

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA GEOTÉRMICA NO RESFRIAMENTO DE PLACAS SOLARES

Agleison Ramos Omido (agleisonomido@ufgd.edu.br); Lucas Coutinho do Nascimento (lucas._coutinho@hotmail.com); Gabriela Sarti Figueiredo (gabrielasarti12@gmail.com); Christian Souza Barboza (christianbarboza@ufgd.edu.br)

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia (UFGD-FAEN) - Brazil

Palavras chave: Eficiência, Energia Geotérmica, Energia Fotovoltaica.

A energia, além de sinal de desenvolvimento, é hoje motivo de grande preocupação, já que a maioria das fontes utilizadas para sua geração não é renovável e o ciclo dos combustíveis fósseis como fonte de energia para a humanidade está se aproximando do fim. Os recursos finitos, aliados aos gases com efeito de estufa, gerados na produção de energia através de fontes não renováveis, levaram a um esforço maior na busca por fontes alternativas de energia renovável. A energia fotovoltaica se mostra uma alternativa para esse fato, possui inúmeras vantagens, como a sua disponibilidade durante todo ano, facilidade de instalação e redução nos custos de implantação. Em contrapartida, apresenta uma queda do rendimento na conversão da energia devido ao aumento da temperatura do painel fotovoltaico em operação. Diante disso, este trabalho avaliou a eficiência de um sistema híbrido de energia fotovoltaica com a energia geotérmica superficial. A possibilidade de utilização da energia geotérmica no resfriamento das placas solares e consequente aumento de rendimento foi verificada. Resultados iniciais apontaram um acréscimo de 4,3% nesse rendimento com redução na temperatura de operação da placa de 16,1 °C, aproximadamente.

1. INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

O desenvolvimento de equipamentos empregados nos setores industrial e residencial e de novas tecnologias voltadas ao meio rural para o aumento da produção demandam a cada dia mais energia. Assim, a produção de energia elétrica para suprir esse alto consumo de aparelhos eletroeletrônicos é um dos desafios para os atuais governos. Soma-se a isso a necessidade de desenvolver a produção de energia de forma sustentável, objetivando minimizar os impactos ambientais.

No Brasil, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2017), a matriz elétrica é bem variada. Com o seu grande potencial hídrico, a maior parcela responsável pela produção de energia no país vem das usinas hidrelétricas. Em seguida aparece a energia que vem de combustíveis fósseis, que são fontes de energia poluidoras e não renováveis. Já as parcelas eólica, nuclear, biomassa e solar são renováveis, mas também as de menor expressão. Isso evidencia a necessidade de aumentar a produção de energia proveniente dos recursos renováveis, uma vez que há uma preocupação principalmente com a poluição gerada por combustíveis fósseis e, no caso do Brasil, com o impacto ambiental causado pelas usinas hidrelétricas e com a vulnerabilidade do sistema frente a possíveis períodos de estiagem.

Segundo dados publicados pelo Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017), o consumo geral de energia elétrica no Brasil, no ano de 2016, teve uma queda de 0,9% em comparação com 2015. Essa queda pode ser vista como consequência da crise econômica, que causa recuo na produção industrial responsável pela maior parcela do consumo de

energia de um país. Já o setor rural apresentou aumento de 5,3% se comparado com o ano anterior, e durante os últimos 5 anos demonstrou consumo crescente de energia elétrica.

De acordo com dados publicados pelo EPE (2016), o setor do agronegócio demanda cada vez mais energia elétrica para realizar suas atividades, apresentando projeções crescentes até 2050. Tal aumento é justificado pela automatização e industrialização que o setor vem apresentando nos últimos anos, seja para máquinas de secagem de grãos, pivôs de irrigação ou motores em geral. Outra questão vem do fato de que as propriedades e assentamentos, que demandam grande quantidade de energia, a conseguem por meio de um gerador, devido à distância entre a rede de distribuição elétrica e esses locais.

Para atender a toda a demanda por energia elétrica que aumenta progressivamente, a energia solar fotovoltaica é vista como uma boa opção. Apresenta vantagens como o fato de estar disponível o ano todo e ser uma fonte de energia renovável e inesgotável, podendo ainda ser instalada próximo ao ambiente em que será usufruída. Os sistemas fotovoltaicos são baseados em painéis ou módulos compostos por células fotovoltaicas, que captam a energia da luz solar e produzem corrente elétrica.

