

## ANÁLISE DOS IMPACTOS NO POTENCIAL EÓLICO DO NORDESTE BRASILEIRO, SEGUNDO AS PROJEÇÕES CLIMÁTICAS DO IPCC

Antonio Robsson de Sousa Teixeira Filho<sup>1</sup>, Antonio Duarte Marcos Junior<sup>2</sup>, Lívy Wana Duarte de Souza Nascimento<sup>3</sup>, José Nilson Oliveira da Costa<sup>4</sup>, Cleiton da Silva Silveira<sup>5</sup>

**Resumo:** Existe a necessidade de análises e planejamentos mais detalhados dos impactos decorrentes das mudanças climáticas projetadas para este século. Tais mudanças poderão afetar a direção e a densidade de potencia dos ventos e, conseqüentemente, o setor eólico brasileiro. O objetivo deste estudo é avaliar os impactos das mudanças climáticas nas regiões com maior concentração e investimentos de parques eólicos no Brasil e com potencial para geração de energia. Utilizando as projeções globais do IPCC-AR5 para velocidade dos ventos, foram estudadas as seguintes regiões: parte do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, com ênfase no litoral, e Sertão da Bahia e do Piauí. Os resultados obtidos para as três regiões conforme as séries históricas e os cenários RCP 4.5 e 8.5 projetam anomalias de densidade de potencia e direção do vento, apresentando assim aumentos gradativo da densidade de potencia e alterações na direção do vento, onde a região que mais sofrerá com as anomalias de densidade de potencia, segundo os modelos, é a que está situada no sertão central do nordeste na densidade de potencia, e alguns modelos apontam a região 1 (litoral cearense e potiguar) uma maior variação de angulação da direção vento em relação a série histórica.

**Palavras-chave:** Mudanças Climáticas. RCP 4.5 e 8.5. Anomalias.

<sup>1</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Desenvolvimento Rural, e-mail: robssonset@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Desenvolvimento Rural, e-mail: duarte.jr@hotmail.com

<sup>3</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Desenvolvimento Rural, e-mail: liviawana@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Desenvolvimento Rural, e-mail: nilsonoliveiracosta@yahoo.com

<sup>5</sup> Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Desenvolvimento Rural, e-mail: cleitonsilveira@unilab.edu.br

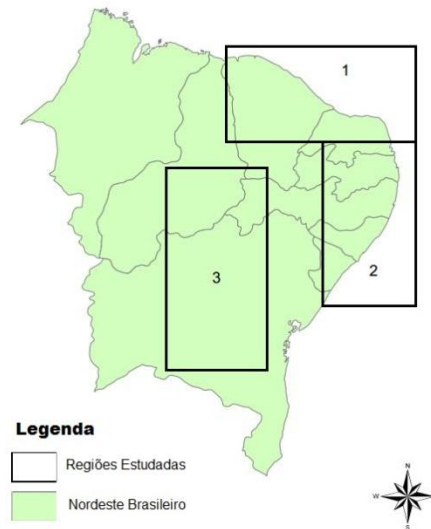
## INTRODUÇÃO

Um dos fatores que influenciam as mudanças climáticas é a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera que são causadas principalmente por ações antrópicas gerando uma problemática a nível global. Tendo em vista seus impactos, o CO<sub>2</sub> tem sido alvo de discussões e pesquisas científicas. O IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), principal órgão científico e internacional para as avaliações das alterações climáticas, foi criado pelo programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUMA) e pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) em 1988 com o intuito de fornecer visões científicas sobre o estado atual das mudanças climáticas e seus impactos socioambientais. Segundo o quarto relatório do IPCC (IPCC-AR4) publicado em 2007, as evidências científicas indicam que a maior parte do aumento da temperatura global, desde a metade do século XX, mostra de forma conclusiva os perigos do aumento da concentração de gases na atmosfera, isso se deve a incapacidade dos países industrializados em reduzir suas emissões e também da resistência de alguns países em desenvolvimento em negociar a estabilização e até a diminuição de suas emissões (VALVERDE e MARENGO, 2007). No quinto relatório (IPCC-AR5) os pesquisadores estabeleceram quatro cenários futuros (2.6, 4.5, 6.0, 8.5), o RCP (Caminhos Representativos de Concentrações). A palavra ‘representativos’, na sigla RCP, refere-se a um de muitos cenários possíveis, e ‘caminhos’ refere-se aos níveis de concentrações ao longo do tempo, focando não apenas a concentração de longo prazo, mas também a trajetória ao longo do tempo para alcançar tal resultado (INPE, 2010). A partir das condições dos cenários, são projetadas variáveis climáticas através de modelos de equações matemáticas para do período atual a 2100.

