

ENERGIA GEOTÉRMICA SUPERFICIAL: POTENCIAL DE SUA UTILIZAÇÃO NO AUMENTO DO RENDIMENTO DE PLACAS SOLARES

Luiz Henrique dos Santos Silva(*), Gabriela Sarti Figueiredo, Christian Souza Barboza, Agleison Ramos Omido
* Universidade Federal da Grande Dourados (lhenriqueesilva@hotmail.com)

RESUMO

A questão energética está no centro dos mais importantes debates contemporâneos. O uso indiscriminado de fontes energéticas poluentes nos últimos dois séculos, desencadeou uma série de problemas que afetaram negativamente a qualidade de vida, a dinâmica natural do planeta e o cotidiano das populações, destacando-se a emergência de problemas ambientais. Assim, neste cenário, a busca por fontes alternativas na matriz energética e por combustíveis mais limpos se mostra cada vez maior. No Brasil, a maior parcela responsável pela geração de energia vem das usinas hidrelétricas, devido ao grande potencial hídrico do país. Porém, devido aos impactos ambientais causados pela sua implantação e a vulnerabilidade do sistema frente aos períodos de estiagem, o país tem procurado desenvolver novas fontes a fim de diversificar a matriz energética e garantir o abastecimento durante o ano todo. A partir disso, a energia solar é uma alternativa promissora no Brasil, possuindo inúmeras vantagens, como a sua disponibilidade durante todo o ano, fator que auxilia a manutenção do sistema elétrico brasileiro frente a longos períodos de estiagem, além da sua flexibilidade que permite o abastecimento de energia em locais afastado do sistema convencional. Porém ela esbarra em um problema recorrente: a queda do rendimento na produção de energia elétrica devido ao aquecimento das placas fotovoltaicas durante a operação. Uma solução encontrada no decorrer desta pesquisa, é o auxílio da geotermia para a refrigeração destes painéis através de um fluido refrigerante, no caso a água, para absorver o calor excedente e dissipá-lo para o solo. Diante disso, este trabalho tem como objetivo unir dois tipos de energia renovável, a geotérmica e a fotovoltaica, a fim de criar um sistema para resfriar a placa durante a sua operação através de geotermia, restaurando o rendimento das placas fotovoltaicas. Dados iniciais apontam um acréscimo no rendimento do painel fotovoltaico resfriado decorrente da redução da temperatura de operação. Verifica-se também, que o emprego da geotermia para realizar o resfriamento do módulo fotovoltaico se mostra como uma alternativa economicamente viável.

PALAVRAS-CHAVE: Geotermia, Painel fotovoltaico, Rendimento da placa solar, Energia renovável.

INTRODUÇÃO

Os recursos energéticos são o foco dos interesses estatais, gerando disputas geopolíticas desde a primeira Revolução Industrial em meados do século XVIII. Com o surgimento e crescimento das indústrias, houve uma ininterrupta busca por energia para suprir a necessidade deste setor. Atualmente, a maior parte desta demanda é suprida por formas de energias não renováveis, como a utilização de combustíveis fósseis.

A questão energética estabelece assim, um dos maiores desafios da atualidade, gerando debates como consumo, recursos naturais e mudanças climáticas. Tais preocupações ambientais motivam a busca por fontes alternativas de energia, que contribuem para o desenvolvimento social, econômico e promovem o desenvolvimento sustentável (COELHO, 2014).

Uma opção para atender essa demanda de novas formas de energia é a utilização da energia solar, que possui vantagens como a economia na conta de energia, a redução 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).

Antes praticamente restrita à aplicações em pequenos sistemas de eletrificação instalados em locais não atendidos pela rede convencional de energia, nos últimos anos a energia solar fotovoltaica tem se mostrado uma importante fonte de complementação energética para o Brasil, tendo sua inserção na matriz energética nacional aprovada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que regulamenta a geração de energia através de fontes alternativas em sistemas conectados à rede elétrica de distribuição (VILLALVA, 2012).

Entretanto, 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. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo unir dois tipos de energia renovável, a geotérmica e a solar, a fim de criar um sistema para resfriar a placa durante a sua operação através de geotermia, restaurando o rendimento das placas fotovoltaicas.

CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil é considerado um dos 10 maiores produtores de energia elétrica do mundo. Isso se deve à sua enorme disponibilidade em recursos hídricos, que garante ao país um poderoso sistema hidrelétrico, onde há o aproveitamento dos rios para a produção de energia. Entretanto, devido ao impacto ambiental social e ambiental necessário para a construção dessas usinas, este tipo de empreendimento tem sido motivo de preocupação nos últimos anos, com isso, tem aumentado o número de pesquisas com o intuito de apresentar uma alternativa para diversificar a matriz energética do País (EPE, 2018).

A principal parcela da energia elétrica gerada no Brasil vem das usinas hidrelétricas. Em segundo lugar, aparece a energia que vem de combustíveis fósseis, fontes não renováveis e poluidoras. Outras energias renováveis, como a eólica, nuclear, biomassa e solar, apresentam pequena expressão no cenário brasileiro. Tais dados estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh)
Fonte: Anuário estatístico de energia elétrica, 2018

| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Δ% (2017/2016) | Part. % (2017)* | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| Total | 570.835 | 590.542 | 581.228 | 578.898 | 587.962 | 1,6 | 100,0 | Total |
| Hidráulica (i) | 390.992 | 373.439 | 359.743 | 380.911 | 370.906 | -2,6 | 63,1 | Hydraulics (i) |
| Gás Natural | 69.003 | 81.073 | 79.490 | 56.485 | 65.593 | 16,1 | 11,2 | Natural Gas |
| Derivados de Petróleo (ii) | 22.090 | 31.529 | 25.657 | 12.103 | 12.733 | 5,2 | 2,2 | Petroleum products (ii) |
| Carvão | 14.801 | 18.385 | 18.856 | 17.001 | 16.257 | -4,4 | 2,8 | Coal |
| Nuclear | 15.450 | 15.378 | 14.734 | 15.864 | 15.739 | -0,8 | 2,7 | Nuclear |
| Biomassa (iii) | 39.679 | 44.987 | 47.394 | 49.236 | 49.385 | 0,3 | 8,4 | Biomass (iii) |
| Eólica | 6.578 | 12.210 | 21.626 | 33.489 | 42.373 | 26,5 | 7,2 | Wind |
| Outras (iv) | 12.241 | 13.540 | 13.728 | 13.809 | 14.976 | 8,5 | 2,5 | Other (iv) |

Diante disso, o desenvolvimento de novas tecnologias, vias e matéria-prima pode ser o futuro para um aumento do uso de energias renováveis na matriz energética brasileira. O foco da atenção deve estar na integração bem-sucedida e sustentável de todas as energias alternativas, incluindo solar, eólica, geotérmica, hidrelétrica e biomassa (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016)

Dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2018), mostram que o consumo de eletricidade em 2017 cresceu 1,2% em relação a 2016, fato que mantém o Brasil entre os dez maiores consumidores do mundo. Separando esse consumo por setor, nota-se que o setor industrial continua sendo o maior consumidor de energia, responsável por quase 36% do total, seguido do setor residencial, com cerca de 29% (Tabela 2).

Tabela 2: Consumo por classe (GWh)
Fonte: Anuário estatístico de energia elétrica, 2018

| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Δ% (2017/2016) | Part. % (2017)* |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------|
| Brasil | 463.142 | 474.823 | 465.708 | 461.780 | 467.161 | 1,2 | 100 |
| Residencial | 124.908 | 132.302 | 131.190 | 132.872 | 134.368 | 1,1 | 28,8 |
| Industrial | 184.685 | 179.106 | 169.289 | 165.314 | 167.398 | 1,3 | 35,8 |
| Comercial | 83.704 | 89.840 | 90.768 | 87.873 | 88.292 | 0,5 | 18,9 |
| Rural | 23.455 | 25.671 | 25.899 | 27.266 | 28.136 | 3,2 | 6,0 |
| Poder público | 14.653 | 15.355 | 15.196 | 15.096 | 15.052 | -0,3 | 3,2 |
| Iluminação pública | 13.512 | 14.043 | 15.333 | 15.035 | 15.443 | 2,7 | 3,3 |
| Serviço público | 14.847 | 15.242 | 14.730 | 14.969 | 15.196 | 1,5 | 3,3 |
| Próprio | 3.379 | 3.265 | 3.304 | 3.355 | 3.277 | -2,3 | 0,7 |

Ainda segundo a mesma fonte, no ano de 2015, aproximadamente 76% da energia gerada no mundo, foi produzida a partir de fontes não renováveis, no caso combustíveis fósseis e urânio, que são fontes de energia poluidoras e não renováveis. A Figura 1 ilustra as maiores fontes de energia no planeta em 2015.

