

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA NO AUMENTO DO RENDIMENTO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS

Luiz Henrique dos Santos Silva ¹; Agleison Ramos Omido ²
lhenriqueesilva@hotmail.com ¹; Agleisonomido@ufgd.edu.br ²;

RESUMO - A energia solar é uma fonte inesgotável renovável e limpa tornando-se assim uma alternativa promissora para enfrentar os desafios da crescente demanda de energia no planeta. A energia fotovoltaica torna-se uma alternativa altamente viável para o Brasil, visto que o mesmo está localizado próximo à linha do Equador, região que possui alta incidência solar. Possui benefícios como a redução do valor na conta de energia, facilidade de instalação e possibilidade de levar eletricidade até locais isolados. Entretanto, os painéis fotovoltaicos sofrem uma queda em seu rendimento devido ao aquecimento das células por meio da irradiação incidente. Diante disto, o presente trabalho busca a utilização da energia geotérmica para a refrigeração destes painéis e conseqüente aumento em sua eficiência. Esta pesquisa aponta ganhos de 2 à 4% no rendimento do painel fotovoltaico devido a uma queda de 10°C aproximadamente em sua temperatura de operação.

Palavras-chave: Energia Solar. Energia Geotérmica. Rendimento.

ABSTRACT – Solar energy is an inexhaustible renewable and clean source, thus becoming a promising alternative to meet the challenges of the growing demand for energy on the planet. Photovoltaic energy becomes a highly viable alternative for Brazil, since it is located near the Equator Line, a region with high solar incidence. It has benefits such as reduced energy bills, ease of installation and the possibility of taking electricity to isolated locations. However, photovoltaic panels suffer a drop in their performance due to the heating of cells through incident irradiation. In view of this, the present work seeks the use of geothermal energy for the cooling of these panels and consequent increase in their efficiency. This article proposes to increase their efficiency through the use of geothermal energy for cooling these panels and, consequently, increases their efficiency. This research points to gains of 2 to 4% in the yield of the photovoltaic panel besides a drop of 10°C approximately in its operation temperature.

Keywords: Solar Energy. Geothermal Energy. Performance.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, a necessidade de obtenção de energia pelo ser humano é fator fundamental para sua sobrevivência. Atualmente, os discursos e estudos no campo do desenvolvimento sustentável têm se intensificado. Há uma crescente busca por energias limpas e renováveis com o intuito de satisfazer a demanda energética sem alterar, de maneira contundente, as condições de vida no planeta.

A questão energética constitui um dos grandes desafios da atualidade, tendo em conta, a finitude dos recursos naturais impondo-se fortes preocupações ambientais, no sentido de se buscar fontes alternativas de energia que contribuam para o meio ambiente e para o desenvolvimento social e econômico (COELHO, 2014).

Com o surgimento e crescimento das indústrias, principalmente em meados do século XVIII com o advento da Revolução Industrial, houve uma ininterrupta busca por energia para suprir a necessidade deste setor. Ainda, a maior parte desta demanda é suprida por formas de energias não renováveis, como a utilização de combustíveis fósseis.

Nas últimas décadas houve um aumento da concentração de gases-estufa na atmosfera, que por sua vez têm causado mudanças no clima em todo o planeta. Nos últimos 100 anos, a temperatura aumentou $0,85^\circ$ nos continentes e $0,55^\circ\text{C}$ nos oceanos. (IPCC 2007). Nos próximos anos os países em desenvolvimento sofrerão com o aumento do crescimento populacional e por consequência em sua demanda energética, a qual não crescerá na mesma proporção que a oferta de energia. (REIS, VICHI, MELLO, 2014).

O aumento da demanda de energia não ficou limitado apenas às áreas urbanas nas últimas décadas, houve também um aumento significativo na procura por fontes energéticas nas zonas rurais. O agronegócio é um dos principais pilares responsáveis pela economia do Brasil, apresentou em 2017 sua maior contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional, de acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil (CNA), este setor apresentou uma participação de 23,5% e demandou a utilização de novas tecnologias consumidoras de energia.

Dessa forma, faz-se necessário a utilização de novas formas de energia para atender esta demanda. Uma opção é a utilização da energia solar, pois, este recurso energético possui várias vantagens, como a economia na conta de energia, a diminuição

¹ Formando de engenharia civil na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD-2019).

² Orientador Doutor em engenharia elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2014).

da demanda pela energia do sistema nacional, adiando assim, a construção de novas barragens e usinas termelétricas e nucleares, que geram diversos impactos ambientais, além de ser uma fonte de energia renovável e limpa, que não produz resíduos poluentes. (NASCIMENTO,2004).

