

Energia solar fotovoltaica: Estudo sobre a matriz energética e também sobre os níveis de incidência solar no município de luziânia

Photovoltaic solar energy: A study on the energy matrix and also on the levels of solar incidence in the municipality of Luziânia

DOI:10.34117/bjdv8n1-175

Recebimento dos originais: 07/12/2021

Aceitação para publicação: 12/01/2022

Gesiel Gomes Silva

Doutor

Instituto Federal de Goiás - Campus Luziânia

Rua São Bartolomeu, s/n - Vila Esperança - Luziânia/GO - 72811-580.

E-mail: gesiel.silva@ifg.edu.br

Maria Eduarda Oliveira Brandão

Médio/técnico em edificações completo

Instituição de atuação atual: -

Rua Bahia, qd 06 lt 21-b - Shis - Luziânia/GO - 72812-555.

E-mail: mariabrandao2349@gmail.com

RESUMO

Um dos grandes desafios da humanidade está no suprimento da crescente demanda por energia elétrica, principalmente no que se refere a busca por fontes que sejam sustentáveis tentando assim minimizar ao máximo os impactos ao meio ambiente. A exploração intensa de reservas naturais esgotáveis como, por exemplo, as provenientes de combustíveis fósseis, e os danos causados por elas e outras fontes vem sendo um problema ao meio ambiente, causando: aumento da poluição, desastres ambientais, impactando no aquecimento global, desmatamento e outros, indicando um panorama preocupante inclusive para a própria subsistência da vida no nosso planeta. Estes são alguns dos fatores que fazem com que aumente a importância em buscar por fontes alternativas de energias renováveis, sustentáveis e não poluentes como é o caso da energia solar. Esta pode ser aproveitada em qualquer lugar que tenha bons níveis de incidência de luz solar, desde que existam incentivos ao desenvolvimento de tecnologia acessível e fomento para que, além de sustentável, possa ser também economicamente viável. Neste sentido, nossa pesquisa teve como foco estudar como nosso município está em relação a utilização da energia solar com a finalidade de geração de energia elétrica, assim como construir um piranômetro que é um aparato que nos permite obter e, interligado a um sistema computacional, registrar os níveis de incidência solar na nossa região. Através de uma consulta a empresas que trabalham com a implantação de sistemas fotovoltaicos na nossa cidade apresentamos um panorama da nossa realidade local e como as políticas públicas em relação ao setor energético impactam neste cenário.

Palavras-chave: efeito fotovoltaico, piranômetro, incidência solar, fontes renováveis.

ABSTRACT

One of the great challenges of mankind is the supply of the growing demand for electric energy, especially when it comes to the search for sources that are sustainable, thus trying to minimize as much as possible the impact on the environment. The intense exploitation of exhaustible natural reserves, such as those from fossil fuels, and the damage caused by them and other sources has been a problem to the environment, causing: increased pollution, environmental disasters, impact on global warming, deforestation, and others, indicating a worrisome outlook even for the very subsistence of life on our planet. These are some of the factors that increase the importance of searching for alternative sources of renewable energy, sustainable and non-polluting, as is the case of solar energy. This can be used anywhere that has good levels of sunlight, as long as there are incentives for the development of accessible technology and promotion so that, besides being sustainable, it can also be economically viable. In this sense, our research focused on studying how our municipality is in relation to the use of solar energy for the purpose of electricity generation, as well as building a pyranometer, which is an apparatus that allows us to obtain and, connected to a computer system, record the levels of solar incidence in our region. Through a consultation with companies that work with the implementation of photovoltaic systems in our city we present a panorama of our local reality and how public policies regarding the energy sector impact this scenario.

Keywords: photovoltaic effect, pyranometer, solar incidence, renewable sources.

