



ANÁLISE DA DINÂMICA DOS VENTOS EM ARACAJU/SERGIPE

Francisco Castelhana
Universidade Federal de Sergipe

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo analisar a dinâmica dos ventos na cidade de Aracaju, capital do estado do Sergipe, nordeste do Brasil. O conhecimento a respeito desta variável meteorológica é fundamental para aspectos do planejamento urbano levando em conta sua influência na poluição atmosférica e conforto térmico. A análise em questão sucedeu-se sobre a uma série histórica de dados horários de direção e velocidade dos ventos. O período de dados analisados foi 2003 a 2019, sendo esta, a série em escala horária mais longa disponibilizada pelo INMET. Os dados foram tratados e trabalhados junto ao software R. Foram gerados boxplots que permitiram analisar a oscilação na velocidade dos ventos ao longo dos meses e das horas do dia. No mesmo software foram geradas rosas dos ventos que possibilitaram a compreensão das direções predominantes do vento na cidade nos diferentes meses e momentos do dia. Observou-se a predominância de ventos do quadrante leste, com velocidades médias entre 3,5 e 4 m/s e a forte influência de sistemas sinóticos regionais como equatorial atlântico e zona de convergência intertropical, e de mesoescala como as frentes de brisa marinha.

Palavras-chave: velocidade do vento; direção do vento; Aracaju.

ANALYSIS OF WIND DYNAMICS IN ARACAJU/SERGIPE

Abstract

This work aims to analyze the dynamics of the winds in the city of Aracaju, capital of the state of Sergipe, northeast of Brazil. Knowledge about this meteorological variable is fundamental for aspects of urban planning taking into account its influence on air pollution and thermal comfort. The analysis in question followed a historical series of hourly wind direction and speed data. The period of data analyzed was 2003 to 2019, this being the longest time scale series made available by INMET. The data were processed and worked with the software R. Boxplots were generated allowing the analysis of the oscillation of the wind speed over the months and hours of the day. In the same software, wind roses were generated that made it possible to understand the prevailing wind directions in the city in the different months and times of the day. There was a predominance of winds from the eastern quadrant, with average speeds between 3.5 and 4 m / s and the

strong influence of regional synoptic systems such as the Atlantic equatorial and intertropical convergence zone, and mesoscale such as the sea breeze fronts.

Keywords: Wind Speed; Wind Direction; Aracaju.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo analisar e descrever a dinâmica dos ventos na cidade de Aracaju, capital do estado de Sergipe, nordeste do Brasil. Aracaju, capital do estado do Sergipe, conta atualmente com uma população estimada (2018) de 648.939 habitantes, segundo dados do IBGE. O censo de 2010 aponta a totalidade da população do município como urbana e uma densidade demográfica alta, de 3140,65 hab./km².

A cidade se localiza no litoral central do estado do Sergipe, entre a foz do Rio Sergipe a norte e do Rio Vaza Barris ao sul (Figura 1). A proximidade dos rios e da costa reflete em seu relevo. Segundo Anjos (2017), a topografia é pouco diversa, com cotas chegando próximo a 100 metros em seus limites máximos. A paisagem da cidade é marcada por uma densa rede hidrográfica formando córregos, rios e mangues, que, segundo o autor, colaboram com algumas de suas características climáticas, como os próprios regimes de ventos, e umidade relativa do ar.

Figura 1. Localização de Aracaju / SE e sua Estação Meteorológica



Analisando seu clima, observa-se que a cidade está inserida na zona climática classificada como tropical litorâneo do nordeste oriental com um a três meses

