

Considerações sobre as tendências climáticas na produção de energia fotovoltaica em regiões semiáridas

José Moreira da Silva Júnior (1); José Ribeiro Farias Neto (1);
Raphael Abrahão (2); Monica Carvalho (2); Ana Katarina Pessoa de Oliveira (3)

- (1) *Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, Campus I. Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - Paraíba - CEP 58051-970. junior_moreira88@hotmail.com, joseneto93@gmail.com*
- (2) *Departamento de Eng. de Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, Campus I. Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - Paraíba - CEP 58051-970. raphael@cear.ufpb.br, monica@cear.ufpb.br*
- (3) *Departamento de Contabilidad y Finanzas, Universidad de Zaragoza. Paseo de la Gran Vía, 2 - Zaragoza – Espanha – CEP 50005. anakatoli@gmail.com*

Resumo: O dimensionamento de sistemas fotovoltaicos para produção de eletricidade deve estar associado, entre outros fatores, ao clima da região, já que está demonstrado que tendências climáticas podem afetar o desempenho desses sistemas, alterando a produção de eletricidade. Os parâmetros climáticos como temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, e nebulosidade devem ser considerados e avaliados, pois vêm sofrendo modificações ao passar dos anos. Variações no clima podem acarretar sérios impactos para uma região semiárida, causando prejuízos sociais e econômicos. Os cenários das mudanças climáticas para uma região permitem construir uma aproximação da evolução temporal no que se refere às variações de temperatura. Este trabalho realiza uma revisão bibliográfica sobre o impacto das tendências climáticas no desempenho de painéis solares fotovoltaicos, usando séries climáticas históricas e suas tendências, em regiões semiáridas. A revisão foi realizada com base em artigos publicados em periódicos científicos e publicações em anais de eventos, na base de dados Periódicos CAPES e no Google Acadêmico. A estratégia de busca elaborada forneceu um total de 65 estudos. Após a triagem pela leitura dos títulos e resumos, 16 estudos foram considerados potencialmente elegíveis. Ao término das análises, 14 artigos preencheram todos os critérios de inclusão para o estudo, sendo publicados entre os anos de 2007 e 2018. Há escassa produção bibliográfica específica no tema de produção de eletricidade por meio de fontes renováveis no semiárido, mais ainda no que se refere à consideração de tendências climáticas. Diante disso, avaliaram-se também estudos semelhantes realizados em outros países que possuem o clima semiárido, com o objetivo de comparar os resultados obtidos. Em Marrocos, foi evidenciado um aumento da temperatura ambiente, que afetou a produção de eletricidade com conseqüente redução da potência máxima. O desempenho de módulos fotovoltaicos em duas cidades do semiárido paraibano, considerando as tendências climáticas dos locais, confrontou dados do período 1970-1980 versus 2004-2014, e verificou-se que as produções de eletricidade não sofreram variações significativas, pois o aumento da temperatura máxima do ar foi compensado pela redução dos índices de nebulosidade. Quando se avaliaram os impactos das mudanças climáticas na produção fotovoltaica de energia elétrica na região semiárida da Espanha, verificou-se uma variação negativa da produção média de energia. Conclui-se que os resultados de pesquisas científicas e tecnológicas pode contribuir para minimizar a difícil situação das populações que vivem em regiões semiáridas. A extensão e adaptação de experiências de sucesso em outras regiões semiáridas do mundo podem ser aplicadas para o semiárido Brasileiro, resultando numa melhoria das condições de vida em situações climáticas adversas. Em vista do exposto, confirma-se a importância da participação das energias renováveis na matriz energética, assim como da consideração dos impactos das mudanças climáticas em sua produção. Devido às recentes preocupações com as mudanças climáticas e seus impactos na produção de energia, a consideração de tendências climáticas pode ser implementada na otimização de futuras instalações de energias renováveis no semiárido.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Tendências climáticas; Semiárido; Energia solar fotovoltaica.

