

DISPONIBILIDADE ESPACIAL DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL PARA O OESTE DO PARANÁ

**RICARDO GUICHO¹, GABRIELA MEDEIROS², JACKLINE DIANE ZAMBÃO³,
MARITANE PRIOR⁴**

¹ Eng. Ambiental, Doutorando em Eng. de Energia, CCET/Unioeste, Cascavel-PR, ricardoguicho@gmail.com.

² Eng. Ambiental, Doutoranda em Eng. Agrícola, CCET/Unioeste, Cascavel-PR, gabsmedeiros@gmail.com.

³ Graduanda em Eng. Civil, CCET/Unioeste, Cascavel-PR, jackline.zmb@gmail.com.

⁴ Eng. Agrícola, Doutora em Agronomia, Prof.^a Adjunto, CCET/Unioeste, Cascavel-PR, maritane.prior@unioeste.br.

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: A crise hídrica fomenta estudos que buscam a descentralização da geração de energia elétrica no Brasil. Devido a dependência climática das fontes alternativas, conhecer seus comportamentos intermitentes é a melhor forma de assegurar o abastecimento. Este trabalho objetivou analisar e espacializar as disponibilidades de fontes de energia renovável no oeste do Paraná, por meio de séries históricas, análises estatísticas (mensal e sazonal) e SIG. Cascavel apresentou maiores valores para precipitação na primavera e velocidade do vento no inverno, já para a irradiação o município de Santa Helena foi o destaque no verão.

PALAVRAS-CHAVE: complementaridade, krigagem, sig

SPATIAL AVAILABILITY OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR WESTERN PARANÁ

ABSTRACT: The hydroelectric crisis is fomenting studies that seek the decentralization of electric energy generation in Brazil. Due to the climatic dependence on alternative sources, knowing their intermittent behavior is the best way to ensure supply. This work aimed to analyze and spatialize the availability of renewable energy sources in western Paraná, through historical series, statistical analysis (monthly and seasonal) and GIS. Cascavel showed higher values for precipitation in spring and wind speed in winter, while for irradiation the city of Santa Helena was the highlight in summer.

KEYWORDS: complementarity, kriging, gis

INTRODUÇÃO: O território brasileiro detém grandes disponibilidades hídricas associadas ao potencial hidrelétrico, principalmente na porção sul do país, e consequentemente tende a explorar essa fonte de geração (DE OLIVEIRA BUENO; ALVES; MELLO, 2020). Porém, além dos impactos ambientais ocasionados no represamento de rios (BAIRD et al., 2021; LI et al., 2021; SANTOS et al., 2020), é necessária a descentralização para a minimização de falhas em caso de crise hídrica e garantir segurança elétrica, principalmente se essas fontes apresentarem algum tipo de complementaridade (DA LUZ; MOURA, 2019; HUANG et al., 2022; KARADÖL; YILDIZ; ŞEKKELI, 2021). Se por um lado as energias renováveis minimizam alguns efeitos nocivos ao meio ambiente, como a emissão de gases de efeito estufa (GEE's), por outro é necessário considerar sua dependência de eventos climáticos. Isso