As alterações climáticas afetam a temperatura global e o balanço da radiação da terra, podendo modificar o ciclo hidrológico e os campos variáveis meteorológicas, como o vento. Tais modificações podem representar mudanças na geração da energia eólica em algumas regiões. Assim este trabalho tem como objetivo analisar como os modelos globais do IPCC-AR5 representam os padrões de densidade de potência e direção do vento nas áreas de maior investimento no setor eólico brasileiro.

## METODOLOGIA

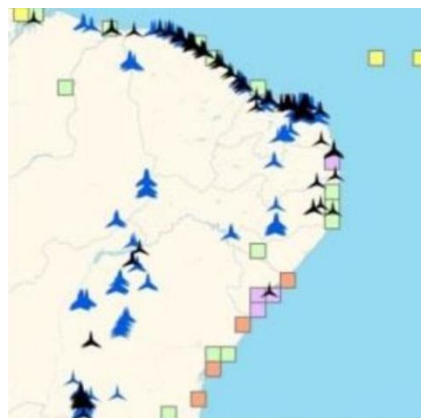
Figura 1 - Localização das áreas Estudadas.



FONTE: (PRÓPRIO AUTOR)

Para a realização deste estudo, foram escolhidas 3 regiões como mostra a figura 1, estas regiões correspondem a área com maior concentração de parques eólicos (Região 1 e 2) e maior investimento no setor (Região 3), como indica a figura 2, onde o sistema eólico planejado estão nos pontos azuis e o existente nos pontos pretos o qual é uma adaptação da figura da EPE, 2016.

Figura 2 - Concentração de Parques eólicos.



### Legenda

- Parques eólicos em operação
- Parques eólicos contratados

FONTE: (EPE, 2016.)

Para o cálculo de densidade de potencia utilizou-se da equação 1 (PATEL, 1999) em cada região:  $P=(\rho.v^3)/2$ .

Onde:  $\rho$  é a densidade do vento utilizando massa específica do ar ao nível do mar ( $1,225 \text{ Kg/m}^3$ ) e  $v$  é a velocidade dos ventos a 10 metros de altura. Para as projeções, foram utilizadas as séries históricas dos modelos globais do IPCC-AR5, no período de 1976 a 2005, e extrapolando-os para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 no período de 2020 a 2049. A análise dos impactos causados no século para o período de 2020 a 2049 foi feita através do cálculo de anomalias conforme mostra a equação abaixo.

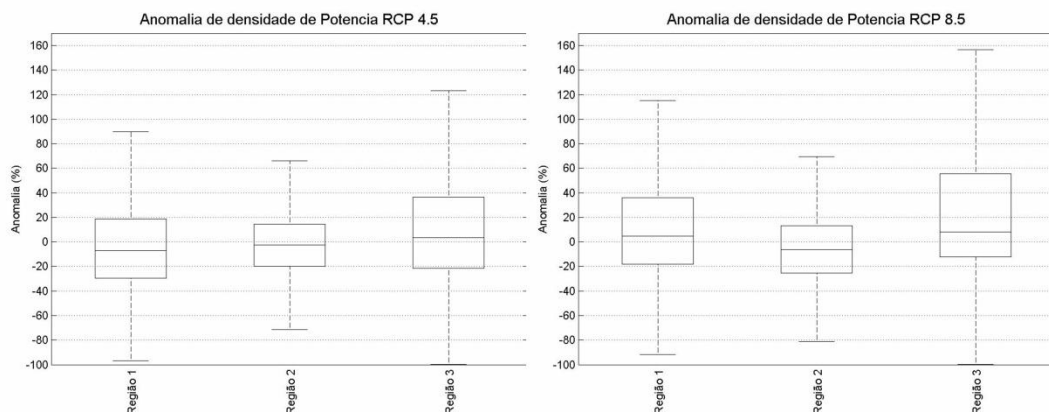
$$\text{anomamllia} = \frac{\text{Série Futura} - \text{Série histórica}}{\text{Série histórica}} \cdot 100\%$$

Os modelos utilizados neste estudo foram: ACCESS1-0, ACCESS1-3, bcc-csm1-1, BNU-ESM, CSIRO-Mk3-6-0, inmcm4, MRI-CGCM3, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR, MIROC5, MIROC-ESM, MPI-ESM-MR, NorESM1-M.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3 plotaram-se os gráficos do tipo boxplot para três regiões em estudo, segundo os dois cenários analisadas. Plotou-se para variável densidade de potencia baseando-se nas projeções históricas de cada modelo e suas projeções futuras para três regiões em estudo, nos RCP 4.5 e 8.5, calculando-se a média espacial da velocidade dos ventos das regiões para projeções históricas dos anos de 1850 a 2005 e projeções futuras 2020 a 2049. Para a análise desses gráficos, serão levadas em consideração as variações nos quartis e suas respectivas medianas.