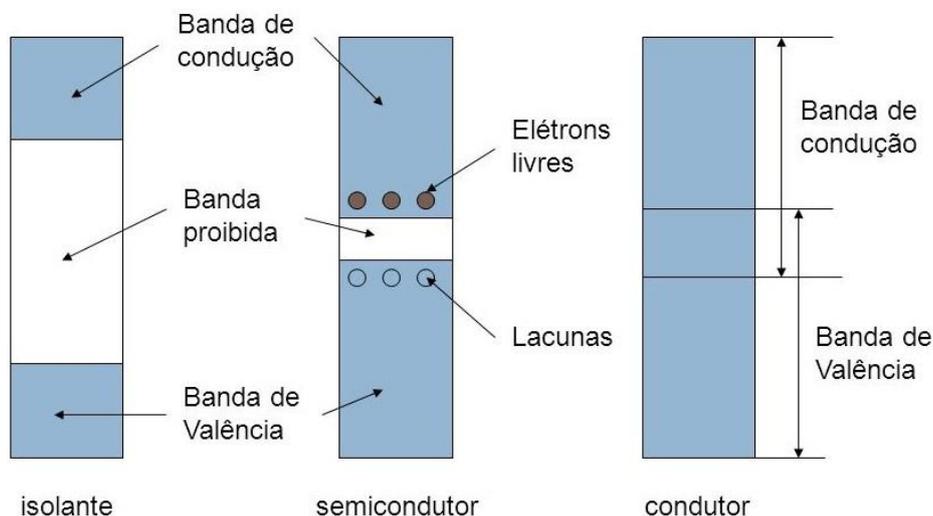
1 O QUE É E COMO OCORRE O EFEITO FOTOVOLTAICO

A energia solar fotovoltaica consiste na conversão direta da luz em eletricidade, fundamentada no que chamamos de Efeito Fotovoltaico, que acontece quando as partículas de luz, ou seja, os pacotes de energia associados a luz conhecidos como fótons, incidem na superfície do módulo fotovoltaico. O cientista que percebeu e relatou esse fenômeno foi Edmond Becquerel em 1839, observando que a incidência de luz sobre uma superfície feita com um material semicondutor resultou no surgimento de uma diferença de potencial elétrico. O sistema fotovoltaico é formado por um conjunto de placas formadas por várias células e fabricadas com materiais semicondutores, tradicionalmente semicondutores extrínsecos a base de silício ou germânio.

Os semicondutores possuem características que os diferem tanto de isolantes como de condutores. Nos semicondutores uma das variáveis muito importantes é a temperatura em que estes materiais se encontram. Para entender melhor podemos utilizar a teoria de bandas de energia a respeito das bandas de valência e de condução, em que estas bandas são constituídas pelo conjunto de energias permitidas ou níveis de energia que poderão ser ocupados pelos muitos elétrons dos átomos que constituem os materiais. Em cada uma das bandas permitidas temos uma grande quantidade de estados com energias tão próximas que podemos considerá-los como uma sequência contínua, a forma

como os estados destas bandas de energia estão ocupadas irá determinar se o material é um isolante, um condutor ou um semiconductor, conforme mostrado na Figura 1. ⁽¹⁾

Figura 1: demonstração das bandas de energia . Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/10064412/> Acesso em: 26 jul. 2020.



A banda de valência está completamente preenchida nos isolantes e semicondutores, e parcialmente preenchida nos condutores, é nela que se encontram os elétrons. A banda mais elevada seguinte é a banda de condução que se encontra completamente vazia e não existe elétrons em seu espaço. Nos semicondutores poderá haver uma agitação dos elétrons entre as bandas, ou seja, é possível que elétrons migrem da banda de valência para a banda de condução mas para que isso ocorra é preciso que seja fornecida uma certa quantidade de energia, podendo ser energia térmica ou fótons de luz. ⁽¹⁾ Em materiais isolantes há uma grande lacuna entre a banda de condução e a banda de valência fazendo com que os elétrons tenham dificuldades de saltar para a banda de condução, uma vez que é necessária uma quantidade relativamente alta de energia para promover um elétron da banda de valência para a banda de condução. Já em um material condutor não há essa diferença entre as bandas, ou seja, não há uma separação entre a parte da banda formada pelos níveis ocupados e a parte formada pelos níveis desocupados, fazendo com que o mínimo de energia fornecida consiga excitar os elétrons. ⁽¹⁾ Os semicondutores possuem uma separação entre as bandas, porém menor que a dos isolantes permitindo a passagem dos elétrons para a banda de condução. ⁽¹⁾

Ao passar da banda de valência para a banda de condução o elétron deixa uma lacuna que é chamada de buraco, que comporta-se como uma partícula livre de carga

positiva na banda de valência, este é então preenchido por outro elétron, deixando um outro buraco que é preenchido, e assim sucessivamente. Esse movimento ajuda na formação da corrente elétrica. Com isso a condução elétrica nos semicondutores é formada por elétrons e pelos buracos em quantidades iguais no caso de substâncias puras.