A quantidade de energia produzida por um sistema fotovoltaico depende da insolação do local em que é instalado. De acordo com Villalva e Gazoli (2014) o Brasil apresenta taxas de insolação médias anuais muito boas, com elevada taxa de radiação em grande parte de seu território. A figura 1 apresenta a radiação solar no Brasil.

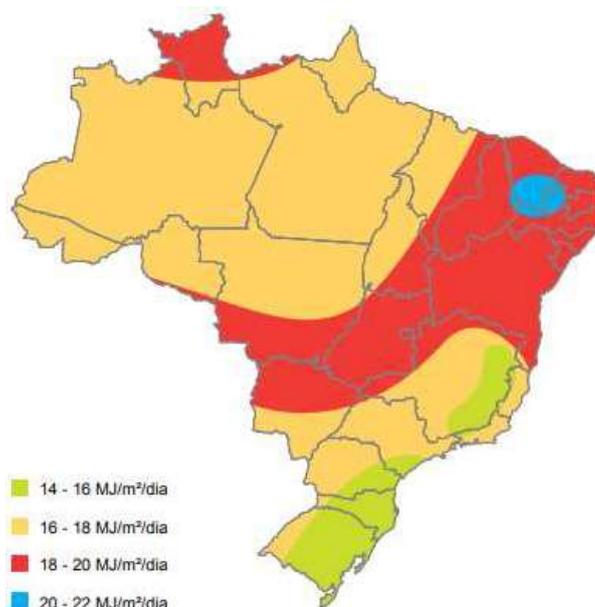


Figura 1. Radiação solar no Brasil – média anual típica (MJ/m²/dia).

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008.

1.1. Efeito Fotovoltaico

A energia solar fotovoltaica é a obtida através da conversão direta da luz em eletricidade. Este efeito, denominado fotovoltaico, descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, consiste no surgimento de uma diferença de potencial entre dois materiais semicondutores de propriedades elétricas diferentes devido à incidência de luz (fótons) na região de junção entre eles. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental desse processo de conversão (GALDINO, RIBEIRO, SERRA, 2000).

O efeito fotovoltaico está diretamente relacionado ao efeito fotoelétrico, mas a diferença entre os dois é que o primeiro se dá em materiais semicondutores, sendo que o material mais utilizado para compor células fotovoltaicas é o silício (Si), elemento em que cada

átomo possui quatro elétrons em sua banda de valência (MATTOS, 2016).

Michels (2007) afirma que o desempenho do módulo fotovoltaico é altamente influenciado pela temperatura que, aliada à irradiação solar do local onde é instalado, são os dois principais fatores que influenciam a produção de energia pelos módulos fotovoltaicos. Com o aumento da irradiação, aumenta a temperatura da célula e, conseqüentemente, diminui a eficiência do módulo.

Simões (2015) reporta que os fabricantes quantificam esse efeito através de um parâmetro conhecido como Coeficiente de Potência. Ele indica qual o percentual da potência que se perde para cada °C a mais de temperatura no painel. Em casos extremos, as placas podem chegar à temperatura de 70°C, o que pode ter um impacto instantâneo de quase 30% na geração de energia.

Devido à essa queda de rendimento, buscam-se alternativas para melhor dissipação do calor ou até mesmo para a refrigeração do painel. Um exemplo disso são as Placas PVT (Placa Fotovoltaico-Térmica), as quais promovem a cogeração de energia por meio de coletores térmicos, resultando na geração de eletricidade e aquecimento de água de forma simultânea (MIGLIAVACCA et al. 2014).

O presente estudo apresenta outra forma de minimizar o efeito da temperatura, através do emprego da geotermia para a refrigeração da placa fotovoltaica, utilizando um fluido refrigerante para absorver o calor excedente reduzindo, assim, a temperatura do sistema.

1.2. Energia Geotérmica

A energia geotérmica é definida pelo Parlamento Europeu, Comité de Energia (2008) como “a energia armazenada sob a forma de calor debaixo da superfície da terra” (LAW, 2009).

