



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

KADIDJA MEYRE BESSA SIMÃO

**CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO PREDOMINANTE E A VELOCIDADE MÉDIA
DO VENTO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN**

MOSSORÓ/RN

outubro de 2023

KADIDJA MEYRE BESSA SIMÃO

**CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO PREDOMINANTE E A VELOCIDADE MÉDIA
DO VENTO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO, campus Mossoró para a
Obtenção do título de Bacharela em Engenharia
Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Espínola Sobrinho

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Vieira Pordeus

MOSSORÓ/RN

Outubro de 2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS588 Simão, Kadidja Meyre Bessa.
c Caracterização da direção predominante e a
velocidade média do vento no município de Mossoró-
RN / Kadidja Meyre Bessa Simão. - 2023.
34 f. : il.

Orientador: José Espínola Sobrinho.
Coorientador: Roberto Vieira Pordeus.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Agrícola e Ambiental, 2023.

1. Climatologia. 2. Velocidade do vento. 3.
Direção do vento. I. Sobrinho, José Espínola,
orient. II. Pordeus, Roberto Vieira, co-orient.
III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

KADIDJA MEYRE BESSA SIMÃO

**CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO PREDOMINANTE E A VELOCIDADE MÉDIA
DO VENTO NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-
ÁRIDO, campus Mossoró para a obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Mossoró-RN, 10 de outubro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Espínola Sobrinho (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Roberto Vieira Pordeus (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Saulo Tasso Araújo da Silva (UFERSA)
Membro Examinador

DEDICATÓRIA

A meu pai João Simão Filho (*in memoriam*), homem honesto, batalhador que sempre fez o impossível para que os seus filhos pudessem estudar para conquistar um futuro brilhante, toda a minha gratidão.

Ao meu esposo, aos meus filhos, a minha mãe e irmãos que sempre estiveram ao meu lado durante toda essa jornada, incentivando e oferecendo apoio nos momentos mais delicados, por todo amor, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda sabedoria e livramentos. Agradeço a Deus, por tudo que fizestes e fazes por mim, sei que estás comigo em todos os momentos e circunstâncias me guardando e me protegendo de todos os males.

A minha amada mãe, Conceição Bessa, por sua capacidade de acreditar, incentivar e me ensinar a enfrentar a vida como ela é. Meu Porto seguro, amiga de todas as horas, por todo cuidado, amor e dedicação aos meus filhos e a todos que estão ao seu lado.

Aos meus filhos, Nícollas e Karen e aos meus irmãos que sempre estiveram comigo torcendo e vibrando por toda conquista e vitória, sei que posso confiar em cada um, transmitindo paz, segurança e a certeza de não estar sozinha nesta caminhada, são exemplos de perseverança, amor e união.

Ao meu esposo e amigo, Costa Junior, pelos incentivos, compreensão, apoio sempre nas horas mais oportunas. Obrigada pela sabedoria, pelo companheirismo e sua capacidade de acreditar que sou capaz de conquistar e vencer todos os obstáculos que enfrentei nessa jornada de universitária.

Agradecer a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, em especial a José Espínola Sobrinho e a Roberto Vieira Pordeus meus orientadores, obrigada por ter me aceitado como orientanda e por todos os ensinamentos, atenção e apoio, sendo responsável pela realização deste trabalho.

Aos colegas que passaram juntos comigo nessa jornada, lutando e vencendo cada semestre, em especial, ao grupo “Engenharia e Fofocas”, foram essenciais nos momentos de desespero nas disciplinas que enfrentamos de mãos dadas.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela oportunidade de fazer partes das pesquisas científicas, onde pude adquirir bastante conhecimento.

Enfim, todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para que se finalizasse essa jornada.

RESUMO

A Velocidade do vento é de suma importância para diversas atividades humanas, tais como para os processos de evapotranspiração, exercendo grande influência no consumo hídrico das plantas e nas atividades agropecuárias. Reconhecendo a tamanha importância que o vento representa para todas as áreas de conhecimento, nas áreas de energias renováveis presente na nossa região o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a velocidade e a direção do vento para a localidade de Mossoró-RN. Utilizaram-se os dados da estação meteorológica automática (Código A318), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, para o período de 2008 a 2019. As rosas de vento e os histogramas foram obtidos por meio do programa WRPLOT View versão 8.0.2. Os resultados indicaram que a velocidade média anual do vento foi de $3,5 \text{ m.s}^{-1}$. A direção predominante do vento foi de Nordeste (NE) com 35,5% das observações. Em seguida a direção Leste (E) e Sudeste (SE) com 34,8 e 15,5% respectivamente. A presença de calmarias e ausência de dados na área de estudo compreendeu 7,3% das observações realizadas entre o período estudado.

Palavras-Chave: Climatologia; Velocidade do vento; Direção do vento.

ABSTRACT

Wind speed is extremely important for various human activities, such as evapotranspiration processes, exerting a great influence on plant water consumption and agricultural activities. Recognizing the importance that wind represents for all areas of knowledge, in the areas of renewable energy present in our region, the objective of this work was to characterize the speed and direction of the wind for the location of Mossoró-RN. Data from the automatic meteorological station (Code A318), belonging to the National Institute of Meteorology-INMET, for the period from 2008 to 2019 were used. The wind roses and histograms were obtained using the WRPLOT View program version 8.0.2. The results indicated that the average annual wind speed was 3.5 m.s⁻¹. The predominant wind direction was Northeast (NE) with 35.5% of observations. Then the East (E) and Southeast (SE) direction with 34.8 and 15.5% respectively. The presence of calms and lack of data in the study area comprised 7.3% of the observations carried out between the studied period.

KEY-WORDS: Climatology; Wind speed; Wind direction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Circulação atmosférica global.	18
Figura 2 - Localização do Município de Mossoró no mapa do Rio Grande do Norte	21
Figura 3 - Distância em linha reta entre a Estação Meteorológica (A318) pertencente ao INMET, e a UFERSA.....	22
Figura 4 - Variação da velocidade do vento (máximo, médio e mínimo) média mensal para os anos de 2008 a 2019 Estação: A318 – Mossoró RN.	24
Figura 5 - Variação da direção predominante do vento ao longo dos anos estudados (2008 a 2019) em Mossoró-RN.	27
Figura 6 - Frequência e distribuição da velocidade do vento do município de Mossoró (RN), para o período compreendido entre 2008-2019.....	28
Figura 7 - Direção do vento para a Região de Mossoró, RN, Rosa dos ventos (%) para os meses de janeiro (a), fevereiro (b), março (c), abril (d), maio (e) e junho (f) no período de 2008 a 2019.	29
Figura 8 - Direção do vento para a Região de Mossoró, RN, Rosa dos ventos (%) para os meses de julho (a), agosto (b), setembro (c), outubro (d), novembro (e) e dezembro (f), no período de 2008 a 2019.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de Beaufort.....	19
Tabela 2 - Variação da velocidade do vento (máximo e mínimo) para os meses e anos estudados.	25
Tabela 3 - Média, Mediana, Moda e Desvio Padrão da velocidade do vento (m.s^{-1}) para o período analisado.	25
Tabela 4 - Tabela de variação da direção média mensal do vento em (%).	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
RN	Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivo Específico	15
3	JUSTIFICATIVA	16
4	REVISÃO LITERÁRIA	17
5	METODOLOGIA.....	21
5.1	Área de estudo.....	21
5.2	Fonte de Dados.....	21
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6.1	Velocidade Média	24
6.2	Direção.....	26
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
	REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

Dos elementos meteorológicos que interferem nas diferentes atividades humanas, a direção e a velocidade do vento apesar de ser uma das variáveis meteorológicas mais importantes, estudos sobre seu comportamento são escassos.