⁽¹⁾ Os semicondutores usados na construção das células fotovoltaicas são os semicondutores dopados, ou seja, que receberam na sua composição uma pequena quantidade de outro elemento, comumente chamados de impurezas. Os semicondutores dopados podem ser do tipo n e do tipo p. ⁽²⁾ Um dos materiais utilizados é o silício dopado com fósforo para obter um material silício tipo N, onde N irá indicar que os portadores de carga negativa (elétrons) da banda de condução estão em maior número que os buracos da banda de valência, ou seja, os elétrons são os portadores em maioria enquanto os buracos são os portadores em minoria. ⁽²⁾ Com o mesmo material e o mesmo processo de dopagem, acrescentando Boro ao invés de Fósforo temos o Silício tipo P, onde P irá indicar que os portadores de carga positiva (buracos) da banda de valência estão em maioria que os elétrons na banda de condução. ⁽²⁾ Cada célula solar irá ser composta por uma camada fina de Silício tipo N e outra camada mais espessa com Silício tipo P, que juntas criam um campo elétrico. Quando os fótons atingem uma célula solar, acaba ocorrendo a liberação de elétrons que estão em excesso na camada do átomo negativo passando para a camada do átomo positivo, assim os elétrons irão fluir deixando os átomos e preenchendo lacunas em átomos diferentes, esse fluxo acaba criando uma corrente elétrica.

O efeito fotovoltaico é a criação de uma diferença de potencial, ou uma tensão elétrica sobre uma célula formada por várias camadas de matéria semicondutora transformando a radiação eletromagnética recebida pelo sol em energia elétrica. As figuras 2 e 3 representam como ocorre a transformação. ⁽³⁾

Figura 2: Efeito Fotovoltaico. Fonte: Marcelo (VILLALVA)(13). Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações Sistemas Isolados e Conectados à Rede. Local: Érica/ Saraiva. Pag. 4

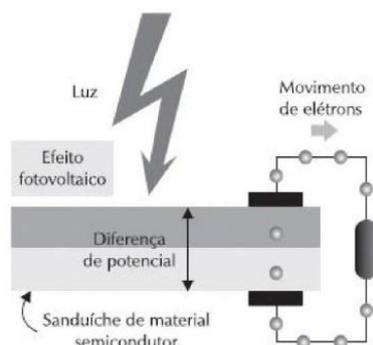
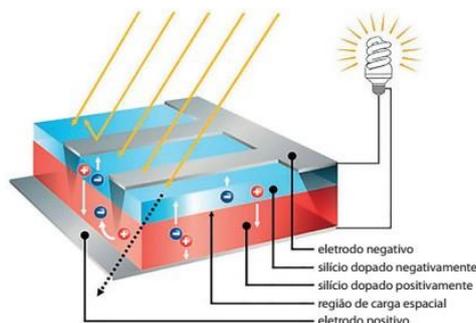


Figura 3: Estrutura da célula fotovoltaica no momento da geração de energia elétrica. Disponível em: <http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/2-celulas-e-modulos-fotovoltaicos/geracao-tipos-e-caracteristicas-de-celulas-fotovoltaicas/>. Acesso em: 2 jun. 2020



Como falado acima para que o efeito fotovoltaico ocorra é necessário a luz do sol, ou seja, a radiação solar. Nesse estudo um dos focos foi a intensidade da radiação solar no município de Luziânia, sendo medida através do piranômetro, aparelho esse que mede a radiação.

O piranômetro mede a radiação global que é a soma da radiação direta e da radiação difusa, o aparelho possui uma superfície sensível a luz solar, esta superfície muda as suas características linearmente com a variação da intensidade da radiação, como a resistência elétrica, temperatura, variação da tensão ou da corrente elétrica gerada pela incidência de luz solar⁽⁴⁾.

