



## Variabilidade do Vento no Estado da Paraíba para Eventos de Anomalia de TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico Tropicais

Renato Francisco Cândido Lopes<sup>1</sup>; Enilson Palmeira Cavalcanti<sup>2</sup>; Edgleidson Lima Rodrigues<sup>3</sup>; Ranyére Silva Nóbrega<sup>4</sup>, Magaly de Fátima Correia<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, CEP: 58109-970; Campina Grande – (PB), Brasil, [renatomet2014.1@gmail.com](mailto:renatomet2014.1@gmail.com); <sup>2</sup>Professor Doutor, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, CEP: 58109-970; Campina Grande – (PB), Brasil, [enilsonpalmeira@gmail.com](mailto:enilsonpalmeira@gmail.com); <sup>3</sup>Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, CEP: 58109-970; Campina Grande – (PB), Brasil, [edgleidsonrodrigues13@gmail.com](mailto:edgleidsonrodrigues13@gmail.com); <sup>4</sup>Professor Doutor, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, CEP: 58109-970; Campina Grande – (PB), Brasil, [ranyere.silva@professor.ufcg.edu.br](mailto:ranyere.silva@professor.ufcg.edu.br); <sup>5</sup>Professor Doutor, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, CEP: 58109-970; Campina Grande – (PB), Brasil, [magaly\\_correia@yahoo.com.br](mailto:magaly_correia@yahoo.com.br).

Artigo recebido em 19/06/2023 e aceito em 04/10/2023

### RESUMO

O vento pode ser conceituado como o deslocamento do ar devido as variações da pressão atmosférica. Neste sentido, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nos oceanos Pacífico e Atlântico Tropical influencia diretamente as condições climáticas ao redor do globo terrestre, assim como os fenômenos El Niño, La Niña, e o Dipolo do Atlântico. Sendo assim, a TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico Tropicais associadas a eventos ENOS e de DIPOLO provocam alterações nas condições do vento à superfície na Paraíba/Nordeste do Brasil e neste caso acarretando impactos na prospecção de energia pela força do vento. Nesta pesquisa foram utilizados dados de reanálises do vento para as alturas de 10m e 100m, com resolução espacial 0,25° x 0,25°, durante os anos de 1981-2010. Como resultados, de maneira geral, tem-se que os menores valores da velocidade média do vento para os dois níveis foram obtidos na mesorregião do Sertão Paraibano. Todas as localidades analisadas possuem potencial eólico, com maior destaque em Juazeirinho. Em eventos de El Niño foi verificado as menores variações de velocidade do vento, já em casos de La Niña, e Dipolo/Gradiente negativo constata-se as maiores variabilidades de velocidade do vento. A direção predominante nas localidades analisadas é de Sudeste. Palavras-chave: Vento, Energia Eólica, Densidade de Potência Eólica

## Wind Variability in the State of Paraíba for TSM Anomaly Events of the Tropical Atlantic and Pacific Oceans

### ABSTRACT

Wind can be conceptualized as the displacement of air due to variations in atmospheric pressure. The Sea Surface Temperature (SST) in the Pacific and Tropical Atlantic Oceans directly influences climatic conditions around the globe, as well as the phenomena El Niño, La Niña, and the Atlantic Dipole. Thus, the SST of the Tropical Atlantic and Pacific Oceans associated with ENSO and DIPOLO events cause changes in surface wind conditions in Paraíba/Northeast Brazil and in this case, impacting wind power prospecting. In this research, wind reanalysis data were used for heights of 10m and 100m, with spatial resolution of 0.25° x 0.25°, during the years 1981-2010. As a result, in general, the lowest values of the average wind speed for the two levels were obtained in the Sertão Paraibano mesoregion. All analyzed locations have wind potential, especially in Juazeirinho. In El Niño events, the smallest variations in wind speed were verified, whereas in cases of La Niña, and negative Dipole/Gradient, the largest variations in wind speed were verified. The predominant direction in the analyzed locations is Southeast.

Keywords: Wind, Wind Power, Wind Power Density.

### Introdução

Nos últimos anos muito tem se falado sobre a importância das fontes de energia renováveis para a melhoria da qualidade de vida. As energias renováveis, incluindo solar, eólica, hídrica, biocombustíveis e outras, estão no centro

da transição para um sistema de energia menos intensivo em carbono e mais sustentável. Apenas o fato de não haver emissão de alguns poluentes na atmosfera terrestre através da geração de energia renovável, já representa uma vantagem

significativa comparada às usinas fósseis (Pinto, 2013 e Pinheiro *et al.*, 2021).

A questão da transição energética é um dos temas mais importantes da atualidade. As tecnologias que podem gerar energia a partir de fontes renováveis estão recebendo atenção especial, principalmente por serem inesgotáveis e inofensivas. A produção de energia eólica tem sido definida e demonstrada como um potencial crescente que contribui significativamente como fonte de energia diversa. A capacidade instalada de parques eólicos na matriz elétrica brasileira é de 24,1 GW em operação (Abeeólica, 2023).

Sales e Lima (2022) ressaltam a necessidade da democratização do debate sobre a solidariedade energética entre campo-cidade e a inclusão das comunidades tradicionais, reconhecendo o papel que agricultores familiares, e camponeses, podem assumir em meio ao processo de implantação dos parques eólicos. Como também se faz necessário a elaboração de um projeto técnico e político que tenha por finalidade reduzir as emissões dos gases de efeitos estufas. Tendo em vista que uma grande parcela da energia gerada mundialmente se origina da queima de combustíveis fósseis (EPE, 2022).

Segundo a ONS (2021), na região nordeste do Brasil, os estados da Bahia, Piauí, Ceará, e Rio Grande do Norte possuem maior capacidade instalada de geração de energia elétrica proveniente de usinas eólicas. Ainda assim, Freire e Fontgalland (2022) apontam a inconstância de ventos na região nordeste como um desafio. Devido as oscilações do vento durante todo o ano não induzirem uma produção constante de energia. O Brasil, em 2020, foi o terceiro país que mais investiu, atrás apenas da China e dos Estados Unidos (Council, 2021). Mas apesar da ótima capacidade de gerar energia por meio de fontes renováveis no Brasil, o setor eólico ainda sofre devido ao atual cenário econômico global (Sampaio e Batista, 2021).

O vento é uma variável meteorológica de suma importância para o desenvolvimento de diversos fatores. A correta previsão de sua velocidade pode beneficiar sobremaneira os operadores das plantas de geração de energia eólica (Assunção *et al.*, 2022). Podendo ser conceituado como o deslocamento do ar devido as variações da pressão atmosférica.

Este deslocamento do ar atmosférico se deve há alguns aspectos, como as diferenças de pressão atmosférica, entre duas regiões (força do gradiente de pressão), influenciadas também por efeitos locais, tanto por rugosidade da superfície ou

pela orografia da área em questão; a distribuição desigual da radiação solar; a continentalidade; altitude e latitude, que influenciam diretamente nos processos de aquecimento das massas de ar atmosférico.

Os ventos se deslocam em geral, das áreas de alta pressão para baixa pressão. A alta pressão do ar é definida como uma camada de ar frio e denso que se dirige em direção à superfície, caracterizada como subsidência do ar frio. Esse movimento provoca o deslocamento dos ventos em direção às zonas de baixa pressão, onde o ar mais quente e menos denso tende a sofrer ascensão. Ao se observar o campo de vento na atmosfera terrestre, é importante reconhecer que existem várias escalas de movimento, tanto no tempo como no espaço (Vianello e Alves, 2012).

Leite e Filho (2006) definem a velocidade do vento como uma variável aleatória, com ocorrência de variações anual, mensal, diária e até mesmo horária nos valores médios estimados dentro de uma série de dados. Ademais, segundo Correia (2000), a maioria dos sistemas atmosféricos, em especial a circulação de grande escala (anticiclone subtropical do Atlântico Sul) e a fisiografia são fatores determinantes no comportamento do vento à superfície na região nordeste do Brasil.

Os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical influenciam diretamente as condições climáticas ao redor do globo terrestre, modificando centros de pressão atmosférica importantes na configuração padrão da circulação geral da atmosfera, como exemplo, os fenômenos El Niño e La Niña, condições estas que podem ser alteradas devido à influência das anomalias de TSM no oceano Atlântico Tropical.

A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) representa uma das variáveis climáticas globais mais importantes (Souza *et al.*, 2021), tornando-se fundamental entender seu comportamento, no objetivo de analisar o clima da alguma região, pois eles aparecem como um grande indicador que tem impacto direto no tempo atmosférico (Barbosa *et al.*, 2022). Os pesquisadores estudam esses tipos de anomalias de TSM porque causam efeitos diferentes e começam de maneiras diferentes (Silva *et al.*, 2021).

O El Niño é definido como um fenômeno atmosférico-oceânico que resulta no aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico tropical, influenciando a distribuição da temperatura da superfície da água e, conseqüentemente, o clima de várias regiões do globo. De forma geral, os ventos alísios sopram com certa intensidade na costa oeste

da América do Sul, o El Niño faz com que esses ventos soprem em uma intensidade menor.

O El Niño resulta em altos índices pluviométricos em algumas regiões, como na costa oeste da América do Sul, e em graves secas e períodos de estiagem em outras, como na Austrália. No Brasil, o fenômeno também possui influência, provocando excesso de chuvas em algumas regiões, como na região sul e sudeste; e secas em outras, como na região nordeste. As anomalias de precipitação em eventos El Niño são de maneira geral, mais intensas no verão (Reboita *et al.*, 2021)

Silva *et al* (2022) em um estudo realizado para região de Petrolina-PE, observou que em um cenário de atuação de El Niño, onde não existe anomalias positivas de TSM no oceano Atlântico Tropical Sul, há um fortalecimento da velocidade do vento. Em contrapartida, quando se tem situações de atuação de La Niña, o fortalecimento do vento ocorre simultaneamente quando o oceano Atlântico Tropical Sul se encontra frio.

A La Niña é o efeito contrário do El Niño, ocorre com menos frequência e tem duração média entre 9 a 12 meses (Freire, 2011). Porém, alguns eventos de La Niña duram períodos maiores que dois anos, definidos como plurianuais (Iwakiri e Watanabe, 2021). Este fenômeno pode ser caracterizado como o resfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico, causado por uma intensidade acima do normal dos ventos alísios no Pacífico tropical.

Segundo Ferreira e Mello (2005) o El Niño é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos no Nordeste do Brasil (NEB), principalmente quando ocorre simultaneamente com o Dipolo positivo do Atlântico, que tende a ser um efeito negativo, no que se diz respeito a intensidade das chuvas. Já o fenômeno La Niña quando associado ao Dipolo negativo do Atlântico é normalmente favorável à anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região.

