

Climatologia: Análises Tendências e Impactos Regionais em Áreas do Nordeste, Brasil



Prof. Moacyr Cunha Filho (org.)

Organizadores

Moacyr Cunha Filho
Marília Gabriela Medeiros Ordono Lages
Patricia Arruda de Moura
Raimundo Mainar de Medeiros
Djalma Euzébio Simões Neto
Antonio Samuel Alves da Silva
Borko Stosic
Cícero Carlos Ramos de Brito
Cristiane Rocha Albuquerque
Guilherme Rocha Moreira
Manoel Vieira de França
Milene Vieira Figueira
Reniison Neponuceno Araujo Filho
Romildo Morant de Holanda
Tatijana Stosic
Victor Casimiro Piscoya
Walfrido Siqueira Campos Junior
Ivanildo Batista da Silva Júnior
Syntia Regina Rodrigues de Souza

CLIMATOLOGIA: ANÁLISES, TENDÊNCIAS E IMPACTOS REGIONAIS EM ÁREAS DO NORDESTE, BRASIL

1ª Edição
Recife - PE



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

Profª. Maria José de Sena

Reitora da UFRPE

Profª. Maria do Socorro de Lima Oliveira

Vice-Reitora



EDITORA UNIVERSITÁRIA – EDUFRPE

Antão Marcelo Freitas Athayde Cavalcanti

Diretor da Editora da UFRPE

José Abmael de Araújo

Coordenador Administrativo da Editora da UFRPE

Josuel Pereira de Souza

Chefe de Produção Gráfica da Editora da UFRPE

Projeto gráfico final e arte de capa

Janilson Lemos de Araújo Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE

Biblioteca Central, Recife – PE, Brasil

C637 Climatologia: análises, tendências e impactos regionais em áreas do Nordeste, Brasil / Moacyr Cunha Filho... (et al.) (org.). – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2024.

111 p.: il.

Obra disponível na Versão impressa e PDF.

Inclui referências.

ISBN (físico) 978-85-7946-427-0

ISBN (digital) 978-85-7946-428-7

1. Administração pública 2. Tomada de decisão 3. Mudanças climáticas 4. Climatologia estatística 5. Temperatura atmosférica I. Cunha Filho, Moacyr, org.

CDD 551.6

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	5
PREFÁCIO.....	6
CAPÍTULO 1 - ATUALIZAÇÃO, TENDÊNCIAS, ANOMALIAS E IMPACTOS QUINQUENAIS CLIMÁTICOS NOS ELEMENTOS CHUVA E TEMPERATURA DO POVOADO RIBEIRA DE CABACEIRAS/PARAÍBA, BRASIL.....	7
CAPÍTULO 2 - CHUVA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO PELO MODELO DE PENMAN-MONTEIH PARA OS PERÍODOS 1963-1982, 1983-2001 E 2002-2019 EM AMPARO DE SÃO FRANCISCO/SERGIPE, BRASIL....	21
CAPÍTULO 3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA E SUAS TENDÊNCIAS NA TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO EM PERNAMBUCO, BRASIL ENTRE 2010 - 2022.....	39
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE CLIMATOLÓGICA URBANA DO MUNICÍPIO DE TERESINA/PIAUÍ, BRASIL..	58
CAPÍTULO 5 - DIREÇÃO PREDOMINANTE DO VENTO PARA RECIFE E CARUARU/PERNAMBUCO, BRASIL.....	70
CAPÍTULO 6 - MINIMUM TEMPERATURE ANOMALIES IN CARUARU/PERNAMBUCO, BRAZIL.....	92
INFORMAÇÕES DOS AUTORES.....	105

AGRADECIMENTOS

A realização deste livro, uma coletânea sobre aspectos climatológicos do Nordeste Brasileiro, foi possível graças ao apoio e colaboração de diversas pessoas e instituições.

Aos autores dos capítulos, que contribuíram com seus conhecimentos, especificidades e dedicação para o desenvolvimento das análises apresentadas.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, que apoiou diretamente a elaboração desta obra, oferecendo recursos, bibliotecas e bases de dados essenciais para os estudos aqui reunidos.

Aos colegas e colaborador@s das universidades e centros de pesquisa, que compartilharam ideias e promoveram debates que enriqueceram a análise dos fenômenos climáticos do Nordeste Brasileiro, o nosso reconhecimento e apreço.

A tod@s, o nosso sincero agradecimento.

PREFÁCIO

No livro *Climatologia: Análises, Tendências e Impactos Regionais em Áreas do Nordeste, Brasil*; aborda as nuances das mudanças climáticas e suas consequências nas regiões semiáridas. O estudo detalha a análise de dados históricos de precipitação e temperatura, explorando as tendências e anomalias climáticas em intervalos quinquenais. Com foco em locais específicos como o Povoado Ribeira de Cabaceiras, na Paraíba, Amparo de São Francisco e Sergipe. Os autores demonstram a relevância da climatologia aplicada para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes na gestão de recursos hídricos e na adaptação das atividades agrícolas.

Os capítulos exploram as influências dos sistemas atmosféricos regionais e locais, oferecendo uma compreensão detalhada de como as variações de temperatura e pluviosidade impactam diretamente a agricultura e o conforto ambiental da população. Ao longo da obra, são apresentados métodos analíticos, como a regressão linear e a aplicação do modelo de Penman-Monteith, demonstrando a aplicação, prática desses conhecimentos para a agricultura de precisão e sua sustentabilidade.

Este livro é um recurso valioso para acadêmicos, gestores públicos e profissionais das áreas de meteorologia, geografia e agronomia. Ele oferece uma base sólida para a implementação de políticas públicas e estratégias de manejo que promovam a resiliência e adaptação frente às mudanças climáticas, especialmente em regiões vulneráveis como o semiárido nordestino, nas tomadas de decisão.

A obra não apenas expande o conhecimento científico sobre o comportamento climático nessas áreas, mas também propõe soluções práticas, reforçando a importância de monitorar e entender as variações climáticas para um planejamento ambiental mais eficaz e sustentável.

Desejo aos leitores uma jornada enriquecedora por estas páginas, que trazem uma contribuição para o avanço das ciências ambientais no Brasil.

Dr. Djalma Euzébio Simões Neto
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Coordenador da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina

CAPÍTULO 1 - ATUALIZAÇÃO, TENDÊNCIAS, ANOMALIAS E IMPACTOS QUINQUENAIS CLIMÁTICOS NOS ELEMENTOS CHUVA E TEMPERATURA DO POVOADO RIBEIRA DE CABACEIRAS/PARAÍBA, BRASIL

Moacyr Cunha Filho, Marília Gabriela Medeiros Ordono Lages, Patricia Arruda de Moura, Walfrido Siqueira Campos Junior, Ivanildo Batista da Silva Júnior, Manoel Vieira de França, Raimundo Mainar Medeiros, Cícero Carlos Ramos de Brito

RESUMO

A variabilidade climática em uma determinada área exerce uma influência considerável nas atividades socioeconômicas, notadamente na produção agrícola, pecuária e na agricultura familiar. É essencial o estudo das mudanças e avaliações dos incrementos das chuvas e da temperatura média em intervalos quinquenais, assim como suas tendências, anomalias e impactos no Povoado Ribeira de Cabaceiras-Paraíba, além de sua relação com a agricultura e o conforto ambiental. O estudo utilizou a avaliação da evolução climática das médias quinquenais pluviométricas e térmicas médias (2010-2014; 2015-2019; 2020-2023), e nas avaliações das tendências climatológicas quinquenais, foram considerados os valores de temperatura média anual (°C) e das precipitações mensais e anuais (mm), onde foi realizada a análise de tendências por meio da regressão linear. O monitoramento das condições climáticas regional e local é crucial para os gestores no setor agropecuário e na gestão de recursos hídricos, pois permite identificar alterações que possam causar impactos aos sistemas de produção, manejo e planejamento agrícola, armazenamento de água e conforto térmico da população. E assim, podem ser mais assertivos em ações que impactem positivamente os sistemas produtivos em análise. As elevações nos índices pluviométricos foram resultado de chuvas extremas de grande magnitude e amplitude em curto intervalo de tempo, provocadas por movimentos atmosféricos descendentes e estabilidade térmica. O aumento de 0,2°C na temperatura durante o segundo período quinquenal deve-se às flutuações nas temperaturas mínimas da região.

Palavras-chave: Análise de tendências, conforto ambiental, mudanças climáticas, estatística clássica.

Introdução

Bergamaschi et al. (2017) demonstraram que, nas últimas décadas, a temática das mudanças climáticas tem recebido notável atenção mundialmente devido às crescentes preocupações que desperta, particularmente quanto aos potenciais impactos que as variações climáticas podem acarretar na disponibilidade hídrica, na perda de biodiversidade e na produção alimentar.

Giulio et al. (2019) afirmaram que o cenário das mudanças climáticas engloba uma ampla e crescente demanda por monopólio terrestre, onde se destaca a insuficiência na inclusão de conhecimentos sobre fenômenos extremos, como chuvas intensas e secas prolongadas, visto que os impactos são diretamente sentidos pela população, principalmente pela escassez de água.

De acordo com o relatório desenvolvido do IPCC (2023) - Intergovernmental Panel on Climate Change, o aquecimento global, influenciado pela humanidade e atualmente estimado em 1,1°C, tem provocado alterações e impactos significativos no clima do planeta. Assim a temperatura intensificará ainda mais a magnitude dessas mudanças.

Silva et al. (2005) afirmaram que as variações de temperatura e precipitação são elementos climáticos fundamentais para o entendimento da dinâmica do meio físico e no ciclo hidrológico. Compreendendo seu comportamento sazonal e tendências, é possível desenvolver estratégias para um planejamento ambiental mais

sustentável, envolvendo setores de energia, indústria, comércio, agropecuária e transportes. Alterações nessas variáveis são vistas como ameaças significativas à sobrevivência de diversos ecossistemas nos quais já se observam mudanças. Alterações térmicas e pluviiais têm impactos severos nos recursos hídricos, influenciando o consumo de água doce, as taxas de evaporação e evapotranspiração, a umidade, a produção energética e a agricultura.

Medeiros et al. (2015) analisaram a variabilidade espaço-temporal das variações de precipitação e temperatura no Estado da Paraíba, distribuídas pelas regiões homogêneas. Os resultados indicaram que as contribuições pluviométricas foram de 70% para a região do Litoral, 69% para as regiões do Agreste e Brejo, 66% no Cariri/Curimataú, 86% nas regiões do Sertão e 75% no Alto Sertão. Foi observado também uma diminuição das temperaturas entre maio e agosto no Agreste, Cariri/Curimataú e Alto Sertão, enquanto no Litoral, Brejo e Sertão, essa redução ocorreu de junho a agosto.

A diferenciação climática da região Nordeste do Brasil (NEB) é complexa (SILVA et al., 2008), uma vez que estabelece domínio de climas quentes de baixas latitudes, exibindo temperaturas anuais superiores a 18°C, observando territórios mais secos no interior e mais úmidos na costa leste do NEB. De acordo com Sales et al. (2000), em todo o Nordeste, as flutuações térmicas, acopladas às condições topográficas locais, são mais dependentes do que decorrentes de variações latitudinais.

Na região semiárida do Nordeste, observa-se que a precipitação é distribuída de maneira irregular, tanto temporal quanto espacialmente, com a ocorrência de longos períodos de seca. As temperaturas mantêm médias elevadas, proporcionando um potencial elevado para evaporação (CLEMENTE, 2021; MARENGO, 2008). Marengo et al. (2011) apontaram que a distribuição das chuvas é um reflexo da dinâmica atmosférica e também é influenciada por fatores locais como o relevo e a posição geográfica.

A FAO (2021) destacou que os rápidos desenvolvimentos e crescimentos municipais têm causado um impacto significativo sobre a terra e os recursos hídricos, ocupando terras agrícolas de alta qualidade. A organização também ressaltou que a agricultura de sequeiro é responsável por produzir 60% dos alimentos do mundo, utilizando 80% das terras cultivadas, enquanto as terras irrigadas produzem 40% dos alimentos, em apenas 20% das terras. A FAO apontou que a erosão do solo é a principal causa de perda da camada superior produtiva do solo, arrastando entre 20 e 37 bilhões de toneladas por ano. Essa condição diminuiu o rendimento das lavouras e a capacidade do solo de armazenar e reciclar carbono, nutrientes e água. As perdas anuais na produção de cereais devido à erosão foram estimadas em 7,6 milhões de toneladas.

Considerando a relevância da temática, este estudo objetivou analisar as atualizações e avaliações dos incrementos das chuvas e da temperatura média em períodos quinquenais, além de suas tendências, anomalias e impactos no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. O estudo também visou entender a relação desses elementos com a agricultura e o conforto ambiental na área mencionada.

Material e métodos

A área em estudo está localizada na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, situada nas áreas mais baixas do Planalto da Borborema (Figura 1). O Povoado Ribeira de Cabaceiras faz fronteira com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. Ele está posicionado na latitude de 7°43'S e longitude 36°36'W, com uma altitude de 391 metros, conforme dados da AESA 2024.



Figura 1. Localização do Povoado Ribeira de Cabaceira na América do Sul e Paraíba.
Fonte: Lages (2024).

Os elementos que causam chuva na área estudada são influenciados pelo clima, que é ativado pela Zona de Convergência Intertropical. Contribuem também os Vórtices Ciclônicos de altos níveis, as formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, auxiliados pelos ventos alísios do Nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor. As contribuições dos efeitos locais, como a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e a ocorrência de chuvas moderadas a fracas são observadas em quase todos os meses do ano (CUNHA et al., 2024).

Pela classificação climática de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al. (1953), o clima da área estudada é classificado como C1A'S1a' (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP e excesso acentuado no inverno). Segundo o método de Köppen (1928) e Köppen et al. (1931), o clima é do tipo BSH (clima quente de estepes, com temperaturas elevadas e chuvas esparsas no inverno, temperatura média de 22°C). O estudo de Alvares et al. (2014) reafirmou essa classificação para a área em questão.

O povoado Ribeira de Cabaceiras localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, especificamente na região do Alto Paraíba. Seus rios principais incluem o Taperoá, o Paraíba e o Boa Vista, além dos riachos Pombo, Gangorra, Pocinho, Varjota, Tanque, Fundo, Algoduais, Junco e Macambira. Dentro dos limites municipais encontra-se o Açude Público Epitácio Pessoa, também conhecido como açude de Boqueirão (AESA 2024).

Utilizaram-se dados mensais de precipitação (mm), interpolados pelo método da Média Ponderada Inversa do Quadrado da Distância, referentes aos municípios vizinhos. A interpolação permitiu o cálculo das médias quinquenais para os períodos de 2010-2014, 2015-2019 e 2020-2023. Os dados térmicos (°C) foram obtidos pelo software “Estima – T” (CAVALCANTI et al., 1994; CAVALCANTI et al., 2006), abrangendo os mesmos intervalos dos quinquênios pluviais.

Foi avaliada a evolução climática das médias quinquenais pluviais e térmicas (2010-2014; 2015-2019; 2020-2023). Na análise das tendências climatológicas quinquenais, consideraram-se os valores médios anuais de temperatura (°C) e as precipitações mensais e anuais (mm), com a regressão linear empregada para determinar a tendência.

Resultados e discussão

Coelho et al. (2016) demonstraram que a influência do Ciclo Neutro foi considerada atípica e mais seca devido ao sistema anômalo de alta pressão sobre o oceano Atlântico adjacente à região Sudeste. Esse sistema bloqueou a atuação dos sistemas frontais, favorecendo a manutenção do aquecimento oceânico através da maior incidência da radiação solar e desfavorecendo a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul. A análise da precipitação quinquenal entre 2010 e 2014 (Figura 2) revelou uma distribuição mensal irregular, com variabilidade nos gradientes e amplitudes. Essa variabilidade foi ocasionada pela distribuição inadequada dos elementos indutores de chuva na área de estudo e pela contribuição insuficiente dos sistemas pluviais de meso e microescala. Predominaram as baixas influências das formações de linhas de instabilidade, aglomerados convectivos e os efeitos locais. As similaridades com essas características estão documentadas nos estudos de Medeiros et al. (2022), Marengo et al. (2022) e pelo IPCC (2023).

As flutuações pluviais apresentaram variações de 95,9 mm em junho a 1,2 mm em setembro. Observou-se que, de março a julho, as chuvas foram crescentes, com exceção de maio. Os menores índices pluviais ocorreram em fevereiro, setembro e novembro, enquanto os picos mais elevados centraram-se em janeiro, abril, junho e julho, influenciados pelas formações de linhas de instabilidade, aglomerados convectivos e efeitos locais. A tendência da distribuição pluvial quinquenal indicou uma inclinação negativa e de baixa significância, sugerindo que nos próximos anos poderá ocorrer uma redução nas precipitações.

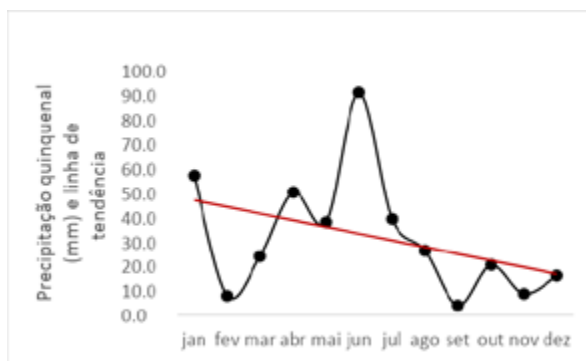


Figura 2 – Precipitação quinzenal (2010-2014) e a tendência linear pluvial para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As anomalias pluviiais positivas apresentaram oscilações que variaram de 0,2 mm em novembro a 34,6 mm em junho. Quanto às anomalias negativas, estas flutuaram de 0,3 mm em setembro a 34,6 mm em março. As demais anomalias exibiram irregularidades, atribuídas à falta de contribuição dos efeitos de meso e microescala, conforme ilustrado na Figura 3. Similaridades podem ser observadas nos estudos de Medeiros et al. (2022) e Marengo et al. (2022).

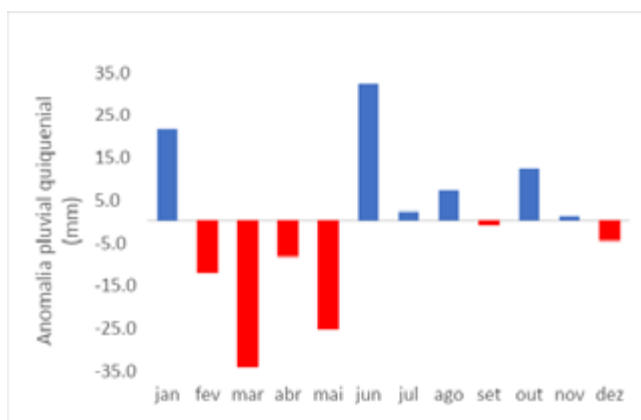


Figura 3 – Anomalia da precipitação quinzenal (2010-2014) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As oscilações térmicas médias, representadas na Figura 4, mostraram uma variação de 23,6°C em julho a 27,2°C em dezembro. Entre agosto e dezembro, registrou-se um incremento gradual na temperatura de 24,2°C para 27,2°C. Esse aumento pode ser atribuído à baixa intensidade dos ventos, à cobertura de nuvens, às chuvas isoladas de baixa magnitude e intensidade, aos focos de queimadas e aos movimentos verticais ascendentes. Os relatórios do IPCC de 2022 e 2023 forneceram análises que apoiam essas observações.

