

CENÁRIOS FUTUROS DA DENSIDADE DE POTÊNCIA DO VENTO NA AMÉRICA DO SUL ATRAVÉS DE PROJEÇÕES DO MODELO MIROC6 DO CMIP6.

Thales Chile Baldoni¹ (IC), Michelle Simões Reboita (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Energia renováveis. Mudanças climáticas. Ventos.

Introdução

É fato que as mudanças climáticas são responsáveis pela intensificação ou desintensificação nos regimes de seca ou chuva, que acabam desencadeando problemas nas matrizes energéticas. Como exemplo, nos casos de estiagem, em que a geração de energia elétrica por meio das hidrelétricas é afetada. A sociedade é dependente da energia elétrica e essa eleva-se cada vez mais. No início da década de 1990, se afirmava que a maior produção de energia provinha da utilização de energias não renováveis, como a dos combustíveis fósseis e carvão mineral (MISHRA & SHARMA, 1992). Hoje, esse cenário mudou devido às preocupações com as mudanças climáticas, e, para isso, foi necessário a implementação de novas fontes energéticas para reduzir as emissões de gases poluentes. ANEEL (2002) fala que se, por um lado, fontes energéticas provenientes de combustíveis fósseis são relativamente reduzidas, por outro lado, fontes renováveis como os potenciais hídricos e as forças oriundas dos ventos são suficientes para garantir auto-suficiência energética ao país. Como o vento é um recurso de energia limpa e renovável, é de imensa importância reconhecer regiões de possível potencial para a implementação de parques eólicos. Portanto, o objetivo deste estudo é mostrar a performance do modelo climático do *Model for Interdisciplinary Research on Climate Phase 6* (MIROC6) no clima presente (1995-2014) e obter o sinal projetado entre 2015 a 2099 da densidade de potência do vento (WPD) nos níveis de 100 e 150 metros de altura e cenários do SSP2-4.5 e SSP5-8.5.

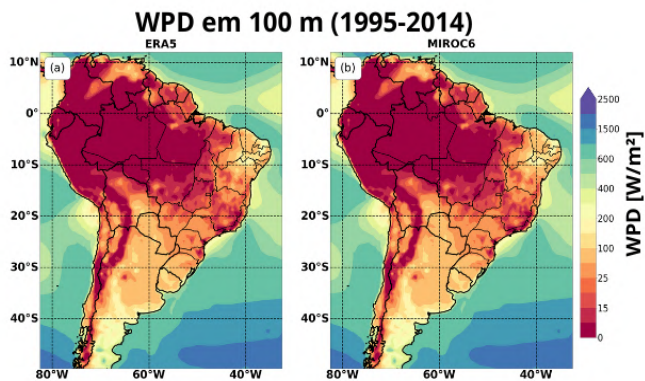
Metodologia

A área de estudo é a América do Sul e adjacências com enfoque no Estado de Minas Gerais. Inicialmente, foram obtidas da plataforma *Earth System Grid Federation* (ESGF) as projeções climáticas do modelo climático global MIROC6, pertencente ao *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6* (CMIP6). Esse modelo foi escolhido por mostrar boa

performance na climatologia de outras variáveis atmosféricas na América do Sul. As variáveis utilizadas foram a componente zonal (u) e meridional (v) do vento a 10 m de altura e temperatura do ar a 2 m. A partir das componentes do vento, foi calculada a intensidade do vento a cada três horas e, em seguida, foi realizada a média diária da intensidade e a média mensal. A última etapa do pré-processamento é o recorte dos dados da grade global para a América do Sul (AS). Antes de serem realizados os cálculos da extrapolação vertical da intensidade do vento da altura de 10 para 100 e 150 metros, é necessário aplicar uma simples correção de viés nas simulações do período histórico (1995-2014). Para tanto, foi utilizada a reanálise ERA5. Após a correção do viés do modelo, calcula-se a extrapolação vertical da intensidade do vento para os níveis de 100 e 150 metros em relação à superfície, pois a maioria das turbinas eólicas é instalada nessas alturas para diminuir os efeitos de atrito causados pela superfície (Nybø *et al.*, 2020). Para os investidores em energia eólica, a densidade de potência do vento é o maior foco de interesse, e para estimar essa variável, foi necessário calcular a densidade do ar. Estudos como os Reboita *et al.*, 2018, 2021; Emeksiz e Cetin, 2019; de Oliveira Filho *et al.* (2022) consideram um valor constante para a densidade do ar, entretanto, o mais correto seria estimar o valor desta variável, o qual foi realizado aqui. Por fim, tendo o valor da densidade do ar, a WPD, que é a densidade de potência de vento (Wm^{-2}), pode ser calculada considerando os níveis de 100 e 150 metros, sendo utilizado no período histórico e no futuro com projeções em dois cenários (SSP2-4.5 e SSP5-8.5).