Existem diversas formas de aproveitamento da energia geotérmica, seja para geração de energia elétrica, produção de água quente para processos industriais e até mesmo para aquecimento e arrefecimento de ambientes. Cada aplicação depende da temperatura disponível para ser explorada, ou seja, depende 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 por kJ/kg ou kcal/kg”. Assim, a energia geotérmica pode ser classificada em quatro categorias (TRILLO e ANGULO, 2008):

- 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 usada para aquecimento e refrigeração de ambientes, necessitando do uso de bombas de calor.

Neste trabalho será mostrado como a Energia Geotérmica de muito baixa entalpia ($T < 30$ °C) pode ser empregada na refrigeração do módulo fotovoltaico, através de um fluido refrigerante aliado a um sistema de bombeamento, com o objetivo de aumentar a eficiência na geração da energia elétrica pela placa fotovoltaica.

Estudos demonstraram que a temperatura do solo a poucos metros de profundidade é bastante estável e próxima à média anual da região (VIEIRA e MARANHA, 2009). De acordo com relatórios publicados pela Embrapa (2017), a média anual da região de Dourados é 22,9°C.

Nos sistemas energéticos de baixa entalpia, a captação de energia pode ser feita de várias formas diferentes. A opção por um ou outro modo de captação depende das características do terreno, área disponível e resultados pretendidos. De acordo com Raposo e Pinheiro (2015), os sistemas de captação podem ser classificados em abertos ou fechados.

Nos sistemas em circuito fechado, que são comumente utilizados, o fluido térmico se movimenta dentro de 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 (STUART, 2013).

Sistemas abertos interagem diretamente com o solo. Esses sistemas utilizam as águas subterrâneas ou de superfície, tais como lagos e lagoas, como um meio de transferência de calor. A água é extraída e passa através do permutador de calor, depois é descarregada de volta à origem ou pode ser utilizada para irrigação do solo, por exemplo (STUART, 2013).

Geralmente, um sistema de refrigeração geotérmico é utilizado para aquecer e arrefecer ambientes, com o emprego de bombas de calor geotérmico. Neste trabalho, desenvolvemos um sistema aberto para refrigerar uma placa fotovoltaica com o intuito de restabelecer o rendimento na sua produção de eletricidade em temperaturas adequadas. Para garantir uma maior eficiência do modelo, buscamos empregar um sistema capaz de bombear a água sem consumo de eletricidade em substituição às bombas de calor.

Esta pesquisa vislumbra aumentar o rendimento da placa utilizada na geração de energia de comunidades rurais. O sistema escolhido foi de configuração em aberto com utilização de águas superficiais, com a instalação de um carneiro hidráulico para bombeamento do fluido refrigerante e posterior reutilização da água, uma vez que o processo de resfriamento não polui o fluido refrigerante no processo.

1.3. Carneiro Hidráulico

Oliveira e Souza (2015) definem o carneiro hidráulico como um equipamento utilizado para bombear água sem a necessidade de energia elétrica ou outras fontes de energia fósseis. O funcionamento do carneiro hidráulico é decorrente do golpe de aríete causado pelo fechamento de uma válvula, que interrompe o movimento da água proveniente de uma fonte de alimentação localizada em nível superior.

Para explicar o funcionamento do carneiro hidráulico, Botrel e Abate (2002) citam Daker (1970), que apresenta os princípios de funcionamento do equipamento ilustrado na figura 2:

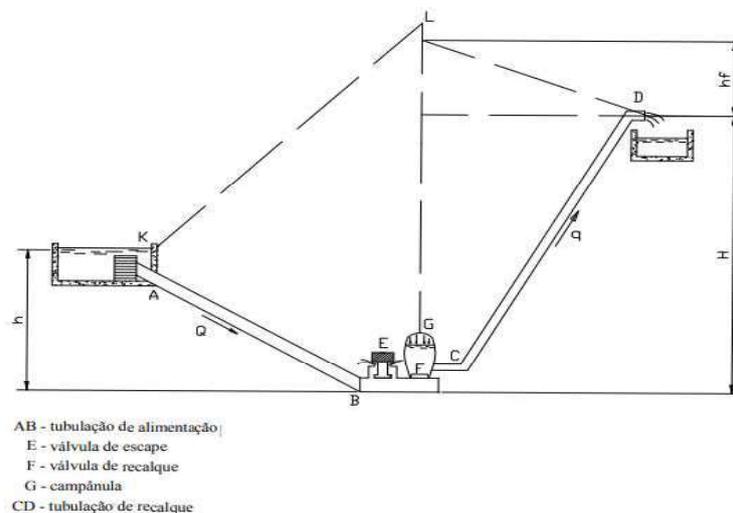


Figura 2: Esquema funcional de um carneiro hidráulico (Botrel e Abate,2002)