O Dipolo do Atlântico Tropical pode ser definido pela presença de um padrão de anomalias de TSM de sinais opostos, sendo um polo sobre a bacia Norte do Atlântico Tropical e outro de sinal oposto sobre a bacia Sul do Atlântico Tropical.

Anomalias positivas na bacia Norte e negativas no Sul caracteriza um padrão dipolo positivo. Anomalias positivas na bacia Sul e negativas no Norte, caracterizam um padrão de dipolo negativo (Moura e Shukla, 1981). Esta anomalia térmica nos oceanos apresenta efeitos também anômalos na atmosfera. O oceano aquece (esfria) o ar da superfície, gerando centros de baixa (alta) pressão, que alimentam a circulação dos ventos.

A variabilidade interanual da precipitação no NEB é estritamente associada a fase do Dipolo do Atlântico, levando em conta que as anomalias positivas da TSM no Atlântico Norte e anomalias negativas no Atlântico Sul, ao sul do equador, estão ligadas a condições mais secas no Nordeste do Brasil (Moura e Shukla, 1981).

Portanto, a TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico Tropicais associadas a eventos ENOS e de DIPOLO provocam alterações nas condições do vento à superfície na Paraíba/Nordeste do Brasil e desta feita acarretando impactos na prospecção de energia pela força do vento. Em vista disso, é relevante mensurar e caracterizar a direção e velocidade do vento, além de avaliar a distribuição espacial média e a densidade de potência eólica para a Paraíba a 10 e 100 m de altura. Neste sentido, objetivou-se avaliar o impacto destes fenômenos oceânicos (El Niño/La Niña e Dipolo positivo/negativo) na variabilidade do vento a 100 m de altura em localidades de forte potencial eólico do Estado.

## **Material e Métodos**

### **Área de Estudo**

A área de estudo é compreendida no Estado da Paraíba, entre os paralelos 6°S-8°S e os meridianos 34°W-38°W, incluída totalmente na zona tropical. A Paraíba faz fronteira com os estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e com o Oceano Atlântico. A Ponta do Seixas, na Paraíba, é o local mais a leste da América do Sul. O Estado é categorizado nas seguintes mesorregiões: Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão Paraibano.

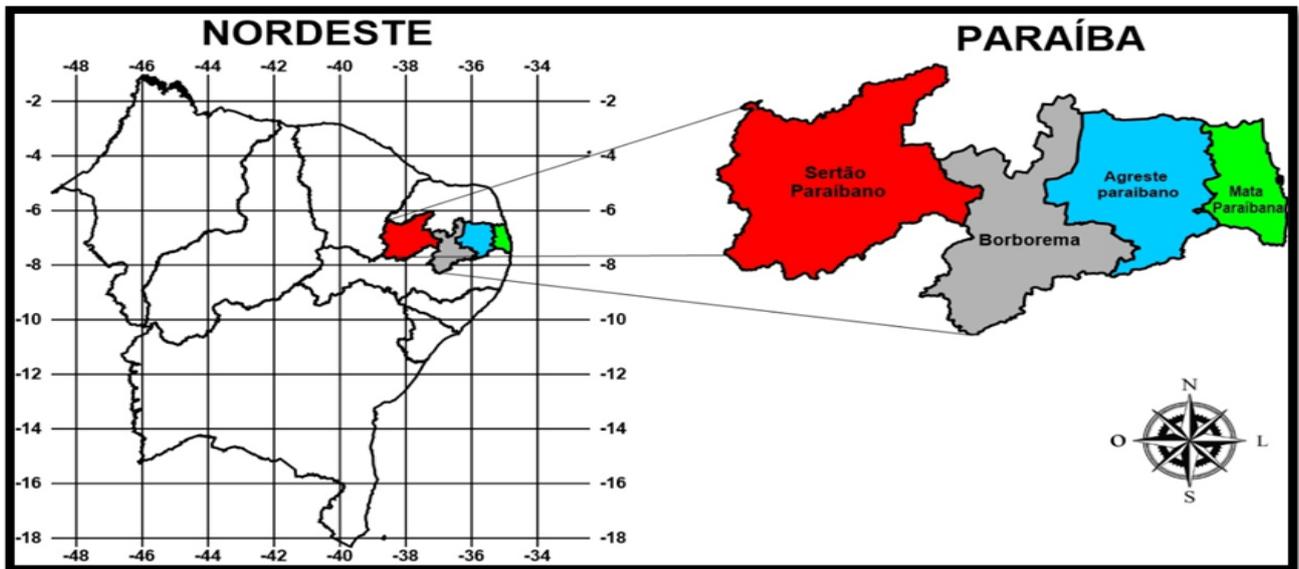


Figura 1. Área de Localização e Mesorregiões.

Está classificado com clima quente, com médias de temperatura que variam de 27°C no litoral, 22°C no Planalto da Borborema, chegando a 30°C no interior do Estado. O clima é do tipo tropical úmido nas áreas litorâneas, com temperaturas médias que variam de 24°C e 27°C, e índices pluviométricos que variam de 900 mm a 1.800 mm ao ano.

Apresenta uma cobertura vegetal bastante diversificada devido a suas condições ambientais. No que é composta por matas, mangues, basicamente constituídos por gramíneas e arbustos, além da floresta Atlântica. Já na região oeste do Estado, área de clima semiárido, a Caatinga é predominante (Rodríguez, 2002).

Com relação ao relevo, é caracterizado por planície flúvio-marinha na região litorânea com presença dos tabuleiros costeiros e falésias. No Agreste, tem-se algumas depressões que ficam entre os tabuleiros e o Planalto da Borborema, onde apresenta maiores altitudes, com presença de mares e morros, *inselbergs*, compostos por rachas residuais, e a parte Oeste do estado, é caracterizada pela depressão sertaneja.

### Dados

Foram utilizados dados de reanálises da componente zonal (u) e meridional (v) do vento para altura de 10m e 100m, e da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), com resolução espacial 0,25° x 0,25°, durante os anos de 1981-2010. A componente (u) é a velocidade horizontal do ar que se move na direção Leste-Oeste expressa em metros por segundo (m/s); a componente (v) é a velocidade horizontal na direção Norte-Sul e

também possui dimensão em (m/s). Os dados utilizados nesta pesquisa são oriundos de reanálises do conjunto de dados ERA5, gerados pela parceria entre o *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), *European Commission, Copernicus Europe's eyes on Earth* e o *Climate Change Service*. Para visualização e manipulação dos dados de reanálises desse trabalho foi utilizado o Software *Grid Analysis and Display System* (GrADS).

### Dados de Reanálise

Existem alguns fatores que dificultam o desenvolvimento de diversos estudos, como estações que apresentam séries históricas com falhas de medições, devido à falta de manutenção ou problemas técnicos; regiões que possuem poucas estações para coleta de dados; questões financeiras; erros de coleta e até dificuldades de acesso. Diante dessa adversidade são adotados outros meios para a aquisição desses dados, como dados de satélites, sensoriamento remoto, reanálise meteorológica e outros (Nóbrega; Souza e Galvêncio, 2008) e (Moreira *et al.*, 2017).

Os dados de reanálises são provenientes de uma base climatológica desenvolvida por centros meteorológicos. Em outras palavras a reanálise meteorológica consiste em um conjunto de dados obtidos por sistema de assimilação de observações em pontos de grade. Esses dados são obtidos através da combinação de aquisições de dados medidos por órgãos meteorológicos e modelos físicos de circulação e previsão globais. O resultado dessa interação é um novo conjunto de dados, com alta resolução, e que pode descrever de

forma detalhada tanto o comportamento climático de variáveis meteorológicas, como da atmosfera e superfície terrestre, e também dos oceanos (ECMWF, 2020).

**Comportamento do Vento em Episódios Moderados e Fortes de El Niño/La Niña e Dipolo Positivo/Negativo**

Foram selecionados e separados os casos mais significativos de ocorrência de El Niño/La Niña e Dipolos positivo/negativo e a respectiva velocidade do vento a 100m para as localidades apresentadas na Tabela 2. Para tal foram adotados critérios propostos por Marcuzzo e Romero (2013) e Cavalcanti *et al.* (2020), respectivamente. (Ver Tabela 1).

Tabela 1 - Critério de classificação de El Niño/La Niña (Marcuzzo e Romero, 2013) e de gradiente/dipolo positivo/negativo (Cavalcanti *et al.*, 2020).

Eventos	Fraco	Moderado	Forte
El Niño	0,5 a 0,9	1,0 a 1,4	≥ 1,5
La Niña	-0,5 a -0,9	-1,0 a -1,4	≤ -1,5
Gradiente/Dipolo positivo	0,3 a 0,5	0,6 a 0,8	> 0,8
Gradiente/Dipolo Negativo	-0,3 a -0,5	-0,6 a -0,8	< -0,8

A partir disso, foram analisados o comportamento da variabilidade do vento correspondente a períodos de atuação de El Niño, La Niña, dipolo/gradiente positivo e dipolo/gradiente negativo com características de moderados a fortes.

Estas localidades foram escolhidas segundo projeto de pesquisa numa parceria entre a Eletrobrás e

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), que teve como proposito a definição de localidades para instalação de torres anemométricas experimentais, a instalação de três destas é comprovado em Mariano e Cavalcanti (2017).

Tabela 2. Localidades escolhidas para estudo da variabilidade.

N	Localidade da Paraíba	Altitude (m)	Latitude ( ° S)	Longitude ( ° W)
1	Juazeirinho	558	7,113	36,565
2	Damião	602	6,617	35,904
3	Teixeira	774	7,282	37,302
4	Campina Grande	512	7,293	35,952
5	Mataraca	6	6,537	35,014
6	Pitimbu	40	7,382	34,831

Nesse processo foram utilizados gráficos de *boxplot*, assim como, diagramas de rosa dos ventos. Possibilitando avaliar mudanças da intensidade e direção do vento.

**Densidade de Potência Eólica**

A densidade de potência é um parâmetro de suma importância na análise dos recursos eólicos, uma vez que fornece uma medida do potencial de geração de energia para uma determinada estimativa do valor médio do vento, independentemente das especificidades técnicas das turbinas eólicas. É expressa em (W/m²), e representa o fluxo de energia cinética por unidade

de área. Pode ser calculada a partir da equação da energia cinética

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\rho Vv^2 = \frac{1}{2}\rho\delta lAv^2 \tag{1}$$

Potência – P

$$P = \frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{dl}{dt}Av^2 \tag{2}$$

Partindo da equação da potência, chega-se à densidade de potência, que é a relação entre a potência eólica disponível e a área da seção transversal.