Por se tratar de uma energia limpa, renovável e abundante em praticamente todo o território nacional, com a possibilidade de levar eletricidade a lugares isolados, a energia solar torna-se uma alternativa viável. Porém, durante o processo de geração de energia, os painéis fotovoltaicos apresentam uma perda de rendimento devido ao aumento da temperatura consequente da irradiação incidente sobre a placa.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA

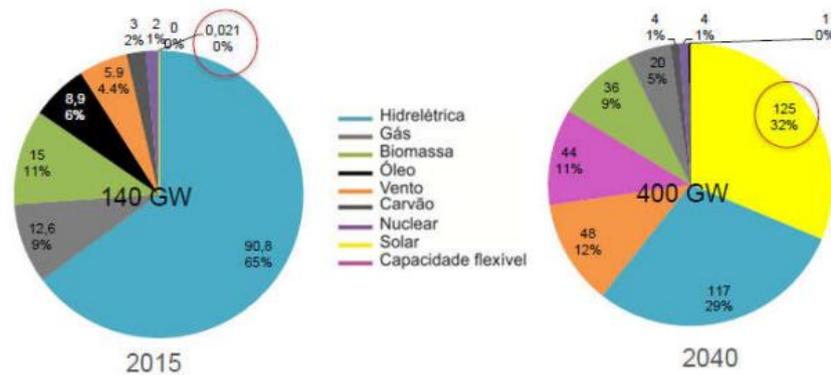
A conversão da energia solar em elétrica foi observada pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839, o cientista constatou uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor quando exposto a luz.

Células fotovoltaicas são produzidas com material semicondutor. Segundo Nascimento (2004), estas placas não armazenam energia elétrica, elas mantêm o fluxo de elétrons estabelecidos num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é conhecido como “Efeito fotovoltaico”.

Mattos (2016), afirma que o efeito fotovoltaico está diretamente ligado ao efeito fotoelétrico, enquanto o primeiro é obtido em materiais semicondutores, o segundo se dá geralmente por materiais metálicos que têm seus elétrons energizados quando expostos à radiação eletromagnética de frequência alta.

O Brasil, na Conferência das Nações Unidas para a Agenda do desenvolvimento Pós-2015, firmou compromisso em reduzir as emissões de gases estufa para a atmosfera. A meta para o País é reduzir em 37% até 2025 a emissão destes gases, em relação aos níveis de 2005, e em 43% até 2030. Conforme demonstrado na figura 1, a energia eólica deixará de ser uma pequena representante na matriz energética do Brasil e representará 32% da mesma, por outro lado a produção das hidrelétricas que em 2015 representou 65% da matriz energética brasileira, representará apenas 29% no mesmo ano.

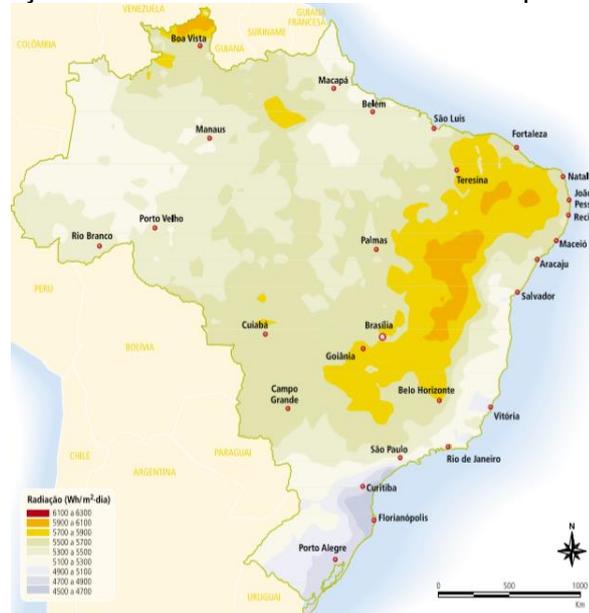
Figura 1 – Previsão da matriz energética brasileira.



Fonte: CELA (2016)

A conversão da energia solar em elétrica ocorre pela incidência da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. O Brasil apresenta ótimas taxas de radiação quando comparado a países da Europa. Apesar disto, o País não está ocupando posições entre os líderes em energia solar, encabeçados por China, Japão, Alemanha, Estados Unidos e Itália. Segundo Villalva e Gazoli (2014), o Brasil apresenta ótimas taxas de insolação médias anuais, na ordem de 4.500 a 6.000 Wh/m².dia.

Figura 2 - Radiação solar direta diária – média anual típica (MJ/m². Dia)



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), fez um balanço quanto ao potencial fotovoltaico por meio da instalação de painéis solares em telhados residenciais, identificou os valores por região, além de obter a sua relação com consumo residencial de eletricidade, apresentado no quadro 1.

Quadro 1 - Potencial para geração residencial por regiões

REGIÃO	POTENCIAL FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL (MW médios)	POTENCIAL FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL (GWh/ano)	CONSUMO RESIDENCIAL ANUAL 2013 (GWh)	POTENCIAL FOTOVOLTAICO /CONSUMO RESIDENCIAL(%)
NORTE	2315	19403	7413	261,74
NORDESTE	8840	77440	23963	323,16
SUDESTE	14055	123122	63947	192,54
CENTRO-OESTE	2805	23696	9902	239,31
SUL	5005	43844	19671	222,89

Fonte: Adaptado da EPE (2014).

Observa-se que as regiões mais povoadas apresentam maior potencial de geração, devido, naturalmente ao maior número de moradias.

2.2 COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.2.1 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Os painéis solares são os principais constituintes dos sistemas fotovoltaicos. Eles são formados pela união de células fotovoltaicas, podendo ser associadas, eletricamente em série, paralelo, ou em uma associação mista (série e paralelo simultaneamente) (ALMEIDA, 2015).