O processo inicia-se com a abertura da válvula E, a água decorrente da alimentação escapa pela válvula até que o empuxo que esta sofre cause seu fechamento de forma brusca, promovendo, assim, uma elevação da pressão no tubo de alimentação. A coluna de água desce pelo tubo AB com velocidade progressiva, ficando num dado instante sem saída, produzindo o choque denominado “golpe de aríete”, o qual abre a válvula de recalque F, permitindo a entrada da água na câmara de ar G. Como decorrência, o ar existente na parte superior da campânula é comprimido e oferece uma resistência crescente à entrada do líquido, chegando a tal ponto de fazê-la cessar, e fechando a válvula de recalque F, sendo que isto caracteriza o fim de um ciclo.

Esse fim de ciclo causa um alívio de pressão no interior do tubo de alimentação, que, associado à depressão (pressão negativa), faz com que a válvula de escape E se abra iniciando um novo ciclo. Estando E aberta, há um novo ciclo e, com ciclos sucessivos, a água que vai penetrando na câmara de ar G, obtendo pressão para subir no tubo de elevação CD, fazendo com que flua para o reservatório superior quando a pressão na campânula corresponder à altura manométrica de recalque. A eficiência do carneiro hidráulico depende do desnível entre o reservatório de coleta e a posição onde o equipamento foi instalado.

2. OBJETIVO

Avaliar a viabilidade de associação de duas energias renováveis, fotovoltaica e geotérmica, para a produção de energia elétrica. Acompanhar o funcionamento do módulo fotovoltaico resfriado com energia geotérmica, mapeando o comportamento da temperatura do sistema e seu rendimento com e sem o emprego de resfriamento.

3. METODOLOGIA

O sistema idealizado consiste em coletar a água de um corpo hídrico através de um sistema de bombeamento utilizando o carneiro hidráulico que movimenta a massa do fluido para um reservatório próximo a placa, que, por gravidade, umedece uma espuma sólida presa por um suporte instalado atrás da placa. Ao passar pela espuma, a água absorve o calor da placa e depois é destinada ao consumo para fins agropecuários ou retorna ao corpo hídrico, uma vez que o sistema não polui a água usada no resfriamento.

Devido à dificuldade de instalar a placa próximo a um corpo hídrico, o sistema de análise foi adaptado, utilizando os processos descritos a seguir.

Duas placas fotovoltaicas modelo SF 125X125-72-M(L) da ANAUGER®, instaladas em nossa Universidade foram utilizadas para verificação da variação de seu rendimento em função da refrigeração por Geotermia. A figura 3 mostra as placas utilizadas no teste.



Figura 3. Dados e placas utilizadas no experimento.

As placas se encontram ligadas em série, sendo apenas uma delas refrigerada. Devido à essa configuração, a análise isolada da placa com e sem resfriamento não pôde ser realizada.

Para o desenvolvimento do experimento, foi instalado um suporte para acomodar a espuma sólida atrás da placa. A água utilizada para realizar a troca de calor com a espuma foi proveniente do reservatório da faculdade.

O mapeamento da temperatura do sistema com e sem resfriamento foi realizado através de um termômetro portátil modelo TP3001. Os termômetros portáteis foram fixados na espuma, próximos a canaleta de coleta da água utilizada no resfriamento. Assim, a temperatura coletada durante o período resfriado é a da água na saída do sistema de refrigeração.

Para a análise da eficiência da placa, foi empregado um sistema de bombeamento, que foi alimentado com a energia produzida pelas placas. Assim, quando as placas produzem mais energia, maior é a vazão recalcada pela bomba. Para acompanhar o desempenho da bomba, foi instalado um medidor de vazão eletromagnético em PVC modelo O VMS® PRO que permitiu monitorar a vazão instantânea produzida pela bomba. A figura 4 mostra o esquema de bombeamento e o medidor de vazão usados na verificação do rendimento das placas.