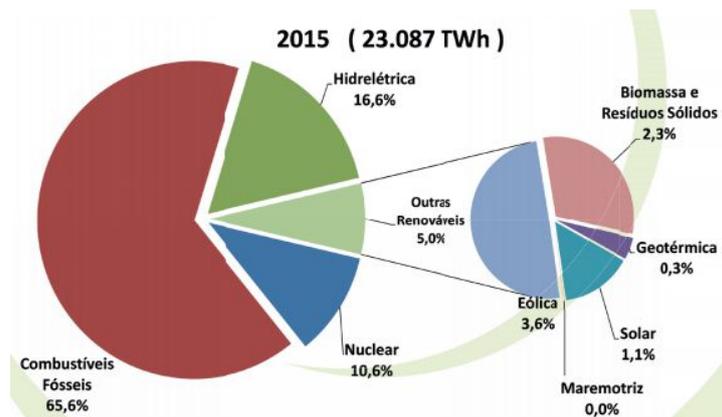


Figura 1: Geração de Energia Elétrica mundial por fonte. Fonte: Anuário estatístico de energia elétrica, 2018

Diante dessa situação, a energia fotovoltaica torna-se uma alternativa viável pois possui uma característica que não se encontra em nenhuma outra fonte: ela pode ser utilizada em qualquer local, gerando energia no próprio ponto de consumo, sem a necessidade de levar a energia para outro lugar utilizando redes de distribuição. Além disso, a energia fotovoltaica pode ser empregada em praticamente todo o território nacional, em áreas rurais ou urbanas, fato que a destaca entre outras fontes energéticas (VILLALVA, 2012).

ENERGIA FOTOVOLTAICA

A conversão da energia solar em elétrica foi observada pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839, onde constatou uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor quando exposto a luz. A célula fotovoltaica é o dispositivo fotovoltaico básico, produzida 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”.

O efeito fotovoltaico, que é a base dos sistemas de energia solar fotovoltaica para a geração de energia, consiste em transformar a radiação eletromagnética do Sol em energia elétrica, através de uma diferença de potencial, ou uma tensão elétrica, sobre uma célula formada por um sanduíche e materiais semicondutores (VILLALVA, 2012).

O efeito fotovoltaico é obtido em materiais semicondutores. Já o efeito fotoelétrico se dá geralmente por materiais metálicos que têm seus elétrons energizados quando expostos à radiação eletromagnética de frequência alta. O efeito fotoelétrico é muitas vezes confundido com o efeito fotovoltaico, mas embora eles estejam relacionados, são fenômenos diferentes (VILLALVA, 2012).

Quando os átomos de silício se ligam entre si formam uma rede cristalina onde todos os elétrons de valência são usados em ligações do tipo covalente, não restando elétrons livres para ocorrer a condução elétrica a princípio. Porém um material semicondutor só seria um isolante perfeito na temperatura de 0 Kelvin, assim em temperaturas acima disso alguns elétrons absorvem energia térmica e se libertam da estrutura cristalina, passando para banda de condução como elétrons livres, essas ligações incompletas são chamadas de lacunas. A energia necessária para que um elétron salte da banda de valência para de condução é denominado energia de *gap* (BURLER, 2011).

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.

Os valores do rendimento dos módulos fotovoltaicos são fornecidos pelos seus fabricantes. Alguns rendimentos, de acordo com a tecnologia e/ou matérias das células, podem ser vistos no Quadro 1.