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

INTRODUÇÃO

A demanda internacional por energia elétrica tem aumentado nos últimos anos. Países localizados em regiões semiáridas também têm presenciado um aumento considerável no consumo elétrico, a exemplo do Marrocos, que devido a alta taxa de eletrificação rural e acelerado crescimento econômico do país, tem atingido um aumento de 6,5%/ano em sua taxa de consumo elétrico. A região do Nordeste Brasileiro, onde também há presença do clima semiárido, é caracterizada por oscilações climáticas consideráveis ao longo do ano, com amplitudes térmicas que podem chegar a 6°C (SILVA *et al.*, 2015). A vulnerabilidade climática associada a elevação da temperatura do ar dessas regiões interfere no ecossistema, e também influencia na geração de energia fotovoltaica. A temperatura elevada de operação pode interferir no desempenho dos módulos fotovoltaicos, pois reduz a tensão de circuito aberto e sua eficiência, e portanto é um dos fatores mais importantes a ser considerado na determinação do desempenho a longo prazo de um painel fotovoltaico (JAKHRANI *et al.*, 2011).

A região Nordeste do Brasil apresenta a menor média anual de índice de nebulosidade do país, com índices de radiação solar uniformes, tornando-se a região mais favorável a implementação de energia fotovoltaica (MARTINS *et al.*, 2008). No entanto, devido às altas temperaturas que as placas solares podem atingir em decorrência da temperatura, a geração de eletricidade pode ser comprometida.

Os dados climáticos da região onde as placas solares são instaladas devem ser considerados e avaliados para obter uma boa estimativa da geração da energia fotovoltaica (SIQUEIRA, 2011; CARVALHO; DELGADO, 2017). Com o passar dos anos os parâmetros climáticos como temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, nebulosidade estão sendo alterados devido às mudanças climáticas. As mudanças climáticas envolvem todas irregularidades nos padrões climáticos, verificadas em períodos extensos e que independem de suas causas, segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, IPCC) (IPCC, 2007). Entre as principais variações está a alteração dos padrões de temperatura do ar e precipitação pluvial provocadas, por exemplo, pela emissão de gases de efeito estufa devido a ação humana. Essas variações podem ser comprovadas por meio de métodos estatísticos de série meteorológicas. A ocorrência desses fenômenos tem chamado a atenção das autoridades pelas consequências negativas que provocam no âmbito social e econômico. A análise realizada por Oliveira (2018), na cidade de Uberaba-MG, mostrou que no período de 1960 a 2010 houve um aumento generalizado dos índices de temperatura extrema máxima e mínima. Farias Neto *et al.* (2018) compilaram estudos que avaliam os efeitos climáticos sobre a produção de energias renováveis no mundo, indicando que há interferência do avanço do aquecimento global na produção de energia renovável. Em alguns casos os impactos climáticos beneficiam a produção e, em outros, prejudicam. Porém, como é possível perceber que há regiões que apresentam potencial de queda de sua produção, se faz importante averiguar localmente as melhores alternativas, de maneira a otimizar o sistema energético.

Ainda é comum que os projetos que utilizam painéis fotovoltaicos como fonte de geração de eletricidade considerem os parâmetros climáticos influentes na sua produção como constantes,

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

como por exemplo a incidência de radiação solar (considera-se como isenta de alteração por efeitos climáticos). Entretanto, as tendências climáticas analisadas e avaliadas em diversas regiões, incluindo as regiões semiáridas, têm mostrado que não é possível mais considerar esses parâmetros climáticos como valores constantes e estáveis no decorrer dos anos (Jerez *et al.* 2015). Portanto, a compreensão da dinâmica do clima é de fundamental importância na determinação dos valores produzidos de energia.

Esse trabalho é parte de um projeto mais amplo, que visa investigar as repercussões das mudanças climáticas na produção de eletricidade por fontes renováveis, e que compreende atualmente duas dissertações e um projeto de iniciação científica.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é realizar uma revisão de literatura para verificar como se comporta a produção de energia em sistemas fotovoltaicos em regiões semiáridas, considerando o impacto das mudanças climáticas.