Para medir a radiação é utilizado o piranômetro fotovoltaico que tem como:

“princípio de funcionamento o efeito fotovoltaico. A radiação incide sobre um fotodiodo que diferencia o espectro solar pela frequência da onda eletromagnética, permitindo conhecer os dados da radiação mediante a leitura de voltagem. Esse tipo de piranômetro fotovoltaico são mais sensíveis a pequenas mudanças devido não ter a inércia térmica dos piranômetros térmicos.” (COPYRIGHT, 2014)

A quantidade de radiação que uma superfície recebe pode variar de acordo com alguns fatores como as condições climáticas, a distância entre o sol e a terra, inclinação do eixo da terra, latitude e outros. ⁽⁵⁾

2 SISTEMAS ON-GRID E OFF-GRID

A energia gerada poderá ter destinos diferentes, sendo elas sistema *On-Grid* e *Off-Grid*. O sistema *On-Grid* é um sistema conectado à rede. Em situações onde há uma geração de energia maior do que a demanda, sendo assim preciso levar essa energia para um outro lugar, essa tarefa fica por conta do injetor que é responsável por exportar e,

quando necessário, importar energia da rede, nesse caso não é necessário nenhum tipo de armazenador⁽⁷⁾. A Figura 4 mostra um exemplo desse tipo de sistema.

Figura 4: modelo de um sistema On-Grid. Disponível em : <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html#ancora1>. Acesso em: 4 jun. 2020.



O sistema *Off-Grid* é um sistema independente da rede de distribuição, quando ocorre excedente a energia que sobra é enviada para um aparelho que distribui para um banco de baterias onde é armazenada. ⁽⁷⁾

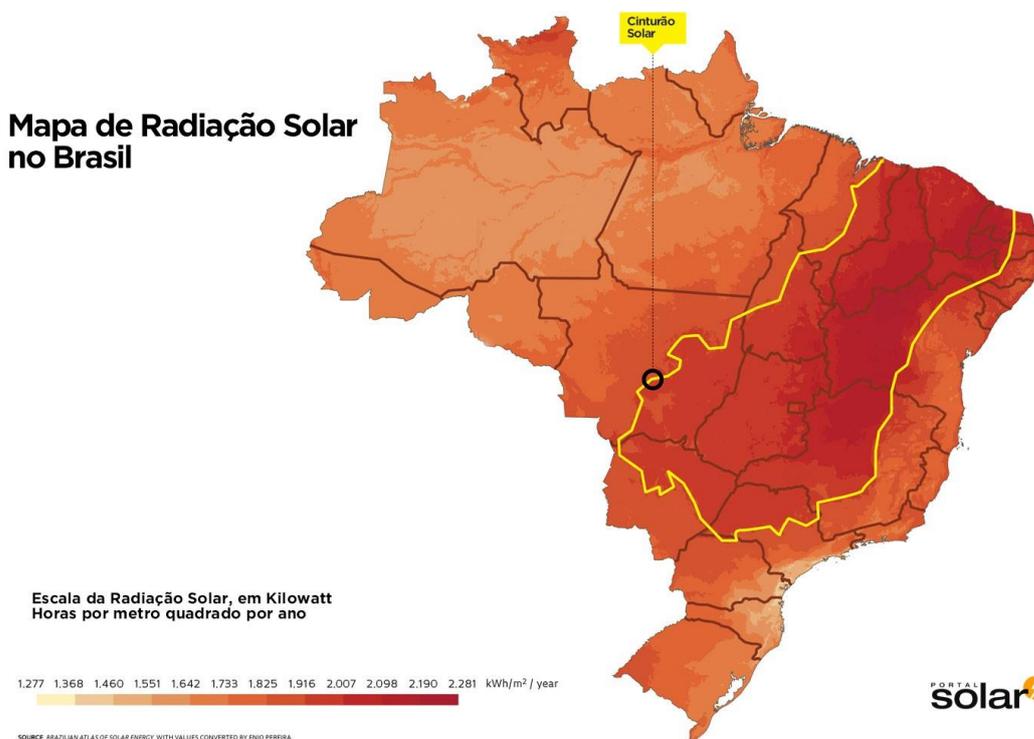
As vantagens de um sistema solar fotovoltaico são inúmeras e vão desde se adaptar bem em lugares como paredes, telhados, janelas contando que tenha luz do sol, até uma grande economia na conta de luz. A energia solar contribui para o aumento de energia elétrica no país, criação de novos empregos, redução na construção de usinas baseadas em fontes não renováveis além de permitir a produção perto do local de consumo fazendo com que diminuam as linhas de transmissão e os sistemas de distribuição. Oferece também a produção de energia limpa sem a emissão de gases poluentes, resíduos e ruídos, proporcionando assim uma melhor qualidade de vida e bem estar, e redução na conta de luz podendo ter uma grande economia em até 95% são algumas das vantagens oferecidas. Algumas das desvantagens do sistema fotovoltaico é o alto custo inicial demorando alguns anos para se ter o retorno, além da dependência climática e a necessidade de armazenamento, em alguns casos, impactos a fauna em relação a pássaros que podem se confundir com o reflexo da luz do sol nos painéis. ⁽¹⁴⁾