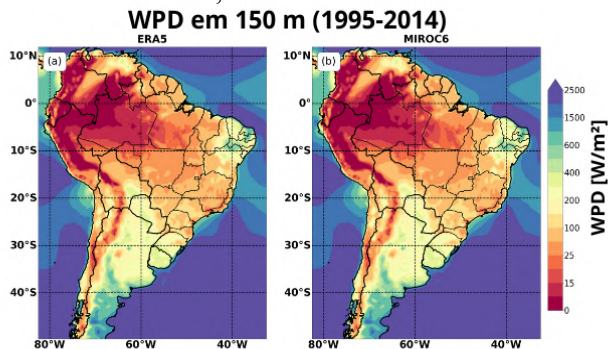
Resultados e discussão

Figura 1 – Média da densidade da potência do vento nos anos de 1995 a 2014, em 100m de altura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

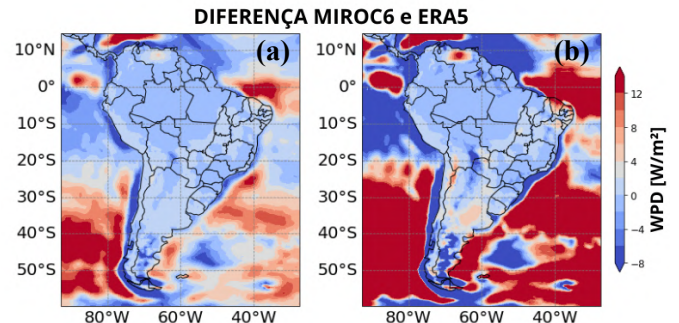
Figura 2 – Média da densidade da potência do vento nos anos de 1995 a 2014, em 150m de altura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para as análises, foram calculadas as médias mensais e sazonais da intensidade do vento e da sua densidade de potência, para as alturas 100 e 150 metros. Após, foram elaborados mapas para o período histórico e futuro (2015-2099), levando em conta os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5.

Figura 3 – Média da diferença densidade de potência do vento nos anos de 1995 a 2014, em 100m (a) e 150m (B) de altura.



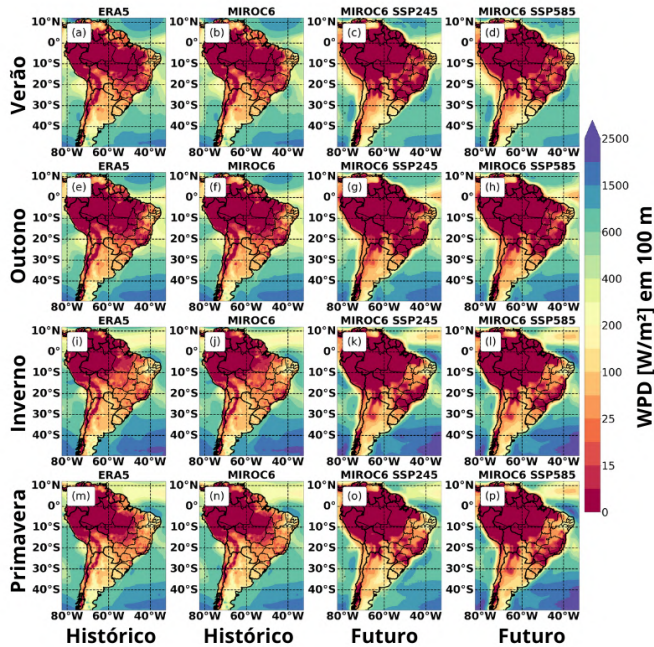
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 1, as regiões do nordeste brasileiro e a parte do sul do continente aparecem como os locais mais apropriados para a instalação de parques eólicos. Minas Gerais, no campo de 100 metros, apresenta valores da WPD médio de 25 a 100 W m^{-2} . Entretanto, ao analisar a figura 2, que informa a WPD em 150 m de altura, esse valor aumenta para uma média de 150 W m^{-2} . Locais mais aptos para a geração de energia são aqueles em que a WPD é maior do que 200 W m^{-2} (Reboita *et al.*, 2018).

A validação da WPD do modelo MIROC6 é mostrada na figura 3, foi gerado um mapa com as diferenças da densidade de potência do vento entre o MIROC6 e os dados de reanálise da ERA5. O modelo representa bem os valores da WPD sobre a região continental, mas ao analisar as regiões oceânicas, o MIROC6 teve mais dificuldade, mostrando em 150 m, uma diferença de mais de 12 W m^{-2} .

Para informar as melhores regiões que possuem capacidade para a instalação de parques de energia eólica no clima futuro, foram feitas imagens separadas sazonalmente, dos anos de 2014 a 2099, considerando os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5.