Nas últimas décadas, diversas formas de células fotovoltaicas vêm sendo pesquisadas, porém, no mercado ainda há predominância das células fotovoltaicas fabricadas a partir de lâminas de silício. Segundo o Portal Solar, os painéis fotovoltaicos oriundos de alguma variação de silício representam quase 80% das vendas do mercado de placas fotovoltaicas no mundo e que em 2018, esta tecnologia baseada em silício representou cerca de 85% dos sistemas de energia solar instalados em moradias e empresas. Atualmente no mercado existem diferentes tecnologias disponíveis, o quadro 2 apresenta a eficiência em laboratório e em produção de cada tipo de painel.

Quadro 2 - Eficiência de conversão

Material	Eficiência em laboratório	Eficiência em produção
Silício mono	24,7%	18%
Silício poly	19,8%	15%
Silício amorfo	13%	10,5%
CIS, CIGS	18,8%	14%
CdTe	16,4%	10%

Fonte: Adaptado de Souza (2018).

2.2.2 INVERSOR

São dispositivos com a função de fazer a ligação entre os módulos fotovoltaicos e os equipamentos ou a rede. Este equipamento converte o sinal elétrico dos módulos de corrente contínua em um sinal de corrente alternada além de posteriormente fazer o ajuste do sinal para a frequência e nível de tensão de rede à qual está ligado (OVELHA,2017).

2.2.3 CONTROLADORES DE CARGAS

Estes equipamentos funcionam como válvulas do sistema com a função de proteger a bateria contra alguma descarga excessiva. Controladores de cargas são componentes críticos em sistemas autônomos ou isolados, pois, caso venham a falhar, a bateria poderá sofrer danos graves (CRESESB, CEPEL 2014).

2.2.4 BATERIAS

Segundo Ovelha (2017), quando o sistema fotovoltaico não está ligado à rede é necessário um sistema de armazenamento para compensar os períodos onde não haja radiação solar. Existe uma variedade de baterias, como a base de níquel-cádmio, hidreto metálico e íons de lítio sendo as mais usuais são as de ácido de chumbo.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.3.1 SISTEMAS AUTÔNOMOS OU ISOLADO (OFF GRID)

Este tipo de sistema depende apenas da radiação solar para que seja feita a geração de energia. O conjunto off grid é caracterizado por não estar conectado à rede elétrica. Com isto, ele abastece diretamente os aparelhos que necessitarão da energia produzida (CRESESB, CEPEL, 2014).

2.3.2 SISTEMAS LIGADOS À REDE (ONN GRID)

Os sistemas on grid funcionam concomitantemente à rede da distribuidora de energia. Este dispensa o uso de acumuladores de energia, baterias, pois a energia produzida pode ser diretamente utilizada pela carga ou injetada na rede elétrica para ser consumida pelos aparelhos conectados ao sistema de distribuição (CRESESB, CEPEL, 2014).

2.3.3 SISTEMAS HÍBRIDOS

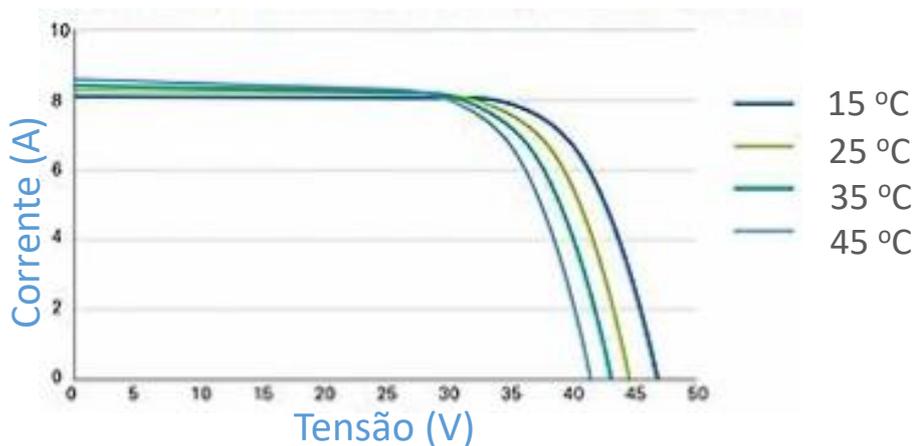
São sistemas conectados à rede elétrica (on grid), trabalhando integrado com um sistema de armazenamento de energia. Sua maior vantagem é o fornecimento de

eletricidade na falta de radiação. Entretanto, Pereira e Oliveira (2011), alertam que este tipo de sistema é complexo visto que exige a integração de diversas formas de produção de energia, como geradores eólicos ou motores à diesel ou gás.

2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NA PERDA DE EFICIÊNCIA

A corrente gerada pelos painéis solares é diretamente proporcional à irradiação solar incidente tendo a temperatura da célula pouca influência sobre a mesma, contudo, quando ocorre o aumento de temperatura, a tensão diminui e com isso há uma queda significativa na potência gerada (ARAUJO, RANK, BUENO, 2015). A figura 3 ilustra o efeito que a temperatura causa na célula fotovoltaica. Verifica-se que a voltagem diminuiu de maneira significativa com o aumento da temperatura enquanto a corrente sofre uma pequena elevação.