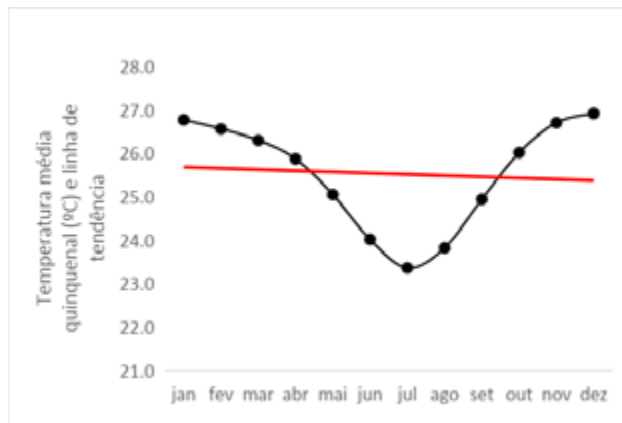


Figura 4 – Temperatura média quinzenal (2010-2014) e a tendência linear térmica para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As anomalias térmicas quinzenais (2010-2014) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, ilustradas na Figura 5, indicam anomalias negativas variando de $0,1^{\circ}\text{C}$ em dezembro a $0,02^{\circ}\text{C}$ em fevereiro. A exceção foi o mês de maio, que apresentou uma anomalia positiva. Essas anomalias negativas são atribuídas às flutuações da temperatura mínima na região de estudo, que são influenciadas pelas variações climáticas regionais e locais, bem como pelas oscilações dos sistemas de meso e microescala. Estudos de Marengo et al. (2021) e os relatórios do IPCC de 2021 a 2023 forneceram análises que confirmam essas observações.

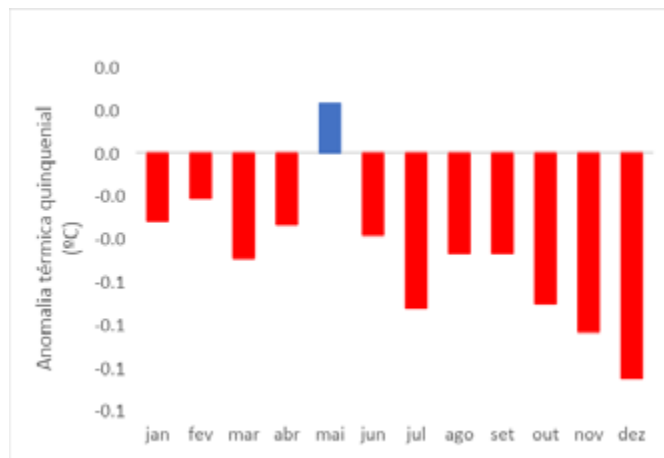


Figura 5 – Anomalia térmica quinzenal (2010-2014) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As oscilações quinzenais e suas tendências lineares pluviométricas, representadas na Figura 6, demonstraram um decréscimo nos índices pluviométricos entre agosto a novembro e em janeiro, com flutuações que variaram de 0,5 mm em outubro a 20,0 mm em janeiro. Observou-se um aumento de 30,5 mm em fevereiro a 36,8 mm em maio. As distribuições pluviométricas quinzenais foram irregulares, influenciadas por uma má

distribuição, ocorrências de bloqueios atmosféricos, movimentos verticais descendentes que provocaram redução de nebulosidade, variações térmicas e insolação direta à superfície, seguidas por chuvas isoladas de magnitude e intensidade variadas em curtos intervalos de tempo. A tendência da precipitação quinquenal foi representada por uma linha com coeficiente angular negativo e um R^2 de baixa amplitude, indicando expectativas de redução nos índices pluviométricos. Estudos de Medeiros et al. (2021), Marengo et al. (2021) e o relatório do IPCC (2023) forneceram análises que sustentam essas observações.

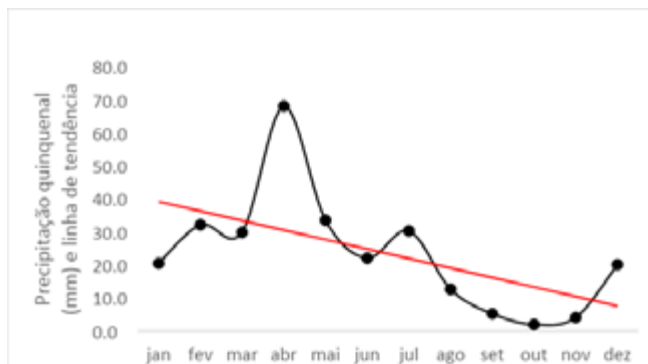


Figura 6 – Precipitação quinquenal (2015-2019) e a tendência linear pluviométrica para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A Figura 7 ilustra uma representação das variabilidades das anomalias pluviométricas quinquenais (2015-2019) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Neste quinquênio, predominaram anomalias pluviométricas negativas, com flutuações que oscilaram de 35°C em junho a 0,8°C em dezembro. Fatores como a cobertura de nuvens, a intensidade dos ventos, chuvas esparsas de magnitudes variadas e movimentos verticais descendentes, além da alta incidência de radiação solar, contribuíram para as variabilidades pluviométricas locais. Os meses de fevereiro e abril exibiram anomalias positivas com chuvas de intensidade moderada a fraca. Resultados semelhantes foram observados nos estudos de Marengo et al. (2021), Medeiros et al. (2015) e no relatório do IPCC (2023).

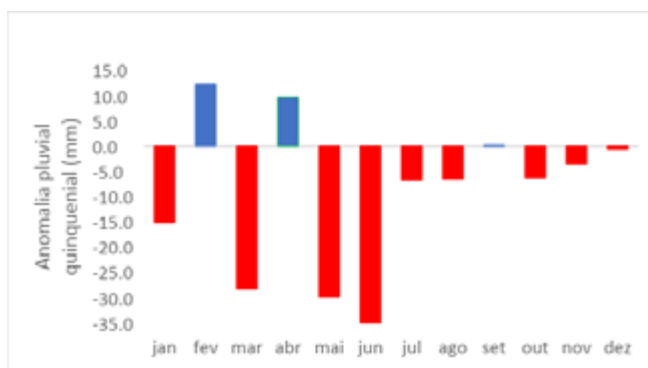


Figura 7 – Anomalia da precipitação quinquenal (2015-2019) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A Figura 8 ilustra a temperatura média quinzenal (2015-2019) e a tendência linear térmica para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, observou-se uma redução na temperatura média, variando de 27,0 °C em janeiro a 23,8°C em julho. Entre agosto e novembro, com temperaturas de 24,6°C a 27,2°C respectivamente, essa variação foi influenciada pelas chuvas isoladas, aumento na cobertura de nuvens e redução nos índices de insolação, conforme indicado por Marengo et al. (2021).

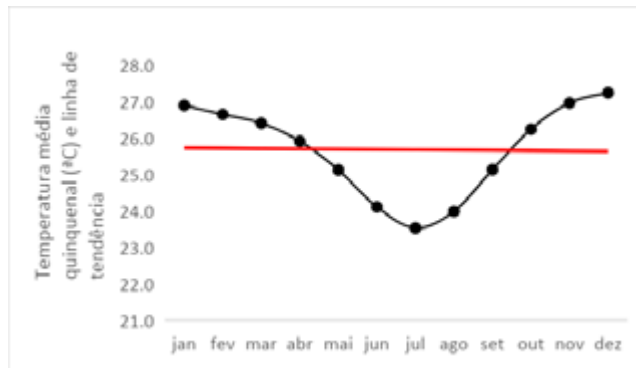


Figura 8 – Temperatura média quinzenal (2015-2019) e a tendência linear térmica para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura pode-se observar que as anomalias térmicas quinzenais apresentaram valores positivos, com variações que foram de 0,05°C em abril a 0,29°C em dezembro. Essas flutuações estão alinhadas com os resultados descritos nos relatórios do IPCC de 2022 e 2023.



Figura 9 – Anomalia térmica quinzenal (2015-2019) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Os dados da Figura 10 indicaram oscilações das precipitações quinzenais (2020-2023), nos quais foram observados índices pluviométricos irregulares com magnitudes e intensidades variadas. Essas variações foram provocadas pela atuação de sistemas descendentes, formação de linhas de instabilidade e aglomerados convectivos, além da contribuição dos ventos alísios, com índices pluviométricos variando de 1,2 mm a 120,5 mm.

O quinquênio apresentou uma tendência linear pluvial decrescente e um R^2 de baixa significância, indicando que, nos anos futuros, espera-se uma redução nas precipitações no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Relatórios do IPCC dos anos de 2021, 2022 e 2023 forneceram análises que apoiam essas observações.

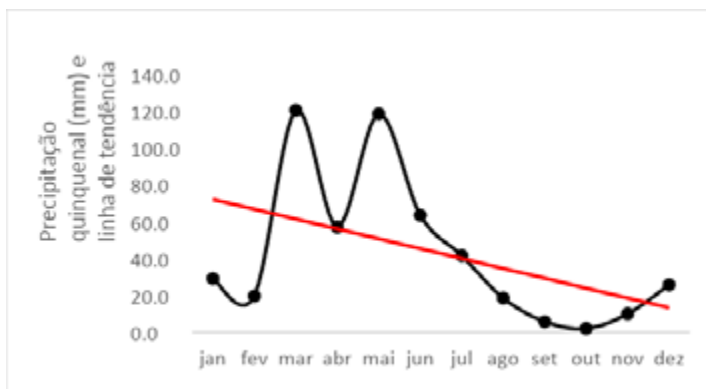


Figura 10 – Precipitação quinzenal (2020-2023) e a tendência linear pluvial para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 11 foram evidenciadas anomalias positivas e irregulares, com variações de 0,5 mm em setembro a 64,7 mm em março. Exceções foram notadas nos meses de janeiro, abril, agosto e outubro, observando-se anomalias negativas variando de 0,1°C a 6,2°C.

Tais irregularidades térmicas foram influenciadas por sistemas de meso e microescala, bem como pelos efeitos regionais e locais. Estudos realizados por Medeiros et al. (2015) e relatórios do IPCC de 2022 e 2023 apresentaram resultados que confirmam essas tendências.

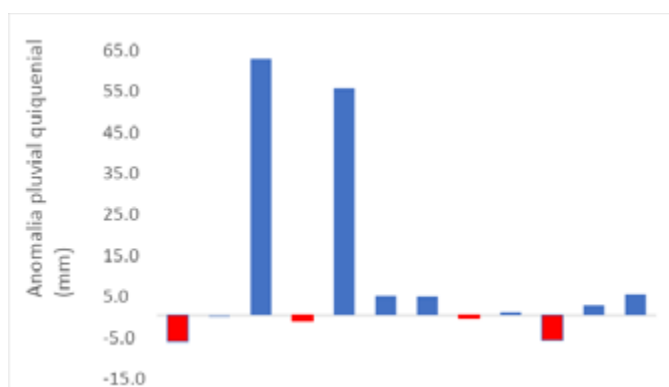


Figura 11 – Anomalia da precipitação quinzenal (2015-2019) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Entre 2020-2023, conforme ilustrado na Figura 12, a temperatura média quinzenal registrou reduções térmicas de janeiro a julho, com uma flutuação de 26,7°C a 23,2°C. Nos meses de agosto a janeiro, observou-

se um acréscimo térmico variando de 23,7°C a 27°C. Essas variações térmicas decorreram das atividades regionais e locais e das contribuições dos efeitos de meso e microescala, que sofreram bloqueios, reduzindo as intensidades dos ventos e da cobertura de nuvens regionais. O estudo de Marengo et al. (2011) apresentou resultados que confirmam essas tendências.

As oscilações térmicas quinquenais estudadas indicaram uma tendência linear decrescente e um R² de baixa significância.

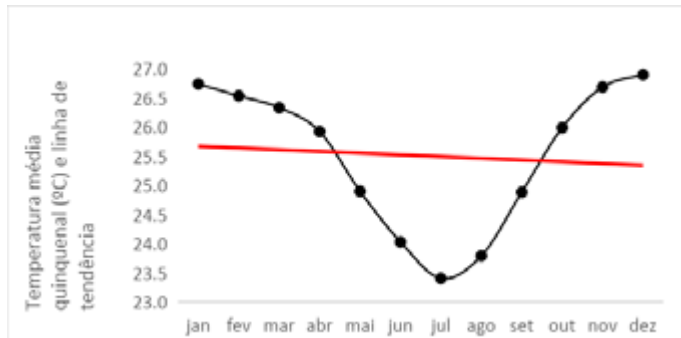


Figura 12 – Temperatura média quinquenal (2020-2023) e a tendência linear térmica para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

No período quinquenal de 2020-2023, conforme representado na Figura 13, foram registradas anomalias negativas variando de 0,15°C a 0,01°C. Os meses com maior variabilidade negativa foram fevereiro, março, junho e julho, enquanto os meses de agosto a janeiro apresentaram menor variabilidade. Em abril, observou-se uma anomalia positiva de 0,02°C, provocada pela incidência de queimadas e pela baixa cobertura de nuvens. As oscilações térmicas deste quinquênio mantiveram-se dentro das normalidades térmicas previamente registradas. O estudo de Medeiros et al. (2022) ofereceu comparações com essas similaridades.

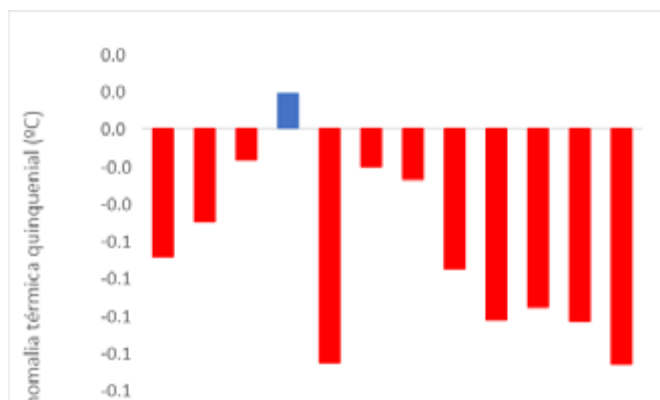


Figura 13 - Anomalia térmica quinquenal (2020-2023) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O gráfico presente na Figura 14 descreve as variabilidades pluviométricas e térmicas anuais para o quinquênio de 2010-2014, 2015-2019 e 2020-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba. No primeiro quinquênio

(2010-2014), a precipitação anual foi de 380,1 mm, representando um aumento de 135 mm em relação ao terceiro quinquênio (2020-2023) e uma diminuição de 73,3 mm em comparação com o segundo (2015-2019). Entre o segundo e o terceiro quinquênio, registrou-se um acréscimo pluviual de 182,8 mm.

As oscilações pluviuais observadas decorreram dos efeitos de meso e microescala, além das influências regionais e locais. As análises e discussões apresentadas por Marengo et al. (2011), Medeiros et al.(2015) e pelo IPCC (2023) ofereceram resultados alinhados com essas observações.

As oscilações pluviuais entre os quinquênios estudados não apresentaram alterações significativas entre o primeiro e o terceiro, ambos com uma média de 25,5°C. No entanto, em comparação com o segundo quinquênio, houve um aumento de 0,2°C. Essa variação foi causada pela incidência de queimadas, pela troca de calor e pela baixa intensidade dos ventos. Os relatórios do IPCC (2022) e IPCC (2023) forneceram análises que confirmaram esses estudos.

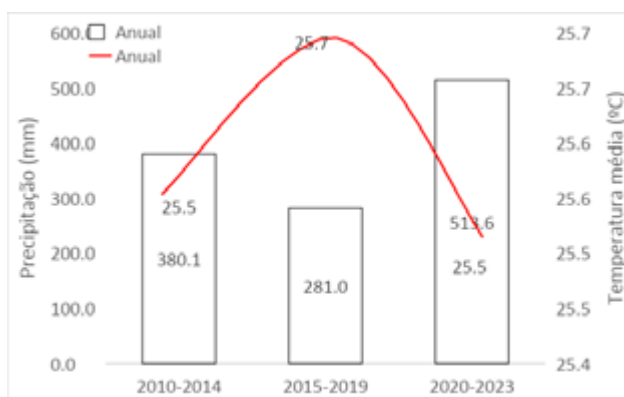


Figura 14 – Precipitação e temperatura anual quinquenal (2010-2014, 2015-2019 e 2020-2023) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Conclusão

Os resultados desta pesquisa ofereceram uma compreensão das tendências climáticas e de suas anomalias na região do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba. A análise dos dados quinquenais de precipitação e temperatura mostrou as variações climáticas que impactam diretamente a agricultura, a gestão de recursos hídricos e o conforto ambiental da população local. Ao entender essas variações, gestores e agricultores podem desenvolver estratégias mais eficazes para mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas, promovendo uma gestão mais sustentável e resiliente dos recursos disponíveis.

Além disso, a identificação das tendências de redução nas precipitações e o aumento gradual das temperaturas médias oferece subsídios para a implementação de políticas públicas focadas na adaptação às novas condições climáticas. Isso é especialmente importante em regiões semiáridas, nas quais os recursos hídricos são limitados e as atividades agrícolas dependem fortemente de condições climáticas favoráveis.

Do ponto de vista acadêmico, este estudo contribuiu para o avanço do conhecimento sobre as dinâmicas climáticas em nível local, proporcionando um modelo que pode ser replicado em outras regiões com características similares. A metodologia aplicada, baseada na análise de tendências e anomalias climáticas, pode servir como referência para futuros estudos que busquem entender as complexidades das mudanças climáticas em diferentes contextos geográficos.

Portanto, os resultados obtidos nesta pesquisa não apenas auxiliam a academia na compreensão dos padrões climáticos regionais, como também oferecem ferramentas práticas para a sociedade enfrentar os desafios impostos pelas mudanças no clima. A continuidade desses estudos, com a inclusão de outras variáveis climáticas e o monitoramento de mais regiões, poderá fornecer um quadro ainda mais completo, permitindo o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação cada vez mais eficazes.

REFERÊNCIAS

(AESA). Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa. **Base de dados**, 2023. Disponível em <<http://geo.aesa.pb.gov.br>>. Acessado: 03 de maio, 2024.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v.22, p.711–728, 2014.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agro livros, 352 p. 2017.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; DE SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 140-147, 2006.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 8. 1994. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBMET, v. 1, p. 63-109, 1994.

CLEMENTE, C. M. S. **Serviços ambientais e valoração dos estoques de carbono no semiárido baiano**. 2021. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia-Tratamento da Informação Espacial). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2021.

COELHO, C. A.S.; CARDOSO, D.H.F.; FIRPO, M. A.F. A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil. **Revista Climanalise**, p. 55-66, 2016.

CUNHA, A. L. X.; LIMA, K. P. B. A. ; HOLANDA, R. M. ; MEDEIROS, R.M.; FRANCA, M. V.; MARCELO FALLE SABOYA, LUCIANO.; MORAES, A. S.; ROCHA, L. G. PREVISÃO DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE. **RGSA (ANPAD)**, v. 18, p. 1-15, 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS (FAO). Alerta sobre degradação de um terço dos solos do planeta. Revista Tempo de aprender em Clima de Ensinar. **Informativo 275**, 2021.

GIULIO, G. M. D., Torres, R. R., Vasconcellos, M. D. P.; Braga, D. R.; Mancini, R. M.; & Lemos, M. C. (2019). Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no estado de São Paulo. **Ambiente & Sociedade**, 22, e02771.

IPCC. (2023). - Intergovernmental Panel on Climate Change. In Reports. Disponíveis em <<https://www.ipcc.ch/reports>>. Acessado em maio de 2024.

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022: **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C.; Roberts, M.; Tignor, E.S.; Poloczanska, K.; Mintenbeck, A.; Alegría, M.; Craig, S.; Langsdorf, S.; Löschke, V.; Möller, A.; Okem, B.; Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P.; Zhai, A.; Pirani, S.L.; Connors, C.; Péan, S.; Berger, N.; Caud, Y.; Chen, L.; Goldfarb, M.I.; Gomis, M.; Huang, K.; Leitzell, E.; Lonnoy, J.B.R.; Matthews, T.K.; Maycock, T.; Waterfield, O.; Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896.

KÖPPEN, Wladimir Peter. **Grundriss der Klimakunde**. W. de Gruyter, 1931.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. Gotha: verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.

MARENGO, J. A. (2008). Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, 27, 149-175.

MARENGO, J. A.; Alves, L. M.; Beserra, E. A.; & Lacerda, F. F. (2011). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, 1, 385-422.