Figura 4. Detalhe do sistema de monitoramento da eficiência da placa.

Para reduzir a influência da variação da irradiação solar, que é decisiva no desempenho da placa, buscou-se realizar a coleta de dados com e sem resfriamento em períodos próximos, visto que o índice de radiação e a inclinação do sol variam muito durante o dia.

A vazão foi medida com auxílio de um cronômetro e um barrilete com capacidade de 7 litros. Tendo sido aferida a temperatura da água, a mangueira foi ligada a um cano PVC de ½ polegada, perfurado ao longo do seu comprimento, com a função de distribuir a água de maneira uniforme na espuma. Esse tubo foi colocado na região superior do suporte da espuma.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Funcionamento do sistema sem refrigeração

Inicialmente foi delimitado o período de estudos como sendo compreendido entre as 8:00 horas e 15:30 horas com medidas em intervalos de tempo pequenos como forma de evitar uma grande variação na insolação recebida pela placa. A impossibilidade de realizar medidas individuais nas placas instaladas obrigou a coleta de dados em conjuntos, que foram identificados por letras maiúsculas, retirados em horários próximos, e as análises comparativas foram realizadas por conjunto de dados.

Também ficou estabelecido que as leituras só seriam realizadas em caso de incidência das radiações solares de maneira direta sobre as placas, sem interferência de sombras projetadas por nuvens. Em casos em que o céu se tornou nublado, as leituras não foram interrompidas, e os dados foram descartados.

A Tabela 1 traz os resultados iniciais das leituras realizadas para a vazão fornecida pela bomba alimentada pelas placas e as temperaturas ambiente e da placa, sem a refrigeração da mesma.

Tabela 1. Valores de vazão e temperatura obtidos sem resfriamento da placa.

| Conjunto | Horário | T _{ambiente} (°C) | T _{placa} (°C) | Vazão (m ³ /h) |
|----------|---------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| A | 9:47 | 32,7 | 62,0 | 1,28 |
| | 9:57 | 34,6 | 67,4 | 1,24 |
| | 10:07 | 34,2 | 71,7 | 1,18 |
| B | 10:13 | 34,3 | 69,9 | 1,18 |
| | 10:17 | 35,0 | 68,4 | 1,20 |
| | 10:27 | 34,0 | 72,4 | 1,17 |

O rendimento foi monitorado indiretamente através da vazão fornecida por uma bomba submersa alimentada pela placa. No conjunto A, verifica-se uma temperatura mínima na placa de 62 °C e máxima de 71,7 °C, mostrando que durante o funcionamento do sistema ocorreu um aumento de 9,7 °C na temperatura da placa, provocando uma redução de 1,28 m³/h para 1,18 m³/h, equivalente a uma queda de 7,8% na vazão fornecida pela bomba.

Os valores do conjunto B apontam uma temperatura mínima de 68,4 °C e máxima de 72,4 °C, proporcionando um acréscimo de temperatura de 4 °C, enquanto a vazão proporcionada pela bomba diminuiu de 1,20 m³/h para 1,17 m³/h, ou seja, uma redução de 2,5%.

Os dados apontam para uma real dependência entre o rendimento da placa e sua temperatura de operação. Verifica-se, tanto nos dados do conjunto A quanto nos do conjunto B, uma variação na vazão inversamente proporcional à temperatura da placa, confirmando o encontrado na literatura.

4.2. Dependência entre o rendimento e a vazão do fluido refrigerante

Na realização das medições foi verificada também a influência no rendimento devido à mudança na vazão do fluido refrigerante através da espuma sólida. Assim, foram executadas análises para as diferentes vazões do fluido refrigerante.

As vazões utilizadas nas medições foram reguladas com um registro que, após aferição das mesmas, foi mantido em posição fixa. A medida das vazões foi executada como descrito anteriormente.

A Tabela 2 apresenta os resultados do monitoramento de temperatura das placas efetuado com três vazões diferentes sendo que o primeiro valor de temperatura de cada conjunto de dados expressa a temperatura da placa no início do resfriamento, ou seja, após um intervalo de tempo de funcionamento suficiente para seu aquecimento.