Quadro 1: Rendimento médio obtidos em células e módulos fotovoltaicos

Fonte: Adaptado de Martin *et al.*, 2015.

| MATERIAIS E/OU TECNOLOGIAS | CÉLULAS | MÓDULOS |
|---|-----------|------------|
| Silício monocristalino - m-Si | 14% a 25% | 14% a 21% |
| Silício policristalino - p-Si | 20% | 13 a 16,5% |
| Orgânicas | 12% | 7% a 12% |
| Filmes finos | 9 a 16% | 7% a 13% |
| Silício amorfo a-Si | 9% | 6% a 9% |
| Telureto de Cádmio - CdTe | 14,4% | 9% a 11% |
| Seleneto de Cobre, Índio e Gálio - CIGS | 22% | 10% a 12% |
| Híbrido - HJT | | 23% |

A intensidade da corrente elétrica gerada pelos painéis solares é diretamente proporcional à intensidade da radiação que incide sobre ela. Se uma célula tiver pouca ou nenhuma luz, sua corrente torna-se nula ou muito pequena. Em relação à temperatura, sabe-se que quando ocorre o aumento em seu valor, a tensão diminui e com isso há uma queda significativa na potência gerada (VILLALVA, 2012). A Figura 2 ilustra o efeito que a temperatura causa na célula fotovoltaica.

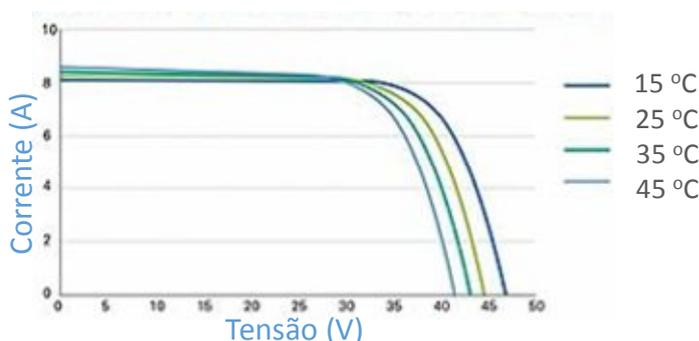


Figura 2: Efeito causado pela temperatura da célula na curva característica I versus V em um módulo fotovoltaico. Fonte: Adaptado de Portal Solar

Verifica-se pela Figura 2 que a tensão fornecida pela placa diminuiu de forma significativa com o aumento da temperatura enquanto a corrente sofre uma pequena elevação. Pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de encontrar alternativas para reduzir a perda de eficiência nos módulos fotovoltaicos. Uma das soluções é o auxílio da geotermia para a refrigeração destes painéis através de um fluido refrigerante, geralmente a água, para absorver o calor excedente e dissipá-lo para o solo.

ENERGIA GEOTÉRMICA

Com as preocupações internacionais relacionadas à qualidade do ar, qualidade da água e emissões de gases de efeito estufa, analistas e planejadores de políticas são cada vez mais reconhecendo o potencial da energia geotérmica para substituir os combustíveis fósseis e ajudar cumprir as obrigações de ar limpo e descarbonização (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016).

A energia geotérmica é uma das mais limpas formas de energia disponíveis atualmente em quantidade comercial. O uso dessa energia alternativa, com baixa emissão atmosférica, cresce significativamente em diversas partes do mundo, trazendo benefícios ambientais e contribuindo para um menor consumo de combustíveis fósseis e nucleares (RABELO, 2002).

A energia geotérmica é a energia extraída a partir da energia térmica do interior do planeta. Ela pode ser extraída através da água existente nas bacias subterrâneas, que absorvem o calor proveniente das camadas inferiores da crosta terrestre, atingindo grandes temperaturas (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016).

Há inúmeras formas de aproveitamento da energia geotérmica, seja para gerar de energia elétrica, produzir água quente para processos industriais e até mesmo para aquecer e resfriar ambientes. Cada aplicação depende da temperatura disponível para ser explorada, ou seja, da sua entalpia, que pode ser definida, resumidamente, “como a quantidade de energia térmica que um fluido, ou objeto, pode permutar com a sua envolvente, expressa-se por kJ/kg ou kcal/kg” (TRILLO e ANGULO, 2008).