Potencia por unidade de área ou densidade de potência – DP

$$DP = \frac{P}{A} = \frac{1}{A} \frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (3)$$

Em que (DP) é a densidade de potência (W/m<sup>2</sup>). Neste estudo foi usado  $\rho=1,17 \text{ kg/m}^3$ .

Em aplicações de energia eólica a densidade de potência está diretamente relacionada com a produção energética das máquinas, uma vez que multiplicando a densidade de potência eólica disponível pela área varrida pelas pás do rotor da máquina tem-se a potência disponível para cada aerogerador (Silveira, 2011).

## Resultados e discussão

### Campos Médios do Vento

Na Figura 2 são mostrados os campos médios da velocidade do vento para a altura de 10m no Estado da Paraíba, entre os meses de janeiro a dezembro, abrangendo os anos de 1981-2010.

Os resultados mostram que a estação do ano que apresenta a maior intensidade do vento é o inverno, abrangendo os meses de junho a setembro, com destaque para os meses de agosto e setembro

que apresentam os maiores valores de intensidade do vento na Mesorregião da Borborema, e no Litoral Paraibano.

Nesse período os valores variam entre 5,0 e 6,5m/s. Os menores valores são observados na parte Oeste do estado, na qual está situada a Mesorregião do Sertão Paraibano, onde não há variações significativas da velocidade do vento. Os valores máximos podem ser vistos na parte Norte da Borborema e Litoral entre os meses de julho a outubro. Podemos observar que a partir do mês de junho até meados de setembro a intensidade do vento no Estado da Paraíba se torna mais regular. Os meses de outubro e novembro ainda apresentam valores significativos.

Os menores valores encontram-se mais ao Sul do Sertão, e no Agreste Paraibano, com destaque para os meses de fevereiro, março e abril. As predominâncias das maiores intensidades de velocidade do vento são verificadas no segundo semestre do ano, devido ao período mais seco e de menores eventos de chuva.

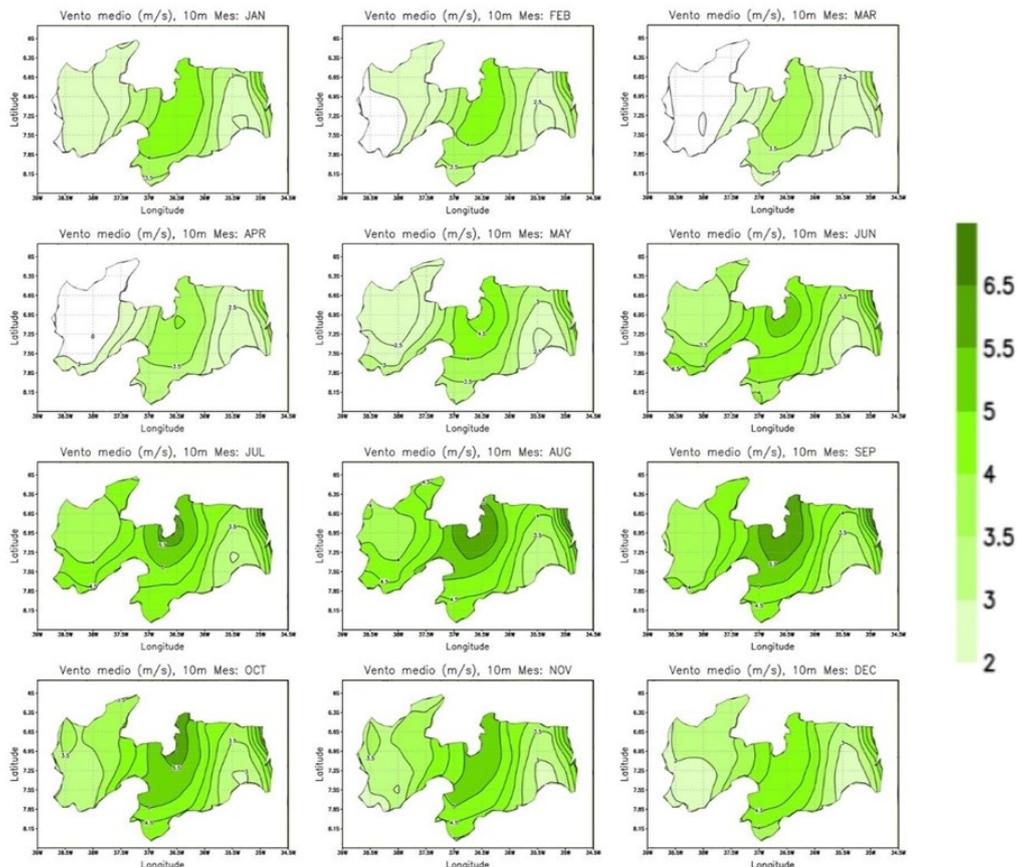


Figura 2. Campos médios do vento para a altura de 10m referente aos meses de janeiro a dezembro no período de 1981 – 2010.

Os campos médios da velocidade do vento para a altura de 100m no Estado da Paraíba entre os meses de janeiro a junho no período de 1981 – 2010 são apresentados na Figura 3. Podemos observar que nos meses de janeiro e fevereiro a velocidade do vento é maior na mesorregião da Borborema, atingindo a média de 6,5 m/s. Nos meses de março e abril os valores são inferiores, especialmente no Sertão Paraibano, onde variam entre 2,0 e 3,0 m/s. Nos meses de maio e junho observam-se valores com maior intensidade para todo o Estado da Paraíba, sendo mais expressivos na região litorânea, e na Borborema. O efeito da rugosidade devido ao relevo tem influência na velocidade do vento, nota-se que à medida que o vento penetra o continente esses valores vão diminuindo. Logo em seguida o vento com baixa velocidade é impulsionado, provavelmente devido

a topografia da região, e assim aumenta de intensidade, até chegar aos valores mínimos no Sertão do Estado. Para os meses de julho a Dezembro nota-se que por toda a extensão do Estado a magnitude do vento apresenta-se semelhante tanto para o primeiro quanto para o segundo semestre do ano.

Os valores são mais intensos na altura de 100m de acordo com a dinâmica da Camada Limite Planetária (CLP), podendo ter uma espessura típica de 1km sobre regiões oceânicas, e chegar a atingir espessuras de 4 a 5km em regiões desérticas. (Pielke, 2022). Podemos observar uma variação sazonal com ventos mais fortes na primavera, e menores no outono, para ambos os níveis analisados na presente pesquisa.

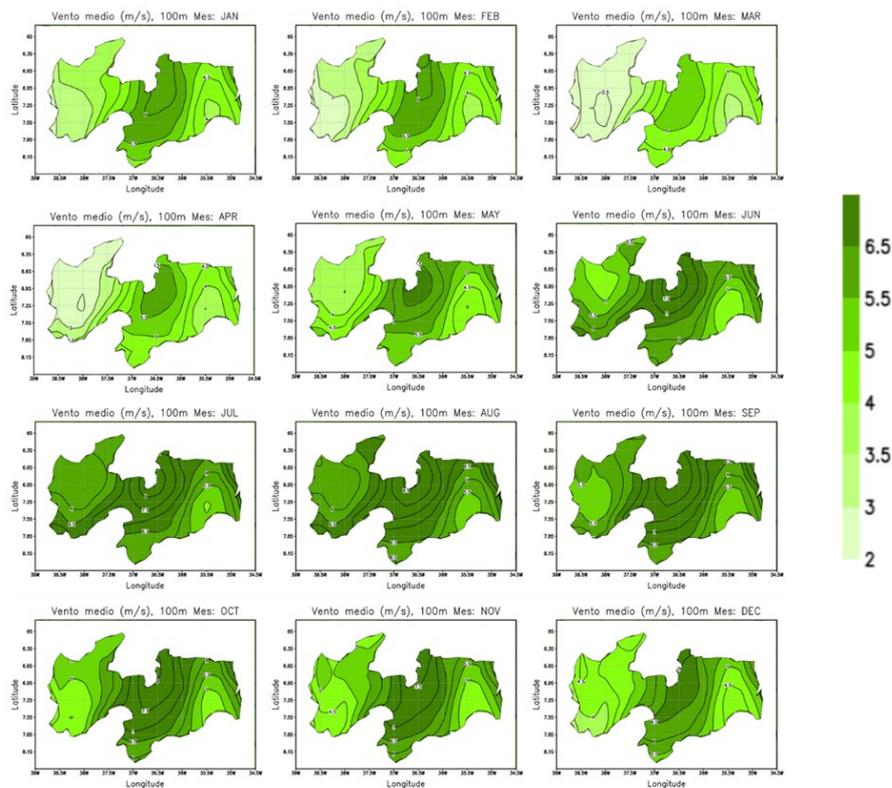


Figura 3. Campos médios do vento para a altura de 100m referente aos meses de janeiro a dezembro no período de 1981 – 2010.

### Densidade de Potência Eólica

Nas Figuras 4 e 5 têm-se o mapa do Estado da Paraíba para a Densidade de Potência Eólica (DPE) média mensal em (W/m<sup>2</sup>) para 10m e 100m, no período de janeiro de 1981 a dezembro de 2010 respectivamente.

Pode se observar a partir da Figura 4 que os maiores valores de densidade de potência eólica

foram encontrados entre os meses de julho a setembro, e com valores consideráveis em outubro, na mesorregião do Planalto da Borborema, onde está localizada a cidade Juazeirinho, na parte norte do Agreste Paraibano, onde essa situada a Cidade de Damião, e no litoral

Paraibano, onde estão situados os municípios de Mataraca e Pitimbu.

Nota-se também que a oeste da Borborema, em que está localizada a cidade de Teixeira, verifica-se altos valores de densidade de

potência eólica. Os menores valores são vistos no Sertão paraibano.