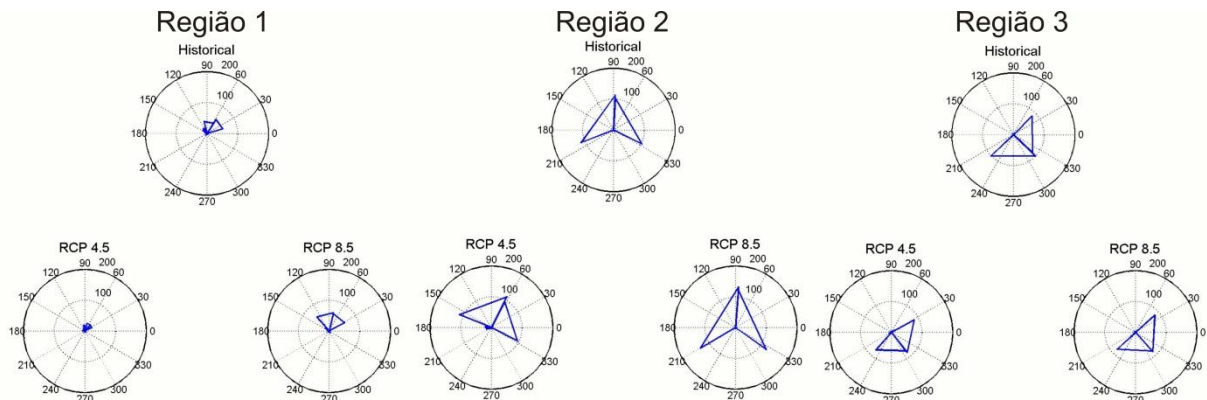
Figura 3 - Projeções de anomalias segundo os modelos no RCP 4.5 e 8.5.



FONTE: (PRÓPRIO AUTOR)

Plotou-se 42 gráficos de direção dos ventos, para as três regiões em estudo, analisando a séries históricas e os dois cenários trabalhados, calculando-se a média espacial da região e plotando a serie temporal de cada modelo em cada região separadamente como mostra figura 4.

Figura 4 – Gráfico de rosa dos ventos para as regiões 1,2 e 3 no modelo ACCESS1-0.



FONTE: (PRÓPRIO AUTOR)

Os gráficos de rosa dos ventos estão separados por região, onde cada gráfico especifica uma série temporal, observa-se que os gráficos do RCP 8.5 estão se assemelhando com a série histórica seguinte de uma intensificação da frequência. No RCP 4.5 para a região 1 a direção do vento muda e se espalha por mais direções, na região 2 observa-se um aumento do vento da região norte e na 3 uma diminuição da frequência em relação a série histórica.

## CONCLUSÕES

Observa-se que os dados apresentados indicam tendências na densidade de potencia do vento e direções com o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera. Assim os resultados instigam um planejamento quanto aos parques eólicos a serem instalados na região, para melhor aproveitamento do potencial energético. Taís mudanças se ocorrerem refletira de maneira direta na produção de energia eólica consequentemente no setor elétrico do país. Na região 3 recomenda-se um maior detalhamento dos impactos que ocorrerão, pois é uma região de bastante investimento e a que segundo os modelos sofrera os fortes impactos.

## REFERÊNCIAS

- EPE. MAURICIO TIOMNO TOLMASQUIM. (Org.). **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética (epe), 2016. 452 p.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS. **Projeções climáticas para o século XXI: IPCC AR4, IPCC AR5**. São José dos Campos - Sp: Inpe, 2010.
- PATEL, MUKUND R. **Wind and Solar Power Systems**. Copyrighted Material, 1999. 345 p.
- VALVERDE, María C.; MARENGO, José A.. **MUDANÇAS NA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA SOBRE A AMÉRICA DO SUL PARA CENÁRIOS FUTUROS DE CLIMA PROJETADOS PELOS MODELOS GLOBAIS DO IPCC AR4**. Revista Brasileira de Meteorologia, Cachoeira Paulista - Sp, v. 25, n. 1, p.125-145, set. 2009.