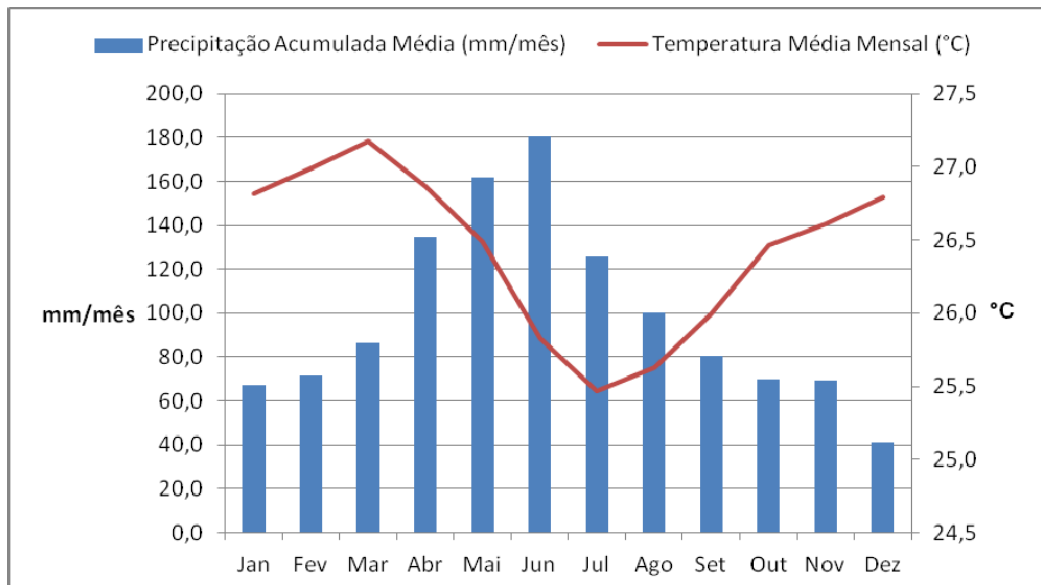
secos, de acordo com Danni-Oliveira e Mendonça (2007). O clima desta área é regido principalmente por massas de ar tropical (atlântica), equatorial (atlântica) e polar (atlântica), com intensa influência da Zona de Convergência Intertropical.

As características gerais do clima de Aracaju foram descritas por Pinto (2002) sendo elas a distribuição pluviométrica, que aponta uma estação mais seca (setembro a março) e outra chuvosa, (abril a agosto) e as elevadas temperaturas ao longo do ano. A figura 2 aponta as normais climatológicas para Aracaju de acordo com o INMET.

A média anual de temperaturas no município é 26,4°C. Observa-se que a cidade tem sua temperatura média mais baixa no mês de julho com 25,5°C, enquanto o mais quente é em março com 27,2°C, demonstrando uma amplitude baixa ao longo do ano, de 1,7°C.

As chuvas acumulam 1189,1 mm de precipitação anual média, apresentando padrão inverso ao comportamento das temperaturas, se mantêm baixas no verão e conforme se aproxima ao inverno seus níveis aumentam. O mês menos chuvoso é dezembro, com uma precipitação acumulada média de 41,1 mm, enquanto que, junho é o mais chuvoso com 180,4mm. O período chuvoso perpetua-se entre os meses de abril a agosto, concentrando cerca de 60% da precipitação anual neste período.

Figura 2. Médias Mensais de Temperatura e Precipitação. Aracaju/SE – 1991-2020



Fonte: INMET (2019)

A variável climática do vento situa-se como um dos aspectos meteorológicos com menos estudos, a despeito de sua importância, fato este que acomete também a presente área de estudo. O deslocamento do ar em decorrência das diferenças na pressão atmosférica origina o fenômeno a ser abordado, que por sua vez, tem

repercussões em diversos aspectos da vida cotidiana, justificando a importância de sua compreensão.

Diversos estudos demonstram a importância do conhecimento sobre os ventos para as sociedades, entre os quais citamos Gobo et al. (2017), que associam o efeito do chamado vento norte na cidade de Santa Maria, interior do Rio Grande do Sul a sensação térmica de desconforto e Alonso e Godinho (1992) que por sua vez demonstram o efeito dos ventos sob a questão da poluição atmosférica utilizando o caso de Cubatão, no ano de 1980, como um exemplo de tal relação. A região, que chegou a ser conhecida como Vale da Morte, por conta do alto nível de poluição, apresentava os seus piores episódios durante os eventos de ventos com baixa velocidade, em decorrência do predomínio de sistemas de alta pressão atmosférica.