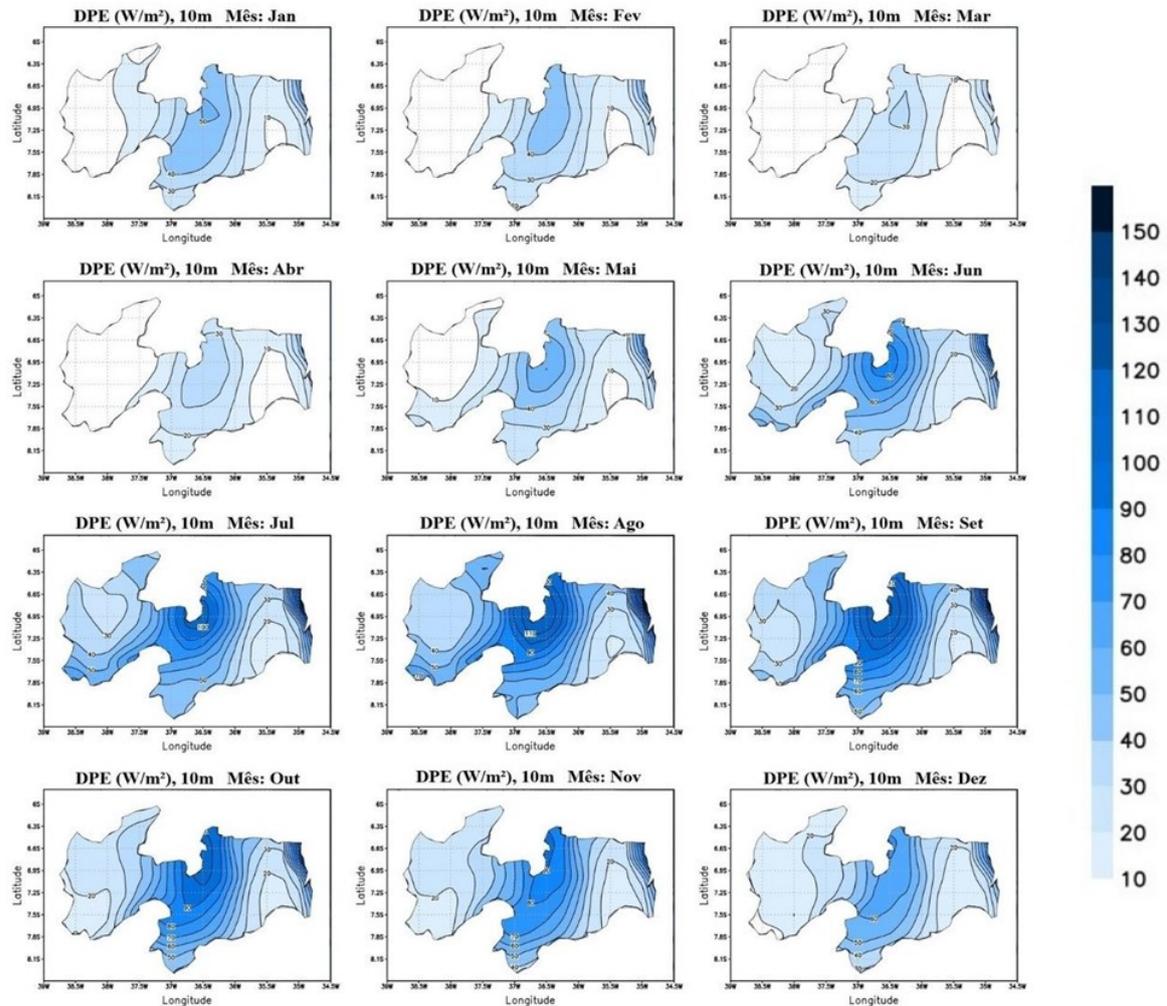


Figura 4. Densidade de Potência Eólica (DPE) média mensal em ( $W/m^2$ ) para 10m referente aos meses de janeiro a dezembro no período de 1981-2010.

Na Figura 5 tem-se a configuração do Estado da Paraíba para a densidade de potência eólica em  $W/m^2$  para a altura de 100m. A estação de inverno, obteve melhor configuração para a potência eólica, na região, ou seja, os resultados a partir de meados de julho, agosto, e setembro, e se estendendo até a primavera, abrangendo os meses de outubro e novembro foram superiores aos resultados observados no primeiro semestre do ano, como pode ser observado comparando Figura

4 a Figura 5 o que corrobora com os resultados obtidos por Oliveira (2013).

Para ambos os níveis o sertão do estado apresentou os valores mínimos. Os melhores locais de densidade de potência eólica foram novamente no Planalto da Borborema, como observado na figura anterior, com alguns pontos a oeste da Borborema como é o caso de Teixeira, e Mataraca no Litoral Paraibano.

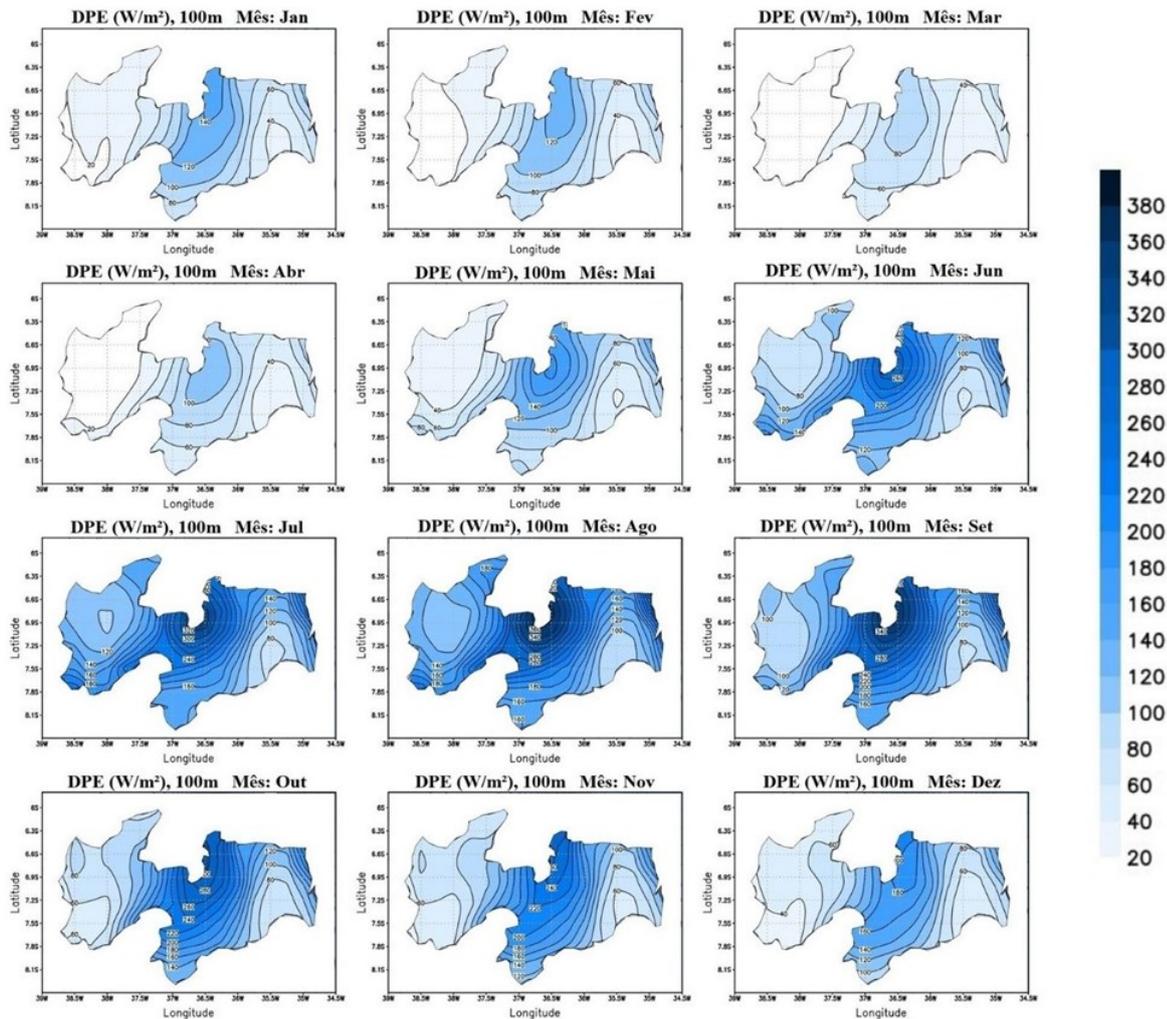


Figura 5. Densidade de Potência Eólica (DPE) média mensal em ( $W/m^2$ ) para 100m referente aos meses de janeiro a dezembro no período de 1981-2010.

### Série Temporal da Anomalia de TSM

A Figura 6 mostra a série temporal da anomalia de TSM no Oceano Pacífico, na área de Niño 3, durante os meses de janeiro a maio entre os anos de 1979-2021. Destaca-se os pontos que representam os casos de El Niño de moderado a forte, que estão acima do valor de  $1^{\circ}C$  de anomalia. E os de La Niña de moderado a forte localizados abaixo da linha de  $-1^{\circ}C$  de anomalia. Da mesma forma na Figura 7 para Dipolo positivo (acima de  $0,6^{\circ}C$ ) e Dipolo negativo (abaixo de  $-0,6^{\circ}C$ ).

Podemos observar na Figura 8, a variabilidade da TSM em eventos de El Niño/La Niña e Dipolo positivo/negativo. Para eventos de El Niño, a anomalia de temperatura pode ser caracterizada como forte, uma vez que sua média atinge  $1,8^{\circ}C$ , e o valor da mediana (segundo quartil) correspondendo a  $1,5^{\circ}C$ .

Os valores variam de  $1^{\circ}C$  (mínimo) a  $3,75^{\circ}C$  (máximo), e  $1,14^{\circ}C$  a  $2,5^{\circ}C$  correspondendo ao primeiro e terceiro quartil respectivamente. Para eventos de La Niña temos o valor da mediana da anomalia de temperatura é menor que sua média, sendo  $-1,2^{\circ}C$  e  $-1,3^{\circ}C$  respectivamente, caracterizando um evento moderado. Os valores

variaram de  $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (mínimo) a  $-1,01\text{ }^{\circ}\text{C}$  (máximo). Em eventos de dipolo/gradiente positivo, a anomalia é determinada como forte, tendo uma média de  $0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e uma mediana de  $0,81\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

A anomalia de dipolo/gradiente para episódio de dipolo/gradiente negativo é

apresentada como forte, mesmo sendo caracterizada por uma média abaixo da mediana, correspondendo a  $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dentre os eventos analisados podemos destacar a alta variação da anomalia de temperatura em episódios de El Niño.

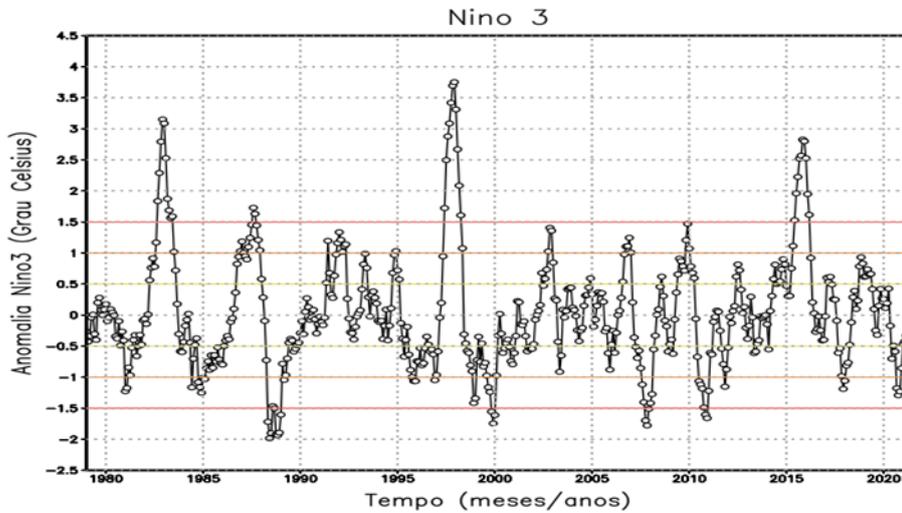


Figura 6. Série temporal da anomalia de TSM no Oceano Pacífico, área de Niño 3. Linhas de limiar de  $\pm 0,5$ ;  $\pm 1,0$  e  $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de janeiro de 1979 a maio de 2021.