⁽¹⁶⁾

3 SITUAÇÃO NO BRASIL

O Brasil dispõe de um dos maiores potenciais do mundo para o aproveitamento da energia solar, podendo ser aproveitada em todo território brasileiro, por ser um país com alta taxa de incidência solar em todas as regiões e pela vasta extensão territorial. As regiões Nordeste e Centro-Oeste possuem os maiores potenciais de aproveitamento de energia solar, por seu clima favorável a instalações do sistema, a região Sul é a menos favorecida, porém ainda assim possui uma insolação melhor que a de outros países com produção em larga escala. O mapa abaixo mostra a radiação solar em kilowatt hora por metro quadrado por ano no território brasileiro.

Figura 5: mapa de radiação solar no Brasil. Disponível em: <https://www.adeel.com.br/mapa-de-radiacao-solar-no-brasil/>. Acesso em 27 jul. 2020.



Quando comparado com outros países que empregam a tecnologia, o Brasil tem capacidade de produção pelo menos dez vezes maior que a capacidade da Alemanha, por exemplo, que é um dos países onde predomina a energia fotovoltaica (cerca de 20GW), onde a melhor insolação é de cerca de 3500 Wh/m² por dia no sul e o restante do país possui menos que 3500 Wh/m². No Brasil isso representaria 200GW de eletricidade a partir da irradiação solar com valores diários entre 4500 Wh/m² e 6000 Wh/m².^{(7) (13)}

Os principais lugares do Brasil onde se emprega a energia fotovoltaica são o sul e o sudeste: empregando em iluminação pública, aquecimento de água, sistemas de uso

coletivo, geração de energia; logo atrás o Norte e o Nordeste em comunidades afastadas.⁽⁷⁾ De acordo com a Aneel e a ABSOLAR- Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, houve um crescimento de 45% em relação ao ano de 2018, com cerca de 4.460MW e 114 mil sistemas instalados no Brasil, e a previsão da ABSOLAR é que até 2024 o Brasil atinja 887 mil sistemas conectados à rede.⁽⁷⁻⁸⁾

Principalmente a partir da última década a implantação e o desenvolvimento dessa energia sustentável vem recebendo muitos incentivos por parte do governo federal e particularmente pela Aneel, e vem contribuindo para a aceitação por parte dos produtores e pela população em geral.

4 LEGISLAÇÃO E INCENTIVOS FISCAIS

Existem alguns incentivos fiscais concedidos pela Aneel e o governo pra que se possa produzir a energia fotovoltaica, dentre elas está o marco inicial a Ren 482/2012-Aneel. A resolução normativa número 482, publicada em 2012, permite que a energia produzida por painéis fotovoltaicos em uma unidade consumidora possa ser injetada na rede, gerando créditos que posteriormente podem ser descontados no consumo de energia do consumidor. Em 2015 houve uma atualização da Ren 482/2012 sendo subseguida pela Ren 687/2015, com destaque para criação da geração compartilhada e do autoconsumo remoto. Um dos principais incentivos é o Confaz-Convênio ICMS 101/97 e Convênio ICMS 16/2015. Isenção do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços) no que se refere a equipamentos fotovoltaicos como módulos e geradores. O ICMS passou a ser calculado apenas para a energia consumida a partir da rede elétrica convencional, antes era calculado com o consumo bruto de energia.⁽⁹⁾