MARENGO, JOSE A.; CUNHA, ANA P. ; CUARTAS, LUZ ADRIANA ; DEUSDARÁ LEAL, KARINNE R. ; BROEDEL, ELISANGELA ; SELUCHI, MARCELO E. ; MICHELIN, CAMILA MIRANDA ; DE PRAGA BAIÃO, CHEILA FLÁVIA ; CHUCHÓN ÂNGULO, ELEAZAR ; ALMEIDA, ELTON K. ; KAZMIERCZAK, MARCOS L. ; MATEUS, NELSON PEDRO ANTÔNIO ; SILVA, RODRIGO C. ; BENDER, FABIANI . **Extreme Drought in the Brazilian Pantanal in 2019-2020: Characterization, Causes, and Impacts**. *Frontiers in Water*, v. 3, p. 1-20, 2021.

MARENGO, JOSÉ ANTONIO; NUNES, LUCÍ HIDALGO ; Souza, Celia Regina de Gouveia ; Hosokawa, Eduardo Kimoto ; PEDRO, GREICILENE REGINA ; HARARI, JOSEPH ; MOREIRA, PAULA FRANCO ; FRANCO, PACITA LÓPEZ ; BANDINI, MARCOS PELLEGRINI ; GARCIA, PATRICIA DALSOGLIO ; GIRELI, TIAGO ZENKER . **Risk management and vulnerability to sea level rise in Brazil, with emphasis to the legacy of the Metropole Project in Santos**. *Derbyana*, v. 43, p. e768, 2022.

MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V.; HOLANDA, R. M.; ROLIM NETO, F. C.; ARAÚJO, W. R.; COUTINHO JUNIOR, J. C. M. **Temperaturas decadais extremas e média em São Bento do Una-Pernambuco, Brasil**. *RECIMA21: Revista Científica Multidisciplinar*, v. 2, n. 9, p. e29751-e29751, 2021.

MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; de França, M. V.; de Holanda, R. M.; Cunha Filho, M.; & de Araújo, W. R. (2022). Impactos das anomalias pluviiais nas atividades agrícolas em Alagoa Nova e Lagoa Seca-Paraíba, Brasil. **Research, Society and Development**, 11(3), e32311326608-e32311326608.

MEDEIROS, R.M.; MATOS, R.M; SABOYA, L.M.F. Oscilações Pluviométricas e da Temperatura Média do Ar em Seis Regiões Homogêneas do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física** V. 08 N. 03 (2015) 327-340. Disponível em www.ufpe.br/rbfgfe.

SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica. **Carta CEPRO**, Teresina, v. 18, n. 1, p. 149-161, 2000.

SILVA, A. M.; COSTA, D. L. C. R.; LINS, C. J. C. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. In: Semana do Meio Ambiente. **Anais...**, Recife, v. 5, 2008.

SILVA, JB da; LLOPART, M. P.; BOIASKI, N. Temperatura máxima do ar em Pelotas, RS-Tabelas de probabilidades em escalas de tempo pentadal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 267-276, 2005.

THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, Drexel Institute of Technology. **Publications in Climatology**; v. 10, n. 3, 1953.

CAPÍTULO 2 - CHUVA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO PELO MODELO DE PENMAN-MONTEIHL PARA OS PERÍODOS 1963-1982, 1983-2001 E 2002-2019 EM AMPARO DE SÃO FRANCISCO/SERGIPE, BRASIL

Moacyr Cunha Filho, Walfrido Siqueira Campos Junior, Marília Gabriela Medeiros Ordono Lages, Patricia Arruda de Moura, Renisson Neponuceno Araujo Filho, Guilherme Rocha Moreira, Djalma Euzébio Simões Neto, Raimundo Mainar Medeiros

RESUMO

Avaliar o desempenho do método empírico da estimativa da evapotranspiração, com o método padrão de Penman-Monteith, sugerido pela FAO-56, para Amparo de São Francisco/Sergipe nos períodos 1963-1982; 1983-2001 e 2002-2019 gerando seus respectivos gráficos e informações para os tomadores de decisões governamentais. O método de Penman-Monteith permite estimar a (ETo(PM)) em mm/mês e após seu computo, multiplicou-se pelo número total de dias de cada mês do ano, obtendo-se assim o modelo do Penman-Monteith estimado em mm/mês. O método padrão de Penman-Monteith, pode auxiliar no planejamento e gerenciamento da irrigação, principalmente por parte dos pequenos irrigantes que não têm acesso aos dados meteorológicos. Observou-se melhor adaptação do modelo de Penman-Monteith e Thornthwaite na estimativa da ETo onde seus resultados mostraram-se adaptação para a localidade estudada. Aconselha-se a avaliação de outros modelos para que possam proporcionar resultados mais apropriados as mesmas. Afirma-se que os modelos de Penman-Monteith e Thornthwaite são as melhores alternativas para o uso da evapotranspiração em Amparo de São Francisco/Sergipe.

Palavras-chave: Regime pluvial, métodos empíricos, métodos de predição, mudanças climáticas, gerenciamento de recursos hídricos, agricultura de precisão.

Introdução

A distribuição da precipitação na Terra é heterogênea, influenciada por fatores como o balanço de radiação e a dinâmica atmosférica (Marengo et al., 2015). Para Cohen et al. (2014) a precipitação induzida pela brisa fluvial, ao atingir o interior do continente, não é totalmente captada pelos pluviômetros das estações meteorológicas.

A evapotranspiração (ETP) representa a quantidade de água evaporada do solo e transpirada pelas plantas, sendo fundamental para o cálculo do balanço hídrico e a identificação de períodos de seca ou excesso de água (Camargo, 1999; Barros et al., 2012; Costa, Medeiros, Gomes Filho, 2015). Medeiros et al. (2021) realizaram um estudo sobre a ETP em Campina Grande (PB), no qual registrou ETP anual de 1076,8 mm, com oscilações de 105,4 mm (dezembro) a 71,3 mm (agosto). O menor valor no mês de agosto ocorreu por coincidir com o final do inverno no Hemisfério Sul. Os autores ainda relataram que a contribuição local tem grande importância sobre o aquecimento pontual, que se pode constatar nitidamente em seu estudo.

Pereira et al. (2012) descreveram que a mesorregião do Sertão Paraibano, apresentou um maior poder d'água evapotranspirada, quando comparada as outras regiões. Os mesmos descreveram que, as mesorregiões do Sertão, Borborema e Agreste, possuíam um baixo índice de precipitação, quando comparada à alta evapotranspiração anual, sendo o maior volume pluviométrico advindo da região Litoral paraibano.

França et al. (2021) avaliaram e compararam o desempenho de métodos empíricos de estimativa da

evapotranspiração pelos métodos de Hargreaves, Hargreaves-Samani, Camargo e Thornthwaite com o método padrão de Penman-Monteith, sugerido pela FAO-56, para Amparo de São Francisco/Sergipe. Os resultados mostraram que as mudanças de uso da terra, tais como agricultura, pastagem e reflorestamento causavam alterações na dinâmica d'água de uma bacia hidrográfica. O método de Penman-Monteith apontado pela FAO para a determinação da ETo, apresentaram valores diferentes das reais condições hídricas, pelo menos na área estudada, superestimando a ETo mensal em todos os usos da terra estudados. Este comportamento pode estar atrelado a radiação solar e a temperatura que são os fatores determinantes para a estimativa da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith.

A evapotranspiração terrestre é uma das mais importantes componentes do ciclo hidrológico, afetando o equilíbrio d'água na sua superfície. Sendo uma variável meteorológica bastante aplicada na tomada de decisão em hidrologia, agroecologia, irrigação e entre tantas outras áreas afins (Fu; Charles; Yu, 2009; Roderick; Hobbins; Farquhar, 2009). Observações em todo o mundo com diferentes climas mostraram que a demanda evaporativa medida utilizando-se tanques de evaporação tem reduzido ao longo dos últimos cinquenta anos. As quedas nos índices de evaporação para vários períodos desde o anos 1950 foram registradas em diversos países para os hemisférios incluindo os EUA, a ex-União Soviética (Golubev et al., 2001), Itália (Moonen et al., 2002), Austrália (Roderick, 2004), Nova Zelândia (Roderick; Farquhar, 2005), Canadá (Burn; Hesch, 2007), Índia (Jhaharia et al., 2009) e China (Liu; Yang; Xia, 2010).

Medeiros (2020) recorreu ao método da krigagem para especializar os elementos precipitação, evapotranspiração e evaporação prováveis ao nível de 75% de probabilidade para 187 municípios levando-se em consideração as estações verão e outono nas regiões: litorânea, zona da Mata e Agreste pernambucano, o autor determinou as cartas e informações para os tomadores de decisões governamentais. Concluíram que nas estações primavera e inverno as contribuições pluviais foram decorrentes dos efeitos locais, orografia e sistemas de escala local ocasionando chuvas fracas a moderadas em curto intervalo de tempo. Na falta de elementos meteorológicos necessários para determinar a evapotranspiração, a equação de Thornthwaite pode ser utilizada com razoável precisão para estimativa da evapotranspiração na área estudada.

Questões que envolvem estudos sobre frequência pluvial, agricultura e clima, precipitação, irradiação, mudanças climáticas, seca e evapotranspiração compuseram o principal elenco de assuntos contemplados entre 1980 e 1990, pois o clima constitui um dos principais elementos condicionantes da vida do homem sobre a superfície terrestre, bem como da produção de alimentos (Santos; Ribeiro, 2004).

Assis, Souza e Sobral (2015) asseguraram, as mudanças do clima vêm amplificando cada vez mais a problemática da insuficiência hídrica, sobretudo em áreas áridas e semiáridas do planeta, por esse motivo estudos sobre esse tema vem se tornando cada vez mais relevantes e constantes.

Tem-se como objetivo avaliar o desempenho de métodos empíricos de estimativas da ETo, com o método padrão de Penman-Monteith, sugerido pela FAO-56, para Amparo de São Francisco /Sergipe os períodos 1963-1982; 1983-2001 e 2002-2019 gerando seus respectivos gráficos e informações para os tomadores de decisões governamentais.

Material e Métodos

Amparo de São Francisco limita-se com Telha a Leste e a Sul, Canhoba a Oeste, o Estado de Alagoas a Norte. Com altitude de 51 metros e de coordenadas geográficas de 10°08'04" sul e 36°55'46" Oeste. (Figura 1).



Figura 1 - O Nordeste de Sergipe e o posicionamento da cidade de Amparo de São Francisco.
Fonte: França (2022).

Amparo de São Francisco localiza-se em uma área marcada por duas estações bem definidas, um período chuvoso fluindo de fevereiro a agosto e seu período seco entre setembro a janeiro. De acordo com a classificação climática de Köppen (1928) e Köppen e Geiger (1931), o município possui um clima do tipo “As” (quente e úmido tropical chuvoso). Os estudos dos autores Medeiros (2020) e Alvares et al. (2014) sustentam os resultados encontrados.. Foi utilizado dados de precipitações mensais e anuais fornecidos pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990); e Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (ENDAGRO-SE, 2020) entre 1963 a 2019. Os dados térmicos foram estimados pelo software “Estima – T” (Cavalcanti; Silva, 1994; Cavalcanti; Silva; Sousa, 2006). Os demais dados climatológicos foram estimados pelo método da interpolação simples (Medeiros, 2020).

Modelo evapotranspirativo de Penman-Monteith

Foi desenvolvido pela sua consistência visando avaliar a evapotranspiração (ETo(PM)) em diferentes locais e climas e por considerar como parâmetros de trocas de energia e fluxo de calor latente. Este método foi definido em 1990 pela FAO-56 (Allen et al., 1998) como o método padrão para estimativa de (ETo(PM)). Este método permite estimar a (ETo(PM)) em mm/mês e após seu computo, multiplicou-se pelo número total de dias de cada mês do ano, obtendo-se assim o modelo do Penman-Monteith estimado em mm/mês.

$$ETO_{(PM-56)} = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Em que:

ETO - evapotranspiração de referência, mm/mês;

R_n - saldo da radiação mensal, (MJ m/mês);

G - Fluxo de calor no solo, (MJ m/mês);

γ - constante psicrométrica, (kPa/°C);

u_2 - velocidade do vento a 2 m, (m.s⁻¹);

e_s - pressão de saturação do vapor d'água atmosférico, (kPa);

e_a - pressão atual do vapor d'água atmosférico, (kPa);

T - temperatura média do ar, (°C);

Δ é a tangente à curva da pressão de saturação do vapor d'água (kPa/ °C) e

γ é o coeficiente psicrométrico (0,0666 / °C).

Resultados e Discussão

A evapotranspiração e a evaporação, são as somas das perdas d'água proeminentes para as áreas semiáridas do Brasil, com isto é de grande importância à assimilação dos elementos que simulam o balanço hídrico regional (Tucci, 2005). Um dos fatores climáticos de importância no estudo da economia d'água dos reservatórios é a evapotranspiração visando uma utilização de forma racional. Isto porque o conhecimento da evapotranspiração pelas culturas leva em consideração a precipitação e as perdas operacionais dos sistemas de irrigação (Sediyama, 1996).

A evapotranspiração (ET_o) representa a chuva teoricamente necessária para não faltar nem sobrar água no solo e é utilizada na determinação do balanço hídrico para a identificação dos períodos de excesso ou escassez d'água (Camargo, 1999; Barros et al., 2012; Costa; Medeiros; Gomes Filho, 2015).

Na Figura 2a observam-se flutuações pluviiais irregulares e oscilando de 1,5 mm (1967 e 1978) a 138,7 mm (1965) e com média histórica inferior a 60 mm. Os maiores índices pluviiais registraram-se nos anos 1965, 1966, 1969, 1972 e 1974. As menores pluviometrias ocorreram nos anos de 1964, 1967, 1971 e 1978. A ETO fluiu entre 185 mm a 193,5 mm e suas oscilações interanuais foram de baixas intensidades ocasionadas pela baixa intensidade do vento e da cobertura de nebulosidade. A evapotranspiração superou os índices pluviiais em todo o período de estudos.

Os maiores índices pluviiais registrados nos meses de janeiro dos anos de 1997 e 1998 (Figura 2b) e os menores índices ocorreram nos anos 1993 a 1995. Estas flutuações nos índices pluviiais foram decorrentes dos sistemas sinóticos atuantes na microescala e escala regional (Medeiros et al., 2021). A ETO oscilou de 193,2 mm a 199,8 mm e suas oscilações anuais não foram superiores aos 10,5 mm. Os índices de ETO superaram os evapotranspirativos em todo o período de 1983-2001.

Os meses de janeiro do período de 2002 a 2019 (Figura 2c) registraram irregularidades pluviiais ocasionadas pelos bloqueios atmosféricos e o não auxílio dos sistemas de microescala e escala regional, destaca-se os anos de 2005 a 2019 onde os índices pluviiais não ultrapassaram os 110 mm essas variabilidades foram ocasionadas pelos bloqueios atmosféricos, perceber-se também que os índices evapotranspirativos superaram os pluviiais em todo o período. Os estudos de Camargo (1999), Medeiros et al.(2021) e Matos, Silva e Medeiros (2014) confirmam os resultados discutidos.

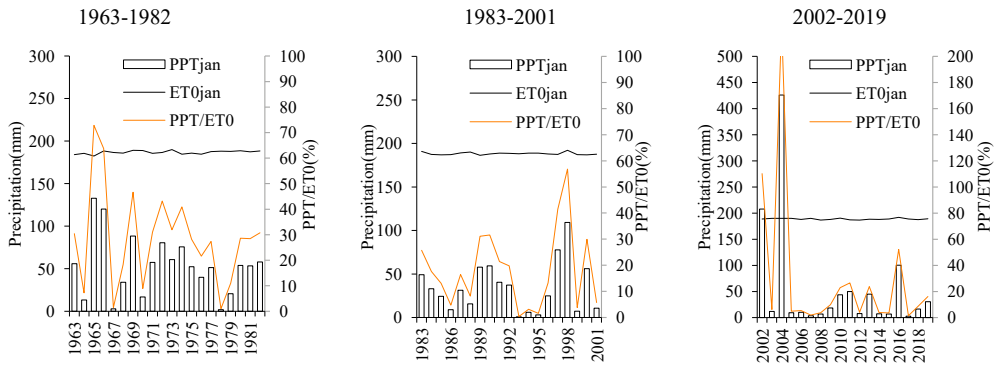


Figura 2 — Chuva e evapotranspiração de janeiro calculada pelo modelo de Penman-Monteih para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/Sergipe.
Fonte: França (2022).

No período de 1963-1982 (Figura 3a), registraram-se oscilações pluviais variando de 3,4 mm (1965) a 515,5 mm (1966). Durante o período, as irregularidades pluviais foram ocasionadas pelos sistemas inibidores ou provocadores de chuva que estavam bloqueados e não ocasionaram chuva dentro da normalidade. Essas flutuabilidades confirmam os estudos de Marengo et al. (2012) e Medeiros (2020). Os índices evapotranspirativos fluíram entre 180 mm a 195 mm, destacando-se que a evapotranspiração superou as cotas pluviais nos anos de 1968, 1970 e 1979. Nos demais anos, a ETP registrou-se baixa ou próxima às taxas pluviais.

Na Figura 3b, a evapotranspiração superou os índices pluviais em todo o período (1983-2001). Suas oscilações interanuais variaram de 57,5 mm (1989) a 59,6 mm (1988). As chuvas interanuais variaram de 10,2 mm em 1988, 1999, 1995, 1996 e 2001. Essas flutuações estão de acordo com os estudos de Camargo (1999).

As oscilações pluviais variaram de 5,2 mm (2006) a 76,6 mm (2007; 2008), (Figura 3c) com distribuição irregular e de baixa magnitude. O período 2002-2019 apresenta similaridades de oscilações segundo o estudo de Marengo et al. (2012). Destacam-se as oscilações evapotranspirativas, que variaram de 69,8 mm (2003) a 77,8 mm (2016). Observou-se que os índices evapotranspirativos foram superiores aos pluviais Inter anualmente. O estudo de França et al. (2021) está de acordo com as discussões apresentadas.

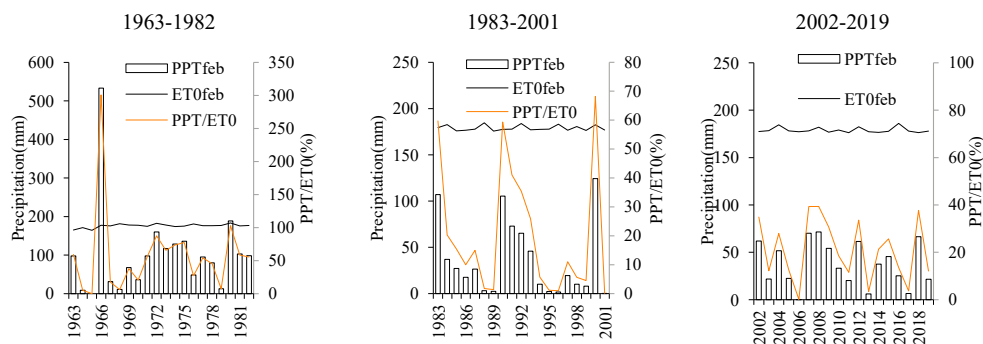


Figura 3 — Chuva e evapotranspiração de fevereiro calculada pelo modelo de Penman-Monteih para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/Sergipe.

Fonte: França (2022).

Com chuvas acima da média (112,4 mm) registrou-se para os anos:1964; 1966; 1970; 1971; 1973; 1974;1976; 1978 e 1981. Os anos de 1971 e 1980 registraram chuva na média (112,4 mm), os demais anos as chuvas foram abaixo da média (Figura 4a). Os anos 1983; 1984; 1986 e 1989 a 1992; 1997; 2000 e 2001 os índices pluviométricos foram acima da normalidade (70 mm). Os anos restantes fluíram abaixo da média histórica (Figura 4b). No período de 2002 a 2019 os índices pluviométricos em sua grande maioria dos anos ocorreram com cotas inferiores aos 50mm excetos os anos 2003; 2007; 2008; 2016 e 2019 os quais foram acima da média climatológica (Figura 4c). A evapotranspiração anual superou os índices pluviométricos em todo os anos do período.

A ETO anual oscilou superior aos índices pluviométricos, já a relação PPT/ET0(%) registrou-se próximo aos valores pluviométricos.