METODOLOGIA

Uma busca sistemática de artigos científicos foi feita no Portal CAPES de Periódicos e no Google Acadêmico, tanto na língua inglesa quanto na portuguesa. Foram usados os descritores: *Semiarid*, *Photovoltaic*, *Impact of Climate Change* e *Renewable Energy*, assim como seus sinônimos correspondentes em português, além do operador booleano *AND* para encontrar os trabalhos que relacionassem discussões que envolvessem a presença de combinações de descritores.

- Critérios de Inclusão

Incluíram-se estudos que avaliassem especificamente o impacto da mudança de variáveis climáticas na produção de eletricidade em sistemas energéticos renováveis. Só foram considerados artigos referentes a energia solar fotovoltaica.

- Critérios de Exclusão

Foram excluídos da revisão artigos que avaliaram o comportamento da produção fotovoltaica de energia em regiões que não fossem semiáridas.

- Análise

Inicialmente, foi realizada uma triagem a partir da análise dos títulos e resumos localizados na busca. Posteriormente, todos os estudos que se apresentaram pertinentes ao tema foram obtidos na íntegra e analisados separadamente. Por fim, os artigos analisados e selecionados, seguindo os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, foram incluídos na sistematização dos dados após reunião de consenso com os autores. As listas de referências

de todos os artigos foram também consultadas, na tentativa de encontrar novos estudos para incluir na revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estratégia de busca elaborada forneceu um total de 65 estudos. Após a triagem pela leitura dos títulos e resumos, 16 estudos foram considerados potencialmente elegíveis e lidos na íntegra pelos avaliadores. Ao término das análises, 14 artigos preencheram todos os critérios de inclusão para o estudo: Obregon e Marengo (2007); Skoplaki e Palyvos (2009); Crook *et al.* (2011); Pinho e Galdino (2014); Fant *et al.* (2015); Jerez *et al.* (2015); Popovici *et al.* (2015); Wild *et al.* (2015); Bazyomo *et al.* (2016); Abrahão *et al.* (2017a); Abrahão *et al.* (2017b); Medeiros *et al.* (2017); Busson *et al.* (2018); Hajjaj *et al.* (2018). Os estudos selecionados foram publicados entre os anos de 2007 e 2018.

O presente estudo se dedica a analisar trabalhos que relacionam impactos climáticos na produção de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos em regiões semiáridas. Para tanto, os resultados são divididos em duas partes, são elas: a apresentação de pesquisas em que há avaliação desses impactos em regiões semiáridas; e uma construção argumentativa, por se tratar de tópico de bibliografia escassa, baseada na combinação de pesquisas, as que tratam da relação entre parâmetros climáticos e a eficiência de painéis fotovoltaicos e as que estudam esses parâmetros em regiões semiáridas.

No que se refere a regiões semiáridas, a exemplo do Sul do continente africano, Fant *et al.* (2015) apresentaram um método estimativo, combinando modelos climáticos do *Integrated Global Systems Model* (IGSM) e do *Coupled Model Intercomparison Project phase 3* (CMIP-3), para verificar o impacto das mudanças climáticas na produção de energia eólica e solar. Mostrou-se que o potencial de produção energética fotovoltaico não apresentará mudanças médias significativas até 2050, exceto em casos extremos em que essa produção pode variar entre -15% e +15%, porém com baixa probabilidade.