No âmbito da região nordeste do Brasil, o conhecimento a respeito dos ventos tem se mostrado essencial para a análise do potencial em geração de energia elétrica por fontes eólicas, é o caso do Atlas Eólico do Estado da Bahia (2013).

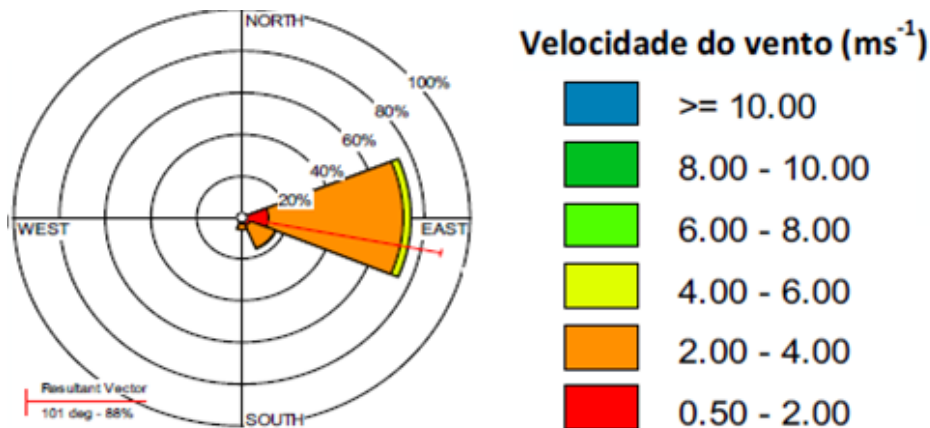
Especificamente no estado do Sergipe, pode-se citar os trabalhos de Sobral (2009) que analisa o potencial para geração de energia eólica de áreas rurais do estado e Silva et al. (2002) que analisam a dinâmica dos ventos para cidades do nordeste, entre elas Aracaju e Propriá, visando também descrever o potencial eólico das cidades.

Por fim, salienta-se o estudo realizado por Anjos (2017). O autor analisa a dinâmica dos ventos em sete localidades no estado de Sergipe. Segundo o autor, analisando uma série de dados de 2014 a 2017, observa-se na capital do estado, um predomínio de ventos do quadrante leste em mais de 70% do ano, com velocidades predominantes entre 2 e 4 m/s (Figura 3).

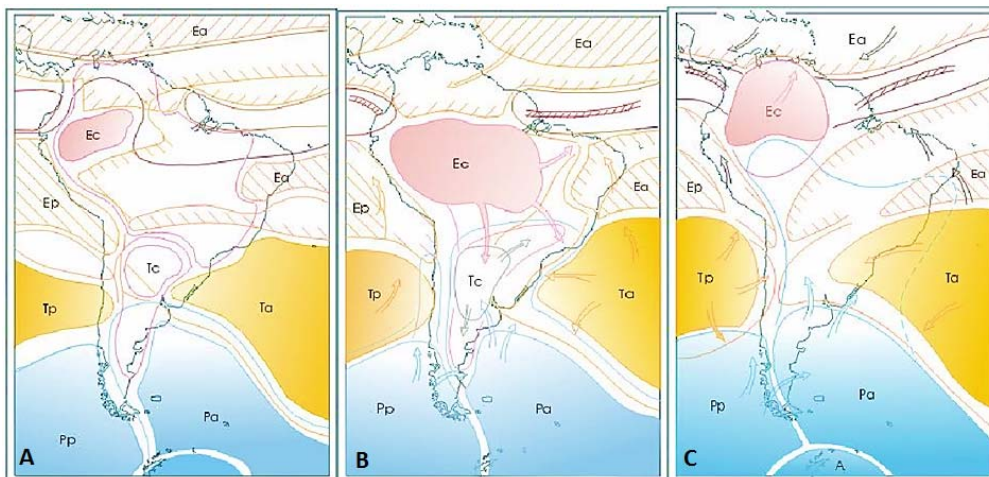
A dinâmica atmosférica citada anteriormente, em que observa-se o predomínio de sistemas atlânticos como o Equatorial Atlântico e Tropical Atlântico e da Zona de Convergência Intertropical, justificam o predomínio do quadrante leste apontado por Anjos (2017), respeitando um ritmo bem marcado em relação a direção e ao sistema atmosférico atuante em cada período do ano. (Figura 4).