A determinação da direção predominante do vento bem como sua variabilidade são importantes na geração de energia eólica, na construção de quebra-ventos e para estudos de melhoria da qualidade do ar, nas construções de aeródromo, para a climatologia nos levantamentos de dados para o tráfego aéreo, previsão de tempestades, ventanias e etc., e grandes projetos agrícolas visando minimizar os acamamentos das plantas, contribuindo para redução ou aumento da evaporação e evapotranspiração. Os conhecimentos a respeito dos padrões de vento são imprescindíveis para as mais diversas áreas, como hidrologia, agricultura, meio ambiente e arquitetura.

O vento possui diversas características, entre elas estão a velocidade e direção. A velocidade está relacionada às diferenças de pressão, pois quanto maior a diferença de pressão, mais rápido o ar irá se deslocar da região de maior para a de menor pressão. Já a direção do vento corresponde a sua orientação, ou seja, de onde ele vem e para onde irá fluir. Essas duas grandezas são bastante variáveis e são influenciadas por vários fatores como, relevo, vegetação, altitude, horário, rugosidade da superfície, época do ano, etc. (COSTA; LYRA, 2012).

De acordo com Tomasini (2011, p.16), o conhecimento a respeito dos padrões de vento pode ocasionar um melhor aproveitamento de elementos climáticos locais para melhor planejamento urbano, podendo auxiliar na compreensão da dinâmica de dispersão de poluentes atmosféricos em uma cidade, por exemplo. Outro benefício é o aproveitamento eólico para a produção de energia elétrica (SILVA; BRITO, 2008).

As pesquisas são fundamentadas em base de dados de registros da velocidade do vento coletada em vários locais e as informações são disponibilizadas geralmente de forma gratuita. Dentre as distintas fontes de dados, as convencionais, onde a coleta é realizada por uma pessoa fisicamente, apresentam desvantagens por apresentarem ausência de informação em seus registros. Diante de situações como esta, centros de estudos climáticos desenvolveram modelos de circulação global que fornecem informações contínuas para diversas variáveis climáticas a nível mundial, denominando-o de reanálise. Além da vantagem de registros regulares, as reanálises estão dispostas em uma grade de forma uniforme (SANTANA, 2018).

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é um órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que representa o Brasil junto à Organização Mundial de Meteorologia (OMM), responsável pelo sistema de coleta e distribuição de dados da rede de observações meteorológica da América do Sul e os demais centros meteorológicos que compõem o Sistema de Vigilância Meteorológica Mundial. O sistema de coleta é composto por radiossonda, estações meteorológicas da superfície, operadas manualmente e, pela maior rede de estações automáticas da América do Sul. O INMET disponibiliza o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) com séries históricas de variáveis atmosféricas como velocidade e direção do vento, temperatura, entre outras (INMET, 2023).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho será analisar uma série de onze anos de dados e com isto caracterizar a direção predominante e a velocidade média do vento no município de Mossoró no Rio Grande do Norte (RN), no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2019, contribuindo assim para o planejamento de atividades que dependam das condições do vento e até servindo como subsídio para estudos mais aprofundados.

2.2 Objetivo Específico

- Analisar o comportamento das informações do INMET sobre o Município de Mossoró em séries e mensal, com relação a velocidade e direção do vento;
- Utilizar o programa WRPLOT View versão 8.0.2 para elaboração das rosas de vento e histogramas.

3 JUSTIFICATIVA

Os estudos dos padrões de vento tiveram início em 1700, em que navegadores observavam o efeito da força do vento, sobre a superfície do mar (ANANIAS, et al., 2020). A mudança brusca da sua direção e velocidade, implicam diversos processos na interface superfície-atmosfera, resultando em efeitos ligados ao homem (CASTELHANO & ROSEGHINI, 2018). A compreensão do padrão do vento, tem importância para estudos da dinâmica de dispersão dos poluentes atmosféricos (TOMASINI, 2011), aproveitamento eólico para produção de energia elétrica (PANTOJA et al., 2019), planejamento ambiental (ROCKETT et al., 2017) e instalação de projetos de obras de engenharia civil (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2019). No setor agropecuário, a velocidade e direção do vento influenciam na polinização, práticas com quebra-vento, propagação de doenças, aplicação de defensivos agrícolas e, portanto, na distribuição das culturas no campo, além de afetar a transpiração, absorção de CO₂ das plantas (MUNHOZ & GARCIA, 2008). Afetam ainda, o acamamento de plantas, erosão dos solos e processo de deriva da água de irrigação (MORAIS et al. 2014).

4 REVISÃO LITERÁRIA

O vento é um elemento resultante do deslocamento do ar das zonas de alta pressão para as zonas de baixa pressão atmosférica, provocando instabilidade através do aquecimento da superfície. A diferença no gradiente de pressão atmosférica tem influência da energia solar, rotação planetária, diferença de temperatura, assim como da topografia local (AMARANTE et al., 2001; NASCIMENTO; TUBELIS, 1984).

O vento possui diversas características, entre elas estão a velocidade e direção. A velocidade está relacionada às diferenças de pressão, pois quanto maior a diferença de pressão, mais rápido o ar irá se deslocar da região de maior para a de menor pressão. Já a direção do vento corresponde a sua orientação, ou seja, de onde ele vem e para onde irá fluir. Essas duas grandezas são bastante variáveis e são influenciadas por vários fatores como, relevo, vegetação, altitude, horário, rugosidade da superfície, época do ano, etc. (COSTA; LYRA, 2012)

De acordo com Neves & Muehe (2008) as situações críticas ocorridas no Brasil nos últimos 40 anos são atribuídas há alterações na intensidade, na distribuição espacial ou na climatologia de ventos onde afetam os esforços sobre estruturas portuárias, trazem impactos sobre construções urbanas e mobilizam sedimentos de dunas.

