

OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: UMA ANÁLISE TÉRMICA POR SIMULAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES COM E SEM SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Luis Marcelo de Melo Oliveira Alvarenga¹
João Antônio Sabino Junior²
Fabricio Santos Souza³
Aldo Falconi Filho⁴
Mateus Zanirate de Miranda⁵
Carlos Eduardo Marques Cerqueira⁶
Michel Pedrosa Machado⁷

luismarceloalvarenga@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharias

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência; energia solar; sistema fotovoltaico; renovável

1 INTRODUÇÃO

O Balanço Energético Nacional (BEN), publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), aponta que nos últimos dez anos, a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira tem crescido de forma consistente. Em 2024, essas fontes representaram cerca de 50% da matriz, um avanço que reflete um processo de transição energética, impulsionando o aumento da geração elétrica a partir de fontes como solar, eólica e outras alternativas sustentáveis e, por outro lado, reduz o uso de fontes não renováveis, como petróleo, gás natural, carvão mineral e coque, o que reforça o compromisso do país com a diversificação e a descarbonização de sua matriz energética (Brasil, 2025). A Energia Solar, possui destaque enquanto uma alternativa limpa, renovável e praticamente inesgotável, por meio da tecnologia fotovoltaica (Jurinic, 2020). Segundo Hartmann (2007), os sistemas fotovoltaicos apresentam baixo impacto ambiental, não geram poluentes, operam de forma silenciosa e possuem manutenção simplificada, limitada à limpeza periódica dos módulos. Além dos benefícios ambientais, essa fonte energética contribui para o desenvolvimento econômico sustentável, especialmente em um país como o Brasil, que possui grande potencial de incidência solar (Berh *et al.*, 2024). Ademais, essa geração de energia, ocorre por meio da conversão da luz solar em eletricidade e seu desempenho está diretamente relacionado à orientação correta dos painéis, determinada pelo azimute e ângulos de inclinação (Jurinic, 2020). No entanto, fatores

¹ Graduando em engenharia mecânica no Centro Universitário Univértix

² Especialista e professor do Centro Universitário Univértix

³ Especialista e professor do Centro Universitário Univértix

⁴ Mestre em engenharia mecânica e professor no Centro Universitário Univértix

⁵ Especialista e professor do Centro Universitário Univértix

⁶ Especialista e professor do Centro Universitário Univértix

⁷ Mestre em engenharia mecânica e professor no Centro Universitário Univértix

como o movimento da Terra, a radiação solar incidente e a temperatura de operação podem afetar significativamente a eficiência do sistema (Almeida; Peres; Morgado, 2020; Torres, 2016). A elevação da temperatura, por exemplo, pode comprometer o desempenho das células fotovoltaicas, uma vez que sua eficiência tende a diminuir em ambientes mais quentes (Cresesb, 2014). Entre as estratégias para mitigar os efeitos térmicos, destacam-se os métodos de resfriamento passivo, como dissipadores de calor e ventilação natural, e os métodos ativos, que utilizam fluidos (ar ou água) para remover o excesso de calor da superfície dos módulos (Santos *et al.*, 2020). Nesse sentido, a simulação térmica surge como uma ferramenta importante para prever o comportamento dos painéis sob diferentes condições de operação. A modelagem computacional permite analisar a distribuição de temperatura, avaliar seu impacto na eficiência dos módulos e propor melhorias técnicas nos sistemas (Kraemer *et al.*, 2011). Diante ao cenário, o objetivo deste trabalho é comparar por simulação computacional a eficiência energética de painéis fotovoltaicos com e sem sistemas de resfriamento. Trabalhos como este são importantes para contribuir para o aprimoramento do desempenho dos sistemas fotovoltaicos, favorecendo a viabilidade técnica e econômica da energia solar no Brasil.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa se caracteriza como descritiva com abordagem quantitativa, defendida para Mineiro; Silva; Ferreira (2022), como uma abordagem que busca manter o máximo de controle sobre as variáveis envolvidas, de maneira que permite garantir confiabilidade nos resultados, com uso de instrumentos padronizados. A pesquisa será guiada por meio de simulações computacionais voltadas à análise do comportamento térmico de painéis fotovoltaicos submetidos a diferentes condições de resfriamento, o que possibilitará a mensuração objetiva da temperatura superficial e da eficiência dos módulos fotovoltaicos nos diferentes cenários propostos. A metodologia envolverá etapas de modelagem geométrica, simulação térmica e análise comparativa dos dados, Definição dos cenários: Os diferentes cenários permitirão a comparação dos efeitos térmicos e energéticos de diferentes estratégias de resfriamento sobre os módulos fotovoltaicos; Modelagem Geométrica: As geometrias dos painéis solares e dos sistemas de resfriamento serão desenvolvidas utilizando o software AutoCAD, com base em dimensões reais de módulos fotovoltaicos. Serão utilizadas geometrias simplificadas para otimizar o tempo de simulação e facilitar a compatibilidade com os demais softwares utilizados. Após a modelagem, os arquivos serão exportados em formato apropriado para integração com os programas de simulação térmica; Simulação Computacional. Com base nas geometrias geradas, será construído um modelo computacional térmico no software PVsyst, que será utilizado para simular o comportamento térmico dos sistemas. Serão utilizados parâmetros constantes entre os modelos para garantir a comparabilidade dos resultados, incluindo a localização geográfica da instalação e inclinação dos módulos; perfil diário de radiação solar e temperatura ambiente; velocidade e tipo de fluido refrigerante (ar ou água) no caso do resfriamento ativo; tipo e dimensões dos dissipadores no caso do resfriamento passivo. Essas informações serão definidas com base em dados técnicos e meteorológicos obtidos de fontes confiáveis, como bancos de dados climáticos e manuais de fabricantes. Coleta e Tratamento dos