Figura 3 - Curva característica I versus V em um módulo fotovoltaico.



Fonte: Adaptado de Portal Solar (2018).

Módulos fotovoltaicos produzidos a partir de filmes finos apresentam uma menor perda de eficiência devido a temperatura quando comparados com os módulos à base de silício cristalino (CRESESB, CEPEL 2014).

Pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de encontrar alternativas para reduzir a perda de eficiência nos módulos fotovoltaicos. Uma alternativa é o auxílio da geotermia para a refrigeração destes painéis através de um corpo hídrico para absorver o calor excedente e dissipá-lo para o solo.

2.5 ENERGIA GEOTÉRMICA

Segundo Arboit (2013), energia geotérmica é aquela oriunda do calor no interior da Terra, podendo ter seu aproveitamento tanto para a produção de energia elétrica como para usos diretos. Ela pode ser extraída por águas contidas em bacias subterrâneas, que fazem a absorção do calor vindo das camadas inferiores da crosta do planeta que atinge temperaturas elevadas (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016).

Segundo Trillo e Ângulo (2008), a energia geotérmica pode ser dividida em 4 grupos:

- Alta temperatura (maior que 150 °C): Uma temperatura superior a 150 °C permite transformar diretamente o vapor de água em energia elétrica.
- Média temperatura (entre 90 e 150 °C): Permite produzir energia elétrica utilizando uma troca de fluidos, que é o que alimenta a central.
- Baixa temperatura (entre 30 e 90°C): O seu conteúdo em calor é insuficiente para produzir energia elétrica, mas é adequado para aquecimento de edifícios e processos industriais e agrícolas.
- Muito baixa temperatura (menos que 30 °C): Pode ser usado para aquecimento e refrigeração, necessitando do uso de bombas de calor.

Um estudo realizado por Vieira e Maranhã (2009), aponta que a temperatura do solo quando medida a poucas profundidades apresenta valores semelhantes a média anual da região.

Segundo dados apontados pela Embrapa (2017), mostra que nos meses de dezembro e janeiro, a cidade de Dourados-MS, apresenta os valores máximos para a temperatura média em contrapartida, as menores temperaturas são registradas nos meses de junho e julho. A tabela 2 mostra dados da Temperatura média (T), temperatura máxima (TM), temperatura mínima (1) (Tm) e amplitude térmica mensal (ΔT) da região de Dourados, MS.

Tabela 1 - Dados da estação meteorológica automática.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
T (°C)	25,5	25,4	25,1	23,6	19,5	19,2	18,4	20,9	22,4	24,5	24,8	25,6	22,9
TM (°C)	31,7	31,6	31,5	29,7	25,9	25,0	25,5	28,3	29,1	30,9	31,4	31,6	29,3
Tm (°C)	21,0	20,7	20,0	18,1	14,6	13,2	12,3	13,8	15,8	18,5	19,4	20,6	17,3
ΔT (°C)	10,7	10,9	11,5	11,6	11,3	11,8	13,2	14,5	13,3	12,4	12,0	11,0	

Fonte: Embrapa (2017).

O presente artigo utilizará os Recursos Energéticos de Muito Baixa Temperatura, ou seja, quando a Temperatura é menor que 30°C, para resfriamento de um módulo de fotovoltaico com o objetivo de reduzir a queda de eficiência devido aos altos índices de irradiação. Em sistemas energéticos de baixa temperatura a captação dos recursos poderá ser feita de formas variadas. O critério de escolha do método levará em consideração as características do terreno, área disponível e resultados pretendidos (NASCIMENTO,2018).

O tipo de classificação para a captação desta energia divide-se em dois sistemas, sistemas abertos e sistemas fechados. Nos sistemas em aberto, é utilizada água subterrânea como forma de transportar o calor, já em sistemas fechados, existe um circuito fechado, formado por tubos que em seu interior circulação de um fluido, são divididos em três classes: captação horizontal, vertical e mista (RIO,2011).

Este trabalho foi executado com o objetivo de melhorar o rendimento da placa , com o resfriamento da mesma por meio de um fluido refrigerante (água), por possuir um elevado calor específico. Também, optou-se por um sistema aberto para realizar a refrigeração da placa fotovoltaica com a finalidade de reestabelecer o seu rendimento na produção de energia. Trata-se de um sistema onde não há consumo de energia elétrica para o seu funcionamento. Tal escolha também se justifica no fato da pesquisa ser voltada para o atendimento à comunidade rural, que dispõem de fonte de água para o funcionamento do carneiro.

2.6 CARNEIRO HIDRÁULICO

A bomba tipo carneiro hidráulico, conhecido também como bomba de aríete hidráulico, foi desenvolvido pelo relojoeiro e cientista inglês John Whitehurst em 1772, porém, para seu funcionamento era necessário o auxílio de um operador, em 1796 os irmãos Montgolfier transformaram o aparelho para automático (MAEDA, 2010).

Trata-se de um equipamento utilizado para realizar o bombeamento da água sendo desnecessário a utilização de energia elétrica ou qualquer outra fonte de energia fóssil pois utiliza apenas a força proveniente do próprio movimento da água.