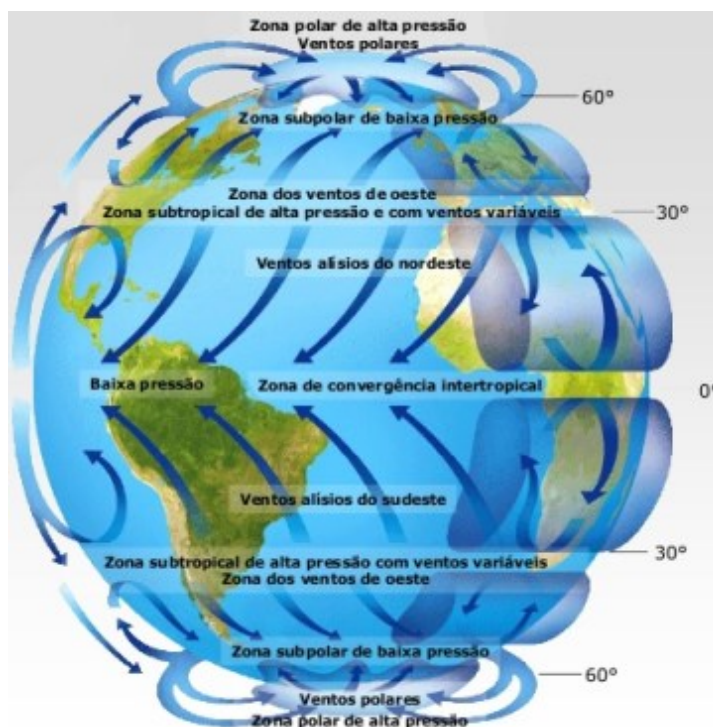
Guerra & Cunha (2005) ressaltam que as formas urbanas oriundas do crescimento das cidades podem muito bem influenciar no clima local, que, dependendo da sua topografia e umidade e dos diferentes usos do solo, dá origem a um processo conhecido como corredores de vento também denominado por cânions urbanos.

Conhecer a direção predominante dos ventos, velocidades médias e máximas que ocorrem num local, fornecem informações importantes para a sociedade, podendo orientar a distribuição de diferentes culturas no campo, a instalação de indústrias em áreas urbanas de modo a não afetar áreas residenciais, a busca por conforto térmico em estudos aplicados à arquitetura ou engenharia civil para projetos de construções mais ou menos ventiladas, aproveitamento para produção de energia etc. (SANT' ANNA NETO, J. L. & TOMMASELLI, J. T. G. 2009).

Entre os Trópicos e o Equador ocorrem os ventos alísios (NE, SE, L), enquanto entre os Trópicos e áreas Subpolares encontram-se os ventos de Oeste. O encontro dos ventos de alísios e oeste geram as frentes polares promovendo altas variações na velocidade do vento (SILVA et al., 2004). Quando submetido ao efeito de Coriolis, o vento sofre interferência na sua trajetória e mantém sua velocidade inalterada. Consequentemente, no hemisfério Sul são deslocados para esquerda originando os ventos alísios de Sudeste, que ao encontrar-se no Equador com os

ventos alísios de Nordeste, produzidos nos hemisférios Norte, formam as Zonas de Convergência Intertropical (ZCIT) (Figura 1) (CPTEC, 2017; INMET, 2017).

Figura 1 - Circulação atmosférica global.



Fonte: Ramos (2015)

As brisas terrestres e marinhas, sistemas também presentes na região NE, interferem no comportamento do vento, posto que, quanto menor os índices de vegetação e umidade do solo, menor será a fricção dos ventos e maior será a velocidade, podendo gerar ventos médios anuais entre 6 e 9 m.s⁻¹ no litoral da região. Deste modo, a velocidade do vento diminui à medida que se afasta da costa para o interior, por causa do aumento de atrito e rugosidade de superfície e ao enfraquecimento da contribuição das brisas marinhas (AMARANTE et al., 2001).

Segundo Varejão-Silva (2006) as brisas terrestres e marinhas geralmente contribuem apenas para mudar a direção e a velocidade dos ventos alísios, os quais são persistentes e intensos durante todo o ano no NE brasileiro. As brisas podem fazer com que a velocidade de vento aumente ou diminua mais que os ventos alísios, dependendo da orientação da costa. No entanto, a variação da velocidade do vento pode ser classificada de acordo com a escala de Beaufort.

A escala de Beaufort (Tabela 1) criada por Sir Francis Beaufort (1777 – 1857), hidrógrafo da Marinha Real Britânica, está fundamentada na Força ou Número de Beaufort e possui um

sistema para calcular e informar a velocidade do vento. O sistema é composto da velocidade de vento, um termo descritivo, e os efeitos visíveis sobre as superfícies da terra ou do mar. A unidade de medida para quantificar a velocidade do vento pode ser em m.s^{-1} , km.h^{-1} , ou Knots (kt), sendo que um knot corresponde a uma milha náutica (1852 m) por hora (INMET, 2017).

Tabela 1 - Escala de Beaufort

Número de Beaufort	Descrição	Critérios de apreciação na terra	Velocidade do vento (m/s)
0	Calmaria	A fumaça eleva-se verticalmente.	0 – 0,4
1	Ar leve	O vento inclina a fumaça, mas não faz girar o cata-vento	0,5 – 1,5
2	Brisa leve	As folhas se movem e o vento é sentido no rosto.	1,6 – 3,4
3	Brisa suave	As folhas e os ramos pequenos se movem continuamente	3,5 – 5,5
4	Brisa Moderada	O vento levanta o pó e as folhas. Os ramos se agitam.	5,6 – 8,0
5	Brisa fraca	Pequenas árvores começam a balançar.	8,1 – 10,9
6	Vento forte	Os ramos grandes se movem.	11,4 – 13,9
		Os fios elétricos vibram.	
		Dificuldade em se usar o guarda-chuva.	
7	Temporal moderado	As árvores se agitam. Há um incomodo em andar contra o vento.	14,1 – 16,9
8	Temporal	Rompem-se os ramos pequenos das árvores.	17,4 – 20,4
		Difícil andar contra o vento.	
9	Temporal forte	Os ramos médios das árvores se quebram.	20,5 - 23,9
10	Temporal Muito forte	As árvores são arrancadas e danos são espalhados.	24,4 – 28,0
11	Tempestade	Destroços extensos. Tetos arrancados, etc.	28,4 – 32,5
12	Furacão	Produz efeitos devastadores.	32,6 – 60,0

Fonte: Adaptado de CPTEC (2017)

A velocidade do vento é também influenciada pela hora do dia como consequência do balanço de radiação solar junto à superfície terrestre. Sob balanço positivo de radiação, a velocidade do vento cresce acompanhando os valores do balanço, ambos alcançando valores máximos simultaneamente. A maior velocidade do vento é no período da tarde quando há maior saldo de radiação (NASCIMENTO; TUBELIS, 1984).

De acordo com Tomasini (2011, p.16), o conhecimento a respeito dos padrões de vento pode ocasionar um melhor aproveitamento de elementos climáticos locais para melhor planejamento urbano, podendo auxiliar na compreensão da dinâmica de dispersão de poluentes atmosféricos em uma cidade, por exemplo. Outro benefício é o aproveitamento eólico para a produção de energia elétrica (SILVA; BRITO, 2008).

Já os estudos relacionados a rajadas de vento objetivam, em sua maioria, demonstrar o potencial danoso, assim como, prever a ocorrência desse fenômeno, permitindo assim a emissão de avisos para a população quando há ameaça de tempestades com ventos fortes (FERREIRA, 2017).