Além dos sistemas regionais, Anjos (2017) destaca a importância do sistema de mesoescala da Frente de Brisa Marinha no regime de ventos de Aracaju. Segundo o autor, este sistema, fortemente influenciado pelas variações de temperatura de superfície do mar. Segundo o autor, o início da atuação das frentes brisa se caracteriza pelos ventos no quadrante leste e por velocidades médias acima de 3,5m/s.

Observa-se que as pesquisas a respeito de da dinâmica dos ventos, por mais que tenham sua importância demonstrada, ainda são poucas e com pouco detalhes, assim, o presente trabalho busca, com base em uma série de dados de dezessete anos de dados, analisar e descrever a dinâmica dos ventos na capital do Sergipe em escalas diárias e mensais.

Figura 3. Dinâmica dos Ventos em Aracaju / SE – 2014/2017.

Fonte: Adaptado de Anjos (2017).

Figura 4. Sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes na América do Sul: (A) anual, (B) verão, e (C) inverno.

Fonte: MONTEIRO, 1973.

METODOLOGIA

Para realizar a análise proposta pelo presente artigo foram utilizados dados em escala horária de direção e velocidade dos ventos da estação meteorológica oficial do INMET de Aracaju. A série utilizada inicia-se em fevereiro de 2003 e se finda em março de 2019, totalizando dezessete anos de dados, a maior série disponibilizada pela instituição na escala horária. Os dados de direção do vento providos pelo INMET estavam organizados por graus de azimute de 0° até 360° , correspondentes aos pontos cardeais e colaterais, já os dados de velocidade dos ventos encontram-se na medida de metros por segundo (m/s).

Os dados foram tratados em ambiente Excel de forma a terem quaisquer falhas devidamente localizadas e excluídas. A sequência de técnicas de análise seguiu a

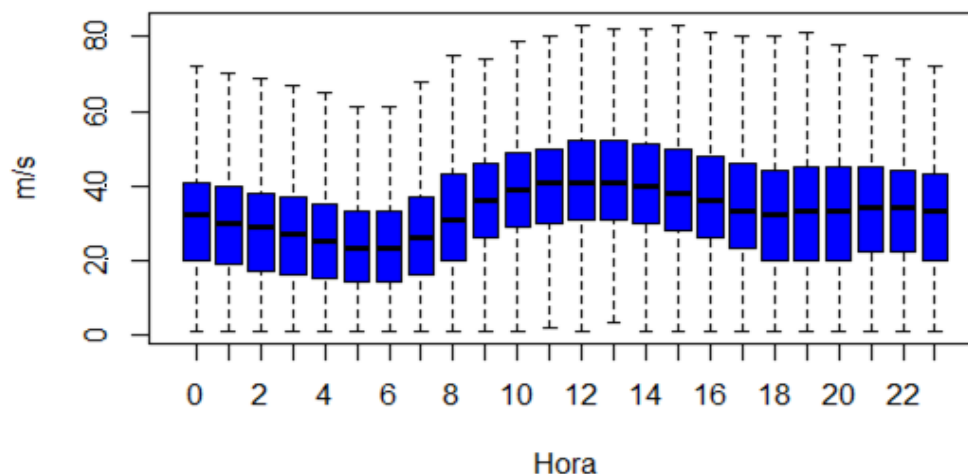
proposta feita por Castelhand e Roseghini (2018). Assim, primeiramente foram gerados *boxplots* com os dados de velocidade de vento em duas escalas, anual e diária. Tal técnica permite observar a oscilação dos valores máximos e mínimos e das medianas dos dados analisados por mês do ano e por hora do dia. Com a finalidade de se melhorar a visualização da oscilação dos valores, optou-se por excluir das *plotagens* os valores considerados *outliers*.