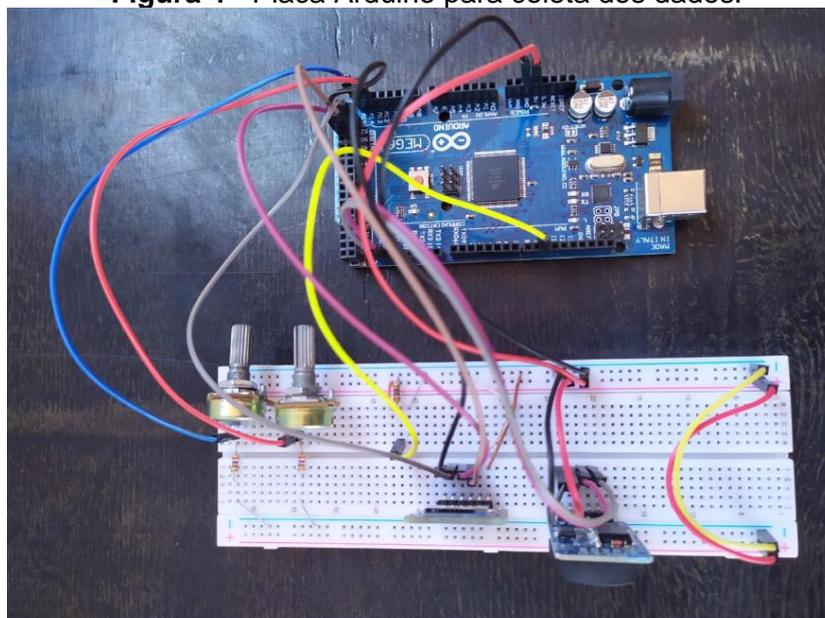
3 METODOLOGIA

O presente trabalho é uma continuação do projeto “ESTUDOS DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA NO AUMENTO DO RENDIMENTO DE PLACAS

SOLARES”. No primeiro projeto, o rendimento da placa fotovoltaica foi analisado de maneira indireta: foi verificada a alteração da vazão fornecida por uma bomba d’água alimentada pelas placas fotovoltaicas com e sem resfriamento.

Neste trabalho, após o desenvolvimento de um voltímetro utilizando a plataforma de prototipagem Arduino, foi medida a tensão oferecida por duas placas simultaneamente, sendo uma resfriada e outra não. Assim, com as placas em paralelo, a interferência produzida por oscilações na radiação durante o processo de realização das medidas é eliminada. A coleta dos dados foi realizada a cada minuto e armazenados através de um Micro SD Card, onde foi possível sua passagem o computador e posterior interpretação destes dados. A figura 6 mostra o protótipo montado para coleta dos dados.

Figura 4 - Placa Arduino para coleta dos dados.



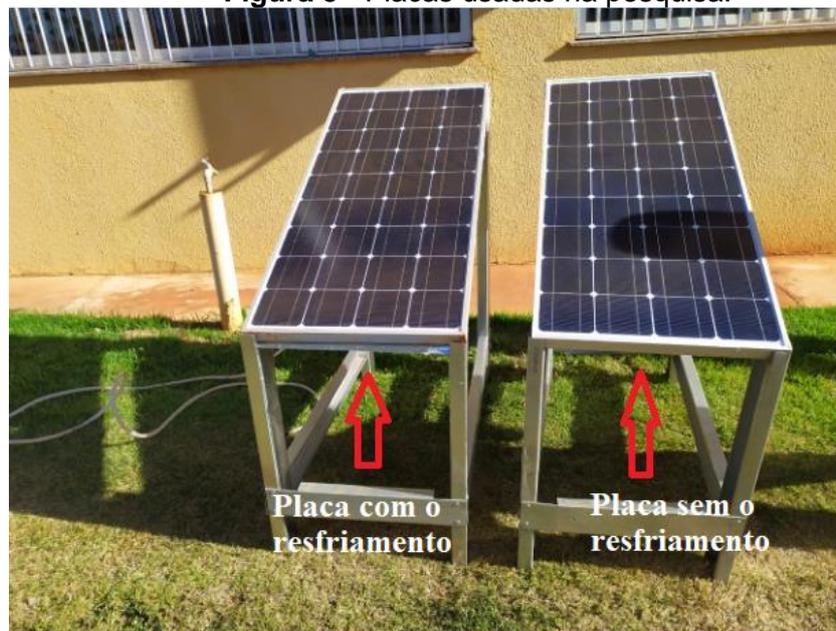
Fonte: Autor (2019).

Outra alteração foi a introdução de mais uma linha de refrigeração da placa. No setup anterior o resfriamento ocorria injetando-se água em uma espuma sólida posicionada atrás da placa através de um tubo perfurado posicionado no topo da mesma. Agora, esse resfriamento ocorre com a utilização de duas linhas de injeção, uma posicionada no topo e outra no centro da placa. Essa mudança elimina um problema enfrentado nas medidas anteriores que foi o gradiente de temperatura existente entre a região superior e inferior da placa resfriada.