Estes resultados estão de acordo com vários estudos realizados para o semiárido nordestino, conforme (Guedes Filho et al., 2011; Marengo et al., 2012; Matos; Silva; Medeiros, 2014; Medeiros et al., 2021).

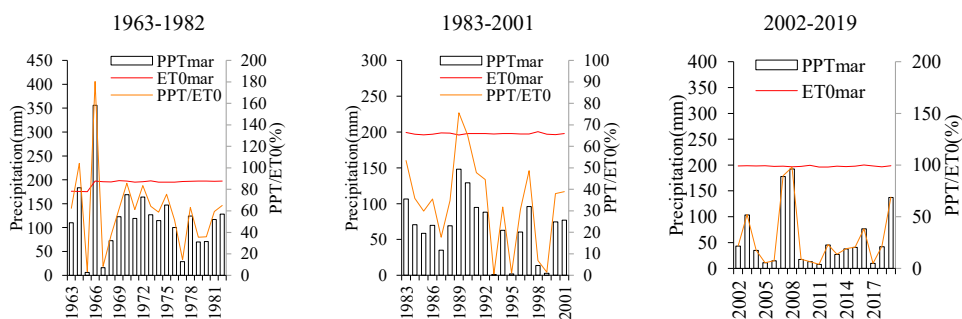


Figura 4 — Chuva e evapotranspiração de março calculada pelo modelo de Penman-Monteih para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/ Sergipe.

Fonte: França (2022).

As chuvas variaram de 12,2 mm (1980) a 815,2 mm (1966), com média anual de 289,9 mm (Figura 5a). As irregularidades pluviiais foram decorrentes dos sistemas provocadores ou inibidores de chuvas na região e estão de acordo com os estudos de França et al. (2021) e Medeiros (2020). A evapotranspiração interanual foi inferior à precipitação nos anos 1963-1971, 1976, 1978 e 1979. A relação PPT/ETo(%) registrou valores inferiores ou próximos às chuvas nos anos 1966, 1967-1978 e nos anos 1981 e 1982.

Na Figura 5b, tem-se os anos com cotas pluviiais superiores à média, assim como os índices erosivos, que são: 1983, 1987, 1989 a 1992, 1997 e 2000. Observam-se os anos com variabilidades pluviiais e erosivas abaixo da média para os anos: 1984 a 1986, 1987, 1993 a 1995, 1998, 1999 e 2001. Os estudos de Marengo (2008) e Marengo et al. (2011) estão de acordo com as oscilações pluviiais observadas, e os estudos de Lenzi, Cunha e Campos (2020) e Gamasri et al. (2016) apresentam similaridades com os resultados discutidos.

A relação PPT/ETo(%) foram iguais aos pluviiais, ou seja choveu e evapotranspirou igual ao seu valor. A ETo oscilou de 11,1 mm (1993) a 165 mm 1990.

A ETo oscila de 100 a 106,6 mm e os índices pluviiais de 30 mm a 275 mm. A relação PPT/ETo(%) praticamente oscilou junto à pluviometria. Tais flutuações confirmam os resultados obtidos por Costa, Medeiros e Gomes Filho (2015).

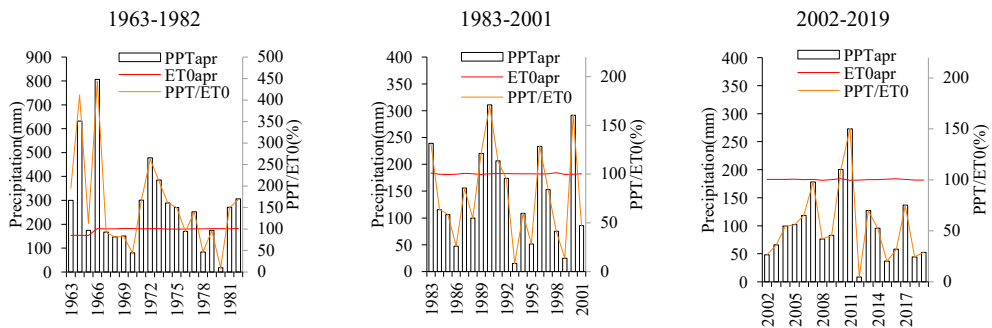


Figura 5 — Chuva e evapotranspiração abril calculada pelo modelo de Penman-Monteith para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/Sergipe.

Fonte: França (2022).

O mês de maio é caracterizado com chuvas moderada a forte na área estudada, esta área sofre influências dos sistemas inibidores e provocadores de chuvas os quais contribuem para sua distribuição irregular ou não conforme visualizadas nas figuras abaixo.

No período de 1963 a 1982, registrou-se uma média histórica de precipitação pluviial de 250,3 mm, com oscilações anuais variando de 12,5 mm (em 1970) a 548,8 mm (em 1977). Os anos com maiores pluviometrias foram 1964, 1966 e 1977. Os anos de baixa pluviosidade foram 1970 e 1980.

A ETo oscilou de 98,8mm em 1965 a 112,5 mm em 1982. Na relação PPT/ETo(%) registrou-se ETo abaixo ou entre os índices pluviiais.

Alencar, Sediya e Montovani (2015) observaram uma superestimação da evapotranspiração mensal pelo método de estimativa de Penman-Monteith e atribuíram o resultado à velocidade do vento, o que confirma os resultados discutidos.

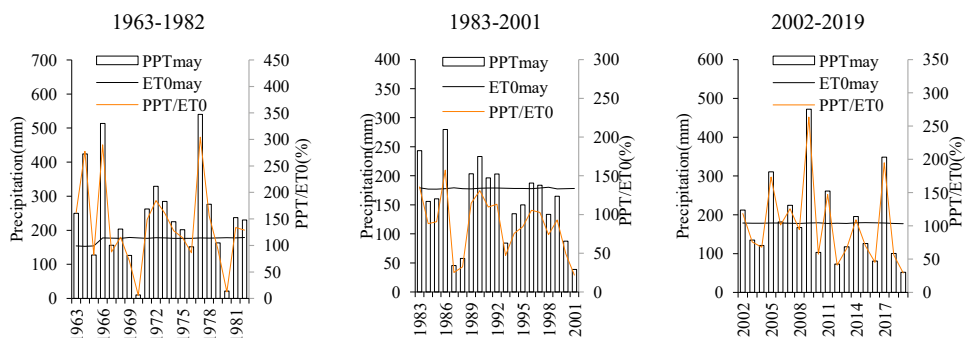


Figura 6 — Chuva e evapotranspiração de maio calculada pelo modelo de Penman-Monteith para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/Sergipe.
Fonte: França (2022).

As variabilidades pluviiais no período de 1963 a 1982 (Figura 7a) demonstram variações irregulares entre os anos, com oscilações de 72,2 mm (em 1970) a 302,5 mm (em 1964). Os índices pluviiais variaram de 340 mm (em 1994) a 125,2 mm (em 1993) (Figura 7b). Na Figura 7c, a pluviometria variou de 75 mm (em 2007 e 2011) a 280 mm (em 2017). Essas variações confirmam os resultados dos estudos de Marengo et al. (2012) e Cassol et al. (2008). A ET_0 variou entre 88,8 mm e 120,2 mm; na relação $PPT/ET_0(\%)$, a evapotranspiração esteve próxima ou abaixo dos índices pluviiais, o que confirma as discussões de França et al. (2021).

A Figura 7b mostrou oscilações pluviiais com irregularidades e magnitudes diferenciadas, ocasionadas pelos efeitos locais e pela troca de calor. O poder evapotranspirativo entre os anos variou abaixo e acima da precipitação, o que confirma os resultados de Alencar, Sediya e Montovani (2015). Na relação $PPT/ET_0(\%)$, o poder da ET_0 foi igual ou inferior aos índices pluviiais.

A relação $PPT/ET_0(\%)$ mostrou que o poder da ET_0 foi igual ou inferior aos índices pluviiais. As irregularidades pluviiais foram ocasionadas pela troca de calor e pelos efeitos sinóticos de meso e microescala, o que sustenta o estudo de Marengo et al. (2015) e França et al. (2021) (Figura 7c).

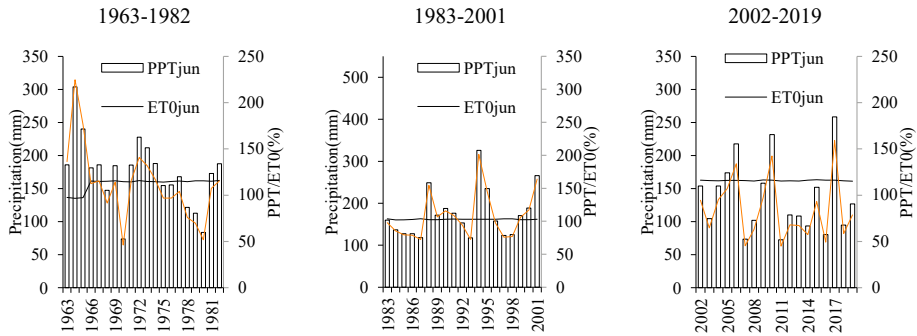


Figura 7 — Chuva e evapotranspiração de junho calculada pelo modelo de Penman-Monteih para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/Sergipe.
Fonte: França (2022).

O maior índice pluvial ocorreu no ano 1964, com média climatológica de 165 mm (Figura 8a). Caracterizado como o último mês do período chuvoso onde os fatores sinóticos de meso e baixa escala estavam ativos e contribuíram para as oscilações pluviais registradas. A evapotranspiração registrou-se próximo ou abaixo dos índices pluviais exceto nos anos 1964 e 1969, na relação PPT/ETo(%) o poder evapotranspirativos foi superior ao pluvial.

Com chuvas moderadas a fortes e ocorrências em curto intervalo de tempo, registraram-se variabilidades pluviais oscilando de 50 mm nos anos de 1988 e 1993 a 230,9 mm em 2001 (Figura 8b). Na relação PPT/ETo(%), o poder evapotranspirativo foi superior ao pluvial.

Na Figura 8c as similaridades ocorridas praticamente são as mesmas do período anterior e apresentam similaridade com os estudos de França et al. (2021).

As principais causas potenciais da redução da evapotranspiração foram registradas com as reduções generalizadas nos índices da temperatura do ar, da radiação solar, bem como nas mudanças associadas ao déficit de pressão de vapor e à velocidade do vento (McVicar et al., 2012).

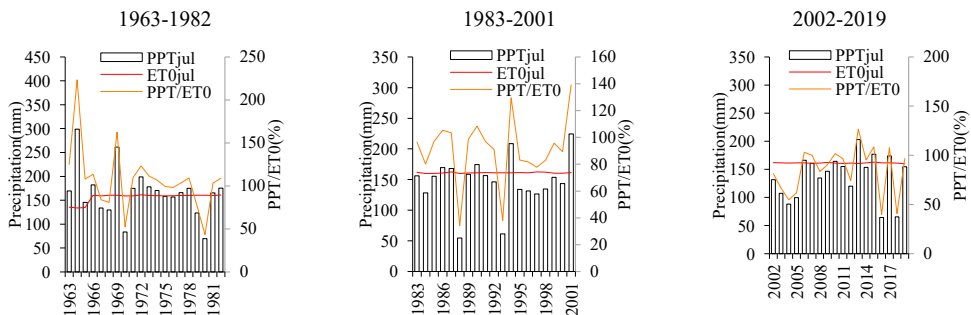


Figura 8 — Chuva e evapotranspiração de julho calculada pelo modelo de Penman-Monteih para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/ Sergipe.
Fonte: França (2022).

A Figura 9a apresentou uma média pluvial anual de 100 mm, com valores variando entre 32,2 mm e 235,5 mm (em 1963). A Figura 9b apresenta uma média ligeiramente inferior, de 89,9 mm, com extremos de 41,1 mm e 163,3 mm. Essas variações na precipitação são atribuídas à inatividade de sistemas de meso e baixa escala, que bloquearam a formação de chuvas. A Figura 9c indica que as chuvas foram influenciadas por sistemas locais e regionais, com intensidade moderada a forte. Os resultados estão em consonância com os estudos de Marengo (2008, 2011), Lenzi, Cunha e Campos (2020) e Gamasri et al. (2016).

A relação PPT/ETo (%) durante todo o período flutuou acima dos índices pluviais. A ETo interanual oscilou de 69,9 mm, entre 1963 e 1965, a 79,6 mm em 1982.

Na Figura 9b, a evapotranspiração superou a precipitação, com valores anuais entre 75 mm e 80,2 mm. A precipitação variou entre 32,1 mm e 163,1 mm, confirmando os resultados de estudos anteriores (Lenzi, Cunha e Campos, 2020; Gamasri et al., 2016).

A Figura 9c apresenta que a precipitação apresentou alta variabilidade intra-anual, com valores entre 18,8 mm e 195,7 mm. Essa variabilidade foi influenciada por sistemas atmosféricos que inibiram a formação de chuvas. A evapotranspiração e a relação PPT/ETo indicam que a demanda atmosférica por água superou a oferta proveniente da precipitação.

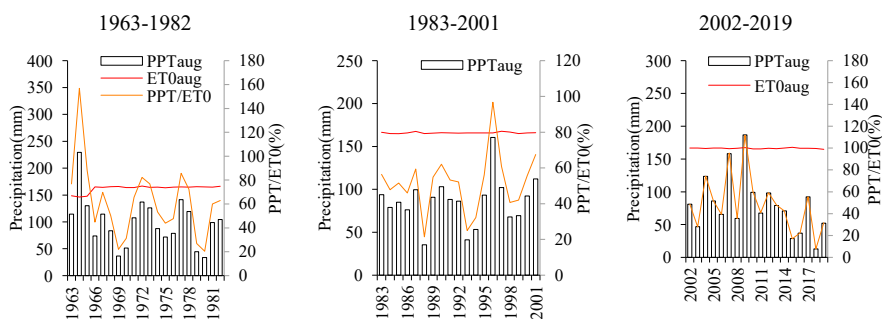


Figura 9 — Chuva e evapotranspiração de agosto calculada pelo modelo de Penman-Monteith para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/ Sergipe.
Fonte: França (2022).

A Figura 10a apresenta que a precipitação ficou abaixo da média histórica (89,6 mm) em 1963, 1967-1970, 1974-1977 e 1979-1980. Nos demais anos, exceto 1980 e 1981, a precipitação superou a média. A evapotranspiração variou entre 78,2 mm e 85,5 mm, excedendo a precipitação, conforme a relação PPT/ETo. Esses resultados estão em linha com os estudos de França et al. (2021).

Na Figura 10b, observa-se que a precipitação superou a média em 1983, 1988-1992, 1994, 1999 e 2000, sendo influenciada por eventos de chuva extremos. Nos demais anos, a precipitação ficou abaixo da média. A evapotranspiração, por sua vez, variou entre 81,8 mm e 86,5 mm, melhorando a precipitação.

Entre 2002 e 2019 (Figura 10c), a precipitação apresentou alta variabilidade, influenciada por movimentos verticais descendentes e baixa cobertura de nuvens, como descrito por Medeiros (2020). A evapotranspiração, por sua vez, superou a precipitação, variando entre 87,2 mm e 86,5 mm.

Rattner (2009) destacou que o extrativismo predatório e a conversão de florestas para outros usos elevaram à perda de biodiversidade e à fragmentação da paisagem, com consequências para o ciclo do carbono e o clima, como apontado por Oliveira et al. (2016) e Sales, Silva e Lourenço (2019).

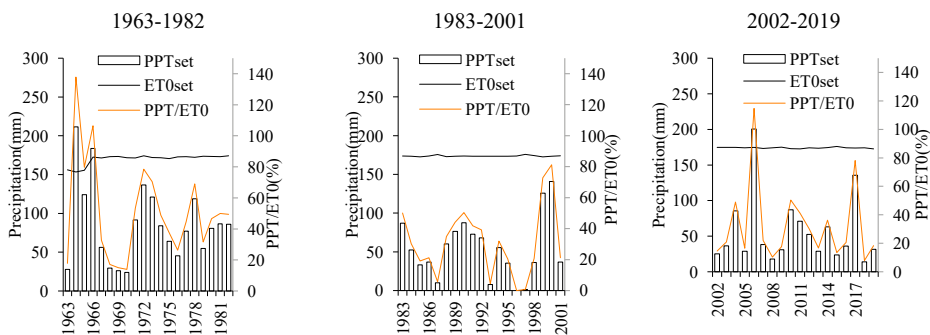


Figura 10 — Chuva e evapotranspiração de setembro calculada pelo modelo de Penman-Monteith para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/ Sergipe.
Fonte: França (2022).

Outubro é tipicamente um mês seco. A Figura 11a revela uma alta variabilidade na precipitação, com um pico em 1965 (210 mm) e um mínimo em 1967 (5,5 mm), influenciados por fatores locais e regionais. A evapotranspiração, por sua vez, apresentou valores entre 85,1 mm e 89,9 mm no período, superando a precipitação, conforme a relação PPT/ETo. Esses resultados são consistentes com os de Medeiros (2020).

A Figura 11b mostra que a precipitação, em sua maioria, ficou abaixo de 50 mm, com exceção de 1993, 1999 e 2001, quando ocorreram eventos extremos de chuva. A evapotranspiração, por sua vez, apresentou valores elevados, superando a precipitação em todos os períodos. Esses resultados confirmam os achados de Marengo (2008) e França et al. (2021).

Entre 2002 e 2019 (Figura 11c), a região apresentou um clima seco, com alta evapotranspiração e baixa precipitação. A relação PPT/ETo indica um claro domínio da evapotranspiração, alinhado com os resultados de Cassol et al. (2008) e França et al. (2021).

Alencar, Sediya e Montovani (2015) identificaram uma superestimativa da evapotranspiração mensal pelo método de Penman-Monteith, atribuindo esse resultado à influência da velocidade do vento. Nossos resultados confirmam essa interpretação.

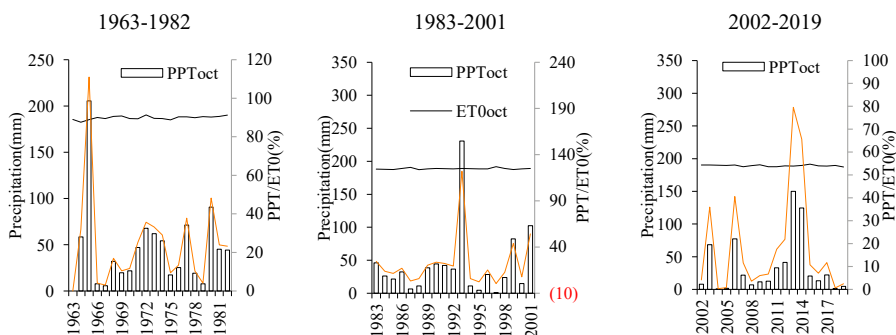


Figura 11 — Chuva e evapotranspiração de outubro calculada pelo modelo de Penman-Monteih para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/Sergipe.
Fonte: França (2022).

Nas Figuras 12 (a, b e c), observa-se uma escassez de precipitação, associada a significativas oscilações na evapotranspiração. A análise da relação entre precipitação e evapotranspiração (PPT/ETo) revela um predomínio da evapotranspiração sobre a precipitação. Esses achados estão de acordo com os estudos de Medeiros (2020), França et al. (2021) e Alencar, Sedyama e Montovani (2015).

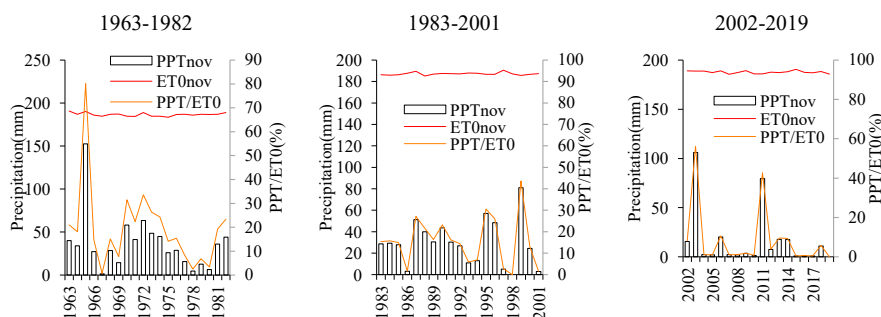


Figura 12 — Chuva e evapotranspiração de novembro calculada pelo modelo de Penman-Monteih para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/Sergipe.
Fonte: França (2022).