Tabela 2. Valores de temperatura obtidos com o resfriamento da placa para diferentes vazões do fluido refrigerante.

| Conjunto | Vazão do fluido refrigerante (m ³ /s) | Hora | T _{ambiente} (°C) | T _{placa} (°C) |
|----------|--|-------|----------------------------|-------------------------|
| C | 1,5 X 10 ⁻⁵ | 9:43 | 32,2 | 65,8 |
| | | 9:48 | 30,1 | 53,6 |
| | | 10:02 | 33,2 | 57,2 |
| | | 10:16 | 33,0 | 61,0 |
| D | 1,8 X 10 ⁻⁵ | 10:55 | 32,0 | 66,7 |
| | | 11:24 | 34,0 | 50,0 |
| | | 11:29 | 34,1 | 54,6 |
| | | 11:40 | 33,1 | 56,8 |
| E | 1,9 X 10 ⁻⁵ | 9:46 | 31,8 | 61,2 |
| | | 10:21 | 27,5 | 51,0 |
| | | 10:31 | 27,3 | 54,0 |
| | | 10:41 | 28,5 | 55,0 |

Como podemos verificar nos dados do conjunto C, com uma vazão no fluido refrigerante de 1,5 x 10⁻⁵ m³/s, no início do resfriamento houve uma redução da temperatura da placa, porém após alguns minutos a temperatura começou a se elevar, ficando próximo da temperatura sem resfriamento. A causa provável é que a baixa vazão faz com que o fluido refrigerante atravesse a espuma com baixa velocidade, se aquecendo no percurso e perdendo sua capacidade de refrigeração.

No conjunto D, com vazão de 1,8 x 10⁻⁵ m³/s, a refrigeração da placa apresentou um melhor comportamento, mas foi no conjunto E, com a vazão de 1,9 x 10⁻⁵ m³/s para o fluido refrigerante, é que o resfriamento da placa foi mais eficiente com a temperatura da placa apresentando-se mais estável.

Assim, na Tabela 3, apresentamos os resultados de medida de vazão proporcionada pela bomba submersa alimentada pelas placas solares com o fluido refrigerante percolando a espuma sólida com vazão de 1,9 x 10⁻⁵ m³/s.

Tabela 3. Valores de vazão fornecida pela bomba para o sistema sem e com refrigeração da placa.

| Conjunto | Horário | T _{ambiente} (°C) | T _{placa} (°C) | Vazão (m ³ /h) |
|----------|---------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| F | 9:25 | 28,5 | 56,7 | 1,12 |
| | 9:35 | 28,2 | 59,8 | 1,12 |
| | 9:46 | 31,8 | 61,2 | 1,10 |
| G | 10:01* | 31,3 | 45,1 | 1,15 |
| | 10:21* | 27,5 | 51,0 | 1,14 |
| | 10:41* | 28,5 | 55,0 | 1,13 |

*dados com resfriamento

No conjunto F, verifica-se uma temperatura máxima de 61,2 °C acompanhada de uma vazão fornecida pela bomba de 1,10 m³/h. Os dados do conjunto G apontam uma temperatura no

início da refrigeração de 45,1°C, com uma vazão apresentada pela bomba de 1,15 m³/h. Esses dados mostram que o sistema proposto reduziu a temperatura da placa em 16,1 °C no estágio inicial de funcionamento, conseguindo um acréscimo na vazão proporcionada pelo conjunto de aproximadamente 4,3%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, observamos um aumento do rendimento à medida que o fluido refrigerante percolava a espuma atrás da placa e extraía calor, com acréscimo médio de 0,05 m³/h na vazão instantânea proporcionada pela bomba alimentada pelo sistema.

Os resultados aqui apresentados são iniciais, devendo ser aprimorado o sistema a fim de eliminar possíveis fatores que possam influenciar nos resultados, como o fato de os testes ocorrerem em horários próximos, mas não simultaneamente, podendo ter resultado em algumas interferências nos dados. Para melhor performance, recomenda-se realizar os testes criando um sistema de bombeamento em paralelo e avaliação para uma placa sem o resfriamento e outra com o resfriamento. Assim, as duas estariam expostas à mesma condição de avaliação.