O sistema idealizado se inicia na coleta de água do corpo hídrico através de um sistema de bombeamento utilizando o carneiro hidráulico que movimenta a massa de água para um reservatório próximo a placa. A água desce por gravidade e umedece uma espuma sólida instalada atrás da placa que é presa por um suporte. Ao passar pela espuma, a água absorve o calor da placa e depois é destinada para fins agropecuários, ou retorna ao corpo hídrico, uma vez que o sistema não polui a água.

Em função da dificuldade de instalação dos painéis fotovoltaicos próximos a um corpo hídrico, foi realizado uma simulação do processo de captação em frente ao prédio FAEN (Faculdade de Engenharia) – Unidade 2, na cidade de Dourados - MS. A água utilizada para o resfriamento da placa fotovoltaica é oriunda de uma torneira próxima ao sistema.

Figura 5 - Placas usadas na pesquisa.

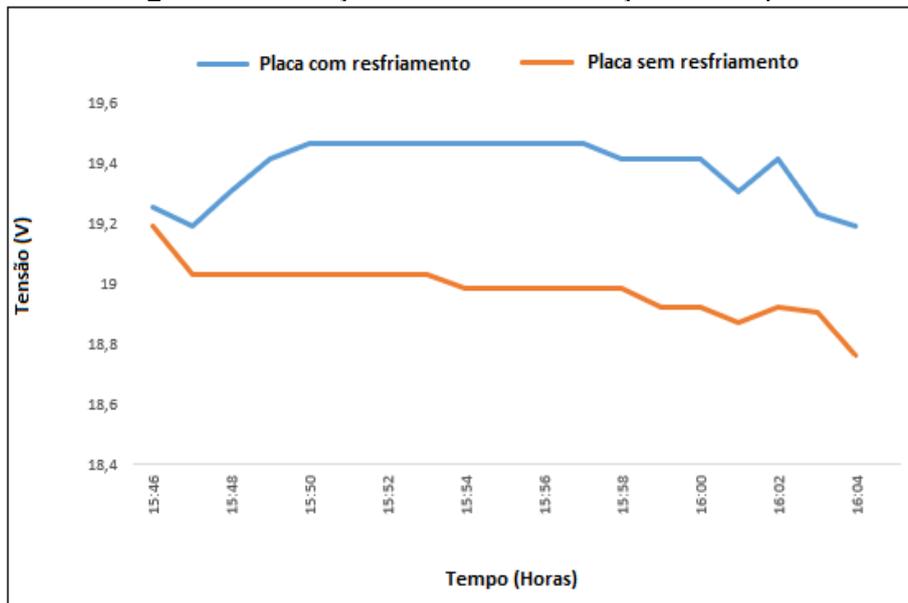


Fonte: Autor (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira situação analisada foi com o sistema de resfriamento ligado desde o início da coleta de dados. Os dados coletados são demonstrados na figura 6.

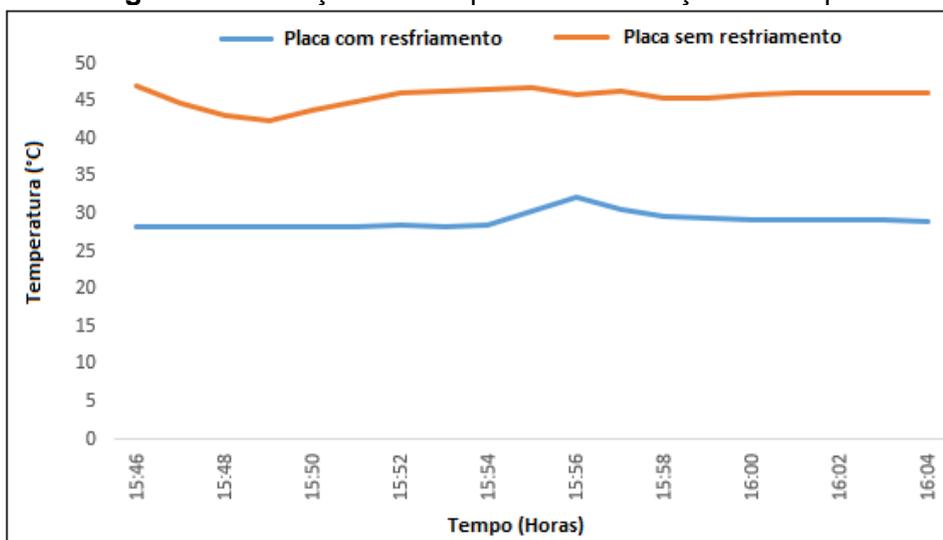
Figura 6 – Variação da tensão em função do tempo.



Fonte: Autor (2019).

