornece a energia necessária. A energia solar pode até ser um pouco mais cara em comparação às demais fontes de energia, porém ela é mais limpa e útil em várias aplicações. Juntamente com a energia eólica, fontes solares estão pouco a pouco ganhando seu espaço para que um dia ela possa finalmente substituir as energias convencionais e com a diminuição de preços, a popularidade irá aumentar.

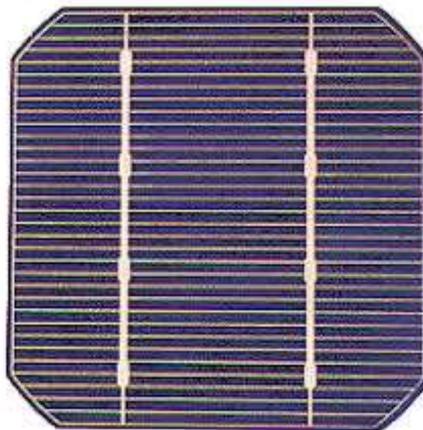
2.1.3.1 - Silício

O Silício, com uma saída de 0,5 V por célula, é atualmente o mais utilizado. No entanto, em outros materiais, como sulfureto de cádmio e arsenieto de gálio, que podem fornecer mais saída. Mas na prática, as células são colocadas em módulos montadas em um grande painel solar para a potência necessária.

2.1.3.2 - Silício Monocristalino

É a célula mais usada e comercializada como conversor direto de energia solar em eletricidade e a tecnologia para sua fabricação é um processo básico muito bem constituído. A fabricação começa a partir da extração do cristal de dióxido de silício. Esse material é desoxidado em grandes fornos, purificado e solidificado. Com esse processo é possível chegar num grau de pureza de até 99% que é razoavelmente eficiente sobre o ponto de vista energético e custo. Este silício para funcionar como células fotovoltaicas necessita de outros semicondutores e de um grau de pureza maior devendo chegar a faixa de pureza de 99,9999%. Como mostrado pela figura 5.

Figura 5 - Célula de Silício Monocristalino

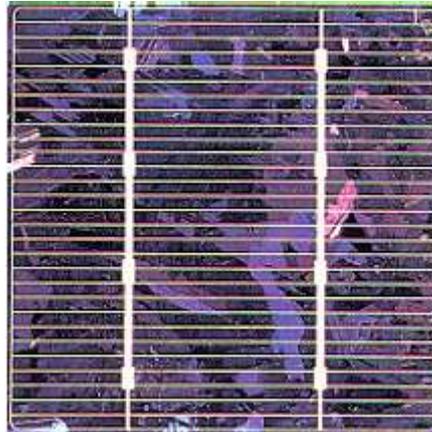


Fonte : Sandro César Silveira Jucá, Paulo Cesar Marques de Carvalho (2013)

2.1.3.3 - Silício Policristalino

Essas células diferentemente das monocristalinas que são fabricadas a partir de um único grande cristal, a célula policristalina é solidificada em forma de um bloco composto de pequenos cristais. A partir desse bloco são obtidas fatias e fabricadas as células. A presença de interfaces entre vários cristais reduz um pouco a eficiência destas células. Na prática, os produtos disponíveis alcançam eficiências muito próximas das oferecidas em células monocristalinas. Como mostrado pela figura 6.

Figura 6 – Célula de Silício Policristalino



Fonte: Sandro César Silveira Jucá, Paulo Cesar Marques de Carvalho (2013).

2.1.3.4 - Thin-Film (TFSC)

Muitos estudos têm sido feitos no intuito de encontrar uma forma de fabricação de células confiáveis a partir de pouco materiais semicondutores para serem feitos em grandes escalas, e com isso minimizaria o custo e conseqüentemente da energia gerada. Estes estudos têm se dirigido a diferentes materiais semicondutores e técnicas de deposição destes em camadas finas com espessuras de poucos microns. Entre os materiais mais estudados estão o silício amorfo hidrogenado, o disseleneto de cobre e índio e o telureto de cádmio. O material amorfo é diferente de um material cristalino pelo fato de não apresentar qualquer ordenamento no arranjo estrutural dos átomos. As células feitas desse material possuem uma eficiência inferior comparado com as células de silício cristalino. Esse tipo de material atinge 13% de eficiência no laboratório. Entretanto, o produto comercializado atinge uma eficiência em torno de 9%. É a célula mais pesquisada atualmente é a mais barata do mercado devido a simplicidade na fabricação.

2.1.3.5 - Outros

Silício Amorfo (a-Si) - O silício amorfo (sem forma) não possui uma estrutura cristalina, mas sim uma rede irregular. Por isso se formam ligações livres que absorvem hidrogênio até a saturação. Esse silício amorfo hidrogenado (a-Si:H) é desenvolvido em reatores plasmáticos, através de vaporização química de silano

gasoso (SiH_4). Requer temperaturas relativamente baixas, em torno de 200°C a 250°C . A grande desvantagem das células de a-Si é a sua baixa eficiência, que diminui nos primeiros 6 a 12 meses de funcionamento, devida à degradação provocada pela luz, pelo chamado Efeito Staebler-Wronski, até atingir um valor estável.