porque o fator clima, atua diretamente nas ocorrências e nas intensidades que variam de acordo com a sazonalidade e as características do meio (CORRÊA DA SILVA; DE MARCHI NETO; SILVA SEIFERT, 2016; GERSEMA; WOZABAL, 2018; RAVESTEIN et al., 2018). Entretanto, o conhecimento regional das disponibilidades intermitentes ainda é raso, o que dificulta o planejamento governamental na diversificação das fontes de geração, já que pouco se sabe sobre as potencialidades de cada mesorregião. Este trabalho objetiva analisar a espacialização das disponibilidades de fontes de energias renováveis na região oeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS: A coleta dos dados diários das variáveis de velocidade e direção dos ventos, pluviosidade e irradiação, foi realizada por meio de solicitação junto ao Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR). Foram solicitadas informações entre os anos de 2011 e 2020, de 8 estações meteorológicas ao longo da mesorregião Oeste Paranaense (Cascavel, Foz do Iguaçu, Guaíra, Palotina, Salto Caxias, Santa Helene, São Miguel e Toledo). As variáveis foram analisadas por meio de estatística descritiva, com objetivo de avaliar seu comportamento ao longo do ano com base nas médias mensais. Através da média sazonal de cada variável, o período de maior intensidade foi selecionado para realização da krigagem, buscando avaliar se as fontes energéticas são complementares. Foi considerado o ano civil para a divisão das estações: verão (jan, fev, mar), outono (abr, mai, jun), inverno (jul, ago, set) e primavera (out, nov, dez).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: analisando os dados pode-se observar que a primavera é o período que com maior precipitação média entre as estações do ano. O cluster destaca dois grandes grupos, o primeiro contempla as estações meteorológicas de Cascavel, Salto Caxias, Santa Helena e Toledo, já o segundo contempla o restante dos municípios (Figura 1). Deve-se destacar o município de Cascavel, do primeiro grupo, com a maior média diária registrada de 5,57 mm, ao longo da série histórica na estação. Para a irradiação, o verão se sobressaiu entre as estações com maior média, em concordância com o estudo de Tiepolo et al. (2018). No dendrograma é possível observar Toledo com maior distância entre os demais municípios, já que sua faixa de irradiância foi inferior. Entretanto, no segundo grupo, dois municípios se destacaram com elevada irradiação, sendo Santa Helena responsável pela intensidade de 380,18 Wh/m². dia⁻¹, seguido por Foz do Iguaçu com 379,66 Wh/m². dia⁻¹. Já para a variável de velocidade do vento, a estação que descreveu como a maior média sazonal foi o inverno. Cascavel apresentou maiores registros, se destacando por apresentar as maiores velocidades alcançadas entre os municípios (média diária = 4,13 m/s). Com os resultados apresentados na figura 1, é possível avaliar as variáveis de velocidade do vento e irradiação entre Cascavel e Toledo, e identificar notável diferença entre municípios próximos (45 Km de distância). Enfatizando a importância de estudos regionais, já que em análises mais generalizadas os valores seriam super ou subestimados. Isso porque apesar da proximidade entre os municípios, seus resultados se mostram discrepantes devido a influência direta do microclima, onde segundo Macleod (2008) pequenas diferenças, talvez ampliadas por condições extremas, acumulam-se ao longo do ano e possam afetar significativamente a economia de uma instalação. Alguns trabalhos comprovam a existência da complementaridade entre fontes eólicas e hídricas em diversas regiões do Brasil (WITZLER, 2015), incluindo a área de estudo deste trabalho, em que Cascavel contemplou os maiores registros tanto da variável pluviometria quanto da velocidade do vento, com ocorrências predominantes na primavera e inverno, respectivamente. Apesar de considerar outras questões para a avaliação, esta

característica indica uma tendência para complementaridade temporal nas variáveis identificadas. Ou seja, o município de Cascavel, comparado aos outros municípios da mesorregião Oeste Paranaense, possui condições climáticas mais favoráveis que, teoricamente, asseguraria a qualidade da geração elétrica.

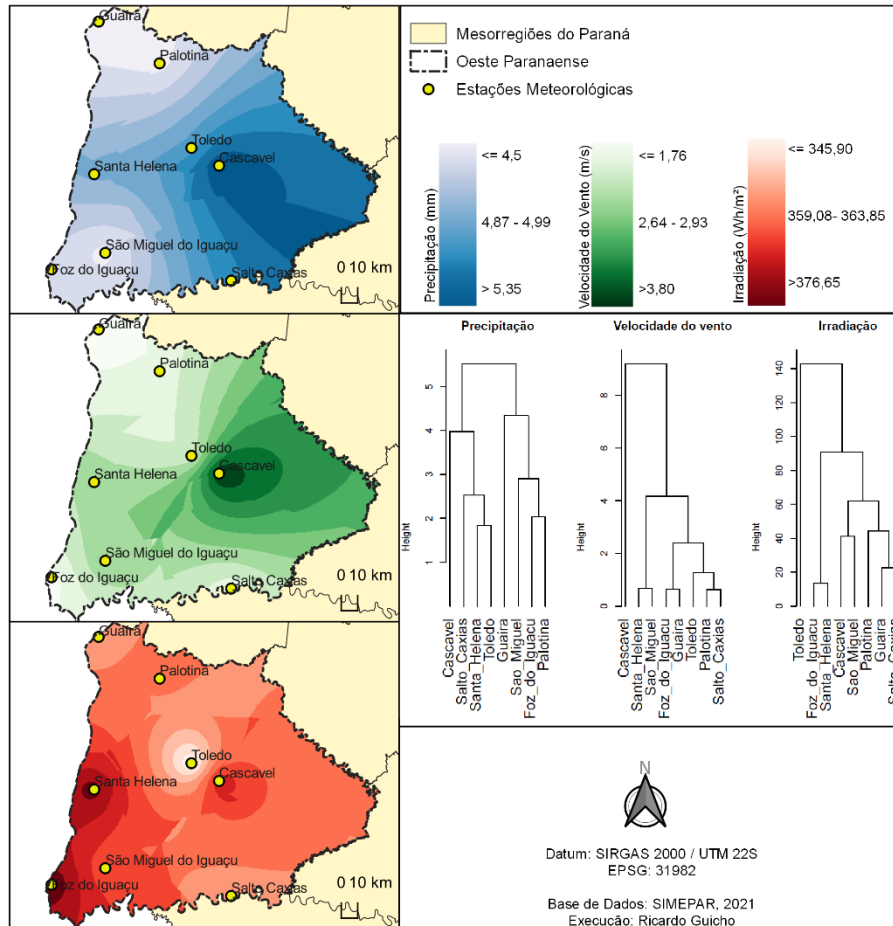


FIGURA 1. Mapa de krigagem das variáveis climáticas (precipitação, irradiação e velocidade do vento) com o dendrograma da análise de cluster das estações meteorológicas.