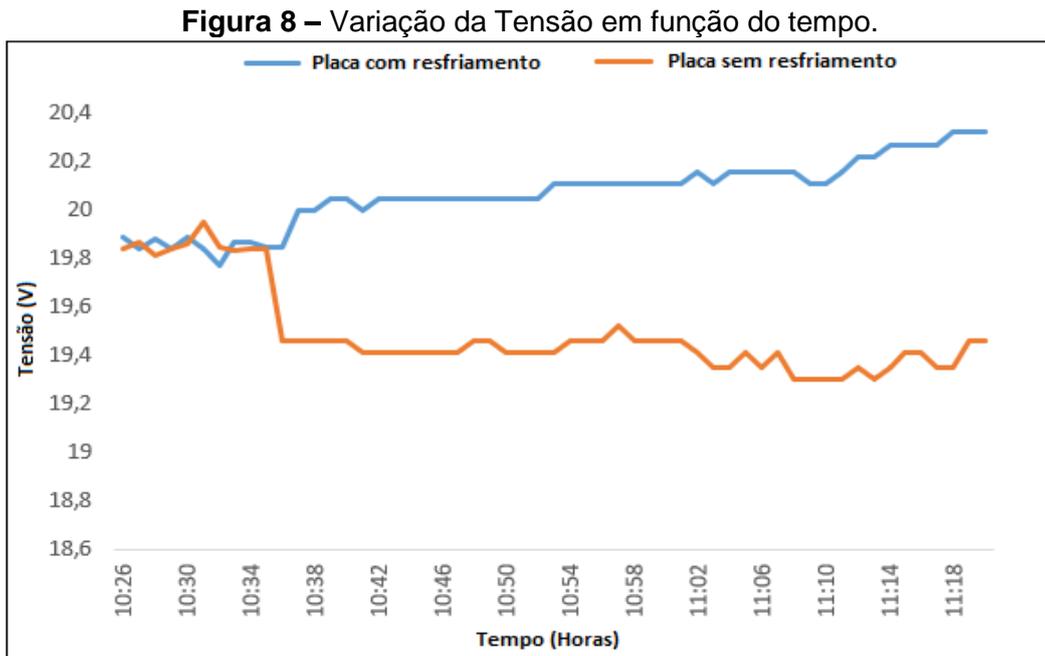
Na figura acima observa-se que a placa refrigerada apresenta tensões superiores a da placa sem resfriamento durante todo o período observado. O painel com resfriamento chega a apresentar um valor máximo e mínimo de 19,46V e 19,19V respectivamente enquanto na placa sem refrigeração estes valores são 19,19V e 18,76V tendo uma rendimento 1.8% menor que a placa resfriada. Este fato é justificado devido ao sistema de resfriamento ter mantido a temperatura da placa próximo aos valores da temperatura de operação enquanto na placa não resfriada as temperaturas se mantiveram elevadas durante o período de coleta como é demonstrado na figura 7.

Figura 7 – Variação da Temperatura em função do tempo.



Fonte: Autor (2019).

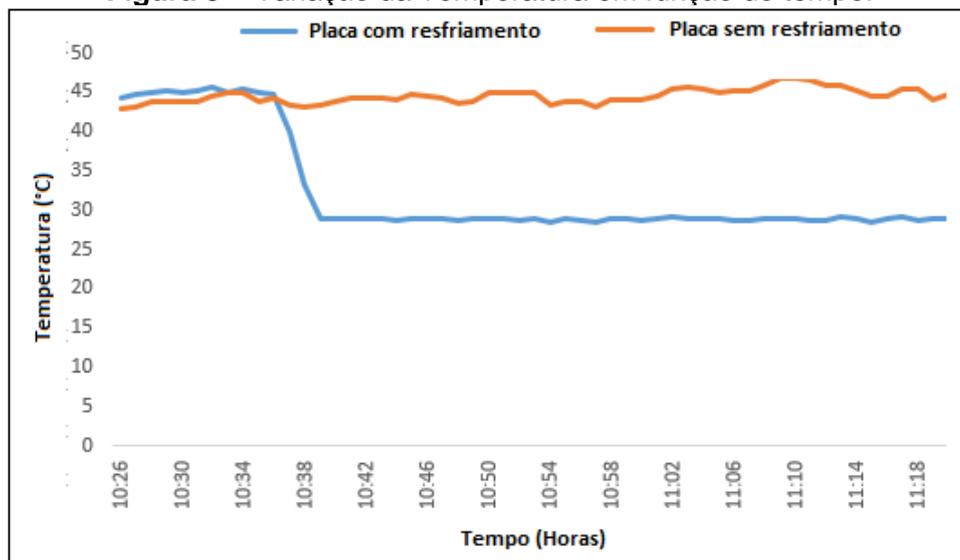
Na segunda situação analisada ambas as placas estavam sob as mesmas condições durante os primeiros dez minutos pois o sistema de resfriamento estava desligado. Neste período inicial ambas as placas apresentaram valores próximos de tensão devido ao fato das temperaturas também estarem com valores aproximados. Os dados coletados são apresentados na figura 8.



Fonte: Autor (2019).

Como pode ser analisado, durante o processo de refrigeração a placa refrigerada apresentou 20,32V como seu maior valor de tensão e 20V o mínimo. Por outro lado, a placa sem resfriamento apresentou um valor máximo e mínimo de 19,52V e 19,3V respectivamente, tendo o painel resfriado obtido um rendimento 3.9% maior que o sem refrigeração. A placa refrigerada apresentou uma temperatura média de 32,37°C enquanto o outro painel a temperatura média foi 44,57° conforme apresentado na figura 9.

Figura 9 – Variação da Temperatura em função do tempo.



Fonte: Autor (2019).