Os valores evapotranspirados superaram os pluviométricos, exceto no ano de 1963 (Figura 13a). A relação PPT/ETo (%) nos mostra que a ETo superou os índices pluviométricos. Dando continuidade aos estudos de Marengo et al. (2012) e Alencar, Sedyama e Montovani (2015), nossos resultados reafirmam que as chuvas ocorridas neste período foram ocasionais e de alta magnitude.

Na Figura 13b, observam-se chuvas oscilando entre 5 mm (1987) e 105,5 mm (2000). A relação PPT/ETo (%) registrou índices de ETo maiores que os pluviométricos em todos os períodos, indicando um alto poder evapotranspirativo, fato este validado pelo estudo de Alencar, Sedyama e Montovani (2015).

Os resultados apresentados na Figura 13c, confirmam os achados de França et al. (2021) e Alencar, Sedyama e Montovani (2015) a respeito da influência da temperatura sobre os padrões de precipitação. Os índices pluviais foram inferiores a 50 mm, exceto em 2013. A evapotranspiração oscilou entre 45 mm e 46,5 mm, e a relação PPT/ETo (%) confirmou mais uma vez um poder evapotranspirativo maior que o pluvial.

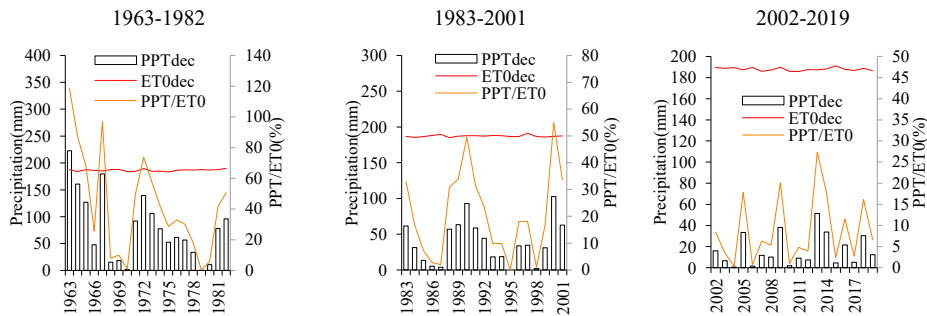


Figura 13 — Chuva e evapotranspiração de dezembro calculada pelo modelo de Penman-Monteith para os períodos 1963-1982(a), 1983-2001(b) e 2002-2019(c) em Amparo de São Francisco/Sergipe.
Fonte: França (2022).

Conclusão

O método padrão de Penman-Monteith pode ser um aliado no planejamento e gerenciamento da irrigação, principalmente para os pequenos irrigantes que não têm acesso aos dados meteorológicos. O modelo de Penman-Monteith, na estimativa da ETo, mostrou-se adequado à localidade estudada quando relacionado aos índices pluviais. Ele se configura como uma das melhores alternativas para o uso da evapotranspiração em Amparo de São Francisco, Sergipe, podendo auxiliar no planejamento e gerenciamento da irrigação na região, especialmente para os pequenos irrigantes que não têm acesso aos dados meteorológicos.

Observou-se uma melhor adaptação dos modelos de Penman-Monteith e Thornthwaite na estimativa da ETo, cujos resultados se mostraram adequados à localidade estudada. Recomenda-se a avaliação de outros modelos para que possam proporcionar resultados ainda mais precisos. Embora os modelos de Penman-Monteith e Thornthwaite se destaquem como boas alternativas para o uso da evapotranspiração em Amparo de São Francisco/Sergipe, é importante ressaltar a necessidade de se utilizar outros modelos.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, L. P. de; SEDIYAMA, G. C.; MONTOVANI, E. C. Estimativa da evapotranspiração de referência (ETo padrão FAO) para Minas Gerais na ausência de alguns dados climáticos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 39-50, 2015. DOI <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n1p39-50/2015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/gfYNYvOmvZvcfgFbrkdyHMOB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 maio 2024.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: (guidelines for computing crop water requirements)**. 56. ed. Rome: FAO, 1998. 333 p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. DOI <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/content/papers/download/82078>. Acesso em: 29 maio 2024.

ASSIS, J. M. O. de; SOUZA, W. M. de; SOBRAL, M. do C. ANÁLISE CLIMÁTICA DA PRECIPITAÇÃO NO SUBMÉDIO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO COM BASE NO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 36, ed. Especial, p. 115-127, 30 jun. 2015. DOI <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820151012>. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/194/158. Acesso em: 29 maio 2024.

BARROS, A. H. C.; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da; SANTIAGO, G. A. C. F. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**: Climatologia do estado de Alagoas. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p. v. 211. ISBN 1678-0892. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103956/1/BPD-211-Climatologia-Alagoas.pdf>. Acesso em: 28 maio 2024.

BURN, D. H.; HESCH, N. W. Trends in evaporation for the Canadian Prairies. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 336, n. 1-2, p. 61-73, 2007.

CAMARGO, A. P. de. **Balço hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: Boletim Técnico AIC, 1999. 15 p. v. 116.

CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M. de; LIMA, V. L. de; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1239-1251, 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300032>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Ly6DMnC5wNS4Z5nGfJyQPq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 maio 2024.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 2., 1994, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: SBM, 1994, p. 154-157.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. de P. R.; SOUSA, F. de A. S. de. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006. DOI <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000100021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/VpWSFWpnzshzkVvQQdCLDhy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 maio 2024.

COHEN, J. C. P.; FITZJARRALD, D. R.; D'OLIVEIRA, F. A. F.; SARAIVA, I.; BARBOSA, I. R. da S.; GANDU, A. W.; KUHN, P. A. Radar-observed spatial and temporal rainfall variability near the Tapajós-Amazon confluence. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 29, n. Especial, p. 23-30, 2014. DOI <https://doi.org/10.1590/0102-778620130058>. Disponível em: <https://www.scielo.br/rbmet/a/Qy96DFcBzh7Yjp4pPFTTCtF/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 29 maio 2024.

COSTA, M. N. M.; MEDEIROS, R. M.; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade da evaporação no tanque classe “A” entre o período de 1976 a 2011 e suas comparações com as três décadas e meia e com o ano de 2011 no município de Teresina, Piauí. In: WORKSHOP DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO, 7.; WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E BIODIVERSIDADE, 4., 2015, Recife. **Anais [...]**. Recife: SERGEO, 2015. p. 107-123.

FRANÇA, M. V. de; MEDEIROS, R. M. de; HOLANDA, R. M. de; SABOYA, L. M. F.; ROLIM NETO, F. C.; ARAÚJO, W. R. Análise da estimativa da evapotranspiração por diferentes modelos para Amparo de São Francisco – Sergipe. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 13, p. e514101321505, 2021. DOI <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21505>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21505/19167>. Acesso em: 29 maio 2024.

FU, G; CHARLES, S. P; YU, J. A critical overview of pan evaporation trends over the last 50 years. **Climatic Change**, [s. l.], v. 97, n. 1, p. 193-214, 2009.

GANASRI, B.P. AND RAMESH, H. (2016) **Assessment of Soil Erosion by RUSLE Model Using Remote Sensing and GIS—A Case Study of Nethravathi Basin**. *Geoscience Frontiers*, 7, 953-961. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.10.007>
Disponível em: <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=2883138>

GOLUBEV, V. S.; LAWRIK, J. H.; GROISMAN, P. Y.; SPERANSKAYA, N. A.; ZHURAVIN, S. A.; MENNE, M. J.; PETERSON, T. C; MALONE, R. W. Evaporation changes over the contiguous United States and the former USSR: A reassessment. **Geophysical Research Letters**, [s. l.], v. 28, n. 13, p. 2665-2668, 2001. DOI <https://doi.org/10.1029/2000GL012851>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2000GL012851>. Acesso em: 29 maio 2024.

GUEDES FILHO, D. H; SANTOS JÚNIOR, J. A.; COSTA FILHO, J. F. da; FRANCISCO, P. R. M.; CAMPOS, V. B. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Areia, Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 1, p. 37-47, 2011. DOI <https://doi.org/10.7127/RBAI.V5N100038>. Disponível em: https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/54/pdf_46. Acesso em: 29 maio 2024.

JHAHARIA, D.; SHRIVASTAVA, S. K.; SARKAR, D; SARKAR, S. Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India. **Agricultural and Forest Meteorology**, [s. l.], v. 149, n. 5, p. 763-770, 2009.

KÖPPEN, W.; **Das geographische System der Klimate**. In W. Köppen (Ed.), 1928. *Handbuch der Klimatologie* (Vol. 1, Part C). Berlin: Gebrüder Borntraeger.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1931. Mapa mural.

LENZI, A. L; CUNHA, P. H. da; CAMPOS, H. B. **Estudo da não-estacionariedade de dados de chuvas e seus efeitos na construção de curvas idf: Estudo de caso do Município de Cunha/SP**. Bragança Paulista: Universidade São Francisco, 2020. 14 p. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3571.pdf>. Acesso em: 30 maio 2024.

LIU, Q.; YANG, Z.; XIA, X. Trends for pan evaporation during 1959-2000 in China. **Procedia Environmental Sciences**, [s. l.], v. 2, p. 1934-1941, 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.206>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610002392?via%3Dihub>. Acesso em: 30 maio 2024.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias Estratégicas: Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação**, Brasília, v. 13, n. 27, p. 149-175, 2008. Disponível em: https://seer.cgee.org.br/parcerias_estrategicas/issue/view/45. Acesso em: 29 maio 2024.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S (ed.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011. cap. 13, p. 383-422. ISBN 978-85-64265-011.

MATOS, R. M. de; SILVA, J. A. S. da; MEDEIROS, R. M. de. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 6, p. 422-431, 2014. DOI <https://doi.org/10.7127/rbai.v8n600240>. Disponível em: https://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/240/pdf_175. Acesso em: 29 maio 2024.

MCVICAR, T. R.; RODERICK, M. L.; DONOHUE, R. J.; NIEL, T. G. V. Less bluster ahead? Ecohydrological implications of global trends of terrestrial near-surface wind speeds. **Ecohydrology**, Australia, v. 5, n. 4, p. 381-388, 2012.

MEDEIROS, R. M. de. **Estudo Agrometeorológicos para o Estado do Sergipe**. [S. l.: s. n.], 2020. 175 p.

MEDEIROS, R. M. de; HOLANDA, R. M. de; FRANÇA, M. V. de; SABOYA, L. M. F.; ROLIM NETO, F. C.; ARAÚJO, W. R. de. Espacialização pelo Método da Krigagem nas Variabilidades Pluvial, Evapotranspiração e Evaporação no Estado do Pernambuco – Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar**, Jundiá, v. 2, n. 10, p. e28573, 2021. DOI <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i8.573>. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/573/509>. Acesso em: 28 maio 2024.

MOONEN, A. C; ERCOLI, L.; MARIOTTI, M.; MASONI, A. Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. **Agricultural and Forest Meteorology**, [s. l.], v. 111, n. 1, p. 13-27, 2002.

OLIVEIRA, R. A. de; SILVA, D. C. da C. e; SIMONETTI, V. C; STROKA, E. A. B; SABONARO, D. Z. Proposição de corredor ecológico entre duas Unidades de Conservação na Região Metropolitana de Sorocaba. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 32, p. 61-71, 2016. DOI <https://doi.org/10.11606/rdg.v32i0.116467>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/116467/122150>. Acesso em: 29 maio 2024.

PEREIRA, M. C. A.; MELO, D. F.; MELÓ, R. G. C.; SILVA, R. F. B.; FARIAS, S. A. R. Mesorregiões da Paraíba e suas necessidades de captação de água de chuva. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: FIEP, 2012. p. 01-06.

RATTNER, H. Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável. **Ciência e Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 14, n. 6, p. 1965-1971, 2009. DOI <https://doi.org/10.1590/S1413-81232009000600002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/CJWJqXs4PhrMBK9MKHFN3cj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 maio 2024.

RODERICK, M. L.; FARQUHAR, G. D. Changes in Australian pan evaporation from 1970 to 2002. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 24, n. 9, p. 1077-1090, 2004.

RODERICK, M. L.; FARQUHAR, G. D. Changes in New Zealand pan evaporation since the 1970s. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 25, n. 15, p. 2031-2039, 2005.

RODERICK, M. L.; HOBBS, M. T.; FARQUHAR, G. D. Pan Evaporation Trends and the Terrestrial Water Balance. II. Energy Balance and Interpretation. **Geography Compass**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 746-760, 2009.

SALES, J. C. A.; SILVA, D. C. da C. e; LOURENÇO, R. W. Análise espacial da avifauna e sua correlação com indicadores ambientais na bacia hidrográfica do rio Una (SP). **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 37, n. 2, 2019. DOI <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i2.37839>. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/37839/751375149985>. Acesso em: 29 maio 2024.

SANTOS, E. R. dos; RIBEIRO, A.G. Clima e agricultura no município de Coromandel (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 5, n. 13, p. 122-140, 2004.

Sedyama, G.C. **Evapotranspiração: Necessidade de água para plantas cultivadas**. Brasília: ABES; Viçosa: UFV, 1996. 176 p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: ABRH, 2005. 680 p. ISBN 8570258232.

CAPÍTULO 3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA E SUAS TENDÊNCIAS NA TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO EM PERNAMBUCO, BRASIL ENTRE 2010 – 2022.

Moacyr Cunha Filho, Patricia Arruda de Moura, Marília Gabriela Medeiros Ordono Lages, Walfrido Siqueira Campos Junior, Syntia Regina Rodrigues de Souza, Victor Casimiro Piscocya, Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar Medeiros

RESUMO

Entre os problemas no estudo das variabilidades térmicas do ponto de orvalho estão a mensuração, comparação e classificação dos dados visto que é um parâmetro pouco estudado e sem dados disponíveis. Objetiva-se analisar a estatística e realizar suas tendências da temperatura do ponto de orvalho para as cidades onde se tem em operação as estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia entre 2010-2022 para o estado do Pernambuco. Para as análises estatísticas dos dados determinaram: mediana (Md), desvio padrão (Dp), coeficiente de variação (Cv), coeficiente de assimétrica (Cas) e o coeficiente de curtose (Ck), além dos máximos e mínimos absolutos térmicos para os municípios de Pernambuco. Os resultados deparados foram relacionados com as ocorrências dos sistemas sinóticos transientes, os efeitos locais e regional, as contribuições dos efeitos de meso e microescala, orografia, arborização que influenciam a temperatura na região. Os municípios em estudo deverão realizar planejamentos que envolvam construções de faixas arborizadas regional e local, evitando a retenção do carreamento dos solos e conservação das plantas nativas e rasteira visando a minimização da temperatura do ponto de orvalho. Pesquisas futuras devem ser realizadas para verificar os fatores antropogênicos, ou seja, fazer uma análise espacial de paisagem verificando se o efeito de urbanização afeta o clima e causar desconforto à população. A oscilação da TP da curtose na área de estudo exibe tendência de valores platicúrticos para leptocúrticos nos municípios em estudo.

Palavras-chave: Variabilidade climática, fenômenos sinóticos, estatística clássica, flutuações térmicas intermunicipais.

Introdução

A análise estatística de elementos meteorológicos e/ou climatológicos apresenta-se como uma estratégia para a compreensão de estudos científicos, oferecendo técnicas que auxiliam na previsão de possíveis ocorrências climáticas. O uso de ferramentas estatísticas na avaliação de séries históricas com dados climáticos estabilizados possibilita a investigação da variabilidade, flutuações, eventos extremos, tendências climáticas, entre outros propósitos.

A temperatura do ponto de orvalho é determinada a partir da saturação do ar com vapor d' água que resulta na condensação de gotas sobre as superfícies. A condensação tem seu início e se mantém quando a temperatura da superfície se torna e/ou permanece igual ou inferior à temperatura do ponto de orvalho do ar adjacente.

Na ocorrência de eventos extremos de temperatura, como períodos prolongados de calor ou frio, as análises demonstram que a temperatura média da superfície global aumentou aproximadamente 0,6°C ao longo do século XX, e muitas áreas têm experimentado um aquecimento significativo durante os últimos 50 anos (MASSON-DELMOTTE et al., 2021). Fatores antropogênicos, como urbanização e mudança no uso do solo, influenciam diretamente a ocorrência desses eventos extremos provocando o surgimento das chamadas ilhas

de calor, cuja intensidade da temperatura é maior nas áreas centrais da maioria das cidades, diminuindo para a periferia. Esse comportamento justifica-se pela maior concentração e adensamento de edificações nas áreas centrais, tráfego intenso de veículos automotores, atividades industriais e pavimentação asfáltica (LOMBARDO, 1985).

No Brasil, a frequência de dias com temperaturas extremas, máximas e mínimas no estado da Paraíba, na década de 90, foi duas vezes superior à década de 80, comprovando a tendência de aumento nas temperaturas extremas (CABRAL JUNIOR et al., 2013). Essas mudanças alteram significativamente o nível de conforto térmico, que depende extremamente do local, do tipo de vegetação e das variações microclimáticas locais. Coutinho et al.(2011) verificaram que locais com pouca vegetação, grande incidência de raios solares e pouca incidência de vento tornam o ambiente desconfortável. Ademais, a presença predominante de edifícios que não respeitam os afastamentos laterais, criando barreiras à ventilação, contribui para a ocorrência de ilhas de calor provocadas por anomalias térmicas (BARBOSA et al., 2012).

Nessa perspectiva a curtose é o conceito que retrata o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência. A medida de curtose relaciona a razão entre as dispersões na parte central e nas caudas das curvas de frequência. As curvas platicúrticas são caracterizadas por caudas de distribuição térmica finas ou grossas, indicando variabilidade nas populações distintas. Nas distribuições leptocúrticas, os índices térmicos são mais concentrados na parte central da distribuição (SUGUIO, 1973). A assimetria tem sido utilizada com sucesso em estudos ambientais para distinguir deposição (assimetria positiva) e remoção seletiva (assimetria negativa) (DUANE, 1964), variando de assimetria muito positiva a negativa.

Diante do exposto, tem-se como objetivo, analisar estatisticamente e identificar as tendências da temperatura do ponto de orvalho nas cidades que possuem estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia em operação no período compreendido entre 2010 e 2022, no estado de Pernambuco.

Metodologia

O estado do Pernambuco posiciona-se no centro leste da Região Nordeste, sua costa é banhada pelo Oceano Atlântico e limita-se com os estados da Paraíba, Ceará, Alagoas, Bahia e Piauí. Possui enorme diversidade de paisagens: planaltos, serras, brejos, semiaridez e belíssimas praias, no relevo predominam as planícies em cerca de 76% da área litorânea. Na Zona da Mata e Agreste pode-se observar formações planálticas com altitudes que podem superar 1000 metros. No Sertão a altimetria diminui em algumas regiões formando uma depressão. Os municípios em estudo estão representados na Figura 1.