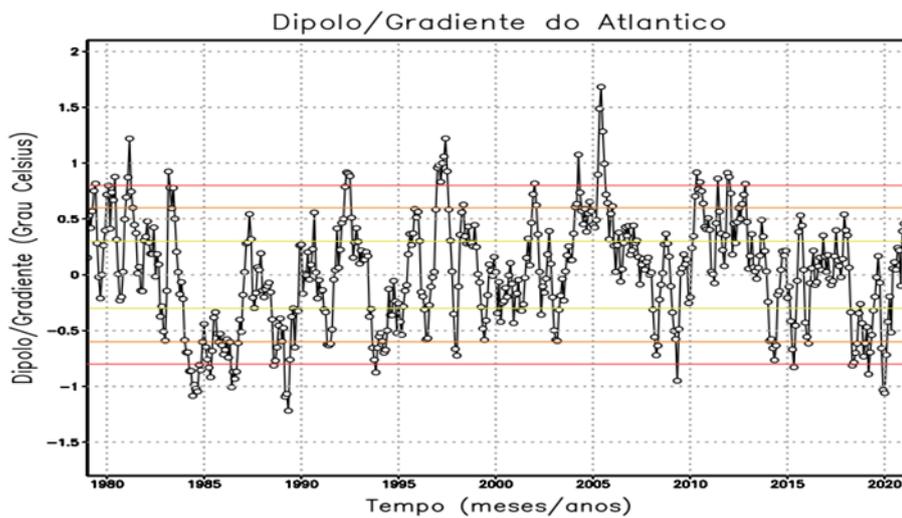


Figura 7. Série temporal da anomalia de TSM (Dipolo/Gradiente: A. Norte – A. Sul) no Oceano Atlântico, Linhas de limiar de  $\pm 0,3$ ;  $\pm 0,6$  e  $\pm 0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de janeiro de 1979 a maio de 2021.

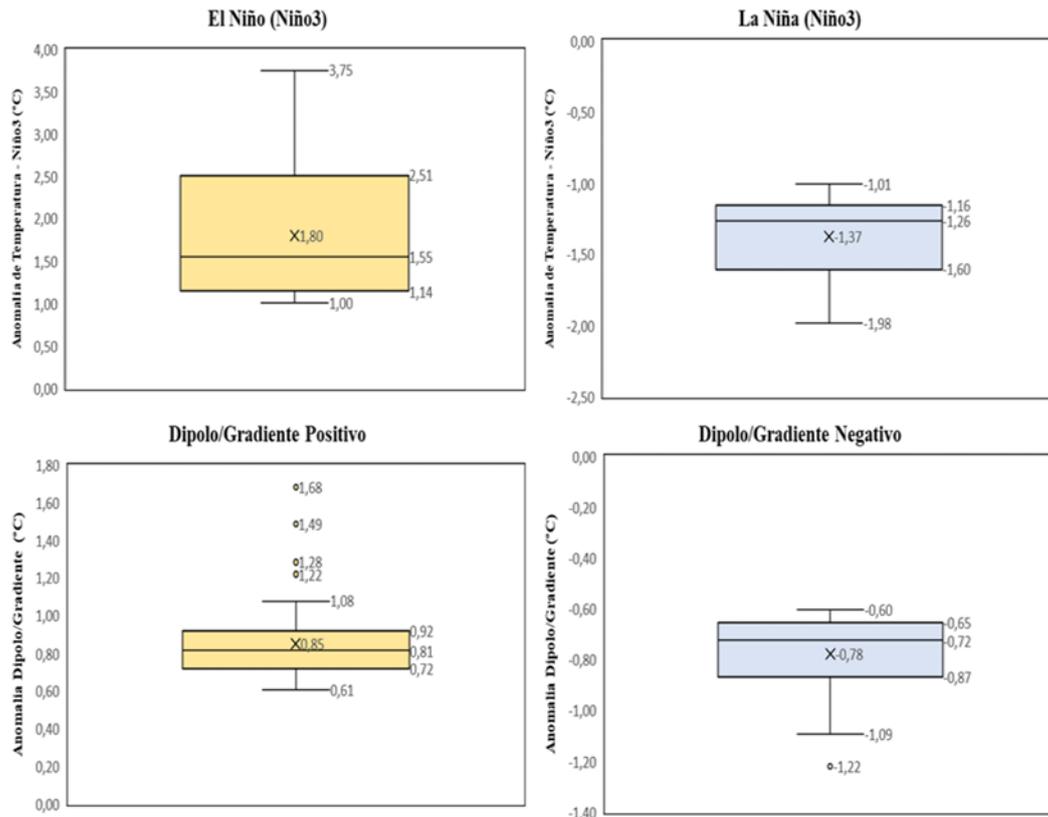


Figura 8. Anomalias de temperatura para Eventos de a) El Niño e b) La Niña referente a condições de moderado (1,0 a 1,4 e -1,0 a -1,4 °C) e forte ( $\geq 1,5$  e  $\leq -1,5$  °C), e anomalias de dipolo/gradiente para eventos de c) Dipolo/Gradiente positivo, e d) Dipolo/Gradiente negativo para condições de moderado (0,3 a 0,5 e -0,3 a -0,5 °C) a forte ( $> 0,8$  e  $< 0,8$  °C).

### Análise Estatística da Velocidade do Vento a 100m para os Casos e Localidades Selecionadas

Os Gráficos de *BoxPlot* foram elaborados com intuito de realizar uma análise estatística descritiva e comparação dos resultados obtidos para velocidade do vento a 100m em eventos de a) EL Nino e b) La Nina referentes a condições de moderado e forte, e anomalias de dipolo/gradiente para eventos de c) Dipolo/gradiente positivo e d) Dipolo/gradiente negativo, para condições de moderado a forte, para cada localidade (Figura 9) e na mesma ordem apresentada na Tabela 2.

Para Juazeirinho observa-se variações maiores de velocidade do vento, com destaque para casos de La Niña e Dipolo/gradiente negativo. Já em eventos de El Niño a velocidade do vento obteve a menor variação, de 6,04 m/s a 8,89 m/s, ainda assim, com a maior média entre os quatro eventos, com valor de 7,29 m/s, primeiro quartil 6,9 m/s, mediana de 7,24 m/s e terceiro quartil 7,74 m/s. Para o caso de La Niña, temos uma média de 7,21 m/s, com uma mediana de 7,22 m/s sendo superior a média, e a velocidade do vento variando de 4,14 m/s a 9,51 m/s. Em ocorrências de Dipolo/gradiente positivo a velocidade do vento

variou de 4,92 m/s a 9,11 m/s, e com uma mediana de 7,37 m/s superior à média de 7,25 m/s. A maior variabilidade da velocidade do vento pode ser observada em casos de Dipolo/gradiente negativo, com velocidade mínima de 3,58 m/s e máxima de 9,14 m/s. Média de 6,59 m/s menor que a mediana de 6,90 m/s.

Na cidade de Damião a maior variabilidade da velocidade do vento pode ser analisada para eventos de Dipolo/Gradiente negativo, onde variou de 3,43 m/s a 8,02 m/s, porém, como visto para a localidade anterior, temos uma média inferior a mediana. Em casos de Dipolo/gradiente positivo obteve variação de 4,64 m/s a 7,98 m/s, primeiro quartil de 5,89 m/s, uma mediana de 6,47 m/s, superior à média de 6,42 m/s, e terceiro quartil 7,08 m/s. A média da velocidade do vento para eventos de El Niño e La Niña foram de 6,47 m/s, e mediana de 6,44 m/s e 6,45 m/s respectivamente. E variações de 5,21 m/s a 7,85 m/s para El Niño, e 4,12 m/s a 8,39 m/s para casos de La Niña.

Dentre os eventos analisados para Teixeira, o Dipolo/Gradiente negativo se destaca, com uma

variabilidade da velocidade do vento de 1,51 m/s a 8,24 m/s, porém corrobora com a maioria das localidades onde o evento com maior variabilidade também mostrou ter uma mediana superior à média. Para os demais eventos com exceção do El Niño, a mediana se sobressaiu a média. O que resulta em maior concentração de valores abaixo da média, o que não vem a ser um resultado interessante para fins de geração de energia eólica.

Em Campina Grande destaca-se a menor variação da velocidade do vento em casos de El Niño dentre as localidades estudadas, variando de 5,82m/s a 7,84m/s. Podemos observar que os valores das medianas da velocidade do vento são maiores que suas respectivas médias no caso de El Niño e Dipolo/Gradiente negativo, embora as médias mais altas da velocidade do vento foram encontradas em eventos de El Niño e La Niña correspondendo a 6,15 m/s e 6,16 m/s mutuamente, as maiores variações da velocidade do vento são observadas nos episódios de La Niña e Gradiente/dipolo negativo. Os eventos de Dipolo/gradiente positivo e Dipolo/gradiente negativo, apresentaram médias de 5,9 m/s e 5,5 m/s respectivamente.

A variação da velocidade do vento em Mataraca é entre 5,14 m/s a 8,26 m/s para eventos de El Niño. Sua média é de 6,58 m/s, com mediana de 6,48 m/s. Em casos de La Niña podemos

observar uma variabilidade consideravelmente alta, de 3,90 m/s a 9,61 m/s, e média de 6,79 m/s, primeiro quartil de 6,0 m/s, mediana de 6,79 m/s, e terceiro quartil 7,49 m/s. A velocidade do vento varia de 4,60 m/s a 9,03 m/s em episódios de Gradiente/dipolo positivo. Tendo sua média centrada em 6,74 m/s, e mediana de 6,66 m/s. O dado mais relevante dessa análise é observado em eventos de Dipolo/Gradiente negativo com a maior variabilidade da velocidade do vento para todas as localidades compreendidas neste estudo, sendo de 2,98 m/s a 9,01 m/s, porém, com uma média de 6,05 m/s, sendo inferior a sua mediana de 6,28 m/s.