5 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Existem diversos tipos de células fotovoltaicas no mercado, desenvolvidas e ainda em desenvolvimento com o propósito de serem eficientes, econômicas e viáveis. Elas são utilizadas na formação dos módulos fotovoltaicos. Os tipos de células que existem podem ser classificadas em três gerações sendo a primeira dividida entre: células fotovoltaicas de silício monocristalino e células fotovoltaicas de silício policristalino:

- *Silício monocristalino*: as células desse tipo de material apresentam um rendimento na conversão de energia de cerca de 18%, sendo um dos tipos no mercado mais eficientes por ter seus átomos de silício perfeitamente alinhados sendo um ótimo condutor.⁽¹⁰⁻¹²⁾

- *Silício policristalino*: tem um rendimento elétrico de 15% aproximadamente, apresenta um custo de produção mais baixo por ser composto de muitos cristais de sílico.

A segunda geração, também conhecida como filme fino, tem uma menor participação no mercado por apresentar um desempenho mais baixo quando comparada a primeira geração. A segunda geração é feita depositando uma ou mais camadas finas de material fotovoltaico em alguma superfície como vidro, plástico ou metal. O desempenho e potencial dos materiais de filmes finos atingem de 12 a 20%.⁽¹⁰⁻¹²⁾

A espessura dos filmes varia de alguns nanômetros a dezenas de micrômetros, isso permite que as células sejam flexíveis, transparentes e leves. Por essas características possui um potencial de utilização incorporada as edificações, como por exemplo nas janelas.

A terceira geração é composta por outras tecnologias de filmes finos que por sua vez ainda estão em estágio de pesquisas e testes, com baixo nível de comercialização. Nas de terceira geração estão incluídas as orgânicas sensibilizadas por corantes e células fotovoltaicas do tipo multijunção (heterojunção).⁽¹⁰⁻¹²⁾

As células orgânicas são baseadas em materiais orgânicos que irão compor a camada fotossensível entre dois materiais condutores. Um deve ser transparente para a passagem da luz e o outro será responsável pela coleta de elétrons podendo ser composto de cálcio ou alumínio. A geração orgânica de células fotovoltaicas tem a capacidade de formar películas finas sobre substratos flexíveis como dito anteriormente. Algumas vantagens apresentadas por elas são flexibilidade, baixo custo de produção por utilizar matéria prima barata e pela forma de produção, células finas capazes de se moldar em superfícies, entre outros. Um exemplo de semicondutor orgânico já incorporado ao mercado são os diodos orgânicos emissores de luz (OLED), presentes nos televisores, lasers, etc.

O mecanismo de conversão de energia das células solares orgânicas ocorre de maneira diferente das inorgânicas, onde a absorção de luz de energia maior que o *gap* do semicondutor orgânico resulta na formação de pares elétron-buraco ligados entre si. Estes recebem o nome de éxcitons, uma partícula condensada portanto composta por um elétron que se excita e passa de uma fase de energia para outra deixando um buraco ao se mover, esse buraco se comporta como se fosse uma partícula com carga positiva que atrai o elétron, essa interação forma o éxciton. Enquanto nas inorgânicas a absorção maior que

o gap do semicondutor resulta em pares de elétron-buraco livres que são separados pelo campo elétrico formado na região espaço carga na interface entre os semicondutores (tipo-p e tipo-n). A energia deste éxciton para os semicondutores orgânicos é maior do que nos semicondutores inorgânicos. ⁽¹⁸⁾

6 INSTALAÇÕES NO MUNICÍPIO DE LUZIÂNIA

Com base nas informações fornecidas pela empresa de instalações de módulos fotovoltaicos a Solartec, a procura pela aquisição da energia solar é considerável, crescendo muito ao longo do ano de 2019.