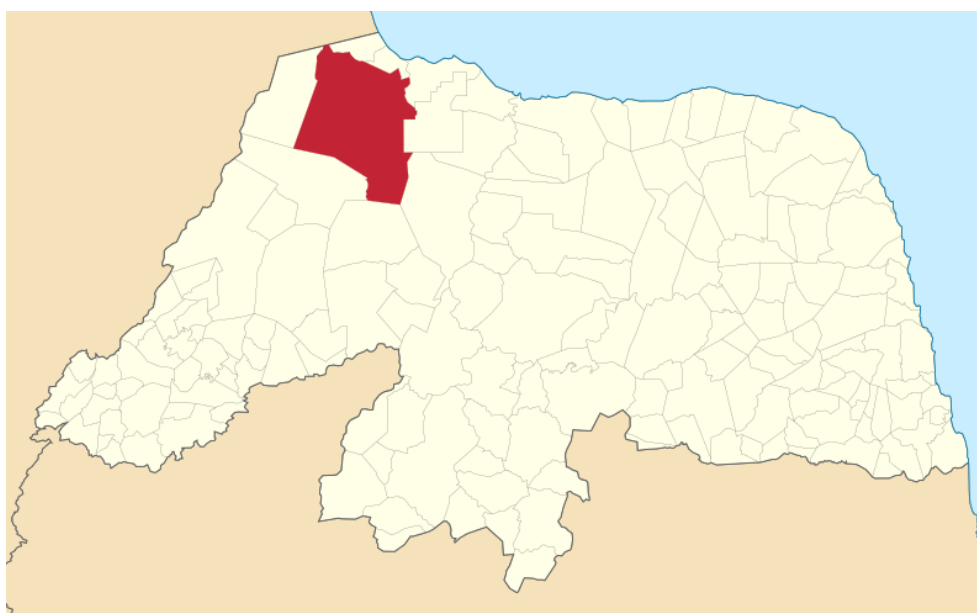
5 METODOLOGIA

5.1 Área de estudo

A cidade de Mossoró está situada no estado do Rio Grande do Norte, na região Nordeste do Brasil. A cidade fica entre as capitais Natal e Fortaleza (CE), distante 278 e 245 km, respectivamente. O local onde está instalada a estação meteorológica no município tem uma altitude média de 29.44 m e apresenta coordenadas 04°54'15" S e 37°22'1" O.

Segundo a classificação climática de Koppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa de 68,9 % (DIAS et al., 2010).

Figura 2 - Localização do Município de Mossoró no mapa do Rio Grande do Norte



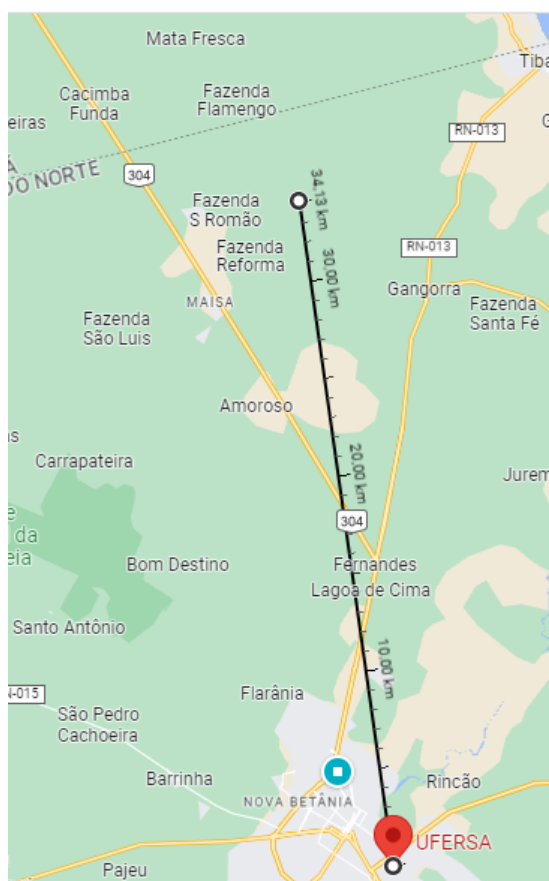
Fonte: Wikimedia Commons, 2023

5.2 Fonte de Dados

A base de dados utilizado neste trabalho consistiu em uma série provisória de 2008 a 2019 obtidos através dos dados da estação meteorológica automática (Código A318) pertencente ao INMET na região de Mossoró-RN. As coordenadas da estação (latitude -4,90°, longitude -

37,37° e altitude de 29,44 metros), de acordo com informações do INMET, distante em linha reta da universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), 34,13 km (Figura 3).

Figura 3 - Distância em linha reta entre a Estação Meteorológica (A318) pertencente ao INMET, e a UFERSA.



Fonte: Google Maps, (2023)

A estação meteorológica é composta por uma unidade de memória central ("data logger"), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que integra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora.

Para caracterizar a direção predominante do vento utilizou-se uma análise de frequência das observações diárias, para cada um dos doze meses do ano, utilizando-se da seguinte expressão.

$$f(x) = \frac{n}{N} \times 100 \quad (1)$$

em que: $f(x)$ é a frequência de ocorrência do vento em determinada direção (x); “ n ” o número de ocorrências de uma determinada direção; “ N ” o número total de observações.

Para efeito de cálculo da percentagem de direção predominante foram consideradas as observações de calma e aquelas sem registro (SR), visto que as mesmas influenciam no resultado final.

Como os valores de direção do vento foram obtidos em graus contados a partir do norte geográfico (Azimute) padronizou-se que os ventos com ângulo entre 22,5 a 67,5° foram de direção Nordeste (NE), de 67,6 a 112,5° de direção Leste (E) e assim sucessivamente até completar todos os pontos cardeais e colaterais.

Afim de simplicidade na hora de fazer as observações dos dados obtidos utilizou-se das direções padrões da rosa dos ventos geradas no programa WRPLOT View versão 8.0.2 que são trabalhadas, coletadas ou registradas nas estações meteorológicas operantes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados oito intervalos correspondentes a cada direção de vento: Norte (N), Nordeste (NE), Leste (E), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SW), Oeste (W) e Noroeste (NW), Calma (C).

Nesse caso utilizou-se a observação diária, que ao longo de onze anos corresponderia a 4015 dias. Contudo, como as médias foram representadas em predominância mensal após serem analisadas diariamente, os números totais de observações correspondem aos meses, sendo então 132 casos, equivalente aos mesmos onze anos.