Na sequência, foram geradas rosa dos ventos também em escalas diária e anual. As rosas dos ventos possibilitaram a detecção das direções de vento predominante por mês e por hora do dia, associadas a velocidade dos ventos. Tanto os *boxplots* quanto as rosas dos ventos foram geradas a partir do pacote de dados *openair* no *software* Rstudio desenvolvido por Carslaw e Ropkins (2012). O pacote em questão foi desenvolvido para análise de dados e variáveis relativos a dinâmica dos poluentes atmosféricos, entre os quais a dinâmica dos ventos.

RESULTADOS

A análise da velocidade dos ventos pela técnica do *boxplot* revelou a oscilação desta variável ao longo de um dia. A figura 5 revela um predomínio dos valores mais baixos de velocidade dos ventos durante a madrugada e no início da manhã. A partir de 7h, momento em que inicia-se o período de insolação, observamos um aumento gradativo na velocidade dos ventos, até chegarmos ao pico entre 12h e 15h, quando novamente passamos a observar uma queda nestes valores. No horário de pico, a mediana ao longo do período observado flutua entre 3,8 e 4,1 m/s. Já nos momentos com velocidade menor, entre 4h e 6h da manhã, os valores atingem medianas de 2,3 a 2,7 m/s.

Figura 5. Oscilação Diária dos Ventos em Aracaju / SE – 2003/2019.

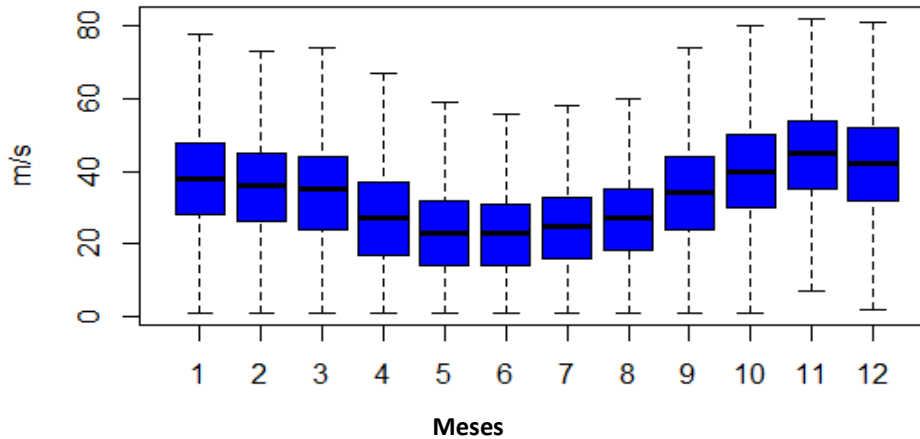


Fonte: INMET (2019).

A mesma técnica, quando aplicada aos dados em escala mensal, nos traz os meses de inverno como aqueles com menores valores de velocidade dos ventos (figura 6). Percebe-se que os valores mais intensos concentram-se nos meses de novembro, dezembro e janeiro. A partir de janeiro, os valores vão decaindo

gradativamente, atingindo seu pico inferior no mês de junho. Neste mês, a mediana registrada foi de 3,1 m/s, já no mês de novembro, aquele com maior mediana, o valor foi de 4,3m/s.

Figura 6. Oscilação Mensal dos Ventos em Aracaju / SE – 2003/2019.