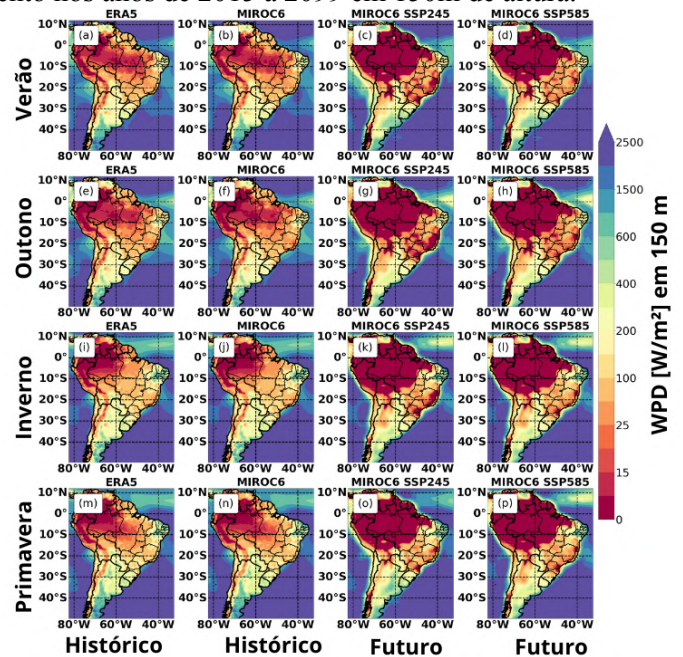
Figura 4 - Projeções futuras da densidade de potência do vento nos anos de 2015 a 2099 em 100m de altura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A WPD para a altura de 100 metros, no cenário SSP2-4.5 (Figura 4), mostra bom potencial no inverno e primavera, com foco na região do nordeste e sul do continente. Entretanto, também nota-se que parte do sudeste brasileiro, nessas duas estações, apresentam bons resultados da WPD. Ao considerar o cenário SSP5-8.5, os padrões da densidade de potência do vento mantiveram-se quase a mesma nos anos futuros, em comparação com o SSP2-4.5.

Figura 5 - Projeções futuras da densidade de potência do vento nos anos de 2015 a 2099 em 150m de altura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A 150 m (figura 5), o modelo MIROC6 projetou mais áreas com potencial de geração de energia na AS, em comparação com as projeções de 100 metros. A região sudeste do Brasil mostrou valores razoavelmente mais altos, principalmente, nas estações de inverno e primavera, mostrando ser uma região com boa eficiência de geração de energia eólica em altos níveis, sendo que, em Minas Gerais, nos anos futuros, é uma ótima opção para a instalação de parques de energia eólica em torno de 150 metros.

Conclusões

As projeções climáticas do modelo MIROC6 indicam que os melhores lugares para a implantação de parques para geração de energia eólica, considerando torres a 100 metros de altura, são a região nordeste do Brasil e a região sul do continente da América do Sul. Considerando a altura de 150 metros, o potencial das regiões mencionadas ainda é melhor, alcançando valores acima de 200 W m^{-2} nos meses do período de inverno e primavera, mostrando que Minas Gerais é uma ótima escolha para geração de energia eólica em 150 metros.

Agradecimento

Os autores agradecem aos centros meteorológicos que disponibilizaram os dados/modelos utilizados neste estudo e ao CNPq, CAPES e PROEX-UNIFEI pelo auxílio financeiro.

Referências

- Custódio, R.S. 2009. Energia Eólica para a Produção de Energia Elétrica. Eletrobrás, Rio de Janeiro.
- DE OLIVEIRA FILHO, R. A. et al. Evaluating the Global Forecast System (GFS) for energy management over Minas Gerais State (Brazil) against in-situ observations. *Atmosfera*, v. 35, n. 2, p. 357–376, 2022.
- Emeksiz, C.; Cetin, T. 2019. In case study: Investigation of tower shadow disturbance and wind shear variations effects on energy production, wind speed and power characteristics. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 35, Emeksiz, C.; Cetin, T. 2019. In case study: Investigation of tower shadow disturbance and wind shear variations effects on energy production, wind speed and power characteristics. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 35, 148-159. DOI: 10.1016/j.seta.2019.07.004 148-159. DOI: 10.1016/j.seta.2019.07.004
- MISHRA, S. P., SHARMA K. N. Utility of windmill in Coastal Belt of Orissa. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, Amsterdam, v. 23, n. 4, p. 47-49, 1992.
- Nybø, A.; Nielsen, F.G.; Reuder, J.; Churchfield, M.J.; Godvik, M. 2020. Evaluation of different wind fields for the investigation of the dynamic response of offshore wind turbines. *Wind Energy*, 23, 1810-1830. DOI: 10.1002/we.2518.
- Reboita, M. S., Amaro, T. R., & de Souza, M. R. (2018). Winds: intensity and power density simulated by RegCM4 over South America in present and future climate. *Climate Dynamics*, 51(1–2), 187–205. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3913-5>.
- Takemura, Toshihiko (2019). MIROC MIROC6 model output prepared for CMIP6 AerChemMIP hist-piAer. Version YYYYMMDD[1]. Earth System Grid Federation. <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.9123>