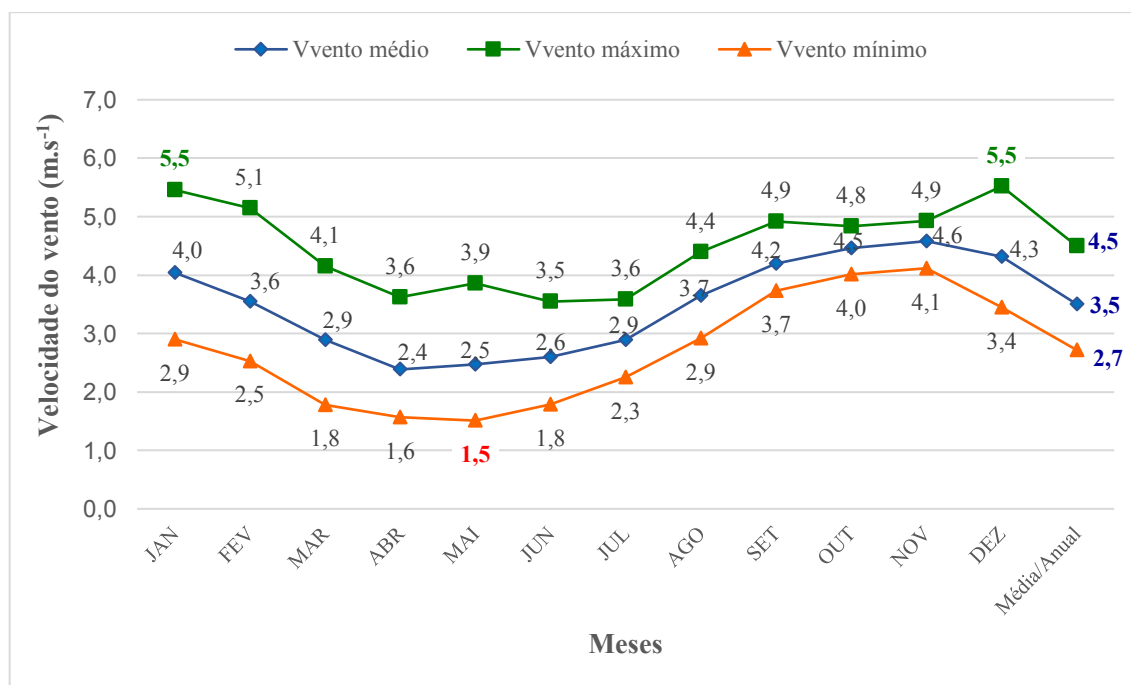
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Velocidade Média

Pode ser observada na Figura 4 a variação média da velocidade do vento, bem como a média do vento para o período analisado na região de Mossoró, RN. A velocidade média do vento fluiu entre 2,4 a 4,6 m.s⁻¹, o valor da média anual encontrado na área de estudo foi de 3,5 m.s⁻¹. As velocidades máximas flutuaram entre 3,5 a 5,5 m.s⁻¹ e sua velocidade anual foi de 4,5 m.s⁻¹. A oscilação da velocidade mínima do vento ocorreu na faixa de 1,5 a 4,1 m.s⁻¹ e sua velocidade anual foi de 2,7 m.s⁻¹.

Na análise dos dados mensais, os meses de dezembro e janeiro obtiveram a maior variação de velocidade média (5,5 m.s⁻¹), seguido do mês fevereiro (5,1 m.s⁻¹). Já o mês de maio apresentou as menores velocidades médias (1,5 m.s⁻¹), seguido dos meses de abril (1,6 m.s⁻¹), março e junho (1,8 m.s⁻¹), conforme a Figura 4.

Figura 4 - Variação da velocidade do vento (máximo, médio e mínimo) média mensal para os anos de 2008 a 2019 Estação: A318 – Mossoró RN.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Na análise dos dados anuais, os meses de dezembro e janeiro dos respectivos anos 2014 e 2015 obtiveram a maior variação de velocidade média (5,5 m.s⁻¹), o mês de novembro tem um destaque maior na variação máxima média do vento. Já o mês de maio teve uma frequência

maior comparada com os outros meses, no ano 2009 (maio) apresentou as menores velocidades médias ($1,5 \text{ m.s}^{-1}$), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Variação da velocidade do vento (máximo e mínimo) para os meses e anos estudados.

Ano	Vel. média max (m s^{-1})	MÊS	Vel. média min (m s^{-1})	MÊS
2008	4,9	nov	1,7	mai
2009	4,6	nov	1,5	mai
2010	4,7	nov	2,6	mai
2011	4,6	nov	1,6	mai
2012	5,1	dez	3,5	mar
2013	4,9	jan	2,4	jun
2014	5,5	dez	2,3	mai
2015	5,5	jan	2,7	abr
2016	4,6	nov	2,8	fev
2017	4,4	out	2,2	abr
2018	4,1	nov	1,8	mai
2019	4,2	nov	1,7	abr

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A Tabela 3 apresenta os valores da média, desvio padrão, moda e mediana para os meses analisados. Para esta análise foram utilizados 98.903 dados. Observa-se que as maiores velocidades foram registradas nos meses de setembro a dezembro considerados os meses mais quentes do ano. Segundo, Silva (2014), ocorrem em função dos altos índices de radiação global e o aquecimento da superfície do solo que geram gradientes de pressão e temperatura. A média da velocidade do vento para o mês de novembro apresentou maior velocidade no período com total de $4,6 \text{ m.s}^{-1}$, desvio padrão de $2,0 \text{ m.s}^{-1}$, moda é $5,3 \text{ m.s}^{-1}$, e a mediana é $4,9 \text{ m.s}^{-1}$ e os menores valores nos meses de março a julho. O mês de abril se destacou com a menor velocidade do vento com $2,4 \text{ m.s}^{-1}$. O valor mínimo ocorre em função do período chuvoso e a diminuição das temperaturas do ar.

Tabela 3 - Média, Mediana, Moda e Desvio Padrão da velocidade do vento (m.s^{-1}) para o período analisado.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
MÉDIA	3,9	3,5	2,9	2,4	2,5	2,6	2,9	3,6	4,2	4,5	4,6	4,3
MODA	4,4	4,1	1,1	0,8	0,9	1,4	1,1	4,4	4,8	5,3	5,3	5,0
MEDIANA	4,1	3,5	2,7	2,1	2,2	2,5	2,8	3,6	4,4	4,7	4,9	4,5
DESVIO P.	2,1	2,0	1,7	1,5	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7	1,7	2,0	2,1

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

6.2 Direção

A Tabela 4 apresenta os valores da direção predominante dos ventos para o período estudado. A direção média mensal em percentagem predominante que mais ocorreu durante o período estudado foi a direção nordeste (NE) com 35,5%, sendo os maiores valores registrados entre os meses de novembro a abril. Em seguida a direção leste (E) com 34,8% das observações, com destaque para o período de maio a outubro. A presença de calmarias na área de estudo compreendeu 1,3% das observações. A ausência de dados na área estudada compreendeu 6,0% das observações realizadas.

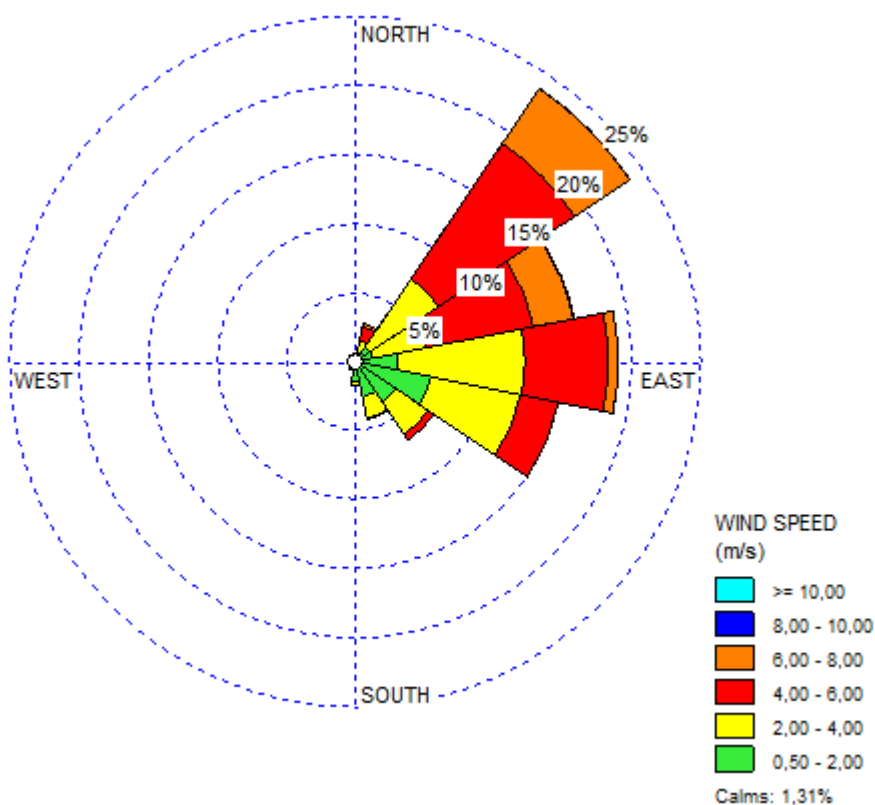
Tabela 4 - Tabela de variação da direção média mensal do vento em (%).