CONCLUSÕES: Na série histórica das estações meteorológicas estudadas, Cascavel apresentou maiores valores para precipitação na primavera e velocidade do vento no inverno, indicando possível complementaridade entre as fontes estudada. Já para a irradiação o município de Santa Helena foi o destaque no verão.

AGRADECIMENTOS: Os autores desejam agradecer ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), pelos dados. Gostaríamos também de agradecer à CAPES, pois este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Brasil.

REFERÊNCIAS:

BAIRD, Ian G.; SILVANO, Renato A. M.; PARLEE, Brenda; POESCH, Mark; MACLEAN, Bruce; NAPOLEON, Art; LEPINE, Melody; HALLWASS, Gustavo. The Downstream Impacts of Hydropower Dams and Indigenous and Local Knowledge: Examples from the Peace–Athabasca, Mekong, and Amazon. **Environmental Management**, [S. l.], v. 67, n. 4, p.

682–696, 2021. DOI: 10.1007/s00267-020-01418-x. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-020-01418-x>.

CORRÊA DA SILVA, Rodrigo; DE MARCHI NETO, Ismael; SILVA SEIFERT, Stephan. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 59, p. 328–341, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2016.01.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.001>.

DA LUZ, Thiago; MOURA, Pedro. Power generation expansion planning with complementarity between renewable sources and regions for 100% renewable energy systems. **International Transactions on Electrical Energy Systems**, [S. l.], v. 29, n. 7, p. 1–19, 2019. DOI: 10.1002/2050-7038.2817.

DE OLIVEIRA BUENO, Eduardo; ALVES, Geovane J.; MELLO, Carlos R. Hydroelectricity water footprint in Parana Hydrograph Region, Brazil. **Renewable Energy**, [S. l.], v. 162, p. 596–612, 2020. DOI: 10.1016/j.renene.2020.08.047. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.047>.

GERSEMA, Gerke; WOZABAL, David. Risk-optimized pooling of intermittent renewable energy sources. **Journal of Banking and Finance**, [S. l.], v. 95, p. 217–230, 2018. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2017.03.016.

HUANG, Kangdi; LUO, Peng; LIU, Pan; KIM, Jong Suk; WANG, Yintang; XU, Weifeng; LI, He; GONG, Yu. Improving complementarity of a hybrid renewable energy system to meet load demand by using hydropower regulation ability. **Energy**, [S. l.], v. 248, p. 123535, 2022. DOI: 10.1016/j.energy.2022.123535.

KARADÖL, İsmail; YILDIZ, Ceyhan; ŞEKKELI, Mustafa. Determining optimal spatial and temporal complementarity between wind and hydropower. **Energy**, [S. l.], v. 230, 2021. DOI: 10.1016/j.energy.2021.120790.

LI, Boyan; CHEN, Nengcheng; WANG, Wei; WANG, Chao; SCHMITT, R. J. P.; LIN, Anwen; DAILY, Gretchen C. Eco-environmental impacts of dams in the Yangtze River Basin, China. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 774, p. 145743, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145743. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145743>.

MACLEOD, Alasdair. Using the microclimate to optimise renewable energy installations. **Renewable Energy**, [S. l.], v. 33, n. 8, p. 1804–1813, 2008. DOI: 10.1016/j.renene.2007.10.010.

RAVESTAIN, P.; VAN DER SCHRIER, G.; HAARSMA, R.; SCHEELE, R.; VAN DEN BROEK, M. Vulnerability of European intermittent renewable energy supply to climate change and climate variability. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 97, n. October 2017, p. 497–508, 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2018.08.057. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.057>.

SANTOS, Rangel Eduardo; PINTO-COELHO, Ricardo Motta; DRUMOND, Maria Auxiliadora; FONSECA, Rogério; ZANCHI, Fabrício Berton. Damming Amazon Rivers: Environmental impacts of hydroelectric dams on Brazil's Madeira River according to local fishers' perception. **Ambio**, [S. l.], v. 49, n. 10, p. 1612–1628, 2020. DOI: 10.1007/s13280-020-01316-w.

TIEPOLO, Gerson Máximo; PEREIRA, Enio Bueno; URBANETZ JUNIOR, Jair; PEREIRA, Silvia Vitorino; GONÇALVES, André Rodrigues; LIMA, Francisco José Lopes De; COSTA, Rodrigo Santos; ALVES, Alisson Rodrigues. Atlas de energia solar do estado do Paraná-Resultados. **Revista Brasileira de Energia Solar**, [S. l.], v. IX, p. 1–10, 2018.

WITZLER, Lucas Torres. **Metodologia para reconstrução de séries históricas de vento e geração eólica visando a análise da complementariedade energética no Sistema Interligado Nacional**. 2015. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2015.