Para Pitimbu em casos de El Niño, a velocidade do vento variou de 4,21 m/s a 6,75 m/s, com uma média de 5,53 m/s e mediana de 5,42 m/s. Em eventos de La Niña temos uma alta variabilidade, de 3,60 m/s a 8,10 m/s, média de 5,78 m/s, segundo quartil de 5,16 m/s, mediana de 5,64 m/s e terceiro quartil de 6,34 m/s. Já em eventos de Dipolo/Gradiente positivo temos uma média 5,73 m/s e mediana de 5,60 m/s, e uma variação de velocidade do vento de 3,94 m/s a 7,84 m/s. A maior variabilidade em Pitimbu é observada em casos de Dipolo/Gradiente negativo, sendo de 2,86 m/s a 7,47 m/s, embora tenha uma mediana superior a sua média.

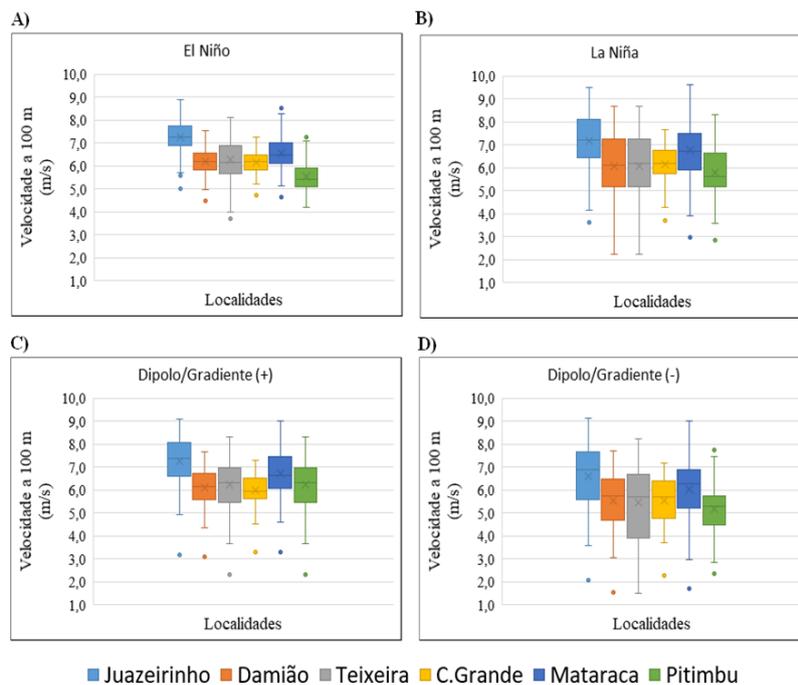


Figura 9. Velocidade do vento (m/s) a 100m de altura para as localidades analisadas em eventos com condições de moderado a forte para: a) El Niño, b) La Niña, c) Dipolo/Gradiente positivo, e d) Dipolo/Gradiente negativo.

A Tabela 3 apresenta os valores obtidos por meio dos gráficos de *boxplot*, referentes a velocidade do vento a 100m para os eventos de El Niño, La Niña, Dipolo/Gradiente Positivo, e Dipolo/Gradiente

Negativo respectivamente, para as localidades de Juazeirinho, Damião, Teixeira, Campina Grande, Mataraca e Pitimbu.

**Tabela 3.** Valores obtidos referentes a velocidade do vento a 100m para os casos e localidades selecionadas.

Eventos	Velocidade	Localidades					
	m/s	Juazeirinho	Damião	Teixeira	C.Grande	Mataraca	Pitimbu
El Niño	Máximo	8,89	7,85	8,10	7,24	8,26	6,75
	Mínimo	6,04	5,21	4,01	5,21	5,14	4,21
	Média	7,29	6,47	6,26	6,15	6,58	5,53
	1° Quartil	6,90	6,14	5,66	5,82	6,12	5,10
	Mediana	7,24	6,44	6,15	6,16	6,48	5,42
	3° Quartil	7,74	6,82	6,91	6,47	7,01	5,86
La Niña	Máximo	9,51	8,39	8,67	7,65	9,61	8,10
	Mínimo	4,14	4,12	2,25	4,28	3,90	3,60
	Média	7,21	6,47	6,07	6,16	6,79	5,78
	1° Quartil	6,51	5,89	5,20	5,73	6,00	5,16
	Mediana	7,22	6,45	6,12	6,12	6,79	5,64
	3° Quartil	8,10	7,10	7,27	6,71	7,49	6,34
Dip./Grad. (+)	Máximo	9,11	7,98	8,34	7,30	9,03	7,84
	Mínimo	4,22	4,64	3,67	4,52	4,60	3,94
	Média	7,25	6,42	6,23	5,99	6,74	5,73
	1° Quartil	6,60	5,89	5,45	5,61	6,09	5,15
	Mediana	7,37	6,47	6,31	5,96	6,66	5,60
	3° Quartil	8,06	7,08	6,99	6,53	7,45	6,30
Dip./Grad. (-)	Máximo	9,14	8,02	8,24	7,16	9,01	7,47
	Mínimo	3,58	3,43	1,51	3,69	2,98	2,86
	Média	6,59	5,86	5,44	5,56	6,05	5,17
	1° Quartil	5,59	4,94	3,92	4,79	5,24	4,50
	Mediana	6,90	6,11	5,70	5,73	6,28	5,31
	3° Quartil	7,66	6,75	6,71	6,40	6,87	5,76

Observa-se na Tabela 3 que os valores máximos de intensidade do vento foram verificados para as localidades de Juazeirinho, Damião, Teixeira e Mataraca, esta última juntamente com Campina Grande se destacam em casos de El Niño, com a menor variabilidade da velocidade do vento entre as demais, variando de 5,21 m/s a 7,24 m/s, e 5,14 m/s a 8,26 m/s, respectivamente. Mataraca apresentou a maior variabilidade dentre todas as localidades em casos de Dipolo/Gradiente negativo, com uma variação de 2,98 m/s a 9,01 m/s. O vento obteve maior intensidade em casos de La Niña para todas as localidades analisadas. Vale ressaltar que em eventos de El Niño foi verificado as menores variações de velocidade do vento, e em casos de La

Niña, e Dipolo/Gradiente negativo constata-se as maiores variabilidade de velocidade do vento. Possivelmente associado a um maior número de sistemas precipitantes sobre a Paraíba em condições de La niña e/ou Dipolo negativo.

### Rosa dos Ventos a 100m Para os Casos e Localidades Selecionadas

Para analisar a direção do vento a 100m foram construídos gráficos de Rosa dos Ventos constituindo as Figuras 10 a 15, para seis localidades distintas (Campina Grande, Juazeirinho, Damião, Mataraca, Pitimbu e Teixeira), em eventos de (a) El Niño, (b) La Niña, (c) Dipolo/Gradiente Positivo, e (d)

Dipolo/Gradiente Negativo para o período de Janeiro/1981 a Dezembro/2010.

Na Figura 10 pode se observar uma predominância de ventos de sudeste, porém com maior intensidade do que foi encontrado para as demais localidades. Em casos de La Niña e Dipolo positivo e negativo a intensidade do vento ficou acima de 9 m/s. Em eventos de El Niño o vento foi mais intenso na ordem de 7 m/s, alcançando valores de 8m/s, com maiores porcentagens de velocidade do vento ocorrerem nas faixas de 7 m/s a 8 m/s, e 8 m/s a 9 m/s.

Em Damião (Figura 11), temos uma grande variabilidade da velocidade do vento, com variações de 3 m/s a 9 m/s. E com predominância de Sudeste, com ventos mais intensos em eventos de dipolo negativo. As maiores porcentagens de velocidade do vento ocorreram na faixa de 6 m/s a 7 m/s.

Na Figura 12 para a cidade de Teixeira, temos ventos predominantes de Sudeste, com velocidade máxima de 9 m/s observada para todos os eventos em questão. As maiores porcentagens de velocidade do vento foram verificadas nas faixas de 5 m/s a 6 m/s, 6 m/s a 7 m/s, 7 m/s a 8 m/s, e 8 m/s a 9 m/s.

De acordo com a Figura 13 a direção predominante do vento para todos os eventos analisados em Campina Grande é de Sudeste, com variações de 3 m/s a 8 m/s. As maiores porcentagens de velocidade do vento ocorreram na faixa de 6 m/s a 7 m/s. Como nos casos anteriores a Figura 14 que retrata a cidade de Mataraca, mostra ventos predominantes de sul e sudeste, com uma variabilidade de 5 a 9 m/s.

Para a localidade de Pitimbu (Figura 15), foi encontrado os menores valores de velocidade do vento. As menores porcentagens de velocidade do vento ocorreram nas faixas de 5 m/s a 6 m/s para eventos de El Niño e La Niña, e Dipolo/gradiente negativo. Já as maiores porcentagens ocorreram nas faixas de 6 m/s a 9 m/s em eventos de Dipolo/gradiente positivo.

A análise da rosa dos ventos comprovam também a variabilidade na intensidade do vento verificada nos gráficos de *boxplot*. Foram encontrados ventos com direção predominante de sudeste em todas as localidades, reforçando os resultados obtidos por Schubert *et al.* (2022) em Botucatu-SP.

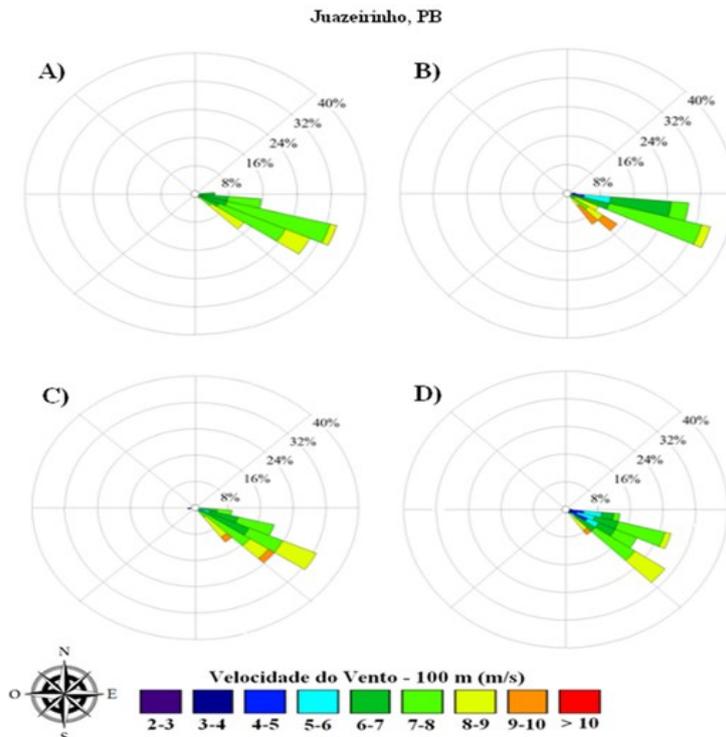


Figura 10. Rosa dos Ventos, velocidade e direção do vento a 100 m acima da superfície em Juazeirinho-PB para (a) El Niño, (b) La Niña, (c) Dipolo/Gradiente Positivo, e (d) Dipolo/Gradiente Negativo para o período de Janeiro/1981 a Dezembro/2010.