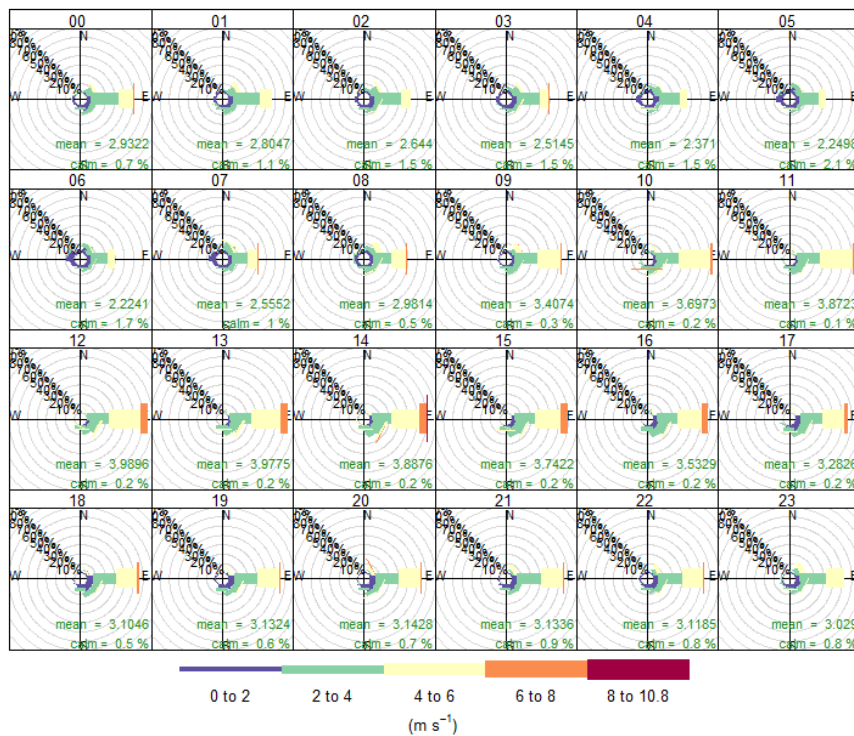
Fonte: INMET (2019).

A análise de direções predominantes revelou padrões diários semelhantes aos de velocidade. Em todas as horas do dia, percebe-se um predomínio do quadrante leste, todavia, nas primeiras horas do dia, este predomínio é de 40% em relação aos demais quadrantes. A medida que avançamos no dia, percebe-se que este predomínio passa a aumentar, chegando a 50% as 9h, 60% as 11h e acima de 70% entre 12h e 14h. Nas primeiras horas do dia, observa-se ventos oriundos do quadrante nordeste, por sua vez, após a metade do dia, crescem os ventos do quadrante sudeste (Figura 7).

Os padrões de direção do vento anuais na cidade são apresentados pela Figura 8. Percebe-se dois momentos distintos ao longo do ano para a direção dos ventos em Aracaju. O primeiro deles, entre setembro e abril, com forte predomínio do quadrante leste. Neste período, de novembro, dezembro e janeiro com mais de 70% dos ventos oriundos de tal quadrante.