Para a instalação de um de sistema o preço mínimo dado foi de 6.000 reais para 67KW de potência, auemntando proporcionalmete à demanda necessária. A maioria das instalações, se não todas, são da primeira geração e são sistemas *on-grid*, conectados à rede. De acordo com a Solartec sistemas *off-grid* na região ainda não compensam. São somente trabalhadas placas inorgânicas de primeira geração, dando ênfase que as células orgânicas ainda tem muito o que crescer e se desenvolver no mercado brasileiro. Não foi informada para este estudo a quantidade de sistemas já instalados em Luziânia.

7 PIRANÔMETRO – MODELO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Para a construção do piranômetro nos baseamos no modelo desenvolvido e apresentado por Bolzan⁽⁶⁾. Com base no modelo utilizado para construção do protótipo foram utilizados dois pistões de motor de combustão a diesel que por serem de alumínio tem uma boa resistência mecânica, é um material pouco denso, permitindo o corte e a usinagem deles com relativa facilidade. Na Figura 6 vemos um dos pistões em processo de usinagem, neste caso o que deu origem a parte superior do piranômetro. Podemos separar o corpo do protótipo em três partes principais: a parte superior, o difusor e a parte inferior que permite a fixação em uma superfície de apoio. Na Figura 7 temos as duas partes do corpo do protótipo já finalizadas, na Figura 8 já com o difusor devidamente colocado e na Figura 9 vemos os furos que permitem tanto a fixação das duas partes do protótipo bem como os furos na parte inferior que permitem a fixação em um suporte. O processo de usinagem foi realizado no laboratório de mecânica do campus Valparaíso com a contribuição do técnico Edilson. Este processo levou a produção de uma cavidade interna como a de um cilindro oco onde colocamos o fotodiodo isolado do meio externo. O funcionamento do piranômetro para leitura correta dos índices de radiação global

depende deste isolamento para eliminar a incidência radiação proveniente da reflexão difusa dos corpos.

Figura 6: Pistões torneados Fonte: autoria própria.



Figura 7: Corpo protótipo. Fonte: autoria própria.



Figura 8: Corpo protótipo. Fonte: autoria própria.



Figura 9: Protótipo com os parafusos. Fonte: autoria própria.



Figura 10: Protótipo finalizado.



Fonte: autoria própria.

O difusor é uma parte essencial do piranômetro, ele fica em uma superfície plana entre o fotodiodo e a atmosfera. Foi utilizado um anel de *nylon tecnil* com 1 cm de espessura conforme consta no modelo em que nos baseamos. Este anel foi colocado utilizando uma prensa para que pudesse impedir a entrada dos raios solares incidindo diretamente no fotodiodo e impedir também a entrada de umidade. Na Figura 10 vemos o protótipo pronto, faltando apenas os parafusos de fixação.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho foi desenvolvido ao longo de um projeto de iniciação científica que convergia na produção e utilização do piranômetro, sobretudo registrando as informações e comparando os dados conhecidos sobre os níveis de incidência solar na nossa região. Com a pandemia e a suspensão das atividades tivemos um acréscimo nas dificuldades em desenvolver o projeto, principalmente na parte de construção do dispositivo e no que seria feito na sequência, o processo de instalação e de desenvolvimento dos registros das informações a partir das leituras de diferença de potencial nos terminais do fotodiodo. Toda esta parte de desenvolvimento do protótipo dependia das instalações e também de material humano do nosso campus e mesmo de outro campus como acabamos necessitando. Outra dificuldade que encontramos foi na obtenção de informações, principalmente junto a concessionária de energia elétrica responsável pelo abastecimento do município de Luziânia. Mesmo assim a partir de uma empresa privada que trabalha com instalações de módulos fotovoltaicos conseguimos ter uma ideia do panorama local. Do ponto de vista prático, apesar das dificuldades e do grande atraso, a construção do protótipo foi dentro do esperado. Ele será incorporado a outros sistemas de monitoramento já utilizados no campus e esperamos com isto contribuir com a aquisição de dados importantes que poderão auxiliar na tomada de decisões e na formação dos alunos, no que se refere a leitura, manipulação e tratamento destes dados.