Resultado semelhante foi obtido por Abrahão *et al.* (2017b), que avaliaram o desempenho de sistemas fotovoltaicos nas cidades de Patos e Sousa, no Sertão Paraibano. Levando em consideração as tendências climáticas dos locais, e confrontando dados do período 1970-1980 versus 2004-2014, foram verificadas produções elétricas fotovoltaicas quase inalteradas, decrescendo cerca de 1% apenas. Tal resultado corrobora o estudo de Crook *et al.* (2011), que reforçam a hipótese ao examinarem como a temperatura e a insolação, ao longo do século XXI, afetam a produção de energia fotovoltaica em um cenário projetado de mudanças climáticas (IPCC SRES A1B). As regiões áridas e semiáridas da Espanha, Argélia, Arábia Saudita e Austrália foram avaliadas, e verificou-se que, para o período entre 2010 e 2080, a produção fotovoltaica na Espanha aumentará cerca de 2%, com queda de 2% na Argélia, 6% na Arábia Saudita e menos de 1% na Austrália, considerando apenas o modelo HadGEM1 (*new Hadley Centre Global Environmental Model*, desenvolvido pelo IPCC). Jerez *et al.* (2015) confirmaram tal influência avaliando os impactos da mudanças climáticas na produção fotovoltaica de energia elétrica na Europa, indicando que a Espanha apresentará uma variação negativa da produção média de energia de 2% até a virada do século (segundo o cenário climático RCP8.5, que é o pior cenário para emissões atmosféricas).

No que diz respeito a relação entre temperatura e eficiência na produção fotovoltaica, o comportamento térmico dos painéis fotovoltaicos que operam em regiões semiáridas é complexo, já que a irradiância dessas regiões é maior do que a indicada pelo NOCT (*Nominal Operating Cell Temperature*, temperatura nominal de operação da célula) principalmente no período entre 10 e 14 horas (BUSSON *et al.*, 2018). A temperatura de operação é definida por meio de um balanço de energia, onde a energia proveniente da radiação solar é convertida parcialmente em energia elétrica, com dissipação de energia térmica (PINHO; GALDINO, 2014). O estudo verificou que nos módulos fotovoltaicos há uma divergência entre a temperatura de operação estimada pelos modelos matemáticos e a temperatura medida, e uma diferença de 13% foi identificada entre essas duas temperaturas. Para maximizar a eficiência dos coletores, a sua temperatura de operação deve ser a menor possível, já que acima de 25 °C, cada incremento de 1°C reduz a eficiência aproximadamente em 0,45% (POPOVICI *et al.*, 2015). O mesmo resultado foi obtido por Skoplaki e Palyvos (2009), que discutiram o comportamento da eficiência de um painel fotovoltaico com relação a variação da temperatura. Foi obtido que a temperatura é fator importante num sistema fotovoltaico, pois esta influencia tanto na eficiência do painel quanto na potência produzida. O estudo demonstrou que a potência produzida por um painel fotovoltaico tem relação inversamente linear com a temperatura. Estando estruturada a hipótese de que a temperatura ambiente influencia na eficiência de produção fotovoltaica de energia elétrica, serão a seguir avaliados os impactos climáticos na produção de energia elétrica em regiões semiáridas no mundo.

A partir de modelos climáticos fornecidos no último relatório de avaliação do IPCC, Wild *et al.* (2015) avaliaram as alterações da radiação solar que atingem a superfície terrestre, a nebulosidade, a temperatura do ar e suas implicações na geração de energia utilizando módulos fotovoltaicos. As projeções entre os anos de 2006 e 2049 nas principais regiões com alto potencial solar indicaram uma redução média na produção fotovoltaica na ordem de 1% a cada década. Os países inseridos em regiões semiáridas, a saber: Austrália, Estados Unidos, Noroeste da China, Índia, África do Sul e Espanha, apresentaram uma projeção de aquecimento de 0,05 K/ano para as próximas décadas. Ainda segundo o estudo, as tendências de radiação solar com o céu claro são de pequeno decréscimo ou nulas em praticamente todo o mundo. Nas regiões do Sudeste dos Estados Unidos, China, África do Sul e Austrália, a nebulosidade tem uma tendência de reduzir seus índices em cerca de 0,05%/ano. Diante disso, os efeitos da redução da nebulosidade tendem a provocar um aumento da radiação solar em cerca de 0,03 W/m²/ano.