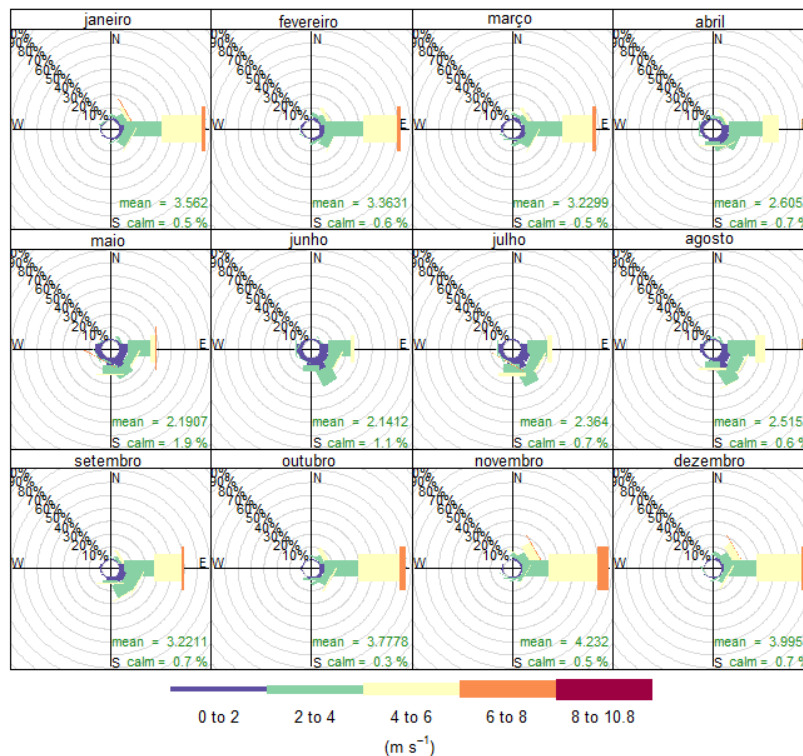
O segundo período, durante o intervalo entre maio e agosto, o predomínio do quadrante leste diminui. Em julho, por exemplo, pouco mais de 20% do período tem o predomínio do quadrante leste. Neste período vemos crescer também os ventos dos quadrantes sul e sudeste com destaque para junho em que os ventos de sudeste chegam a representar 20% dos ventos no período.

Figura 7. Oscilação Horária dos Ventos em Aracaju / SE – 2003/2019.



Fonte: INMET (2019).

Figura 8. Oscilação Mensal dos Ventos em Aracaju / SE – 2003/2019.



Fonte: INMET (2019).

CONCLUSÕES

Constatou-se que, para a cidade de Aracaju, o predomínio dos ventos ao longo dos meses e das horas do dia é majoritariamente do quadrante leste, em decorrência da ação dos sistemas atmosféricos atlânticos. Os resultados foram de encontro aos estudos de Anjos (2017) a respeito das Frentes de Brisa sob a cidade de Aracaju. Segundo o autor, as frentes são mais intensas durante os meses de verão, tornando a direção leste com maior predomínio no regime de direções.

O autor ainda aponta que ao longo do dia, as frentes de brisa atingem a cidade a partir de 12h, aumentando significativamente as velocidades médias do vento. As altas velocidades registradas entre o período de 12h e 16h, o período em que o vento encontra-se em seu ápice, reflete tais características.

Durante os meses de inverno, época com atuação mais forte dos sistemas polares tem-se um significativo incremento dos ventos de sul e sudeste e de velocidades mais baixas, dada a diminuição na atuação nas frentes de brisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de caráter descritivo objetivou-se a analisar o regime de ventos na cidade de Aracaju, capital do estado de Sergipe. A análise realizada confirmou estudos previamente realizados e aprofundou os conhecimentos a respeito de tal variável na localidade em questão.

Ressalta-se a importância de pesquisar a dinâmica dos ventos em áreas urbanas em função da já mencionada gama de fatores impactados diretamente por esta variável. Aracaju é uma capital federal cujas temperaturas máximas diárias ultrapassam 35°C durante o verão, requerendo estudos que municiem o poder público a agir a respeito do conforto térmico por exemplo.

A cidade também concentra os serviços, atividades turísticas e comércio do estado, apresentando trânsito intenso de veículos, que geram por sua vez problemas referentes a qualidade do ar em seu sítio urbano.

Fundada em 1855, Aracaju tem no Rio Sergipe uma de suas principais características históricas e paisagísticas. Além de presença marcante e estética no visual da cidade, e de garantir, como discutido anteriormente, boa circulação de ventos em seu entorno, foi a partir de dito Rio que se inicia a ocupação do município com a construção do Porto fluvial na atual área central.