Dados: Durante as simulações, serão coletados dados sobre a temperatura, eficiência estimada dos módulos, e o comportamento térmico ao longo do tempo. Os dados obtidos serão organizados em planilhas e tratados por meio de cálculos estatísticos simples (médias, desvios padrões e variações percentuais), de forma a possibilitar uma análise comparativa entre os diferentes métodos de resfriamento simulados. Além da análise térmica e energética, será realizada uma avaliação da viabilidade técnica de cada método de resfriamento, levando em consideração aspectos como, a facilidade de implementação; custo e manutenção dos sistemas; potencial de aplicação prática em diferentes contextos climáticos e geográficos. Conforme abordado por Pereira (2019), essa análise permitirá discutir a aplicabilidade das soluções propostas e sua contribuição para o aumento da eficiência e dos sistemas fotovoltaicos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Trata-se de um projeto referente ao Trabalho de Conclusão de Curso, dessa forma a realização da coleta e análise dos dados obtidos está em processamento. Após o respectivo

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa está atualmente em fase de desenvolvimento e, conseqüentemente, os resultados ainda não são definitivos. No entanto, antecipa-se que o estudo forneça indicadores úteis que auxiliem os especialistas relacionados à busca do aumento da eficiência dos sistemas fotovoltaicos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Tatiane; PERES, Anna Carolina; MORGADO, Claudio O. Análise da otimização de painéis fotovoltaicos para o rio de janeiro. In: encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 18., 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2020. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/784>. Acesso em: 15 out. 2024.

BERH, Alex; SILVA, Mariana; OLIVEIRA, João. **Energia solar e desenvolvimento sustentável no Brasil: potencial e desafios**. São Paulo: Editora Sustentável, 2024

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Primeira comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília: MCT, 2004. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5842.pdf. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório síntese do Balanço Energético Nacional 2025: ano base 2024**. Brasília: MME/EPE, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/pt>

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_FV_CRESESB.pdf. Acesso em: 27 jun. 2025.

HARTMANN, Lucas Vinicius. **Otimização de sistemas fotovoltaicos**. 2007. Trabalho de conclusão de curso, Bacharelado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007 <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/9580>.

KRAEMER, . High-performance flat-panel solar thermoelectric generators with high thermal concentration. **Nature Materials**, [s.l.], v. 10, n. 7, p. 532–538, 2011. DOI: Acesso em: <https://doi.org/10.1038/nmat3013>

JURINIC, Francisco. **Estudo para melhoria do desempenho e eficiência de placas fotovoltaicas**: através de um sistema combinado de concepção e refrigeração. 2020. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis) — Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, 2020.

MINEIRO, M.; S, J.; F, L. **Metodologia Científica**: fundamentos e aplicações práticas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

MOTTA, Eduardo Marchetti Pereira Leão da; RESENDE, Gabriela de Castro; PALHARES, Adriel Andrade; ARAÚJO, Livia Pereira; CORTAT, Luiza Fonseca. Instrumento financeiro para o combate às mudanças climáticas. **Revista Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. [12], , p. [1–19], 2023. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/18901/13508. Acesso em: 24 jun. 2025.

SANTOS, Edson Pereira dos. **Mercado no Brasil para uso de energias renováveis e ações de eficiência energética**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Reatores) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. doi:10.11606/D.85.2020.tde-02102020-154629. Acesso em: 13 jun. 2025.

PEREIRA, R. M. **Análise de desempenho e otimização de sistemas fotovoltaicos**: estudos aplicados ao contexto brasileiro. Belo Horizonte: Editora Solar, 2019.