2.1.4 - Design e operação de plantas

2.1.4.1 - Sistemas isolados – Stand-Alone

Os sistemas isolados necessitam de armazenamento, e esse tipo de armazenamento pode ser feito a partir de baterias elétricas. Também existem outros tipos de armazenamento como o bombeamento de água, onde a água é armazenada em tanques elevados e a energia solar é convertida em energia potencial gravitacional.

Nos sistemas que necessitam o uso de armazenamento de energia em baterias, são usados um dispositivo para controlar a carga e a descarga na bateria chamado de controlador de carga, que tem como prioridade não permitir que haja danos na bateria por sobrecarga ou descarga profunda. Esse equipamento é utilizado para proteger os acumuladores, cortando o abastecimento energético das baterias quando o estado de carga das baterias atinge 100%, ou desconectando a carga dos acumuladores quando estes atingem a profundidade de descarga máxima.

Para alimentar os equipamentos de corrente alternada, é necessário um conversor de corrente contínua em alternada, conhecido como inversor. Esse dispositivo normalmente incorpora um seguidor de ponto de máxima potência necessário para otimização da potência final reduzida. Para representar essa configuração, a figura 7, mostra em detalhes como é feito o arranjo desse sistema.

Figura 7 - Sistemas isolados – Stand-Alone



Fonte: NeoSolar

2.1.4.2 - Sistemas conectados

Esse tipo de sistema utiliza um grande número de painéis fotovoltaicos, e não é necessário o uso de armazenamento de energia pois toda a geração é entregue a rede. Como mostra a figura 8 Essa forma de geração representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte no qual está conectada. Todo arranjo é conectado em inversores e logo em seguida guiados a rede. Estes inversores têm que estar dentro das normas de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada.

Figura 8 - Sistemas conectados



Fonte: NeoSolar

2.1.4.2 - Sistemas de aquecimento de água

Os sistemas Híbridos são aqueles que, desconectado da rede convencional, apresenta várias formas de geração de energia como, por exemplo, turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos, entre outros. A utilização de várias fontes torna-se complexo a otimização e o dimensionamento da geração de energia elétrica.

A energia gerada por um sistema híbrido tem a forma “pulsante” porque depende de um fenômeno meteorológico variável como a radiação solar e a velocidade do vento. Sendo assim é necessário que o fornecimento de energia seja constante e dentro dos limites mínimos e máximos aceitáveis para essa operação. Por isso, a energia gerada é enviada para as baterias, que além de armazenar, têm a função de fornecer de maneira contínua dentro da faixa confiável.

2.2 - FERRAMENTAS PARA CÁLCULO

Um projeto de instalação de painéis fotovoltaicos nem sempre é barato. Para avaliar a viabilidade da instalação recorreremos às ferramentas de cálculo. Essas ferramentas são softwares que compilam informações como área disponível, tipo de painel, incidência solar, dentre vários outros parâmetros, com o objetivo de retornar informações como possível payback (tempo para o investimento se pagar), eficiência do sistema e taxa de perdas, por exemplo.

2.2.1 - PVsyst – Logiciel Photovoltaïque

Uma dessas ferramentas é o PVsyst, um software de origem suíça. Atualmente em sua sétima versão, é um software de simulação 3D pago que possui diversos tipos de pacotes para compra, incluindo descontos na licença dependendo do tipo de ocupação do comprador. Os primeiros 30 dias de uso são gratuitos.

O PVsyst foi projetado para ser usado por arquitetos, engenheiros e pesquisadores. Dentre as várias funcionalidades do programa, as que mais se destacam são: Comparação entre resultados calculados e resultados simulados, desempenho do sistema ao longo dos anos e a capacidade de importar dados meteorológicos. Além disso, existe um canal no Youtube, que tem o mesmo nome do

programa, com diversos tutoriais nas duas línguas nativas do software, inglês e francês.

É também uma ferramenta educativa muito útil. Inclui um menu de ajuda contextual detalhado que explica os procedimentos e modelos usados e oferece uma abordagem amigável com um guia para desenvolver um projeto. PVsyst é capaz de importar dados meteorológicos, bem como dados pessoais de muitas fontes diferentes.

Ele fornece um projeto do sistema de modo rápido e simples, onde se especifica a potência desejada ou área disponível, posteriormente a opção de escolher o módulo PV da base de dados internos e por último escolher o inversor. Ele dá toda a base necessária para se fazer um bom projeto, reúne todas as restrições para o dimensionamento do sistema, manipula dados de sombreamento, faz cálculo da distribuição de energia ao longo do ano, enfim é uma ferramenta bem completa.