Uma comparação de 12 modelos físicos de produção fotovoltaica foi realizada por Hajjaj *et al.* (2018), no Marrocos, para verificar o desempenho dos módulos fotovoltaicos sob condições climáticas semiáridas e quentes. Identificou-se que, para todas os modelos de células solares utilizados no estudo, o aumento de temperatura de operação do módulo provocou uma diminuição de 0,01%/°C no seu valor de corrente aberta. Já para a potência máxima produzida, observou-se uma queda de 0,43%/°C, devido a elevação da temperatura. Essa constatação foi comprovada com a redução de 2,5% da eficiência fotovoltaica para o período de verão para o inverno. A Figura 1 mostra as alterações na eficiência dos módulos, provocadas pelas modificações na temperatura durante o ano de 2017. Já a Figura 2 apresenta uma curva de

regressão linear do comportamento da eficiência com a variação da temperatura.

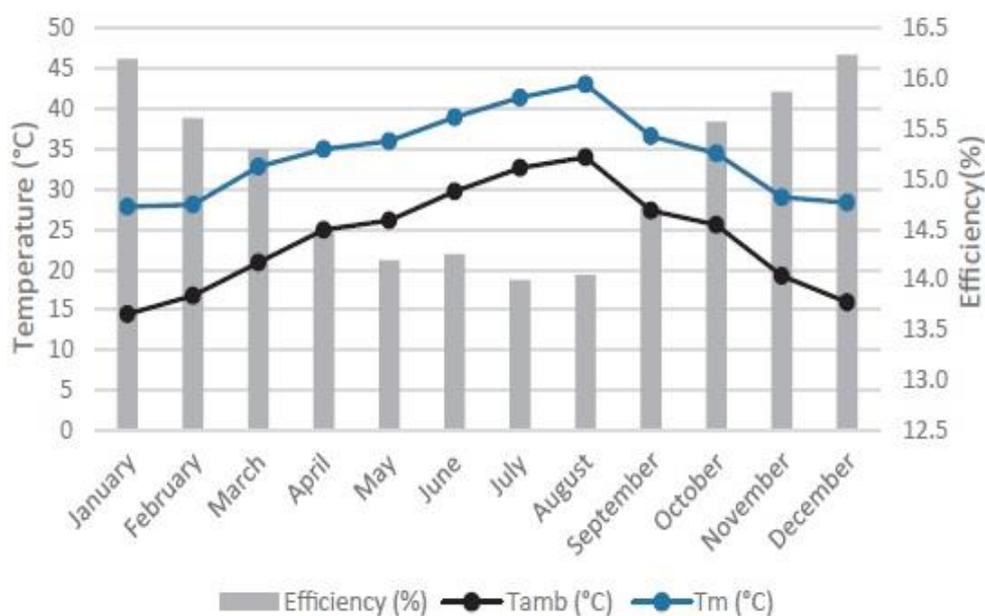


Figura 1 – Variação da eficiência dos módulos fotovoltaicos considerando a temperatura do módulo e temperatura ambiente. Fonte: Haijaj *et al.*(2018)