De acordo com Singhal e Gupta (2010), a energia geotérmica pode ser dividida em três grupos:

- Baixa entalpia ou sistemas por domínio de água quente: Temperatura entre 50 a 150°C, onde a água subterrânea quente é utilizada como fonte de calor. O seu conteúdo em calor é insuficiente para produzir energia elétrica, mas é adequado para aquecimento de edifícios e processos industriais e agrícolas.
- Alta entalpia ou sistema por domínio de vapor: Temperatura entre 150 a 300°C, onde o vapor é extraído do líquido sendo utilizado para dar energia as turbinas de geração de eletricidade.
- Sistemas de rochas secas e quentes (HDR): Temperatura entre 50 a 300°C, onde o vapor de água é diretamente transformado em energia elétrica.

Estudos demonstram que a temperatura do solo quando medida a poucas profundidades apresenta valores semelhantes à média anual da região (VIERA e MARANHA, 2009). A Figura 3 apresenta um esquema da variação da temperatura do solo em função da profundidade.

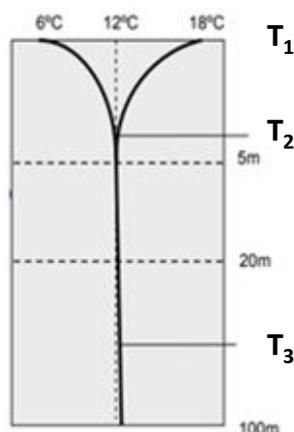


Figura 3: Fontes de energia e com a profundidade do perfil de temperatura. Fonte: (Adaptado de Law, 2009).

Observa-se que em T1 estão representadas as temperaturas máxima (18 °C) e mínima (6 °C) de certo período de tempo, em T2, a tendência de convergência para um valor constante (12 °C) e próximo da média da região e, em T3, a partir de certa profundidade, o aumento da temperatura decorrente do gradiente térmico terrestre.

Segundo dados da Embrapa (2017) apresentados na Tabela 3, os meses de dezembro e janeiro apresentam os valores máximos para a temperatura média, já as menores temperaturas são registradas em junho e julho. Esses dados são da cidade de Dourados - MS, na qual o artigo em questão foi desenvolvido. De acordo com os dados, a temperatura média da cidade é 22,9°.

Tabela 3: Temperatura média (T), temperatura máxima (TM), temperatura mínima (Tm) e amplitude térmica mensal (ΔT) da região de Dourados, MS
Fonte: (Embrapa, 2017)

| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abr. | Maió | 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 | |

⁽¹⁾ Dados da estação meteorológica automática, período de janeiro de 2001 a maio de 2016.

O presente trabalho utiliza os Recursos Energéticos de 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 ao aquecimento das placas durante sua operação. 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).

De acordo com Stuart (2013), são dois os tipos de captação de energia geotérmica: sistemas abertos e sistemas fechados. Nos sistemas em aberto, a água subterrânea é utilizada como forma de transportar o calor, são utilizados poços de água subterrânea ou de superfície para a captação da energia, tais como lagos e lagoas. A água é extraída, passa por um permutador de calor e depois é descarregada de volta em sua origem ou pode ser reutilizada para outros fins.

Em sistemas fechados, existe um circuito no qual o fluido térmico é inserido em um loop que circula e não tem contato direto com o solo, a transferência de calor com o solo ocorre através do material da tubulação. Existem quatro classes de sistemas de troca de calor de circuito fechado: vertical, horizontal, espiral e lagoa. Esse tipo de sistema é bastante utilizado (Stuart, 2013).

Esta pesquisa foi executada com o intuito de melhorar o rendimento da placa fotovoltaica, realizando o resfriamento da mesma por meio de um fluido refrigerante (água), por possuir alta capacidade térmica devido à sua propriedade de alto calor específico. Também optou-se por um sistema aberto utilizando águas superficiais para realizar a refrigeração da placa com o objetivo de reestabelecer o seu rendimento na produção de energia.

Para realizar o bombeamento da água, está sendo empregado o carneiro hidráulico artesanal (Figura 4). Trata-se de um sistema que não necessita de energia elétrica para ser utilizado, e sua função é substituir as bombas de calor utilizadas em sistemas geotérmicos. 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.