Mês	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMS	SR
Janeiro	1,7	42,1	30,6	6,4	1,5	0,6	0,4	0,4	0,6	16,4
Fevereiro	2,4	37,6	31,1	10	2,5	1,4	0,6	0,7	1,1	13,6
Março	4,6	40,4	28,4	14,4	6,1	2,6	1,5	1,5	2,2	0,5
Abril	5,2	30,1	28,3	19,4	9,1	3,8	2,0	2,0	3,5	0,0
Maio	2,4	28,9	31,5	23,2	9,3	2,5	1,2	0,9	3,3	0,1
Junho	1,3	25,8	32,4	25,6	9,8	1,2	0,5	0,5	2,6	2,9
Julho	0,6	21,6	29,1	27,1	8,6	0,6	0,2	0,2	1,3	12,0
Agosto	0,2	28,7	37,8	21,6	3,0	0,3	0,1	0,1	0,6	8,3
Setembro	0,1	35,3	46,5	16,1	1,3	0,2	0,0	0,0	0,3	0,5
Outubro	0,2	43,7	45,4	9,9	0,4	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2
Novembro	0,1	45,5	41,9	5,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	6,7
Dezembro	0,6	46,4	34,7	6,8	0,6	0,1	0,0	0,0	0,2	10,8
Média	1,6	35,5	34,8	15,5	4,4	1,1	0,6	0,5	1,3	6,0

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Baseado na Figura 5, verifica-se por meio da rosa dos ventos o comportamento médio da direção dos ventos do Município de Mossoró (RN), construído com dados climatológicos processados no WRPLOT VIEW. Nessa figura, observamos o comportamento da direção média anual dos ventos, durante o período de 2008 a 2019. As direções predominantes ao longo dos anos analisados foram nordeste: (NE), leste (E) e sudeste (SE), enquanto que as de menor predominância foram: oeste (W) e noroeste (NW).

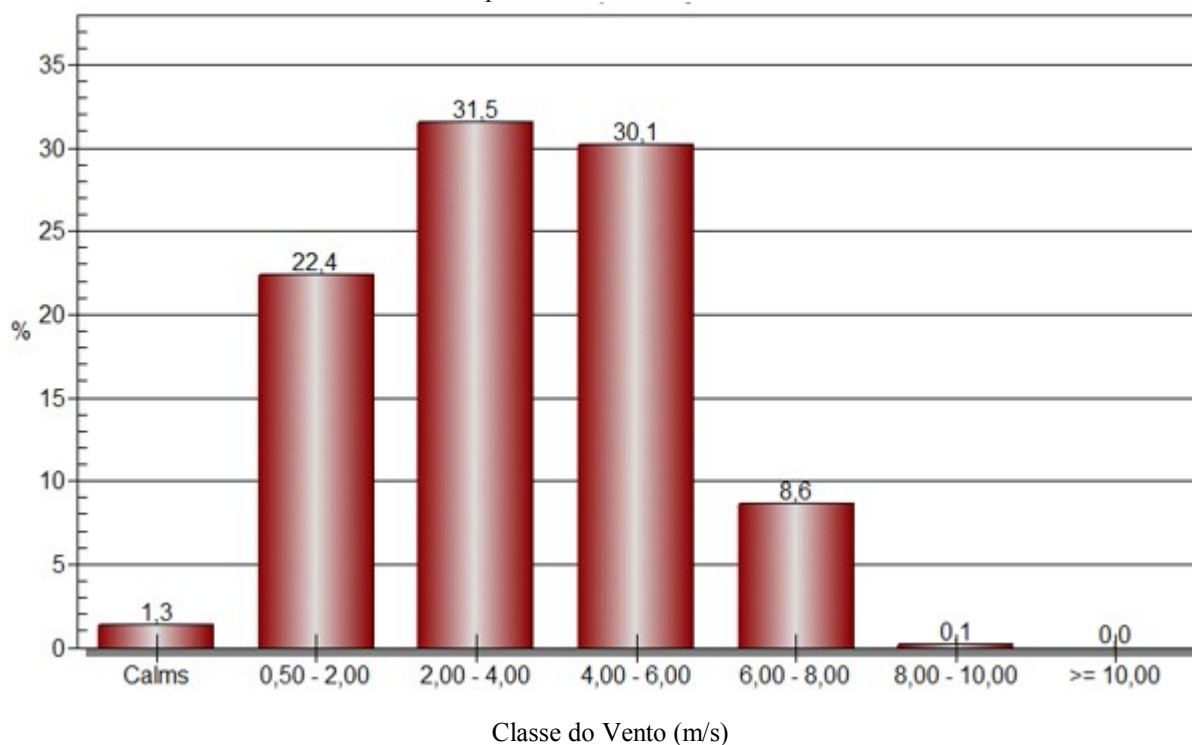
Figura 5 - Variação da direção predominante do vento ao longo dos anos estudados (2008 a 2019) em Mossoró-RN.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Em termos de velocidade do vento para o período, verifica-se na Figura 6, uma predominância de velocidade do vento entre $2,0$ a $4,0 \text{ m.s}^{-1}$, que totalizou $31,5\%$ dos totais horários medidos das direções, seguidos pela classe de $4,0 - 6,0 \text{ m.s}^{-1}$, que representou $30,1\%$ da direção dos ventos monitorados.