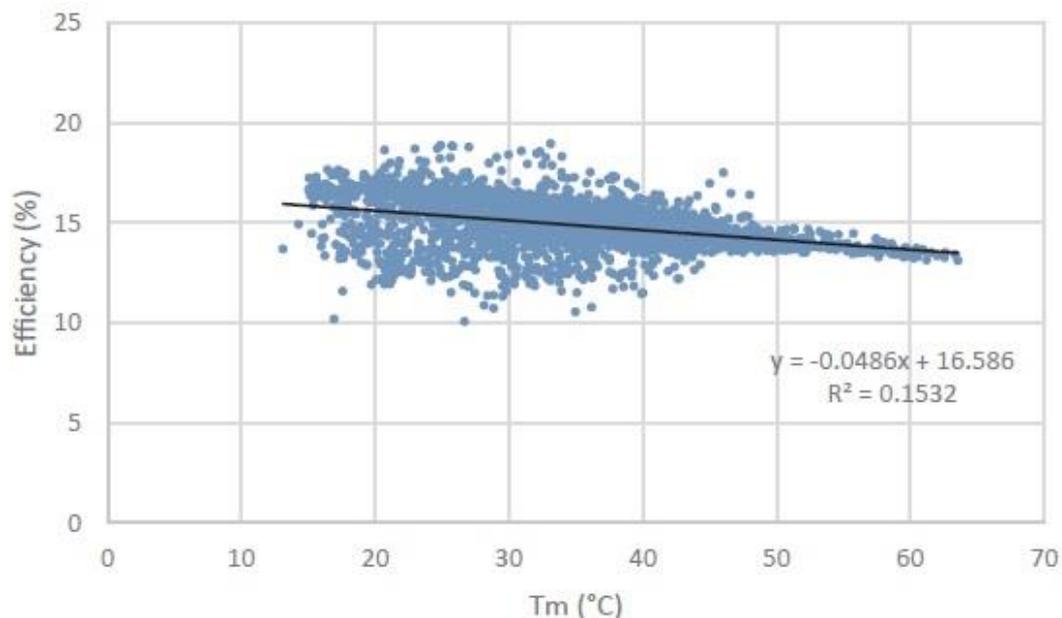


Figura 2 – Relação entre eficiência e temperatura do módulo fotovoltaico. Fonte: Haijaj *et al.* (2018)

Bazyomo *et al.* (2016) realizaram um estudo com oito modelos climáticos em países do oeste africano, com o objetivo de analisar e prever as tendências de irradiação solar e temperatura do ar entre os anos de 2006 e 2100. Observou-se uma tendência positiva em todas as regiões, com valores de incremento de temperatura

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

de até 0,08 K/ano. Os autores também identificaram que, devido às alterações de temperatura, a tendência é reduzir a produção fotovoltaica em até 0,032% a cada ano, com exceção da região da Libéria e Serra Leoa. Neste caso, o que pode ter havido é uma compensação dos efeitos de temperatura na eficiência dos coletores, por exemplo, pela redução do índice de nebulosidade. O artigo não engloba a análise dos outros parâmetros climáticos e, por isso, os autores concluem que essas duas regiões, onde não há tendência de redução da geração fotovoltaica, são as mais favoráveis com relação a viabilidade das instalações de placas solares.

As regiões do semiárido normalmente possuem um grande potencial para instalação de placas solares. Por outro lado, em determinados períodos do dia, quando a temperatura é muito elevada, o funcionamento dos módulos é prejudicado. A ação dos ventos deve também ser considerada, tendo em vista que a sua atividade provoca uma troca térmica do ambiente com o coletor, reduzindo a sua temperatura e aumentando a sua potência máxima (BUSSON *et al.*, 2018).

No que tange ao semiárido brasileiro, especificamente, estudos como Obregon e Marengo (2007), sobre a caracterização do clima no século XX no Brasil, avaliaram as tendências lineares das temperaturas médias e apontaram um acréscimo de temperatura da ordem de 0,3 °C/década a 0,4 °C/década em média no Brasil, contemplando a região do Nordeste, indicando um aumento entre 1,2 °C e 1,6 °C em 40 anos. Medeiros *et al.* (2017) estudaram a variabilidade e tendências para a temperatura média do ar no Sertão da Paraíba. Fazendo uso de dados históricos, foi desenvolvido um modelo de estimativa de tendências, chegando ao resultado de que para essa região haverá acréscimo de entre 0,008 °C/ano e 0,011 °C/ano na temperatura média do ar. O que, em 2040, pode representar um aumento da ordem de 0,2 °C a 0,3 °C. Abrahão *et al.* (2017a) analisaram o comportamento da temperatura da mesorregião Sertão Paraibano, por meio de dados meteorológicos ao longo de 40 anos, entre 1975 e 2015, de estações em duas cidades, Patos e Sousa. Utilizando os testes Mann-Kendall e declividade de Sen, verificaram que em Patos houve um acréscimo na temperatura da ordem de 0,038 °C/ano, enquanto Sousa apresentou acréscimo de temperatura de 0,078 °C/ano e 0,030 °C/ano nos dois semestres do ano, porém não apresentou aumento significativo no ano inteiro.