2.2.2 SOLergo

O SOLERGO é um software da empresa Italiana Electro-Graphic, fundada em 1990. No Brasil a Hiperenergy detém a sua representação comercial. A diferença do PVSOL e PVSYST o software SOLERGO permite uma interface avançada para projeto elétrico dos sistemas fotovoltaicos. O aplicativo pode gerar diagramas elétricos do sistema facilitando a revisão do projeto pela concessionária. A ferramenta permite avaliar sistemas com diferentes modalidades de tarifárias, incluindo análise das bandeiras tarifárias do Brasil. O SOLERGO permite uma análise com sistema de compensação de energia conforme Resolução 687 da ANEEL, possibilitando os cálculos de créditos de energia.

A ferramenta é o primeiro software em português configurado de acordo com as normas brasileiras, também é um software pago que traz a opção de sincronizar a área da instalação com o google maps, e utilizar diretamente a imagem de satélite do local para posicionar os painéis. Possui ainda um aplicativo, iSOLergo, para smartphones e tablets, que exhibe os principais dados do projeto analisado.

O SOLergo conta ainda com outros programas CAD da Electro Graphics Srl para expandir ainda mais suas funcionalidades como por exemplo, o Eplus, CAD elétrico para desenho e projeto de instalações civis e industriais e Ampère Profissional, para cálculo de redes elétricas de baixa e média tensão, de acordo com as normas NBR e IEC.

2.2.3 Solarius PV

O Solarius PV também é um software de simulação de projetos fotovoltaicos em português que integra o modelo BIM (Building Information Modeling) com os projetos fotovoltaicos. Desenvolvido e distribuído pela Acca Software, também é um programa pago que possui 30 dias de uso grátis. Os grandes diferenciais do Solarius PV são a capacidade de calcular o sombreamento fotovoltaico a partir de uma foto e o preenchimento automático do esquema elétrico do sistema, como cabos e proteções.

Assim como o PVsyst, podemos encontrar diversos tutoriais do Solarius PV no canal Acca software - PTB no Youtube, todos em português.

Com Solarius PV o projeto de sistemas fotovoltaicos torna-se parte do processo de realização do modelo BIM. Esta nova versão, de fato, é uma verdadeira ferramenta BIM que permite, importar o modelo digital do edifício no formato IFC (Industry Foundation Classes), projetar o sistema fotovoltaico no modelo importado, exportar o modelo BIM com o novo sistema fotovoltaico e obter um modelo BIM completo com todas as informações sobre edifício e sistema fotovoltaico.

O novo Solarius PV possui uma interface nova e permite inserir de forma fácil objetos BIM no modelo tridimensional. Os objetos principais para a modelagem BIM são quatro:

1. Campo fotovoltaico;
2. Gerador;
3. Quadro;
4. Gabarito.

5.0 - CONCLUSÃO

O trabalho foi uma revisão bibliográfica sobre os métodos de geração de energia baseada na radiação solar bem como uma abordagem sobre as ferramentas de cálculo disponíveis no mercado. Entretanto, na segunda parte do trabalho, seria feita uma análise de viabilidade técnica/econômica da implantação de uma geração fotovoltaica em uma residência.

Porém foi encontrado algumas dificuldades para a finalização desse projeto, com o advento do Covid-19 que, de forma inesperada, nos obrigou a reavaliar nossos objetivos adequando a um novo cenário.

O trabalho tinha um cunho mais prático, com o apoio da utilização dos laboratórios do Centro Universitário UniAcademia. Entretanto isso não foi possível torando assim o trabalho somente teórico. Posteriormente com a volta das atividades presenciais será realizada a parte prática, proposta inicialmente.

Conclui-se que fica evidente que o projeto de um sistema autossustentável é sem sombra de dúvida um grande desafio, sobretudo ao tentar torná-lo economicamente viável. O consumo e a demanda por energia renovável se intensificam a cada dia e o uso de energia limpa gera diversos benefícios além dos ecológicos, como acesso a linhas de créditos exclusivas, segurança a investidores e acionistas e fortalecimento da marca. Neste contexto, a energia fotovoltaica, apesar de ser investimento com retorno a longo prazo, tornou-se referência como alternativa vantajosa para as mais diversas regiões do mundo. Tem como vantagens a economia, atender a locais isolados, possuir alta qualidade além de sustentável e não poluente.

REFERÊNCIAS

ACCA SOFTWARE. **Solarius PV**. Disponível em: < <https://www.accasoftware.com/ptb/software-fotovoltaico> >. Acesso em: 20 de julho de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**. Infográfico Absolar, 2020.

CARVALHO, Paulo; JUCÁ, Sandro. **Métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: Aplicações em dessalinização**. 1. ed. Duque de Caxias: Espaço Científico Livre, 2013.

ELECTRO GRAPHICS SRL. **Solergo**. Disponível em: <<https://www.electrographics.com.br/produtos/solergo>>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

Energia Solar Fotovoltaica: **Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. PEA –2420 PRODUÇÃO DE ENERGIA. GEPEA – Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo.

PVSYST PHOTOVOLTAIC SOFTWARE. **PVsyst**. Disponível em: <<https://www.pvsyst.com>> . Acesso em: 20 de julho de 2020.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. ed. Editora Saraiva, 2015.