AGRADECIMENTOS

Agrademos ao Diretor-Geral Prof. Reginaldo Dias dos Santos do IFG – Campus Valparaíso por ter disponibilizado o laboratório de mecânica do campus para que pudéssemos produzir o corpo do protótipo. Agradecemos também a disponibilidade e a valorosa contribuição do técnico de laboratório Edilson José Jacinto que dispõe dos conhecimentos e experiência para utilizar os maquinários e ferramentas do laboratório, sem a ajuda dele não teríamos conseguido concretizar a construção do protótipo dentro do que era esperado.

REFERÊNCIAS

1. Hugh (YOUNG, D.) e Roger (FREEDMAN, A.). Moléculas e Matéria Condensadas. In: Hugh (YOUNG) e Roger (FREEDMAN). **FÍSICA IV ÓPTICA E FÍSICA MODERNA**. Local: Pearson Education do Brasil, 2009. Página (293, 325).
2. Jearl (WALKER). Condução de Eletricidade nos Sólidos, Semicondutores. In: Jearl (WALKER). **FUNDAMENTOS DA FÍSICA, VOLUME 4 ÓPTICA E FÍSICA MODERNA**. Local: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., GEN-Grupo Editorial Nacional, 2009. Página (278,302).
3. Portal solar. Como funciona energia solar. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html#ancora1>. Acesso em: 04 de junho de 2020.
4. Maiquel (BOLZAN). Revisão bibliográfica: Piranômetros. In: Maiquel (BOLZAN). **Desenvolvimento de um Piranômetro Baseado em Componentes Semicondutores**. Local: Dissertação de Mestrado, 2014. Página (22,36).
5. Ecovoltaica. **Como medir a Incidência Solar**. Disponível em: <https://ecovoltaica.com.br/incidencia-solar-como-medir/>. Acesso em: 02 de junho de 2020.
6. Maiquel (BOLZAN). **Desenvolvimento de um Piranômetro Baseado em Componentes Semicondutores**. Local: Dissertação de Mestrado, 2014. (6)
7. Lucas (SANTANA). **Energia solar fotovoltaica: 5 Informações de como funciona**. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-5-informacoes-essenciais/>. Acesso em: 5 de dezembro de 2016.
8. Portal Solar. **A energia solar no mundo**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/distribuicao-energia-solar-brasil-e-mundo>. Acesso em: 02 de junho de 2020.
9. Lucas (LAU). **Incentivos fiscais e políticos para energia fotovoltaica**. Disponível em: <https://shareenergy.com.br/incentivos-fiscais-e-politicos-para-energia-fotovoltaica/>. Acesso em 02 de junho de 2020.
10. Oriol (PLANAS). **Célula solar de película fina**. Disponível em: <https://pt.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/painel-fotovoltaico/celulafotovoltaica/celula-solar-de-pelicula-fina>. Acesso em 09 de junho de 2020.
11. Oriol (PLANAS). **Tipos de células fotovoltaicas**. Disponível em: <https://pt.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/painel-fotovoltaico/celulafotovoltaica/tipos>. Acesso em 02 de junho de 2020.
12. Solen (ENERGIA). **Conheça os tipos de células fotovoltaicas**. Disponível em:

<https://www.solenenergia.com.br/blog/celulas-fotovoltaicas>. Acesso em 02 de junho de 2020.

13. Marcelo (VILLALVA). **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. Local: Érica/ Saraiva. (13)

14. Educação (MUNDO). **Vantagens e desvantagens da Energia Solar**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/vantagens-desvantagens-energia-solar.htm>. Acesso em: 28 de julho de 2020.

15. Guías Práticas.COM. **Piranómetro**. Disponível em: <http://www.guiaspracticas.com/estaciones-meteorologicas/piranometro#:~:text=Piran%C3%B3metro%20fotovoltaico%3A%20el%20principio%20de%20funcionamient%20es%20el,datos%20de%20radiaci%C3%B3n%20mediante%20la%20lectura%20de%20voltaje>. Acesso em: 27 de junho de 2020.

16. Solar (PORTAL). **Vantagens e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html#ancora24>. Acesso em: 28 de julho de 2020.