Destaca-se a necessidade de rigorosos estudos do comportamento histórico do clima no local de instalação dos novos parques solares, incluindo a identificação das tendências climáticas. A demanda por pesquisas nesse contexto continuará crescente, necessitando de esforços multidisciplinares, com a interação entre as instituições de pesquisa, a fim de definir métodos e estratégias para serem aplicados no semiárido.

CONCLUSÃO

Após a análise dos artigos apresentados, constatou-se que a produção de energia renovável por fonte fotovoltaica pode ser influenciada por tendências climáticas. O semiárido brasileiro possui boa localização para instalação de usinas solares, já que possui bons níveis de irradiação ao longo do ano. Porém, apresenta tendências climáticas que apontam para elevação da temperatura média do ar, que conforme demonstrado, resulta numa redução na produção

fotovoltaica. Ressalta-se a necessidade de investigação mais profunda de como e onde se darão esses impactos.

Diante do caráter pouco difundido que o tópico estudado possui, percebeu-se produção de literatura científica ainda escassa. No entanto, a demanda por pesquisas nesse contexto continuará crescente, necessitando de esforços multidisciplinares, com a interação entre as instituições de pesquisa, a fim de definir métodos e estratégias para serem aplicados no semiárido brasileiro. A vulnerabilidade de sistemas energéticos renováveis será verificada em trabalhos futuros dos autores, por meio da obtenção de dados climáticos, estimando a produção de eletricidade dessas fontes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade nº303199/2015-6 e 305419/2015-3, Projeto Universal nº 401687/2016-3, e pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, R.; PEIXOTO, I. M. B. M. ; SILVA, L. P. ; MEDEIROS, S. E. L. . Mais calor para o Sertão? Perspectivas de tendências no índice de calor do Sertão Paraibano. In: XX CBAGRO - Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2017, Petrolina. **Anais do XX CBAGRO**, 2017a.

ABRAHÃO, R.; PEIXOTO, I. M. B. M.; CARVALHO, M. Solar or wind energy for the Brazilian semiarid- Climatic characterization and future trends. p. 1–12, 2017. INTERNATIONAL CONFERENCE ON EFFICIENCY, COST, OPTIMIZATION, SIMULATION AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF ENERGY SYSTEMS, 30., 2017, San Diego. **Anais...** San Diego: [s.n.], 2017b.

BAZYOMO, S. D.; LAWIN, A. E.; COULIBALY, O.; WISSER, D.; OUEDRAOGO, A. Forecasted Changes in West Africa Photovoltaic Energy Output by 2045. **Climate**, v. 4, N. 4, p. 53, 2016.

BUSSON, B. O.; DIAS, P. H. F.; DUPONT, I. M.; CAMPOS, P. H. M.; CARVALHO, P. C.; BARROSO, E. A. Q. Validação de modelos de comportamento térmico de painéis fotovoltaicos para o Semiárido brasileiro. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**, 2018.

CARVALHO, M.; DELGADO, D. Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix. **LALCA- Revista Latino Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, v. 1, N. 1, p. 64-85, 2017.

CROOK, J. A.; JONES, L. A.; FORSTER, P. M.; CROOK, R. Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output. **Energy & Environmental Science**, v. 4, n. 9, p. 3101-3109, 2011.

FANT, C.; SCHLOSSER, C. A.; STRZEPEK, K. The impact of climate change on wind and solar resources in southern Africa. **Applied Energy**, v. 161, p. 556-564, 2015.