Para aumentar a eficiência de troca de calor entre a placa e a espuma, recomenda-se a implementação de um outro tubo próximo ao centro da placa para fornecer água para a região inferior da mesma, pois a água que atinge a região inferior da espuma absorve calor da região superior, reduzindo seu potencial de resfriamento. O suporte que acomodou a espuma apresentou vazamentos com vazões elevadas. Assim, para testar o sistema com maior percolação de água, devem-se estancar esses vazamentos para garantir que toda a água percorra o comprimento da placa, trocando calor com a mesma.

Estudos precisam ser conduzidos a partir das informações levantadas neste trabalho, no intuito de aperfeiçoar a técnica, uma vez que os dados aqui apresentados apontam para a possibilidade de a implantação do sistema aqui descrito proporcionar um aumento no rendimento das placas solares.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA (2008). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. Ed. Brasília-DF. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>.
- BOTREL, Tarlei Arriel; ABATE, Caroline (2002). *Carneiro Hidráulico Com Tubulação De Alimentação Em Aço Galvanizado E Em Pvc*. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.197-203, jan./mar. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n1/8095.pdf>>.
- EMBRAPA (2017). *O clima da região de Dourados MS*. 3º ed revista e atualizada, v.34. disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1079733/1/DOC2017138FIETZ.pdf>>.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2017). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017, ano base 2016*. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2016) – *ESTUDO DE DEMANDA DE ENERGIA, demanda de energia 2050*. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>.
- GALDINO, Marco; LIMA, Jorge; RIBEIRO, Cláudio; SERRA, Eduardo (2000). *O contexto das energias renováveis no Brasil*. *Revista da Direng*. Disponível em: <www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>.

- LAW, Ryan. (2009). *Geothermal Systems in the Chalk of the South East of England: Methods of Predicting Thermal Transport in a Fractured Aquifer*. University of Birmingham. Disponível em: <http://etheses.bham.ac.uk/981/1/Law10PhD.pdf>.
- MATTOS, Gustavo Marques. (2016). *Estudo de rendimento e temperatura de painéis fotovoltaicos com uso de técnica de concentração solar*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro.
- MICHELS, Roger Nabeyama (2007). *Avaliação de um sistema de bombeamento de água alimentado por painéis fotovoltaicos*. Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação em engenharia agrícola) - Universidade Estadual do oeste do Paraná, Cascavel-PR.
- MIGLIAVACCA, Alencar (2014). *Cogeração elétrica e térmica utilizando placas fotovoltaicas refrigeradas a água*. In: *Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS, [S.l.], v. 4, n. 1, out. 2014: Anais...* Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/SEPE-UFFS/article/view/1895>.
- OLIVEIRA, Tallis José Cardos de; SOUZA, Teófilo Miguel de. (2015). *Eficiência do carneiro hidráulico para bombeamento de água*. In: *8º Congresso de extensão universitária da UNESP, p. 1-4*. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/142437>.
- RAPOSO, Milton Daniel Gonçalves; TIAGO PINHEIRO, Alexandre Sequeira (2015). *Bombas de Calor Geotérmicas-Enquadramento e perspectiva*. Disponível em: http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/2881/1/Milton%20Raposo_1010670%20-%20Bombas%20de%20Calor%20Geot%C3%A9rmicas%20-%20E2%80%93%20Enquadramento%20e%20Perspetivas.pdf.
- SIMÕES, Felipe. (2015). *Entenda o que influencia a geração do seu sistema solar*. Disponível em: <http://www.enovaenergia.com.br/blog/post/entenda-o-que-influencia-a-geracao-do-seu-sistema-solar>.
- STUART, J. S. (2013). *Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options*. *Applied energy, Elsevier*, vol. 101(C), p. 341-348. Disponível em: <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0306261912000542>.
- Trillo L. and Angulo V. R. (2008). *Guía de la Energía Geotérmica*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- VIEIRA, A.; MARANHA, J. (2009) *Estudo de Modelação Numérica do Comportamento de Estruturas Termoativas*. In: *Actas do 12º Congresso Nacional de Geotecnia, Lisboa*. Disponível em: <http://repositorio.inec.pt:8080/jspui/handle/123456789/1003622>.
- VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael (2014). *Energia Solar Fotovoltaica - Introdução*. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261175798_Energia_Solar_Fotovoltaica_-_Introducao.