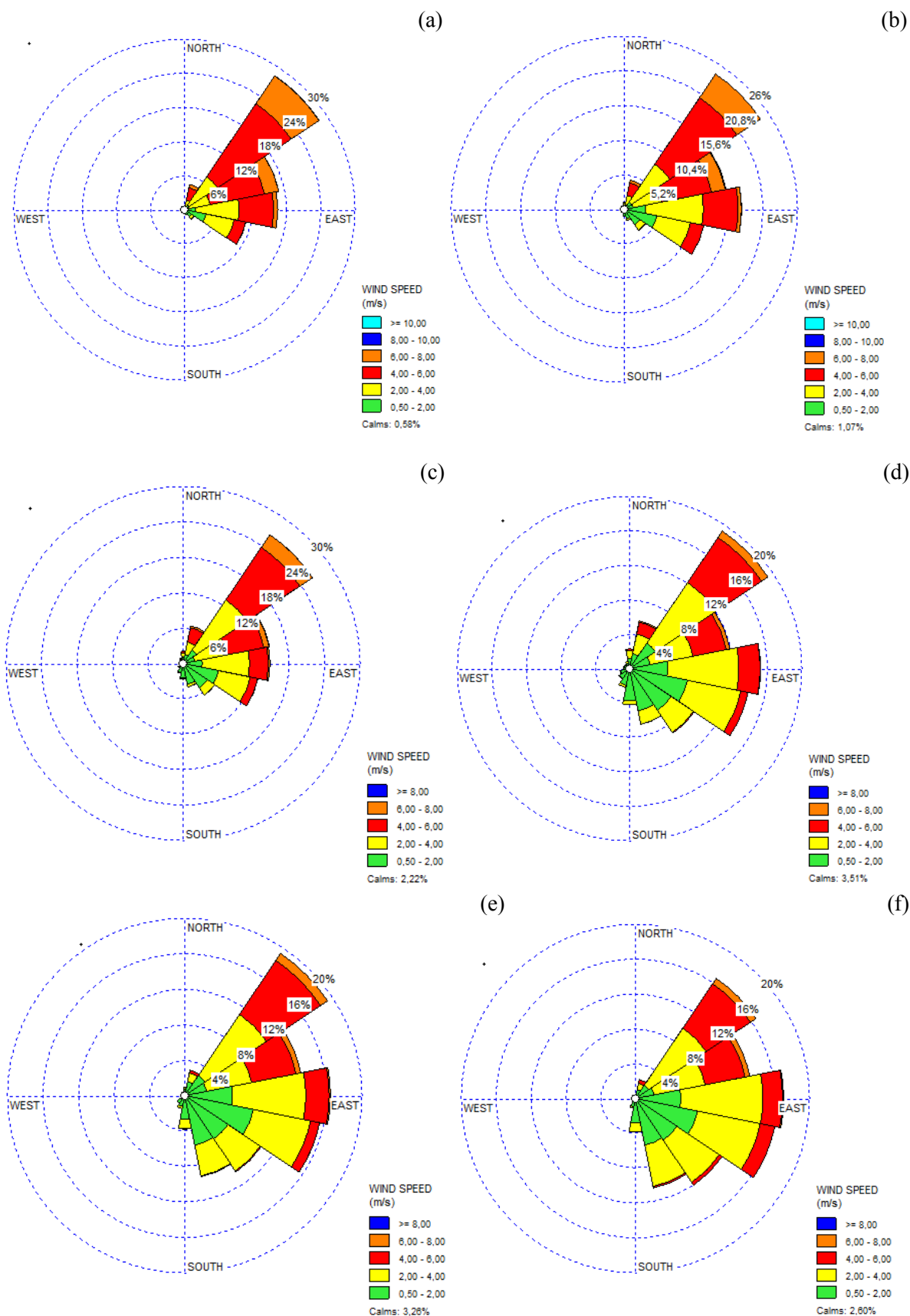
Figura 6 - Frequência e distribuição da velocidade do vento do município de Mossoró (RN), para o período compreendido entre 2008-2019.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A Figura 7 apresenta a direção média do vento para os seis primeiros meses do ano, (janeiro – junho) durante o período de 2008 a 2019 plotado no WRPLOT View versão 8.0.2. A análise da distribuição de frequência (%) da direção do vento indica que há, basicamente, o mesmo padrão de direção do vento, sendo a direção (NE) predominante nesse período, seguido das direções (E) e (SE).

Figura 7 - Direção do vento para a Região de Mossoró, RN, Rosa dos ventos (%) para os meses de janeiro (a), fevereiro (b), março (c), abril (d), maio (e) e junho (f) no período de 2008 a 2019.

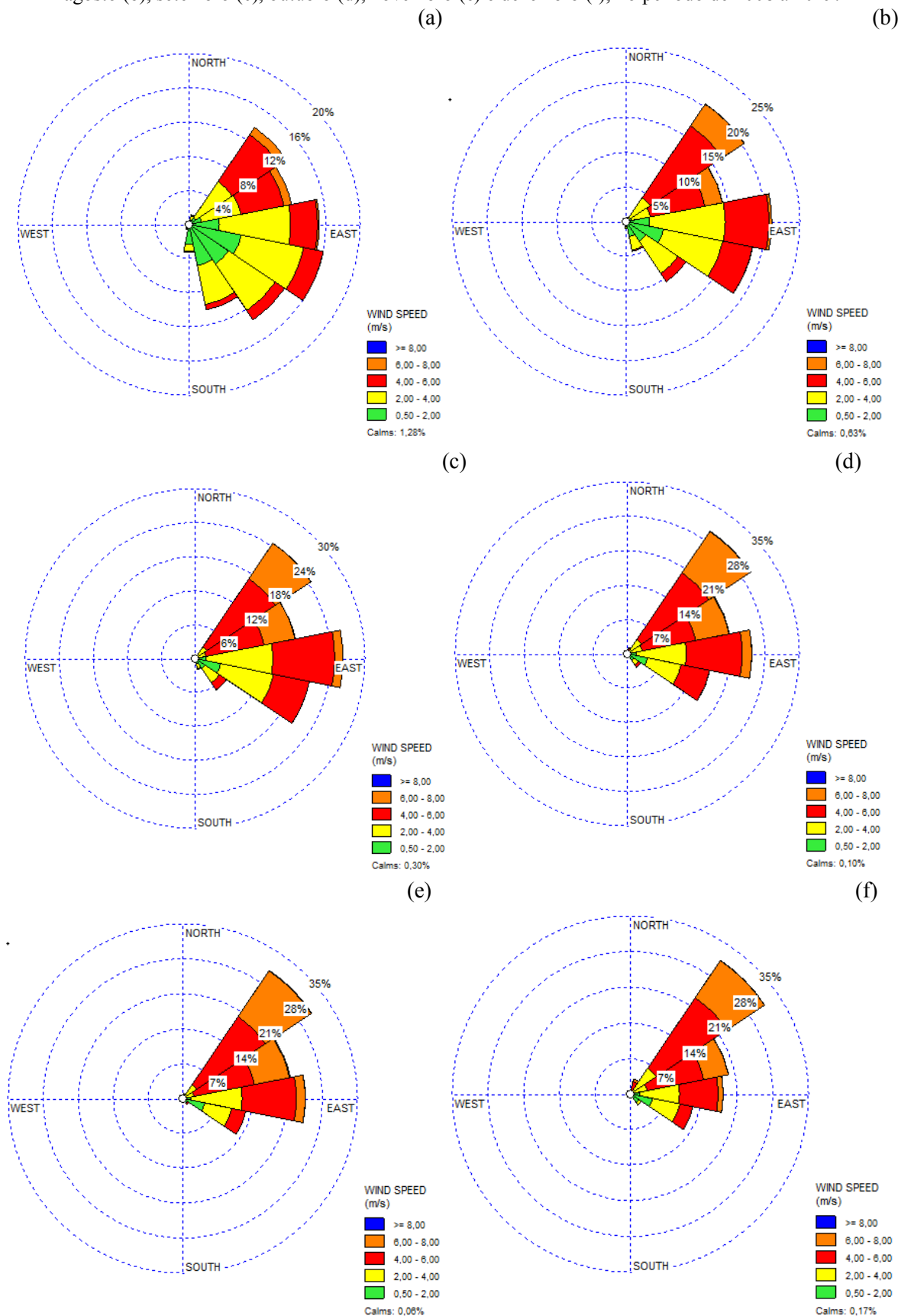


Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A Figura 8 apresenta a direção média do vento para os seis últimos meses do ano, (julho – dezembro) durante o período de 2008 a 2019 plotado no WRPLOT View versão 8.0.2.