FARIAS NETO; SILVA JUNIOR, J. M. ; ABRAHÃO, RAPHAEL ; CARVALHO, M. . Como repercutem as mudanças climáticas na produção de energias renováveis?. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Congestas 2018, 2018, João Pessoa. **Anais do Congestas 2018**, 2018.

HAJJAJ, C.; MERROUNI, A. A.; BOUAICHI, A.; BENHMIDA, M.; SAHNOUN, S.; GHENNIQUI, A.; ZITOUNI, H. Evaluation, comparison and experimental validation of different PV power prediction models under semi-arid climate. **Energy Conversion and Management**, v. 173, p. 476-488, 2018.

IPCC. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: HOUGHTON, J.T. (Ed.). **Climate Change**. New York: Cambridge University Press, 2007.

JAKHRANI, A. Q.; OTHMAN, A. K.; RIGIT, A. R. H.; SAMO, S. R. Comparison of Solar Photovoltaic Module Temperature Models. **World Applied Science Journal**, v. 14, p. 01-08, 2011.

JEREZ, S.; TOBIN, I.; VAUTARD, R.; MONTÁVEZ, J. P.; LÓPEZ-ROMERO, J. M.; THAIS, F.; BARTOK, B.; CHRISTENSEN, O. B.; COLETTE, A.; DÉQUÉ, M.; NIKULIN, G.; KOTLARSKI, S.; VAN MEIJGAARD, E.; TEICHMANN, C.; WILD, Martin. The impact of climate change on photovoltaic power generation in Europe. **Nature communications**, v. 6, p. 10014, 2015.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; SILVA, S. A. B.; ABREU, S. L.; Colle, S. Solar energy scenarios in Brazil, Part one: Resource assessment. **Energy Policy**, v. 36, p. 2853-2864, 2008.

MEDEIROS, S. E. L. ; SILVA, W. K. M. ; SILVA, L. P. ; PEIXOTO, I. M. B. M. ; ABRAHAO, R. . Análise da variabilidade e tendências para a temperatura média do ar no Sertão Paraibano com dados reais e estimados. In: II CONIDIS, 2017, Campina Grande. **Anais do II CONIDIS**, 2017.

OBREGON, G. O.; MARENGO, J. A. Caracterização do clima no século XX no Brasil: tendência de chuvas e temperaturas médias e extremas. Relatório nº 2 – Projeto: Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XX, 2007.

OLIVEIRA, Alisson Souza et al. Tendências em índices extremos de precipitação e temperatura do ar na cidade de Uberaba, MG. **Sustentare**, v. 2, n. 1, p. 118-134, 2018.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas fotovoltaicos. **Grupo de Energia solar - GTES - CEPEL - DTE – CRESESB**, 2014.

POPOVICI, C. G; HUDISTEANU, S. V.; MATEESCU, T. D., CHERECHES, N. C. Efficiency improvement of photovoltaic panels by using air cooled heat sinks. **Energy Procedia**, v. 85, p. 425-432, 2015.

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

SILVA, F. F. N.; GOMES, A. C. S.; LUCIO, P. S.; ARAÚJO, E. H. S.; SILVA, C.M.S. Estudo de caso: temperatura média mensal de regiões do litoral e semiárido do nordeste brasileiro (nota de pesquisa). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, Ano 11, 2015.

SIQUEIRA, C. D. Regime internacional de mudanças climáticas e segurança energética. **Mediações-Revista de Ciências Sociais**, v. 16, n. 2, p. 210-227, 2011.

SKOPLAKI, Elisa; PALYVOS, John A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. **Solar energy**, v. 83, n. 5, p. 614-624, 2009.

WILD, M.; FOLINI, D.; HENSCHER, F.; FISCHER, N.; MÜLLER, B. Projections of long-term changes in solar radiation based on CMIP5 climate models and their influence on energy yields of photovoltaic systems. **Solar Energy**, v. 116, p. 12-24, 2015.