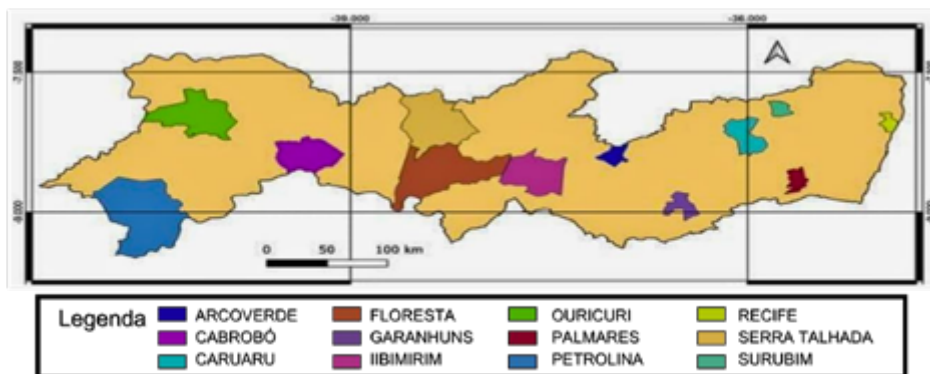


Figura 1 – Localização dos municípios em estudo no mapa de Pernambuco.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Medeiros (2016) mostrou que os sistemas meteorológicos provocadores e/ou inibidores de chuvas que contribuem com índices pluviométricos de moderado a fraca intensidade para o estado do Pernambuco são os vestígios de Sistemas Frontais no setor sul do estado em menor frequência, às contribuições das Zonas de Convergência do Atlântico Sul, formações dos aglomerados convectivos e a contribuição da Alta da Bolívia. A Zona da Convergência Intertropical, perturbação associada à expansão para o hemisfério sul do equador térmico (zona de ascensão dos alísios por convecção térmica) provocam chuvas de moderada a forte intensidade em quase toda a área norte do Estado, seguidamente das contribuições das formações dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, os Distúrbios Ondulatórios de Leste e a Brisas Marítimas e Terrestres, sendo estes últimos originados no Oceano Atlântico; as Ondas de Leste são comuns no outono/inverno, auxiliadas pelos ventos alísios de sudeste, as ondas atingem a costa oriental do Nordeste, provocando chuvas fortes (Figura 2).



Figura 2 - Ilustrações dos fatores meteorológicos atuantes no estado do Pernambuco.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2016).

De acordo com a classificação climática definida metodologicamente por Köppen (1928); Köppen et

al., (1931), os municípios em estudo estão distribuídos em três tipos de clima: “As” (Tropical Chuvoso, com verão seco), compõem os municípios de Arco Verde, Garanhuns, Surubim e Palmares; “Bsh”, (semiárido quente, com chuvas de verão), nos municípios de Petrolina, Cabrobó, Caruaru, Ibimirim, Serra Talhada, Floresta e Ouricuri; e, “Am” (Úmido, Clima de Bosque, no qual o mês mais seco possui a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual superior a 10 vezes este valor) em menores proporções, está o município de Recife. Estas classificações foram identificadas nos estudos Alvares et al.(2014); Medeiros et al.(2018).

Nas análises estatísticas dos dados foram determinadas as seguintes medidas: mediana (Md), desvio padrão (Dp), coeficiente de variação (Cv), coeficiente de assimetria (Cas) e o coeficiente de curtose (Ck), além dos máximos e mínimos absolutos térmicos (BANZATTO et al., 2006; GOMES, 2022). Realizou-se a média expressa na seguinte equação 1. (TRIOLA, 2017).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

A mediana (Md) calculada pela Equação 2. (TRIOLA, 2017)

$$Md = \frac{n + 1}{2} \quad (2)$$

O desvio padrão (Dp) expressa pela Equação 3. (BISQUERRA et al., 2004).

$$Dp = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{\sum f_i - 1}} \quad (3)$$

O coeficiente de variação (Cv) foi calculado pela Equação 4. (BISQUERRA et al., 2004).

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 (\%) \quad (4)$$

O coeficiente de assimetria (Cas) foi determinado segundo a Equação 5. (BISQUERRA et al., 2004).

$$Cas = \frac{1}{n} \sum x_i + x \cdot |S|^3 \quad (5)$$

O coeficiente de curtose (Ck) utilizando-se a equação 6 (BISQUERRA et al., 2004).

$$Ck = \frac{1}{n} \sum \left[\frac{x_i + \bar{x}}{S} \right]^4 - 3 \quad (6)$$

Os dados de temperatura do ponto de orvalho (TP) mensais referem-se ao período de 1910–2022 para os municípios onde operam as estações meteorológicas automáticas (EMA) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET 2024).

Resultados e Discussão

Fenner et al. (2014) afirmaram que o conhecimento das oscilações térmicas de cada local é de extraordinária importância para a incubação agrícola. As flutuações térmicas auxiliam no manejo das culturas, visto que influenciam o desenvolvimento vegetal, dependendo das suas exigências. Na Figura 3, apresentam-se as variações média, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010 a 2023 em Recife, Pernambuco.

Os picos dos valores máximos e mínimos da (TP) oscilam de 22,2°C a 20,3°C. Destacam-se os meses de fevereiro, outubro e novembro com flutuações anômalas em relação aos demais meses estudados. Essas anomalias estão interligadas às flutuações sinóticas locais e regionais, orografia, falta de arborização média, baixa e alta, e plantas rasteiras. Outros fatores incluem a concentração de dióxido de carbono dos carros, baixa intensidade do vento, cobertura de nuvens, ocorrências de chuvas isoladas e de baixa magnitude e intensidade, contribuições de focos de queimadas e movimentos verticais ascendentes. O IPCC (2022) e o IPCC (2023) ratificam essas discussões. Além disso, observou-se um decaimento gradual da TP entre os meses de abril a setembro, um equilíbrio da TP entre janeiro e fevereiro, e um acréscimo em dezembro.

A temperatura máxima varia de 21,7°C (agosto) a 23,6°C (maio). Entre setembro e maio registrou-se aumentos graduais na TP, enquanto entre julho e agosto ocorreram reduções. A TP mínima atinge seu pico de 17,6°C (novembro), bem como 20,4°C nos meses de abril e maio, meses nos quais registraram os picos máximos de TP. Entre maio e julho, observa-se um decréscimo na TP, com aumento nos meses de agosto, setembro e outubro. Essas flutuações são semelhantes às observadas no estudo de Medeiros (2016).

O desvio padrão demonstra o grau de dispersão dos valores térmicos em relação ao valor médio. Galvani (2011) afirmou que o desvio padrão é de suma importância por gerar informações sobre o "grau de dispersão dos valores térmicos em relação ao valor médio".

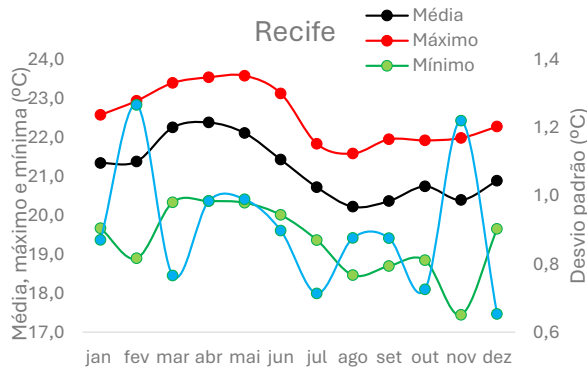


Figura 3 - Variação média, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Recife/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Os meses de março a junho e dezembro apresentaram maiores elevações na variabilidade da temperatura do ponto de orvalho. Em contraste, janeiro, fevereiro, julho, agosto, setembro e novembro registraram as menores flutuações em relação à linha de tendência estudada. A linha de tendência mostra uma redução, com um R^2 moderado.

Essas flutuações são decorrentes da baixa intensidade do vento, cobertura de nuvens, ocorrências de chuvas isoladas de baixa magnitude e intensidade, contribuições de focos de queimadas e movimentos verticais ascendentes. O IPCC (2022) e o IPCC (2023) apresentam resultados que confirmam essas discussões.

As variabilidades observadas na temperatura do ponto de orvalho indicam o quão úmido ou seco o ar está (Figura 4). Os resultados estão alinhados com os estudos de Marengo et al. (2015), IPCC (2014) e Medeiros (2016).

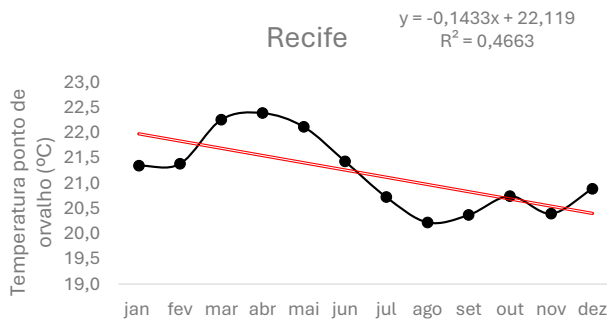


Figura 4 - Variação média mensal da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Recife/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Silva et al. (2007) consideraram que uma distribuição à esquerda apresenta valores apropriados com $S < 0$, enquanto uma distribuição à direita ocorre quando $S > 0$. Em relação aos dados de curtose, a distribuição será predominantemente afilada em relação à curva normal (leptocúrtica) quando $K > 0$ e mais achatada em relação à normal (platicúrtica) quando $K < 0$.

Na Figura 5, apresentam-se as variabilidades das curvas de curtose, assimetria e coeficiente de variância da TP e sua tendência de 2010 a 2023 em Recife, Pernambuco. A curtose apresenta uma distribuição assimétrica voltada para a direita, correspondendo a um coeficiente de assimetria (S) positivo, demonstrando que a TP predomina na amostra. De acordo com os resultados obtidos do coeficiente de curtose, evidenciou-se uma distribuição platicúrtica ($K < 0$), indicando que a curva de distribuição de frequência dessas variantes é mais achatada do que a normal, ou seja, tem maior amplitude de distribuição dos dados. O coeficiente de variância tem boa representatividade e mostra que a distribuição do desvio padrão é mais representativa do que a média.

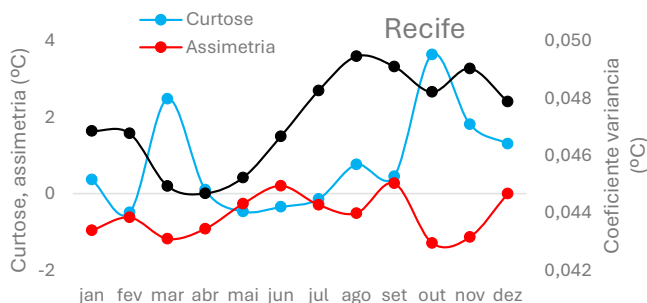


Figura 5 – Curtose, assimetria e coeficiente de variância da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Recife/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As oscilações da TP representam os valores máximos, mínimos e desvio padrão do município de Petrolina/PE entre 2010 e 2022 (Figura 6). A temperatura máxima registra-se nos meses de novembro, dezembro, março, abril e maio. Nos meses de junho a agosto, registram-se os valores mínimos da temperatura máxima do ponto de orvalho. Nos demais meses, ocorre um aumento gradativo do elemento em estudo.

A temperatura média atinge seu pico máximo em abril e o mínimo em setembro, com acréscimo térmico de novembro a março e redução térmica de maio a agosto. Essas oscilações estão ligadas aos efeitos locais, regionais e aos sistemas atmosféricos transientes de larga e microescala (MEDEIROS et al., 2018). A TP mínima atinge seu pico máximo em maio e o pico mínimo em setembro. Nos meses de novembro a abril, destaca-se um acréscimo na TP, e de junho a setembro ocorre uma redução da TP.

O grau de dispersão dos valores térmicos em relação ao valor médio está demonstrado na curva do desvio padrão, com variabilidade irregular e oscilações de 0,5°C a 1,8°C. O coeficiente de variância tem representatividade e demonstra que o desvio padrão é de maior significância que a média.

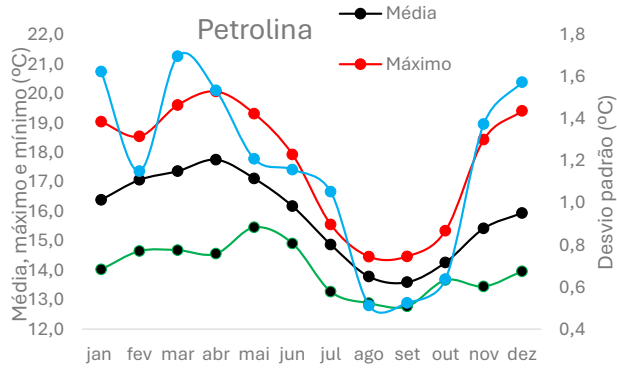


Figura 6 - Variação média, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Petrolina/Pernambuco.
 Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A Figura 7 representa a variação da TP de 2010 a 2023 em Petrolina/Pernambuco, e sua tendência. Entre fevereiro e julho, além de novembro e dezembro, ocorreram as maiores elevações no parâmetro estudado. Os meses seguintes registraram as menores flutuações. A linha de tendência mostra uma redução, com um R^2 moderado. As variabilidades observadas na temperatura do ponto de orvalho indicam o quão úmido ou seco o ar está. O estudo de Medeiros et al. (2018) apresentou similaridades com essas discussões.

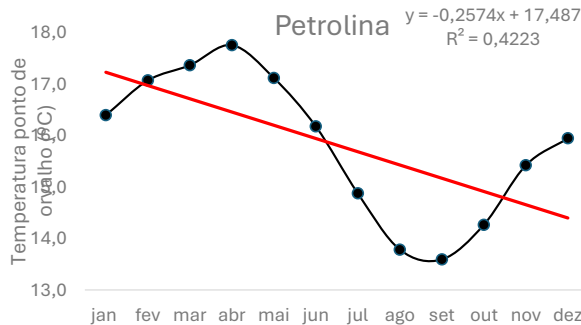


Figura 7 - Variação média mensal da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Petrolina/Pernambuco.
 Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As oscilações da curtose, assimetria e coeficiente de variância da TP e sua tendência de 2010 a 2023 em Petrolina, Pernambuco, estão representadas na Figura 8. Os resultados obtidos para o coeficiente de curtose evidenciaram uma distribuição platicúrtica ($K < 0$). Portanto, a curva de distribuição de frequência dessas variáveis é mais achatada do que a normal, ou seja, tem maior amplitude de distribuição dos dados. A curtose apresenta uma distribuição assimétrica voltada para a direita, exceto para os meses de fevereiro, abril, agosto e setembro, correspondendo um coeficiente de assimetria positivo, onde a TP predomina na amostra. Para

Felizardo et al. (2015), essas informações são úteis, pois podem auxiliar na indicação da variabilidade da TP e na possível formação de orvalho regional ou local, ajudando a minimizar a temperatura da relva.

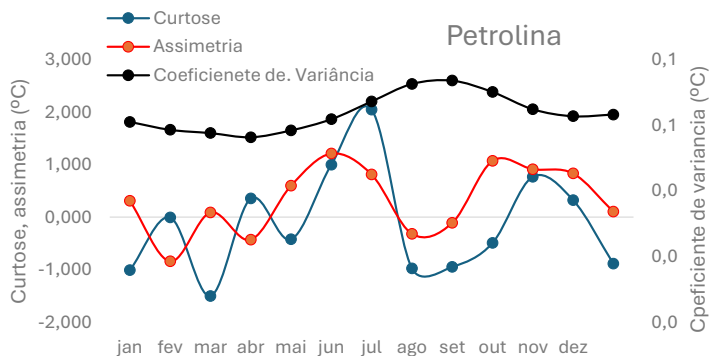


Figura 8 – Curtose, assimetria e coeficiente de variância da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Petrolina/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A TP máxima para o município de Arcoverde, Pernambuco (Figura 9), registra redução térmica entre abril e setembro, e acréscimo de outubro a fevereiro, com picos máximos em fevereiro e outubro, e pico mínimo em novembro. Na curva média da TP, os picos máximos estão localizados nos meses de abril e maio, e o pico mínimo em setembro. A TP média oscila de 14,9°C a 17,1°C. Entre junho e setembro, registra-se uma redução gradual devido aos sistemas sinóticos transientes, efeitos locais, regionais e à orografia. Estudos como os de Medeiros et al. (2018) e Marengo et al. (2015) fortalecem os resultados discutidos.

Estudiosos demonstrou que as oscilações da temperatura mínima são as mais preocupantes para seres humanos, vegetais e animais, visto que este elemento tem tido um acréscimo contínuo (MARENGO et al., 2023). Na TP mínima, as oscilações variam de 13,1°C a 16°C, registrando-se acréscimos térmicos da TP mínima nos meses de novembro a maio e reduções nos demais meses estudados. A curva do desvio padrão registra a dispersão dos valores térmicos em relação ao valor médio, com variabilidade irregular e oscilações de 0,6°C a 1,4°C. Resultados similares podem ser vistos no estudo de Galvani (2011).

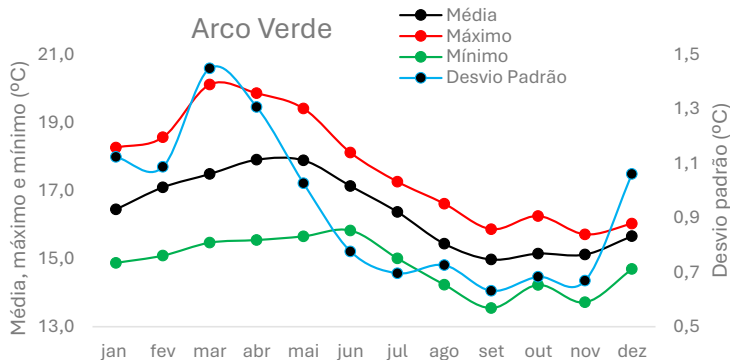


Figura 9 - Variação média, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Arco Verde/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A linha de tendência negativa e o valor de R^2 moderado e significativo mostram que a TP no futuro passará por variabilidades menores do que as registradas atualmente. Isso ocorrerá devido à ausência de arborização média, baixa e rasteira, à falta de conservação do solo e aos bloqueios dos sistemas atmosféricos locais e regionais, além da intervenção humana no meio ambiente (Figura 10). No município em estudo, o fenômeno ocorre apenas em alguns dias isolados, quando a temperatura mínima fica inferior ao ponto de orvalho, situação propícia para a formação de orvalho na relva.

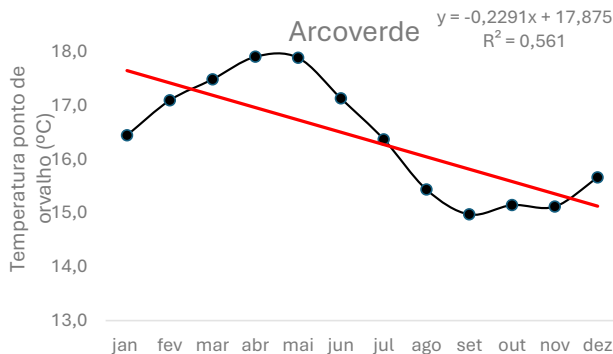


Figura 10 - Variação média mensal da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Arcoverde/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 11 observou-se as flutuações da curtose, assimetria e coeficiente de variância da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Arcoverde/Pernambuco. Os resultados obtidos do coeficiente de curtose, evidenciaram uma distribuição platicúrtica ($K < 0$), exceto para os meses de maio, setembro, novembro e dezembro, portanto, a curva de distribuição de frequência dessas variantes tem seu prolongamento para a esquerda sendo sua maior amplitude de distribuição dos dados. A curva de assimetria apresenta uma distribuição voltada para a esquerda exceto os meses de março, outubro e dezembro, correspondendo ao coeficiente de assimetria (S) negativo demonstrando que a TP predomina na amostra.

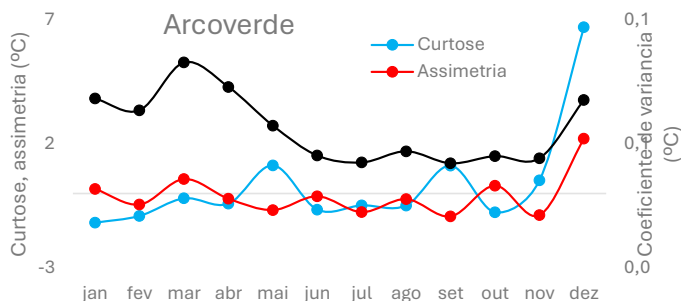


Figura 11 – Curtose, assimetria e coeficiente de variância da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Arcoverde/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 12 observou-se as variações médias, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Garanhuns/Pernambuco. A temperatura mínima oscila de 16,5°C (agosto) a 18,8°C (abril) o pico de máximo e mínimos registram-se em abril e agosto respectivamente, entre dezembro e abril ocorrem acréscimo na TP, reduções térmicas registram-se de maio a agosto. A TP máxima 20,3°C a 17,5°C, as oscilações térmicas mínimas da TP ocorrem em junho (17,3°C) a agosto com 14,9°C, o desvio padrão tem maiores probabilidade de ocorrência que a média, tais resultados estão em conformidade com o estudo de Holanda et al. (2022).