Figura 4: Carneiro hidráulico. Fonte: Autor do trabalho.

OBJETIVO

Avaliar o rendimento do módulo fotovoltaico com o resfriamento através da energia geotérmica.

Verificar o aumento de rendimento da placa avaliando a tensão fornecida pelas placas instaladas no sistema.

Desenvolver um sistema de bombeamento do fluido refrigerante da placa que permita a utilização da técnica com pouco consumo de energia elétrica.

METODOLOGIA

O presente trabalho é uma continuação do projeto “ESTUDOS DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA NO AUMENTO DO RENDIMENTO DE PLACAS SOLARES”, enviado em congresso anterior.

Neste trabalho foram realizadas alterações em relação ao setup experimental utilizado anteriormente. 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.

Já neste trabalho, após o desenvolvimento de um voltímetro utilizando a plataforma de prototipagem Arduino, está sendo medida a tensão oferecida por duas placas simultaneamente, sendo uma resfriada e outra não (Figura 5). Assim, com as placas em paralelo, a interferência produzida por oscilações na radiação durante o processo de realização das medidas é eliminada.

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.

Sensores instalados também com utilização da placa Arduino permitem mensurar a vazão na tubulação de resfriamento com o intuito de verificar sua influência na mudança de rendimento do sistema.

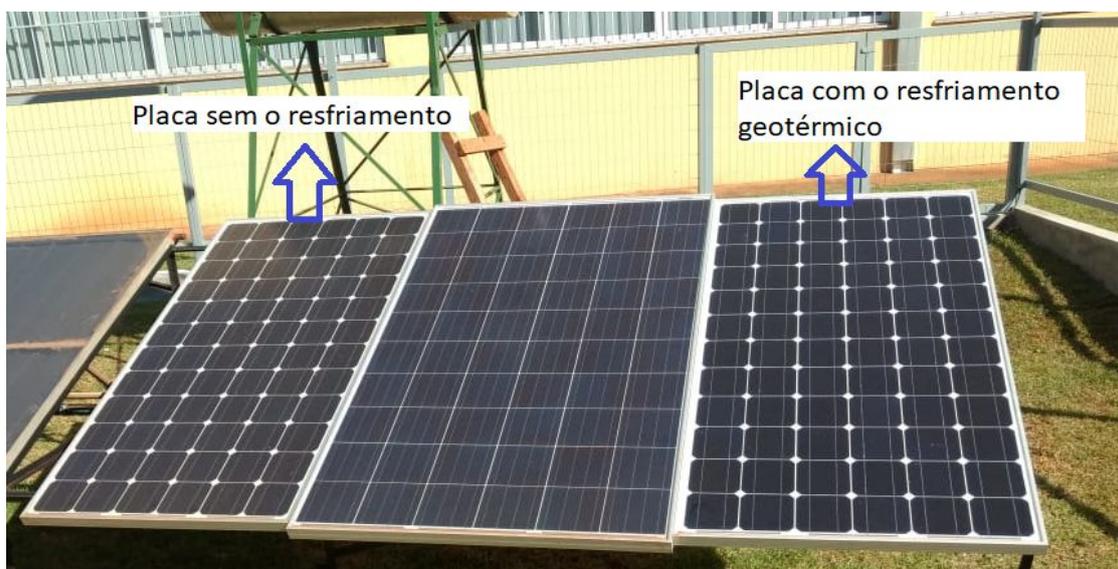


Figura 5: Placas usadas na pesquisa. Fonte: Autor do trabalho.

A vazão do sistema de refrigeração, a temperatura da placa e a voltagem fornecida, estão sendo monitoradas ao longo do tempo para verificação da eficiência do sistema e análise da viabilidade da implantação do mesmo.

RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que os dados coletados apontem um acréscimo no rendimento do painel fotovoltaico resfriado decorrente da redução da temperatura de operação. Acredita-se também, que o emprego da geotermia para realizar o resfriamento do módulo fotovoltaico se mostre uma alternativa viável economicamente.