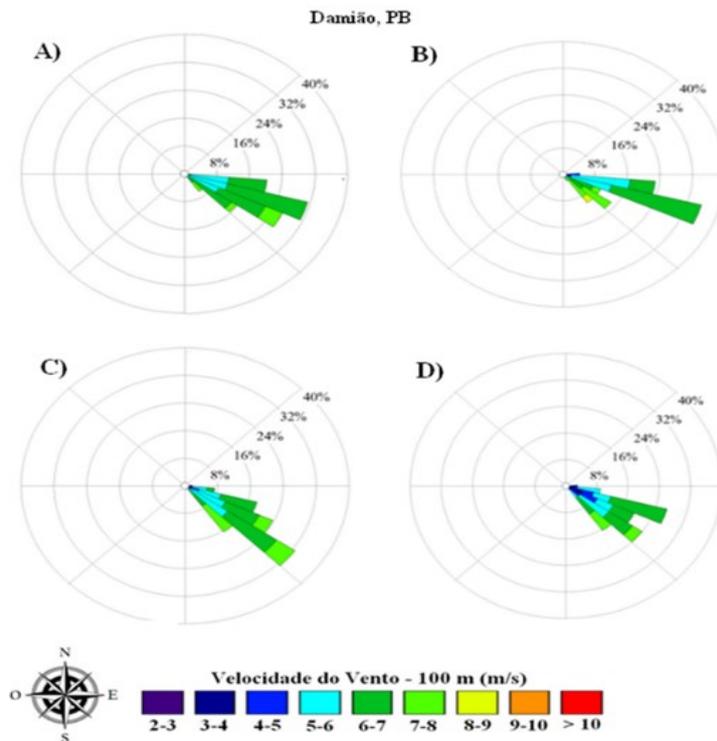


Figura 11. Rosa dos Ventos, velocidade e direção do vento a 100 m acima da superfície em Damião-PB para (a) El Niño, (b) La Niña, (c) Dipolo/Gradiente Positivo, e (d) Dipolo/Gradiente Negativo para o período de Janeiro/1981 a Dezembro/2010.

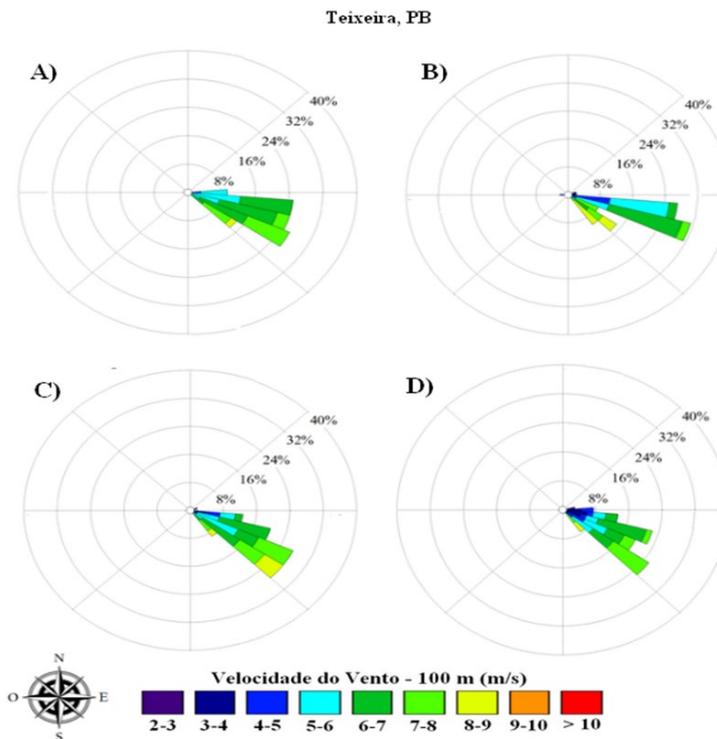


Figura 12. Rosa dos Ventos, velocidade e direção do vento a 100 m acima da superfície em Teixeira-PB para (a) El Niño, (b) La Niña, (c) Dipolo/Gradiente Positivo, e (d) Dipolo/Gradiente Negativo para o período de Janeiro/1981 a Dezembro/2010.

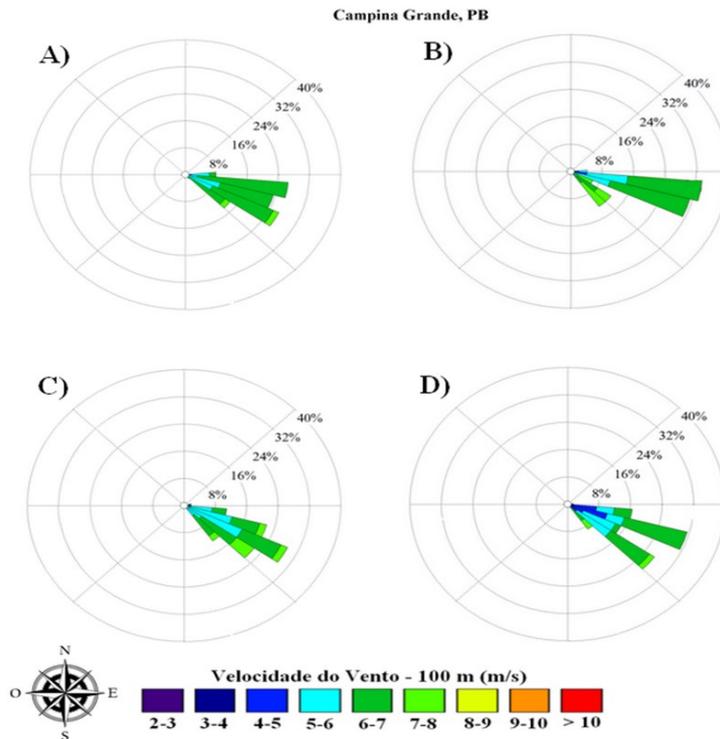


Figura 13. Rosa dos Ventos, velocidade e direção do vento a 100 m acima da superfície em Campina Grande-PB para (a) El Niño, (b) La Niña, (c) Dipolo/Gradiente Positivo, e (d) Dipolo/Gradiente Negativo para o período de Janeiro/1981 a Dezembro/2010.

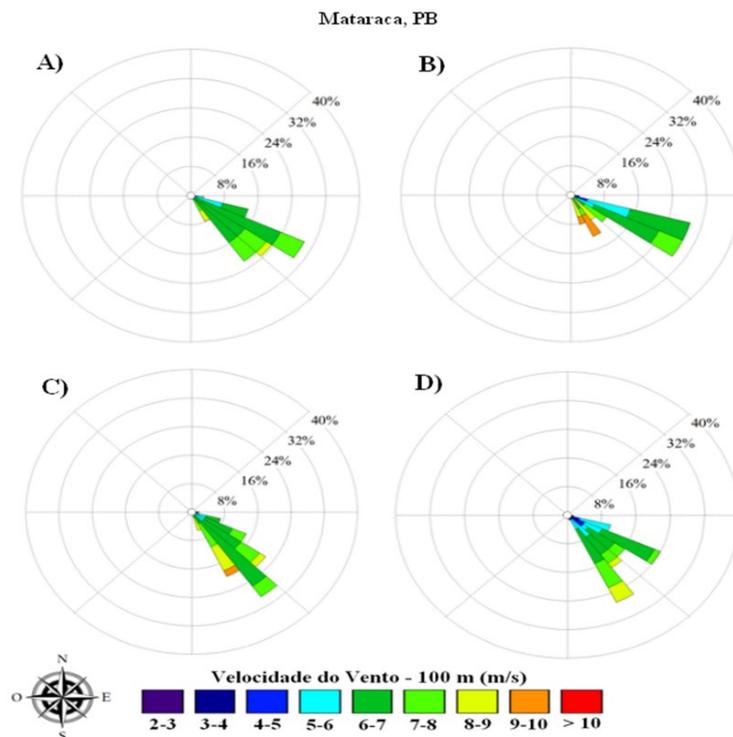


Figura 14. Rosa dos Ventos, velocidade e direção do vento a 100 m acima da superfície em Mataraca-PB para (a) El Niño, (b) La Niña, (c) Dipolo/Gradiente Positivo, e (d) Dipolo/Gradiente Negativo para o período de Janeiro/1981 a Dezembro/2010.

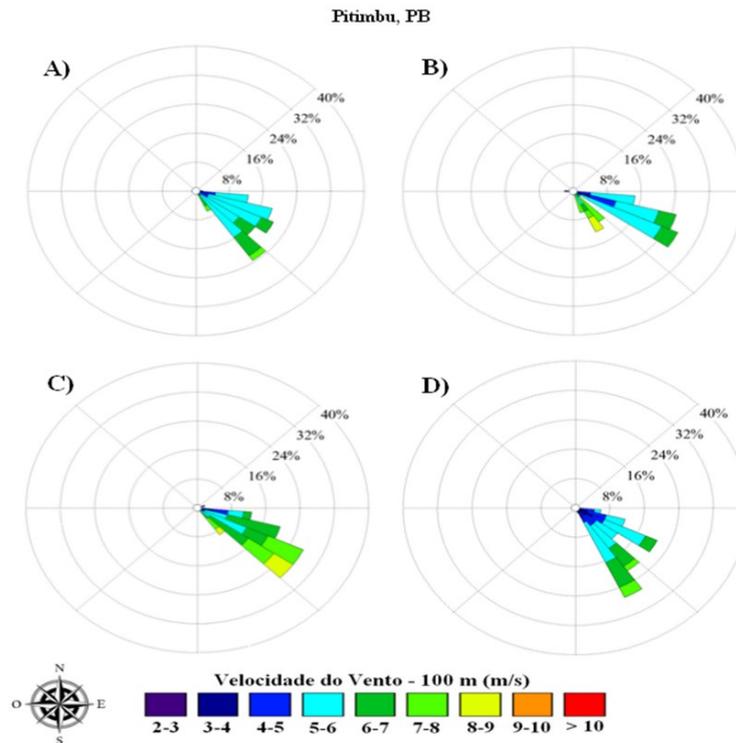


Figura 15. Rosa dos Ventos, velocidade e direção do vento a 100 m acima da superfície em Pitimbu-PB para (a) El Niño, (b) La Niña, (c) Dipolo/Gradiente Positivo, e (d) Dipolo/Gradiente Negativo para o período de Janeiro/1981 a Dezembro/2010.