Quanto à direção mensal dos ventos, verifica-se que há em Mossoró uma frequência de (E) que predominou nos meses de julho, agosto e setembro, e entre os meses outubro a dezembro, com uma maior persistência da direção (NE), presente no segundo semestre dos anos estudados.

Figura 8 - Direção do vento para a Região de Mossoró, RN, Rosa dos ventos (%) para os meses de julho (a), agosto (b), setembro (c), outubro (d), novembro (e) e dezembro (f), no período de 2008 a 2019.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Assim, foi possível observar a predominância da direção do vento no decorrer de todos os meses estudados para direção (NE), seguindo da direção (E) e (SE).

Segundo Chagas (1997), os ventos constantes permanecem numa mesma direção durante a maior parte do ano, com velocidades maiores nos períodos mais secos, de setembro a janeiro, e tendo como direção predominante (NE), assim, os resultados obtidos são concordantes com as observações feitas por Chagas (1997), que em 62% das frequências analisadas teve predominância do vento de (NE).

Entretanto, trabalho realizado por MORAIS et al. (2014) caracterizando a velocidade e direção do vento em Mossoró/RN concluíram que a direção predominante do vento no primeiro semestre foi (SE) e a do segundo semestre foi (E). Portanto, os resultados observados nesse trabalho se difere ao identificado por Moraes et al. (2014) para o primeiro semestre, embora o estudo destes autores abranja outra série temporal (2000-2008) e registrada em uma estação meteorológica pertencente a UFERSA. Pois obtivemos no período estudado a direção predominante de (NE) com destaque aos meses do primeiro semestre de janeiro a maio e para o final do segundo semestre de outubro, novembro e dezembro, em seguida a direção (E) destacando-se para o período julho a setembro e a direção (SE) no mês de junho.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa WRPLOT VIEW 8.0.2 mostrou-se como uma importante ferramenta de análise e gestão do comportamento dos ventos, por permitiu manusear dados de diferentes períodos e representá-los graficamente e estatisticamente.

Durante todo o período analisado é possível observar predominância de ventos Nordeste (NE) com maior incidência ocorrendo no primeiro semestre de (janeiro a maio) e no final do segundo semestre nos meses de outubro, novembro e dezembro, seguido das direções Leste (E) e Sudeste (SE).

O valor da velocidade média anual encontrado na área de estudo foi de $3,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Os meses de agosto a janeiro ventos sopram com intensidade superior à média, sendo que o mês de novembro é o de ventos com velocidades médias mais elevadas, isso ocorre devido os valores da temperatura e da pressão serem maiores nesse período, assim, consequentemente influencia na velocidade do vento.

Os meses de março a julho os ventos são menos intensos, sendo o mês de abril o de menor velocidade média encontrada no período estudado, isso pode ser explicado devido a ocorrência de chuvas nesse período do ano na região de Mossoró-RN.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, O. A. C., ZACK, M. B. J., SÁ, A. L. (2001) **Atlas do potencial eólico Brasileiro** – DF Brasil.
- ANANIAS, D. R. F. et al. **Análise probabilística da velocidade máxima do vento em Uruguaiana-RS, Brasil**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 9, p. 67794-67804, 2020.
- ARAÚJO JÚNIOR, G. do N. et al. **Caracterização da direção predominante, velocidade máxima e média do vento do município de Petrolina-PE**. Pensar Acadêmico, v. 17, n. 1, p. 43-49, 2019.
- CASTELHANO, F. J.; ROSEGHINI, W. F. F. **Caracterização da dinâmica dos ventos em Curitiba-PR**. Geosp Espaço e Tempo (Online), v. 22, n. 1, p. 227-240, 2018.
- CHAGAS, F. C. 1997. **Normais climatológicas para Mossoró-RN (1970-1996)**. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.
- COSTA G.B.; LYRA, R.F. da F.; **Análise dos padrões de vento no Estado de Alagoas**. **Rev. bras. meteorol.** vol.27 nº.1 São Paulo Mar. 2012.
- CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**, 2017. Disponível: <https://www.cptec.inpe.br/noticias/imprimir/22551>
- DIAS, N. S.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Sousa Neto, O. N.; Ferreira Neto, M.; Oliveira, A. M. 2010. **Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva**. R. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.7, p.755–761.
- FERREIRA, V. **Um Estudo Observacional de Rajadas de Vento Geradas por Tempestades Severas no Sul do Brasil**. 127f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Área de Concentração em Estudos e aplicações em tempo e clima. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria, 2017.
- GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. **Impactos Ambientais Urbanos**. - 3ªed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal>.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2023. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>
- MORAIS, J. M. de; Sobrinho, J. E.; Santos, W. O. de; Costa D. O. de; Silva S. T. A. da; Maniçoba, R. M. **Caracterização da velocidade e direção do vento em Mossoró/RN**, Revista Brasileira de Geografia Física V. 07 N. 04 (2014) 746-754.
- MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. **Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava, SP**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.23, n.1, p.30-34, 2008.
- NASCIMENTO, F. J. L.; TUBELIS, A. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984.
- NEVES, F. C. e MUEHE, D. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira**. Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. – n 27, Brasília, p222. 2008.

PANTOJA, P. H. B. et al. **Caracterização da magnitude e direção do vento em Linhares/ES**. Revista Científica Foz, v. 2, n. 1, p. 14-14, 2019.

ROCKETT, G. C. et al. **Análise espaço-temporal dos ventos no extremo norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. Pesquisas em Geociências, v. 44, n. 2, p. 203-219, 2017.

SANT' ANNA NETO, J. L. & TOMMASELLI, J. T. G.. **O Tempo e o Clima de Presidente Prudente**. UNESP, p38-52. 2009.

SANTANA, Lêda Valéria Ramos. **Análise da variabilidade e similaridade da velocidade do vento no Nordeste do Brasil** / Lêda Valéria Ramos Santana. – 2018.

SILVA, B. B. d.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E.; VENTURA, E. Variabilidade espacial e temporal do potencial eólico da direção predominante do vento no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 189-202, 2004.

SILVA, D. F.; BRITO, J. I. B. **Variabilidade do vento na bacia hidrográfica do rio São Francisco durante a ocorrência da ZCAS**. Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, v. 4, n. 2, p. 221-235, mai./ago. 2008.

SILVA, Sabrina Aiecha de Oliveira. **Análise de variáveis meteorológicas no município de Mossoró-RN (1970-2013)**. 2014.

TOMASINI, J. **Padrão de variabilidade do vento à superfície, em Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil: Implicações Ambientais**. 2011. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental)– Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES,Lajeado, 2011.

VAREJÃO-SILVA, M. **Meteorologia e Climatologia**. [S.l.: s.n], 2006.