5 CONCLUSÃO

Tendo em vista a redução do rendimento das placas fotovoltaicas decorrente do aumento de temperatura de operação, o presente trabalho propôs uma alternativa para contornar esta situação: O auxílio da geotermia para a refrigeração destes painéis através de um fluido refrigerante para absorver o calor excedente e dissipá-lo para o solo. Como pode ser analisado nos gráficos apresentados, o sistema mostrou-se eficaz pois observa-se um aumento da tensão da placa fotovoltaica à medida que a água flui pela espuma atrás da placa. Com base nos dados obtidos neste trabalho e nos questionamentos levantados durante o processo de elaboração, para futuras pesquisas recomenda-se:

- I. Introdução de colunas verticais de resfriamento na parte de trás da placa a fim de otimizar a percolação da massa de água.
- II. Utilização de um suporte para a espuma que não seja bom condutor térmico para que o mesmo não influencie na temperatura do painel fotovoltaico.
- III. Alimentação do Arduino com energia gerada pela própria placa solar.
- IV. Resfriamento do painel fotovoltaico com fluido refrigerante diretamente de um açude ou córrego.
- V. Reutilização da água utilizada no resfriamento para fins domésticos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eliane. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Engenharias On-line**. Belo Horizonte, v.02,nº4,p. 1-184, 5 mar. 2015. Disponível em: www.fumec.br/revistas/eol/article/download/3574/1911. Acesso em: 20 mai. 2019.
- ANEEL– Agência Nacional de Energia Elétrica. **Energia solar. Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. Ed. Brasília-DF, 2005. Disponível em: [www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf). Acesso: 20 mai. 2018.
- ARAÚJO, A. J. N.; RANK N. I.; BUENO, T. B. A. **Análise dos fatores de perdas nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em Curitiba**. 2016 Disponível em: https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/docequipe/2015_2_27/2015_2_27_final.pdf.
- ARBOIT, N. K. S. **Potencialidades da Utilização da Energia Geotérmica no Brasil – uma Revisão de Literatura**. Revista do Departamento de Geografia – USP, v. 26,p. 155-168, 2013.
- CELA - **CLEAN ENERGY LATIN AMERICA. 2016**. Congresso de GD: Modelos de Negócios. Apresentação de Camila Ramos (diretora). São Paulo, Brasil, p. 14 http://www.zonaeletrica.com.br/bsp/apresentacoes/plenaria2/Modelos_de_Negocio_GD_CELA.pdf. Acesso em: 20 maio 2019.
- CEPEL ELETROBRAS. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, e 2014.
- CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil. **Encontro com presidentiáveis: O futuro é agro**.2018. Disponível em: https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/resumo_executivo_completo_21x28cm_final_22-8_15h20.pdf. Acesso em 17 mai. 2019.
- COELHO, Fabrízia L. N. A., **O incentivo à moradia ambientalmente correta: o uso da energia renovável**. Revista de Direito Econômico e Socioambiental. Curitiba, v. 5, n. 1, p. 180-198, jan./jun. 2014
- EMBRAPA. **O clima da região de Dourados MS**. 3º ed. revista e atualizada, v.34,2017. Disponível em:<www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1079733/1/DOC201FIE TZ.p df>. Acesso em: 20 mai. 2019.
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Nota Técnica DEA 19/14 – Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro, outubro/2014.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2001: the scientific basis**. United Kingdom: Cambridge University, 2007.
- MAEDA, L. K. **Análise de sistemas alternativos de bombeamento, condução de água e irrigação: Estudo de caso a horta municipal de São Carlos**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- MATTOS, G. M.; “**Estudo de Rendimento e Temperatura de Painéis Fotovoltaicos com Uso de Técnica de Concentração Solar**”. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, Abril de 2016.

NASCIMENTO, C. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004.

NASCIMENTO, L. C. **Análise de viabilidade de utilização da geotermia no aumento do rendimento de placas fotovoltaicas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

OVELHA, Rui Miguel R. Val de. **Projeto, Dimensionamento e Instalação de Solução Fotovoltaica numa moradia offgrid**. 2017. 102p. Dissertação de mestrado. Faculdade de ciências, departamento de engenharia geográfica, geofísica e energia - Universidade de Lisboa.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria. 2011.

REIS, Lineu Belico dos; VICHI, Flávio Maron; MELLO Leonardo Freire de. **Energia e Meio Ambiente Tradução da 5ª edição norte-americana**. São Paulo: Cengage Learning. 2014.

RIO, J. P. T. E. **Geotermia e implicações nas tecnologias da construção – estudo de casos**. 2011.

Tipos de Painel Solar Fotovoltaico. **Portal solar**. 2018. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>, acesso em: 20 mar. 2019.

Trillo L. and Angulo V. R., **Guía de la Energía Geotérmica**. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2008.

VIEIRA, A.; MARANHA, J. **Estudo de Modelação Numérica do Comportamento de Estruturas Termoactivas**. In: **Actas do 12º Congresso Nacional de Geotecnia, Lisboa**. 2009. Disponível em: . Acesso em: 20 mai. 2019.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael (2014). **Energia Solar Fotovoltaica - Introdução**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261175798_Energia_Solar_Fotovoltaica_-_Introducao.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Scenarius 2016: The Grand Transition. Report**. In collaboration with Accenture Strategy and Paul Scherrer Institute. London, United Kingdom.