### Conclusões

Diante dos resultados, conclui-se que para os campos médios da velocidade do vento na altura de 10m, a estação do ano que apresenta a maior intensidade do vento é o inverno, abrangendo os meses de junho a setembro, com destaque para os meses de agosto e setembro que apresentam os maiores valores na Mesorregião da Borborema, e no Litoral Paraibano, com valores variando entre 5,0 e 6,5m/s. Os menores valores são observados na Mesorregião do Sertão Paraibano. As predominâncias das maiores intensidades de velocidade do vento são analisadas no segundo semestre do ano.

Com relação à altura de 100m, os meses de maio e junho apresentaram valores com maior intensidade para todo o Estado da Paraíba, sendo mais expressivos na região litorânea, e na Borborema. O efeito da rugosidade devido ao relevo tem influência na velocidade do vento, juntamente com a topografia da região. Uma vez que a topografia mais elevada está associada a ventos mais intensos. O vento no interior do Estado, em especial na região da Borborema, tende a ser mais intenso que nas demais regiões tanto no primeiro quanto no segundo semestre.

As densidades de potência média mais elevadas para altura de 10m foram verificadas entre os meses de julho a setembro, para o Litoral, Planalto da Borborema, porção norte do Agreste, e a oeste da Borborema, onde estão situadas as localidades analisadas na presente pesquisa. Para a altura de 100m, a estação de inverno, obteve melhor configuração para a potência eólica, na região, ou seja, os resultados a partir de meados de julho, agosto, e setembro, e se estendendo até a primavera, abrangendo os meses de outubro e novembro foram superiores aos resultados observados no primeiro semestre do ano. Para ambos os níveis o sertão do estado apresentou os valores mínimos.

Os melhores locais de densidade de potência eólica foram semelhantes aos encontrados para 10m, no Planalto da Borborema, com alguns pontos a oeste, como é o caso de Teixeira, e Mataraca no Litoral Paraibano. De acordo com a densidade de potência média, pode-se inferir que as áreas estudadas dispõem de potencial para geração de energia.

Em eventos de El Niño, verificou-se a menor variabilidade da velocidade do vento, com destaque para a cidade de Mataraca e Campina

Grande, que obtiveram as menores variações dentre as localidades analisadas. Já em episódios de La Niña, o vento foi mais intenso. Em casos de Dipolo/Gradiente negativo constata-se as maiores variabilidades de velocidade do vento.

A direção predominante nas localidades analisadas é de Sudeste com maiores variações de Sul em Mataraca e Pitumbu, para eventos de La Niña, e Dipolo/Gradiente positivo e negativo, respectivamente. Resultado parecido com o encontrado por Morais *et al.* (2014) para Mossoró, onde a direção predominante do vento é de Sudeste.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pelo suporte financeiro.

### Referências

- ABEEólica. Associação Brasileira de Energia Eólica, 2023. (n.d.). ABEEólica. Disponível: <http://abeeolica.org.br/>. Acesso: 19 maio 2023.
- Assunção, A., Mattos Neto, P.S.G., Vasconcelos, E., 2022. Um Sistema Baseado Em Combinação de Modelos para Previsão de Velocidade do Vento. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada* [Online] 7. Disponível: <https://doi.org/10.25286/rep.v7i2.2206>. Acesso: 17/05/2023.
- Barbosa, J.P.M., Campos, A.B., Santos, V.M.N., 2022. Metodologias e Escala na Climatologia Geográfica – Técnicas Estatísticas e Visão Multi-Escalar para a Compreensão do Comportamento do Clima. *Geografia* [Online] 31, 277. Disponível: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2022v31n1p277>.
- Carvalho Pinheiro, V., Bezerra Gomes, L., Strassburger, C., Araújo Beletti, M., 2021. Análise do setor de energia eólica no Brasil. *Revista Científica UMC* 6, 1-11.
- Cavalcanti, E.P., Silva, B.B., Silva, V.P.R., Chaves, J.B., 2020. Wind Speed Variability and Ocean Influences: An Approach for Electrical Energy Generation Purposes in Northeastern Brazil. *Anuário Do Instituto de Geociências – UFRJ* [Online] 43. Disponível: [https://doi.org/10.11137/2020\\_1\\_273\\_285](https://doi.org/10.11137/2020_1_273_285).
- Correia, A.A., 2000. Padrões De Variabilidade Do Vento À Superfície No Nordeste Do Brasil. *Dissertação (Mestrado)*. Campina Grande, UFCG.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2022. MATRIZ ENERGÉTICA. Disponível: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.
- Iwakiri, T., Watanabe, M., 2021. Mechanisms linking multi-year La Niña with preceding strong El Niño. *Scientific Reports* [Online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96056-6>.
- Guillory, A., 2017. ERA5. ECMWF. Disponível: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>.
- GWEC. Global Wind Energy Council, 2021. Global Wind Report 2021. Global Wind Energy Council. Disponível: <https://gwec.net/global-wind-report-2021/>. Acesso: 17/05/2023.
- Ferreira, A.G., Mello, N.G.S., 2005. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre A Região Nordeste Do Brasil E A Influência Dos Oceanos Pacífico E Atlântico No Clima Da Região. *Revista Brasileira de Climatologia* [Online] 1. Disponível: <https://doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25215>.
- Freire, A.Í., Fontgalland, I.L., 2022. Perspectivas e desafios econômicos da geração de energia eólica na região Nordeste do Brasil. *Research, Society and Development* [Online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25429>. Acesso: 17/05/2023.
- Freire, J.L.M., Lima, J.R.A., Cavalcanti, E.P., 2011. Análise de Aspectos Meteorológicos Sobre o Nordeste do Brasil em Anos de El Niño e La Niña (Analysis of Meteorological Aspects on the Northeast of Brazil in El Niño and La Niña Years). *Revista Brasileira de Geografia Física* [Online] 4. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i3.232719>.
- Fonseca da Silva, D., Souza Neto, P.F., Donato da Silva, S., Silva Lima, M.J., Bezerra da Silva Cavalcante, I., Teles de Oliveira, S., Silva Mendonça, H., Alves Batista, B., Santos Rocha, L.H., Rocha de Carvalho Almeida, H.R., Santos Pereira, M.P., Araújo, L.E., 2021. Identificação das causas climáticas dos eventos extremos e dos impactos dos ENOS Canônico e Modoki nas macrorregiões de Alagoas. *Revista Brasileira de Geografia Física* [Online] 14. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1880-1897>.
- Leite, M.L., Filho, J.S.V., 2006. Avaliação da Velocidade Média e Direção Predominante do Vento em Ponta Grossa-PR. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 14, 167.
- Mariano, E.B., Cavalcanti, E.P., 2017. Análise comparativa da velocidade do vento simulado pelo BRAMS com dados observados e de reanálises. *Revista Brasileira de Meteorologia* 32, 276.
- Moura, A.D., Shukla, J., 1981. On the Dynamics of Droughts in Northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model. *American Meteorological Society* [Online] 38. Disponível: 17/05/2023.

- [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1981\)038%3C2653:otdodi%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1981)038%3C2653:otdodi%3E2.0.co;2).
- Moreira, A., Fontana, D.C., Kuplich, T.M., Cardoso, M.A., 2017. Dados Meteorológicos Estimados Em Condições De Clima Subtropical E A Relação Com Índices De Vegetação. *Revista Brasileira de Cartografia* [Online] 69. Disponível: <https://doi.org/10.14393/rbcv69n6-44311>.
- Morais, G.M., Sobrinho, J.E., Santos, W.D.O., Costa, D.D.O., Silva, S.T.A., Maniçoba, R.M., 2014. Caracterização da Velocidade e Direção do Vento em Mossoró/RN (Characterization of Wind Speed and Direction in Mossoró/RN). *Revista Brasileira de Geografia Física* [Online] 7. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v7.4.p746-754>.
- ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2023. (n.d.). ONS - Operador Nacional Do Sistema Elétrico. Disponível: <https://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/acer-vo-digital/documentos-e-publicacoes?categoria=Boletim+Mensal+de+Gera%C3%A7%C3%A3o+E%C3%B3lica>. Acesso: 21 maio 2023
- Oliveira, S.S., 2013. Análise Do Potencial Eólico Do Estado Da Paraíba Utilizando Modelos De Mesoescala(p. 127). Tese (Doutorado). Campina Grande, UFPB.
- Pinto, M., 2014. Fundamentos de Energia Eólica, 1 ed. LTC, Rio de Janeiro.
- Reboita, M.S., Oliveira, K.R., Corrêa, P.Y.C., Rodrigues, R., 2021. Influência dos Diferentes Tipos do Fenômeno El Niño na Precipitação da América do Sul. *Revista Brasileira de Geografia Física* [Online] 14. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p729-742>.
- Rodriguez, J.L., 2002. Atlas Escolar Paraíba, 3 ed. Grafset, João Pessoa.
- Silva Nóbrega, R., Pereira, E.B., Domiciniano Galvêncio, J., 2008. Análise Da Estimativa De Precipitação Do Trmm Em Uma Sub-Bacia Da Amazônia Ocidental. *Revista de Geografia* [Online] 25. Disponível: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2008.228747>.
- Silva A. G., Correia, M.F., Silva Aragão, M.R., Palmeira Cavalcanti, E., Alves Silva, W.E., 2022. Avaliação do potencial eólico na região de Petrolina-PE utilizando dados de reanálises do ERA5-Land durante a influência relativa dos oceanos Pacífico Tropical e Atlântico Tropical Sul. *Revista Brasileira de Climatologia* [Online] 31. Disponível: <https://doi.org/10.55761/abclima.v31i18.16041>.
- Silveira, S.R., 2011. Geração descentralizada de energia através de fonte alternativa. TCC (Graduação). Porto Alegre, UFRGS.
- Schubert, A.N., Pai, A.D., Rodrigues Sarnighausen, V.C., Rodrigues, S.A., 2022. Direção E Velocidade Do Vento Em Botucatu – Sp [Review Of Direção E Velocidade Do Vento Em Botucatu – SP]. *Tekhne E Logos* 13, 50–64.
- Sales, R.M.M., Lima, L.G.S., 2022. Energias Renováveis E Territórios Na Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu No Nordeste Brasileiro. *Revista Ciência Geográfica* [Online] 26. Disponível: <https://doi.org/10.18817/26755122.26.01.2022.2881>.
- Souza N. P.F., Silva, D.F., Almeida, H.R.R.C., 2021. Análise da Variabilidade Climática dos Oceanos Atlântico e Pacífico. *Revista Brasileira de Geografia Física* [Online] 14. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1861-1879>.
- Vianello, R.L., 2006. Meteorologia básica e aplicações, 1 ed. UFV, Viçosa.