Após a conclusão da pesquisa com o sistema geotérmico aberto, serão realizadas outras configurações de sistemas geotérmicos, como o sistema fechado horizontal e sistema fechado vertical, para avaliar o desempenho com diferentes tipos de trocadores de calor geotérmicos.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A busca por novas fontes de energia que não agredam o meio ambiente se faz inevitável, considerando a crescente demanda mundial por energia elétrica. Diante deste cenário, o trabalho se justifica na necessidade de desenvolver meios alternativos para produção de energia associando duas fontes de energia renováveis disponíveis o ano todo, fotovoltaica e geotérmica.

Embora o Brasil possua sua matriz energética majoritariamente limpa, já que sua principal fonte de energia vem das usinas hidrelétricas, a energia fotovoltaica pode ser utilizada como auxílio para a manutenção do fornecimento de energia, principalmente em períodos de estiagem, visto que esta fonte alternativa de energia está disponível o ano todo e possui um grande potencial de exploração.

Outras fontes alternativas de energia devem ser implantadas e fomentadas a fim de enriquecer a matriz energética mundial, uma vez que o aumento da demanda, assim como a escassez de fontes hoje utilizadas, é esperado. Pesquisas precisam ser realizadas e seus resultados difundidos de forma a apresentar opções para diversificar as formas de produção de energia hoje disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARBOIT, N. K. S. et al. "Potencialidade De Utilização Da Energia Geotérmica No Brasil – Uma Revisão De Literatura". Revista do Departamento de Geografia - USP, 2013. v. 26, n. 2013.
2. COELHO, Fabrízia L. N. A., O incentivo à moradia ambientalmente correta: o uso da energia renovável. Rev. Direito Econ. Socioambiental, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 180-198, jan./jun. 2014
3. EMBRAPA. O clima da região de Dourados MS. 3º ed revista e atualizada, v.34,2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1079733/1/DOC2017138FIETZ.pdf>> Acesso em: 3 junho 2018.
4. EPE, 2018 – Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018, ano base 2017. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro. 232 p. Disponível em: <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2018vf.pdf>> Acesso em: 2 de set 2019.
5. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global Energy & CO2 Status Report: The latest trends in energy and emissions in 2017. Disponível em: <<http://www.iea.org/geco/electricity/>>. Acesso em 03 jul. 2019.
6. LAW, Ryan. Geothermal Systems in the Chalk of the South East of England: Methods of Predicting Thermal Transport in a Fractured Aquifer. University of Birmingham. 2009. Disponível em: <http://etheses.bham.ac.uk/981/1/Law10PhD.pdf>. Acesso: 20 maio 2018.
7. MARTÍN, Rafael Lobón; RODRÍGUEZ, Matías Mérida; ROSELLÓ, María Jesús Perles. LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS EN EL PAISAJE. TIPIFICACIÓN DE IMPACTOS Y DIRECTRICES DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA1. NIMBUS nº 25-26, p. 129, 2015.
8. NASCIMENTO, L. C. Análise de viabilidade de utilização da geotermia no aumento do rendimento de placas fotovoltaicas. Trabalho de Conclusão de Curso. UFGD. 2018.
9. PORTAL SOLAR. Folha de dados do painel solar – o que você precisa saber. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/folha-de-dados-do-painel-solar---o-que-voce-precisa-saber.html>> Acesso em 02 set. 2019.
10. RABELO, Jorge L. et al. Aproveitamento da energia geotérmica do Sistema Aquífero Guarani-estudo de caso. Águas Subterrâneas, n. 1, 2002. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/subterraneas/article/viewFile/22057/14417>> Acesso em 02 set. 2019.
11. SINGHAL, S. B. B.; GUPTA, P. R. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. 2 ed. New York: Springer Dordrecht Heidelberg. 2010.
12. STUART, J. S. Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options. Applied energy, Elsevier, vol. 101(C), p. 341-348, janeiro 2013. disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912000542>>. Acesso: 28 maio 2018.
13. Trillo L. and Angulo V. R., Guía de la Energía Geotérmica. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2008.
14. VILLALVA, M. G. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 1.ed. São Paulo. Ed. Erica. 2012.
15. WORLD ENERGY COUNCIL. World Energy Resources: Geothermal. 2016. Disponível em: <<https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>> Acesso em 02 set. 2019.