A partir deste porto, ocorria o transporte, principalmente da produção açucareira do interior do estado, e a cidade passa a ganhar importância a nível regional. Aracaju passa a se desenvolver e crescer a partir do porto na região central, aglutinando comércio e serviços em seu entorno e adquirindo os primeiros traços do centro urbano visto nos dias hoje. O projeto inicial da cidade previa vias ortogonais em um formato de tabuleiro de Xadrez. Apesar de seu estabelecimento a partir de um projeto, Nogueira (2004) defende que a mesma não pode ser considerada planejada, pois o planejamento urbano mostra-se mais complexo e profundo do que traçados de ruas, exigindo a delimitação de funções, e previsões de crescimento urbano.

A orientação de suas vias centrais é apontada por Anjos (2017) como um dos responsáveis pela dificuldade na dispersão de poluentes na área central, justamente, a região onde as emissões são mais concentradas. Segundo o autor, as vias as vias centrais orientadas no sentido norte-sul, tendem a apresentar maiores concentrações de poluentes em decorrência dos efeitos da Brisa marítima, sobretudo no período da tarde e da noite

Este fato reforça novamente a importância da compreensão do regime de ventos da localidade como conhecimento preventivo a problemas na ordem dos poluentes atmosféricos.

Um maior detalhamento de dita dinâmica, envolvendo mais pontos de coleta de dados e séries mais extensas poderia complementar as presentes conclusões, todavia, a ausência de dados tanto espacial quanto temporalmente limita as análises a este respeito.

Por fim, reforça-se o diferencial do trabalho ao analisar uma variável climática pouco estudada, com tal riqueza de detalhes, ressaltando o caráter inédito do presente artigo para a área de estudo proposta

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa PNPd que propiciou este estudo.

REFERÊNCIAS

ANJOS, M.W., **Orientações climáticas para o planejamento urbano numa cidade costeira do nordeste do Brasil: Aracaju-SE**, Tese de Doutorado em Geografia, Universidade de Lisboa, 2017.

Atlas eólico: Bahia / elaborado por Camargo-Schubert Engenheiros Associados... [et al.]; dados do modelo mesoescala fornecidos por AWS Truepower.— Curitiba : Camargo Schubert ; Salvador : SECTI : SEINFRA : CIMATEC/ SENAI, 2013.

CARSLAW, D. C.; ROPKINS, K. **Openair: an R package for air quality data analysis**. Environmental Modelling & Software, v. 27-28, p. 52-61, 2012.

CASTELHANDO, F.J., ROSEGHINI, W.F.F., **Caracterização da Dinâmica dos Ventos em Curitiba**, Revista GEOUSP, v. 22, n.1, p. 227-240, 2018.

DANNI-OLIVEIRA, I.M; MENDONÇA, F. A., **Climatologia, Noções básicas e climas do Brasil**, Oficina de Textos, São Paulo, 2007.

GOBO, J.P.A., ALVES, R.R., SILVEIRA, T.S., ONÇA, D.S., MONTEIRO, L.M., WOLLMANN, C.A., GALVANI, E., **A Influência Do Vento Regional Na Sensação Térmica De Pedestres Em Espaços Urbanos Abertos: Estudo De Caso Do Vento Norte Em Santa Maria-RS**, Revista Ra'ega, v. 40, p. 110-129, 2017.

NOGUEIRA, A.D., **Análise Sintático-Espacial Das Transformações Urbanas De Aracaju (1855 – 2003)**, Universidade Federal da Bahia – Salvador, 2004.

PINTO, J. E. S. de S. O clima local de Aracaju-Se. In: SANT'ANNA NETO. João Lima (Org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: UNESP, 2002. P.43-60.

SILVA, B.B., ALVES, J.J.A., CAVALCANTI, E.P., DANTAS,R.E., **Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro**, Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.6 no.3 Campina Grande Sept./Dec. 2002.

SOBRAL, F.S.B., **Avaliação do potencial eólico para geração de energia na zona rural do Estado de Sergipe**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, 2009.