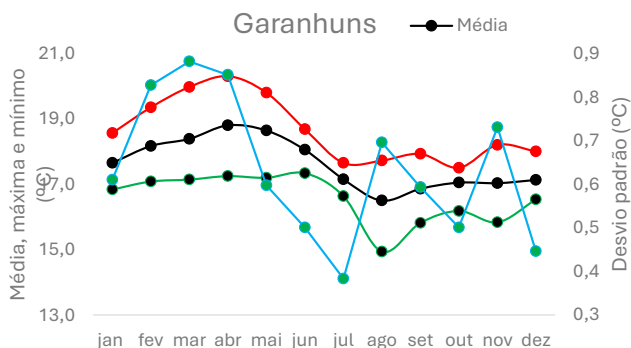


Figura 12 - Variação média, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Garanhuns/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Garanhuns tem sua tendência de TP (Figura 13) decrescente e com R^2 moderado mostrando que futuramente o elemento em discussão será reduzido pela atuação antrópica e a falta de conservação do solo e fauna, as maiores flutuações registram-se nos meses de março a junho e as menores oscilações ocorrem de julho a setembro, os resultados discutidos têm similaridade com os estudos de Medeiros et al. (2021); Holanda et al. (2022).

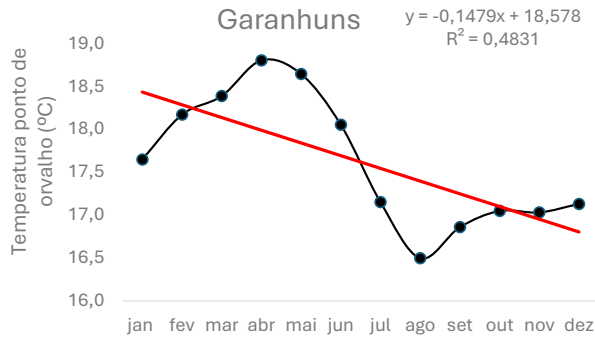


Figura 13 - Variação média mensal da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Garanhuns/Pernambuco. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O coeficiente de variância indicou que a curva do desvio padrão tem melhores probabilidade de ocorrência que a média em estudo (Figura 14). O coeficiente de curtose, confirmou distribuição platicúrtica ($K < 0$), exceto para os meses maio e agosto, tem seu prolongamento para a esquerda sendo sua maior amplitude de distribuição dos dados. A curva de assimetria apresentou uma distribuição voltada para a esquerda exceto fevereiro, março, junho, setembro, novembro e dezembro, correspondendo ao coeficiente de assimetria positivo demonstrando que a TP predominou na amostra. Resultados similares podem ser observados no estudo de Galvani (2011).

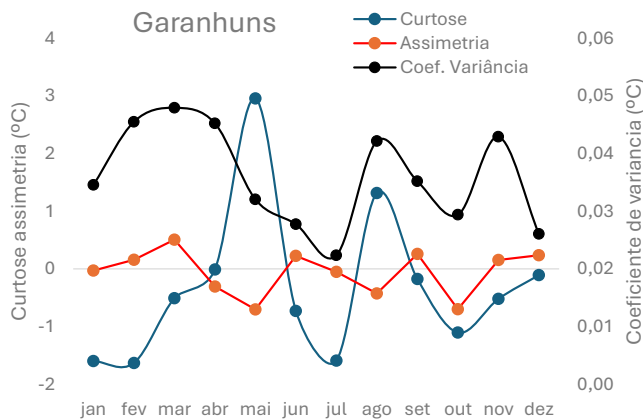


Figura 14 – Curtose, assimetria e coeficiente de variância da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Garanhuns/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As variações médias, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Surubim/Pernambuco. Na temperatura máxima observam-se os picos de máximos e mínimos nos meses de abril e março, entre maio e setembro destacam-se as reduções e outubro a fevereiro os acréscimos (Figura 15), estas variações estão interligadas aos sistemas de meso e microescala, aos efeitos locais e regionais

interligados aos sistemas de chuvas e suas ausências, similaridade podem ser vistos nos resultados dos IPCC (2021); IPCC (2022).

As flutuações das temperaturas mínimas (TP) registraram seus picos de mínimas de 16,1°C (agosto) e 16,4°C (dezembro), os picos de máximas de 18,4°C (fevereiro) e 17,9°C (maio). Conforme afirmação de Marengo et al.(2011), esses picos de máximos e mínimos são decorrentes das flutuações expressivas que vem ocorrendo com as temperaturas mínimas registrando variabilidades irregulares e de magnitudes crescentes e decrescentes interanuais mostrando que a possibilidade de formação de orvalho pode ocorrer.

A temperatura média do TP tem seu ponto de máxima no mês de abril com (19,5°C) e seu ponto de mínima em setembro (17,6°C), entre dezembro a março ocorrem seus acréscimos e suas reduções centra-se de maio a setembro, estas flutuações estão sincronizadas com as atividades de meso e microescala e com as contribuições regionais e locais.

A curva do desvio padrão oscila de 0,6°C (fevereiro) a 1,1°C (abril) estas flutuações estão em conformidade com o estudo de Medeiros (2018) e Galvani (2011).

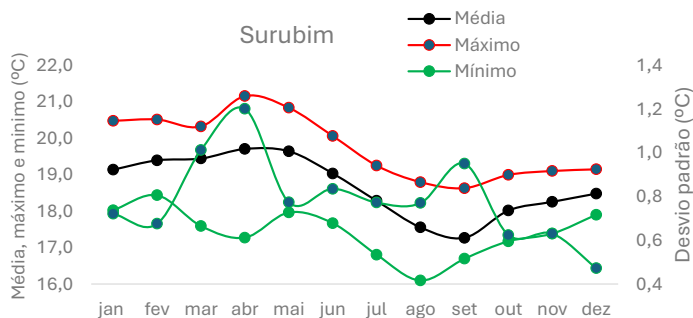


Figura 15 - Variação média, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Surubim/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 16 observou-se as variações médias mensais da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Surubim/Pernambuco. Observou-se dois picos de máximo Tp nos meses de abril e maio e entre agosto e setembro seus dois picos de mínimos.

A reta de tendência é de coeficiente angular negativa com R2 moderado nos indicando que num futuro próximo a temperatura do ponto de orvalho sofrera reduções. No decorrer do período chuvoso em Surubim ocorrem tp quando a temperatura mínima declina abaixo dos 17,0°C, outro acontecimento de tp foram observados quando registrou-se eventos de chuvas extremas no período da madrugada.

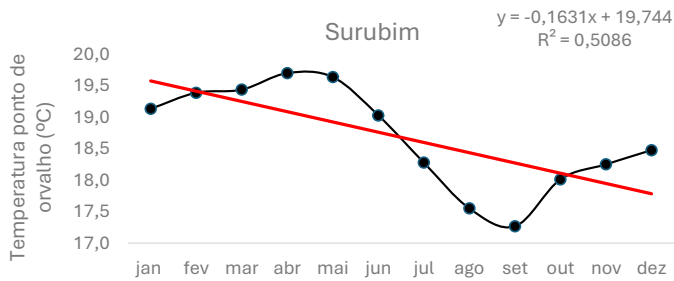


Figura 16 - Variação média mensal da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Surubim/Pernambuco. Fonte: Medeiros. (2024).

As variabilidades dos elementos estatísticos da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Surubim/Pernambuco, nos mostra que o coeficiente de variância e a curva do desvio padrão tem melhores probabilidade de ocorrência que a média (Figura 17). O coeficiente de curtose, apresentam uma distribuição platicúrtica ($K < 0$), exceto para os meses maio e agosto, tem seu prolongamento a esquerda sendo sua maior amplitude de distribuição dos dados. A curva de assimetria apresenta distribuição voltada para à esquerda exceto fevereiro, março, junho, setembro, novembro e dezembro, correspondendo ao coeficiente de assimetria positivo demonstrando que a TP predomina na amostra. Resultados similares pode ser visto no estudo de Galvani (2011).

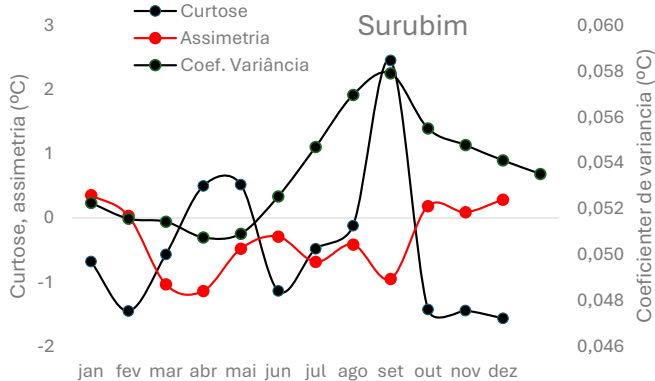


Figura 17 – Curtose, assimetria e coeficiente de variância da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Surubim/Pernambuco. Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As variações médias, máximas, mínimas e os desvios padrões mensais da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Cabrobó/Pernambuco estão expostos na Figura 18.

A temperatura média oscila de 16,1°C (agosto) a 18,1°C (dezembro), entre setembro à fevereiro observou-se os meses de acréscimo térmico, de março a agosto registra-se decréscimo gradual, esta flutuabilidade esta interligada principalmente nas flutuações da temperatura mínima que tem flutuações diferenciadas ocasionadas pelos sistemas regional e local.

As oscilações mínimas da temperatura do ponto de orvalho fluem de 4,5°C (setembro) a 15,3°C (outubro), ocorrem dois picos de mínima flutuação centrados nos meses de (maio e setembro) e seus picos de máximos com registros em fevereiro e outubro ocasionadas pelas flutuações regional e local.

As distribuições mensais da temperatura máxima do ponto de orvalho são ocasionadas, pelas variabilidades dos elementos baixa cobertura de nuvens, alta intensidade da radiação solar incidente diretamente na superfície local, as flutuações dos ventos irregulares e de baixa magnitudes, registrando variabilidades inter mensais fluindo de 18,7°C (julho) a 22,3°C (novembro).

A curva do desvio padrão registra variabilidades irregulares de magnitudes e intensidades diferenciadas ocasionadas pelos elementos já discutidos, suas oscilações fluem de 1,4°C (fevereiro) a 3,3°C (setembro) estas flutuações alinham-se aos resultados de Medeiros (2018) e Galvani (2011).

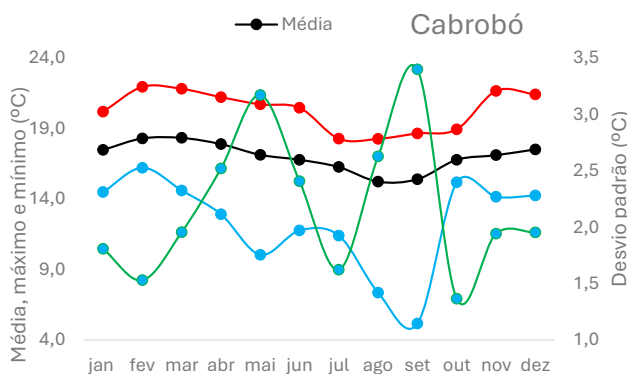


Figura 18 - Variação média, máxima, mínima e desvio padrão mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Cabrobó/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A curva de tendência mensal da temperatura do ponto de orvalho de 2010-2023 em Cabrobó/Pernambuco tem seu coeficiente angular negativo e R^2 de baixa significância, mostrando a incerteza se vai ocorrer redução da t_p futuramente.

Com dois pontos de máxima nos meses de fevereiro e março e dois pontos de mínimas entre agosto e setembro, decorrentes de suas variações inter mensal e ocasionadas pelas oscilações locais e regionais com os auxílios dos sistemas de meso e microescala.

Registradas reduções (Figura 19) do elemento t_p de março a agosto e acréscimos de outubro a janeiro, estas variabilidades vêm também foram observadas nos resultados dos estudos de Holanda et al. (2022); IPCC (2023); IPCC (2021) e Medeiros et al. (2021).

Entre os meses de março a agosto sempre se registra formações de orvalhos no período da madrugada compreendido entre 4:30h às 5:30h da manhã, conforme informações dos técnicos agrícolas da região.

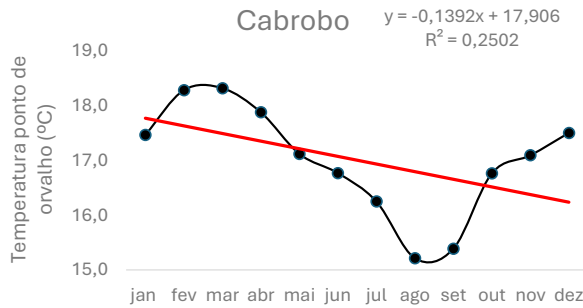


Figura 19 - Variação média mensal da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Cabrobó/Pernambuco.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As variabilidades das funções Curtose, assimetria e coeficiente de variância da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Cabrobó/Pernambuco estão representadas na Figura 20. A curva de curtose registra coeficiente de curtose irregulares e má distribuídos, pela função platicúrtica ($K < 0$), com declinação para à esquerda (Figura 20), registrando-se vários pontos de máximas e mínimas oscilações e de distribuição trimodal.

O coeficiente de variância registra pontos de máximos nos meses de maio e setembro e seus pontos de mínimos nos meses de fevereiro, julho e outubro com melhores probabilidade de ocorrência que a média em estudo.

A curva de assimetria apresenta uma distribuição voltada para a esquerda exceto fevereiro, março, junho, setembro, novembro e dezembro, correspondendo ao coeficiente de assimetria positivo demonstrando que a TP predomina na amostra. Resultados similares pode ser visto no estudo de Galvani (2011).

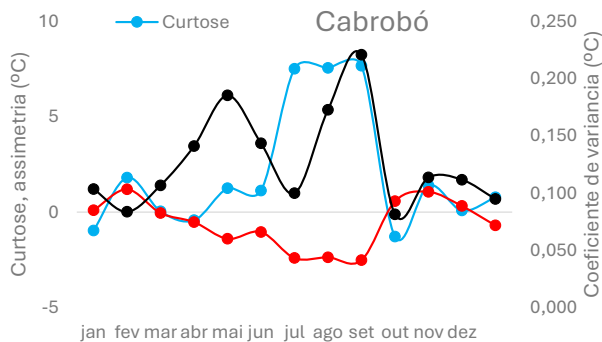


Figura 20 – Curtose, assimetria e coeficiente de variância da temperatura do ponto de orvalho e sua tendência de 2010-2023 em Cabrobó/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Conclusão

As análises estatísticas da temperatura do ponto de orvalho nas cidades do estado de Pernambuco, que possuem estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia em operação, apontaram uma tendência geral de diminuição da temperatura do ponto de orvalho ao longo do período analisado. As variações entre os municípios ocorrem em função de suas características geográficas e climáticas. As distribuições térmicas, com padrões distintos entre os municípios, indicaram diferentes níveis de variabilidade e concentração dos dados.

Diante do exposto, infere-se que esta pesquisa contribuiu para uma melhor compreensão das variações climáticas em Pernambuco e ofereceu subsídios para a tomada de decisões em diversos setores da sociedade. Pode-se destacar o gerenciamento de recursos hídricos, a agricultura, a saúde pública e o planejamento urbano. Os municípios em estudo deverão realizar planejamentos que envolvam construções de faixas arborizadas, regional e local, evitando a retenção do carreamento dos solos e a conservação das plantas nativas e rasteiras, visando à minimização da temperatura do ponto de orvalho.

Para a academia, os resultados contribuem para o avanço do conhecimento científico nas áreas de climatologia, meteorologia e geografia física. A metodologia utilizada pode ser aplicada em outras regiões e escalas temporais, permitindo a comparação de resultados e a identificação de padrões mais gerais.

Pesquisas futuras podem verificar os fatores antropogênicos, realizando uma análise espacial de paisagem, averiguando se o efeito de urbanização afeta o clima e causa desconforto à população. Além disso, compreender as diferenças e os padrões médios mensais da temperatura do ponto de orvalho de cada município pode se mostrar uma base para melhorar o entendimento dos temas pertinentes à sua variabilidade e das mudanças climáticas, onde sua variabilidade influencia na manutenção da vida, dos recursos naturais e dos seres humanos, que são dependentes.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPA-ROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. DOI <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/content/papers/download/82078>. Acesso em: 29 maio 2024.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. (4a ed.), Jaboticabal: Funep, 237. 2006.

BARBOSA, A. M.; MARTORANO, L.; FRANCO, I.; MONTEIRO, D. Evidência térmica de tetos verdes mitigadores de ilhas de calor na grande Belém. In: I Simpósio de estudos e pesquisas em ciências ambientais da Amazônia, 2012, Belém, Pará. **Anais...Belém**: Universidade do Estado do Pará, 2012.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J.C.; MARTÍNEZ, F. **Introdução à Estatística**: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS. Bookman Editora, 2009.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; ALMEIDA, H. A. de; SILVA, C. M. S. e. Análise comparativa da temperatura média do ar em Campina Grande, PB, obtida pelo Método dos Extremos e pelo Método Padrão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 888-902, 2013

COUTINHO, E. C.; SOUSA, A.S.; VIEIRA, L.K.; MARTINS, T.S.; SOUSA, J.S.. Análise do conforto térmico em pontos distintos no município de Paragominas. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa, Paraíba. **Anais**. João Pessoa, 2011.

DUANE, D. B. Significado da assimetria em sedimentos recentes, oeste de Pamlico Sound Carolina do Norte. **Revista de Pesquisa Sedimentar**, v. 4, p. 864-874, 1964.

FELIZARDO, S. A.; FREITAS, A. D. D.; SOUZA MARQUES, N.; BEZERRA, D. A. Características biométricas de frutos e sementes de *Oenocarpus bataua* Mart. com procedência em Almeirim, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 17, 2015.

FENNER, W.; MOREIRA, P. S. P.; FERREIRA, F. S.; DALLACORT, R.; QUEIROZ, T. M.; BENTO, T. S. Análise do balanço hídrico mensal para regiões de transição de Cerrado-Floresta e Pantanal, Estado de Mato Grosso. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 1, p. 72-85, 2014.

GALVANI, E. Estatística descritiva em sala de aula. **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**, 2011.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 2022.

HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M.; FRANÇA, M. V.; SABOYA, L. M. F.; CUNHA FILHO, M.; ARAÚJO, W. R. Impacts and variability on the urban climate of Recife/Pernambuco, Brazil. **International Journal of Science and Research Archive**, v. 5, n. 2, p. 217-229, 2022.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP**: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 24/06/2024.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2023**. Synthesis Report. Disponível em <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>>.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. PÖRTNER, H.O. et al.(eds.). Cambridge and New York: Cambridge University Press, 3056 p., 2022.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Masson-DELMOTTE, V. et al.(eds.). Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2391 p. 2021.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

KÖPPEN, W. P. **Grundriss der klimakunde**. W. de Gruyter, 1931.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der erde**. Gotha: verlag justus perthes. Wall-map 150cmx200cm, p. 91-102, 1928.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, In: Medeiros, S. de S., et al.(Orgs.). **Recursos Hídricos e Regiões Áridas e Semiáridas**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, pp. 383- 416, 2011.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C, M, SELUCHI; M.E.; CUARTAS, A.; ALVES, L.M.; MENDIONDO; E.M.; OBREGON, G.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, v. 106, p. 31, 2015.

MARENGO, J.A.; ALCANTARA, E.; CUNHA, A.P.; SELUCHI, M.; NOBRE, C.A.; DOLIF, G.; GONCALVES, D.; ASSIS DIAS, M.; CUARTAS, L.A.; BENDER, F.; RAMOS, A.M.; MANTOVANI, J.R.; ALVALÁ, R.C.; MORAES, O.L. Flash floods and landslides in the city of Recife, Northeast Brazil after heavy rain on May 25-28, 2022: Causes, impacts, and disaster preparedness. **Weather and Climate Extremes**, v. 39, p. 100545, 2023

MEDEIROS, R. M. **Fatores provocadores e/ou inibidores de chuva no Estado do Pernambuco**, 2016.

MEDEIROS, R.M. **Estudo agrometeorológicos para o estado de Pernambuco**. 125p. 2018.

MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V.; HOLANDA, R. M.; ROLIM NETO, F. C.; ARAÚJO, W. R.; COUTINHO JUNIOR, J. C. M. Temperaturas decadais extremas e média em São Bento do Una-Pernambuco, Brasil. **RECIMA21: Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 9, p. e29751-e29751, 2021.

SILVA, M.S.; VIEIRA, F. A.; CARVALHO, D. Biometria dos frutos e divergência genética em uma população de *Geonoma schottiana* Mart. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 582-584, 2007.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blücher. Links. 317p, 1973.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. LTC. Rio de Janeiro, 2017.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE CLIMATOLÓGICA URBANA DO MUNICÍPIO DE TERESINA /PIAUI, BRASIL

Moacyr Cunha Filho, Marília Gabriela Medeiros Ordono Lages, Patrícia Arruda de Moura, Manoel Vieira de França, Raimundo Mainar Medeiros, Romildo Morant de Holanda, Cristiane Rocha Albuquerque, Victor Casimiro Piscocya

RESUMO: Uma grande preocupação atual com as grandes cidades é sem dúvida o Clima Urbano, a cidade de Teresina/Piauí, por ser atualmente uma grande metrópole do Nordeste Brasileiro, (NEB) não foge a esta regra. O objetivo deste trabalho é estudar a variabilidade e a tendência das temperaturas do ar média, máxima e mínima, a temperatura mínima, média e máxima e a temperatura máxima, média e mínima e a precipitação pluviométrica, no período de 1976 a maio de 2009, o que certamente contribuirá para um melhor planejamento urbano, visando à melhoria da qualidade de vida do ser humano. Nas distribuições médias mensais das temperaturas do ar, mínima e máxima e precipitação pluviométrica, ver-se a ocorrência de dois períodos distintos, um período menos quente e mais chuvoso de dezembro a maio e outro período mais quente e menos chuvoso de junho a primeira quinzena de dezembro. Na distribuição média anual da temperatura do ar, mínima e máxima, observou-se uma tendência de elevação nas temperaturas estudadas com variações de 0,1°C a 0,9°C, principalmente na temperatura mínima, e uma tendência de variabilidade nos índices pluviométricos com alternância entre períodos de aumento e reduções graduais, conseqüências de queda nas médias mensais e anuais, caracterizando desta forma um movimento cíclico.

Palavras-Chave: Climatologia urbana, temperaturas do ar, precipitação.

Introdução

A cidade de Teresina/Piauí, localiza-se entre os Rios Poty e Parnaíba, com coordenadas geográficas de 05° 05' de latitude sul e 42° 48'W de longitude oeste, com uma altitude de 72,0 metros acima do nível médio do mar. Apresenta temperatura do ar; máxima e mínima e precipitação pluviométrica bastante elevados, durante parte do ano, o que provoca desconforto na qualidade de vida do ser humano. Considerando a importância da precipitação que exerce influência direta sobre as condições ambientais, agindo diretamente sobre o balanço de água no solo e, indiretamente através de outros elementos como temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar e radiação solar incidente a superfície do solo, existe grande esforço no sentido de fazer previsões de sua ocorrência e da sua variação espacial e temporal. Assim, considerando as peculiaridades de Teresina - Piauí, cidade com bastante arborização, que sofreu grandes transformações com a crescente urbanização, que acarretou contínuas destruições das arborizações primitivas que outrora a circundavam, parece-nos interessante analisarem e estudar a variabilidade das temperaturas do ar, máximas e mínimas e a precipitação pluviométrica, no período de 1976 à maio de 2009, buscando quantificar assim, possíveis alterações climáticas, visando dar subsídios a população e as tomadas de políticas públicas, com vista a melhoria nas condições ambientais, sociais e econômicas.

As regiões de baixa-latitude (onde o município de Teresina se localiza) têm na composição do revestimento horizontal de suas superfícies um dos responsáveis pelo ganho térmico o que sinaliza uma correspondente preocupação com o tipo do material empregado nas construções e principalmente, com a área

permeável dentro dos lotes capaz de proporcionar efeitos microclimáticos benéficos. Desta forma, o parâmetro de ocupações urbano como taxa de permeabilidade, índice de aproveitamento do solo e outros devem contemplar as solicitações climáticas locais.

A prática do planejamento urbano, por muito tempo, ignorou as consequências de modificações ambientais que o processo de expansão urbana ocasiona. Consideravam-se apenas os aspectos sociais, culturais e econômicos para fins de planejamento, com consequentes riscos à sustentabilidade do ambiente urbano.

Adequar o ambiente construído ao clima de um determinado local significa criar espaços que possibilitem ao homem melhores condições de conforto. Nesse sentido, a compreensão de clima e de como este interage com o meio é de fundamental importância para o trabalho dos planejadores urbanos. Isto se deve à necessidade de se definir princípios apropriados à boa gestão do espaço construído, com vistas à produção de ambientes adequados ao conforto, sobretudo no que diz respeito às sensações térmicas.

A importância do clima para o planejamento urbano já pode ser considerada como um consenso na literatura especializada (Katzchner, 1997; Monteiro & Mendonça, 2003). Entretanto, a aplicação dos conhecimentos da climatologia urbana ainda é bastante incipiente nos planos de desenvolvimento e ocupação das cidades brasileiras. Desta forma, torna-se um desafio a incorporação das recomendações fundamentadas nas análises climáticas do meio urbano nas atividades relacionadas às ações de planejamento urbano.

O clima urbano é um sistema complexo, adaptativo e aberto que, ao receber energia do ambiente maior no qual se insere a transforma substancialmente a ponto de gerar uma produção exportadora ao ambiente (Monteiro e Mendonça, 2003).

Material e Métodos

Os dados de temperatura do ar; máximas e mínimas foram obtidos da Estação agrometeorológica convencional situada no pátio da EMBRAPA - MEIO NORTE e pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, correspondendo ao período de 1976 a maio de 2009. Os dados de precipitações foram coletados do pluviômetro “Ville de Paris” instalado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Empresa de extensão Rural do Piauí (EMATER-PI). Foram calculados valores médios mensais e anuais, a tendência para todo o período, através de regressão linear simples, onde o elemento é a variável dependente (Y) e o ano dentro do período é a variável independente (X).

Com base nas informações foram traçados os gráficos e as tabelas contendo os valores de máximas ocorrências das temperaturas do ar; máximas e mínimas seguidamente do ano que ocorreu o evento extremo, para mostrar o comportamento e a tendência das temperaturas do ar; máxima e mínima e da precipitação pluviométrica, sobre a cidade de Teresina/Piauí.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 foram representadas as variações da temperatura do ar para o município de Teresina/Piauí no período compreendido entre os anos de 1976 a maio de 2009. As oscilações das temperaturas do ar mínimas fluem entre 14,6°C (nos anos de 1984 e 2006, esta temperatura ocorreu devido as mudanças de tempo busco no horário da 05:00 as 05:30 da manhã) a 25,7°C no ano de 1999, destacamos ainda que os valores da temperatura do ar tendem a crescerem proporcionalmente provocadas pelas causas dos efeitos locais e suas condições ambientais.

A temperatura média climatológica do ar variou entre 27,3°C a 31,0°C, notando-se uma aproximação crescente da temperatura do ar mínima aos valores climatológicos. Na coluna dos valores de temperatura máxima do ar notou-se uma flutuação de 30,8°C no mês de abril de 1998 a 34,4°C no mês de junho de 2008, registro este que superou os valores climatológicos em um desvio percentual de 12,0% e 23,74%, respectivamente.

Na Figura 1 ilustrou-se as variações das temperaturas mínima, média e máxima do ar para o período de 1976 a maio de 2009, observou-se que manteve-se elevada durante todo o ano, destacando-se os meses de julho, a primeira quinzena de dezembro, como os meses mais quentes do ano, enquanto, da segunda quinzena de dezembro a maio constitui-se o período menos quente, embora, nenhum destes meses tenha apresentado temperaturas médias inferiores a 30,0°C.

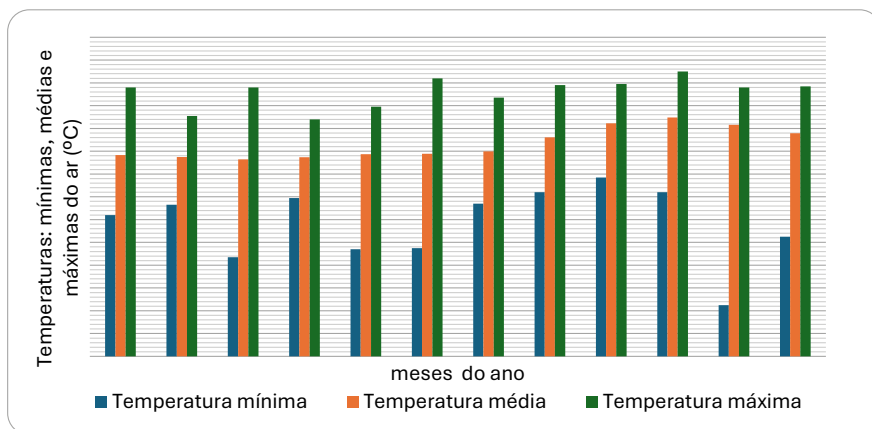


Figura 1- Variabilidade mensal, mínima, média e máxima da temperatura do ar em Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.

FONTE: INMET

MESES	TEMPERATURA MÍNIMA E ANO DE OCORRÊNCIA	TEMPERATURA MÉDIA	TEMPERATURA MÁXIMA E ANO DE OCORRÊNCIA
JAN	22,4(97)	27,7	33,6(88)
FEV	23,3(78,83,90,93)	27,5	31,1 (87,95)
MAR	18,7(99)	27,3	33,6(88,95)
ABR	23,9(85)	27,5	30,8 (98)
MAI	19,4(88,91,03)	27,7	31,9(88,95)
JUN	19,5(79,07)	27,8	34,4(08)
JUL	23,4(92)	28,0	32,7(07)
AGO	24,4 (96)	29,2	33,8(03)
SET	25,7(99)	30,4	33,9(83, 86,06)
OUT	24,4(76)	31,0	35,0(95)
NOV	14,5(84,06)	30,3	33,6(02)
DEZ	20,5(98,04)	29,6	33,7(82, 92,05)

Tabela 1 - Valores mínimos, médios e máximos da temperatura do ar, Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009
 FONTE: INMET

Na Tabela 2 estão representados os valores das temperaturas mínima, média e máxima que ocorreram no período de 1976 a maio de 2009. As variações das temperaturas mínimas médias oscilaram entre 20,6 a 23,3°C, as observações denotaram que os registros das temperaturas mínimas ocorridas nos meses de julho e agosto dos anos de 1980 e 2005 foram de 13,2°C e 11,4°C, respectivamente. Estes meses foram considerados como anômalos, tendo em vista efeitos locais e os sistemas de microescala atuantes no período, como as formações de linhas de instabilidade, aglomerados convectivos, formações de nevoeiros e a temperatura do ar igualando-se a temperatura mínima.

As variações das temperaturas máximas da mínima fluíram de 26,8°C no ano de 1998 a 38,9°C no ano de 2008, que o regime térmico intermunicipal apresenta médias variação no decorrer dos meses, caracterizando a região com a presença de altas temperaturas, o que significa dizer que, devido aos fatores locais, como topografia, altitude, natureza do solo, nebulosidade e ventos calmos, a amplitude térmica de ultrapassa os 17,5°C é inferior às registradas em outras regiões da Zona Equatorial.

Na Figura 2 ilustrou-se os valores mínimos, médios e máximos das temperaturas mínimas do período de janeiro de 1976 a maio de 2009, para o município de Teresina/Piauí. Observou-se que os meses de julho, outubro e novembro os valores das temperaturas máximas mínimas foram elevados, assim como no mês de dezembro ocorreram reduções significativas.

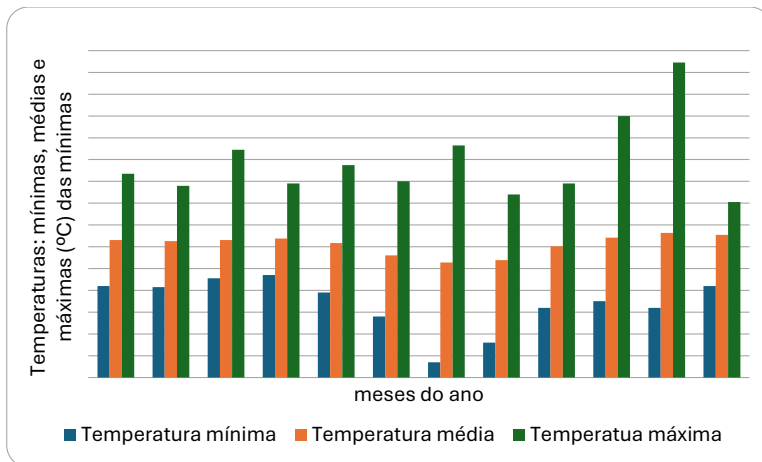


Figura 2- Variabilidade mensal mínima, média e máxima da temperatura máxima, Teresina /Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.

FONTE: INMET

MESES	TEMPERATURA MÍNIMA E ANO DE OCORRÊNCIA	TEMPERATURA MÉDIA	TEMPERATURA MÁXIMA E ANO DE OCORRÊNCIA.
JAN	18,4 (90,98)	22,6	28,7 (98)
FEV	18,3 (84,98)	22,5	27,6 (2001)
MAR	19,1 (93)	22,6	30,9 (2008)
ABR	19,4 (84)	22,8	27,8 (80)
MAI	17,8 (84,98)	22,3	29,5 (99)
JUN	15,6 (84,98)	21,2	28,0 (2004)
JUL	11,4 (2005)	20,6	31,3 (2005)
AGO	13,2 (80)	20,8	26,8 (98)
SET	16,4 (88,98)	22,0	27,8 (2000)
OUT	17,0 (92,98)	22,8	34,0 (2007)
NOV	16,4 (84)	23,3	38,9 (2008)
DEZ	18,4 (99)	23,1	26,1 (93,98)

Tabela 2- Valores mínimos, médios e máximos da Temperatura mínima, Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.

FONTE: INMET

Na Tabela 3 e na Figura 3 foram representados os valores extremos, juntamente com os valores médios de temperatura máxima e mínima das ocorrências da temperatura máxima. Observou-se que as temperaturas médias máxima fluíram entre 32,0°C a 37,0°C e as médias mínima foram de 21,6°C a 30,8°C, respectivamente. O valor máximo mensal atingiu 41,1°C no mês de julho de 1979, 41,0°C em janeiro dos anos de 1993 e 1998, e 40,8°C nos anos de 1981 e 2005. Estas flutuações estavam interligadas com as variações de mesoescalas decorrentes dos sistemas meteorológicos atuante na região Nordeste do Brasil e em especial para o setor Norte do Nordeste, no qual está localizado o município de Teresina/Piauí.

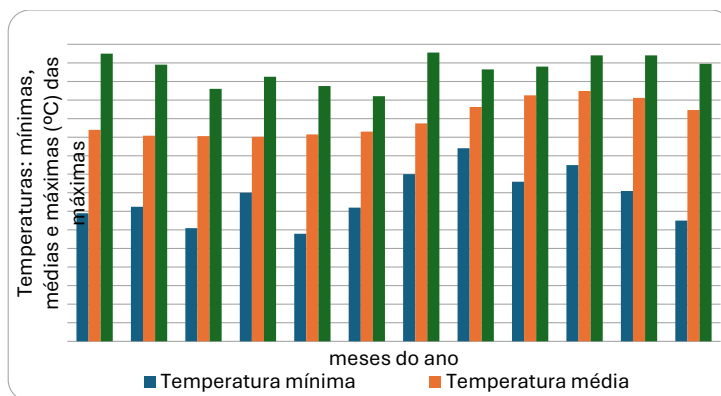


Figura 3- Variabilidade mensal mínima, média e máxima da temperatura máxima, Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.

FONTE: INMET

MESES	TEMPERATURA MÍNIMA E ANO DE OCORRÊNCIA	TEMPERATURA MÉDIA	TEMPERATURA MÁXIMA E ANO DE OCORRÊNCIA
JAN	23,8 (95,98)	32,8	41,0 (93,98)
FEV	24,5 (78)	32,2	39,8 (81)
MAR	22,2 (91,98)	32,1	37,2 (93,98)
ABR	26,0 (95,98)	32,0	38,5 (86,98)
MAI	21,6 (99)	32,3	37,5 (78)
JUN	24,4 (2008)	32,6	36,4 (93,98)
JUL	28,0 (89)	33,5	41,1 (79)
AGO	30,8 (79,85,98)	35,2	39,3 (78)
SET	27,2 (84,98)	36,5	39,6 (83,91,98)
OUT	29,0 (97)	37,0	40,8 (81)
NOV	26,2 (88,98)	36,2	40,8 (2005)
DEZ	23,0 (77)	34,9	39,9 (93,98)

Tabela 3- Valores mínimos, médios e máximos da Temperatura máxima, Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.

FONTE: INMET

A variabilidade média anual das temperaturas do ar, máximas e mínimas estão ilustradas nas Figuras 4, 5 e 6. Pode-se observar certa variabilidade interanual, bem como, uma tendência a aquecimento de 0,1°C a 0,9°C, na temperatura mínima, ao passo que a temperatura do ar e máxima suas oscilações de aumento são por volta de 0,7°C.

A superfície exposta recebeu aquecimento através da radiação solar direta e estas tendências de elevação das temperaturas ocorreram a partir do momento que se substituiu uma paisagem natural por edificações, calçamentos e superfícies concretadas, as quais apresentam baixo calor específico e consequentemente, proporcionaram um maior aquecimento no ambiente adjacente.

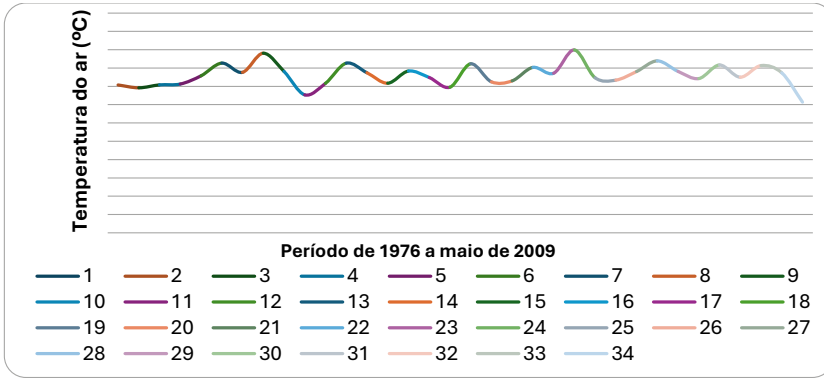


Figura 4- Variabilidade anual da temperatura do ar média, Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.

FONTE: INMET

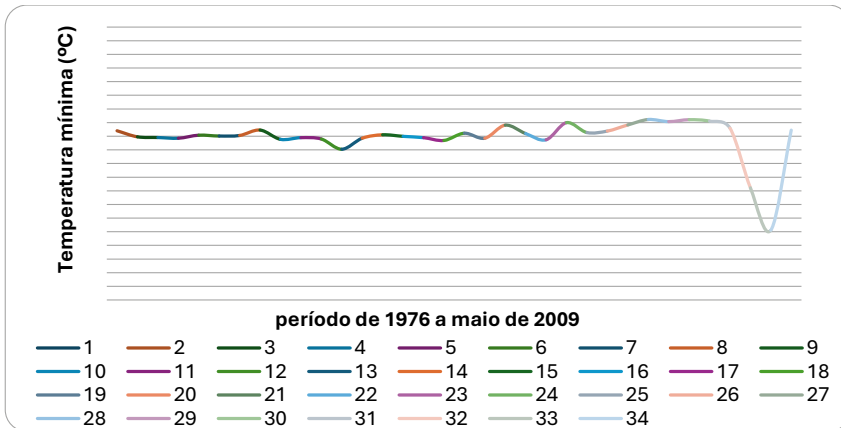


Figura 5- Variabilidade anual da temperatura mínima Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.

FONTE: INMET

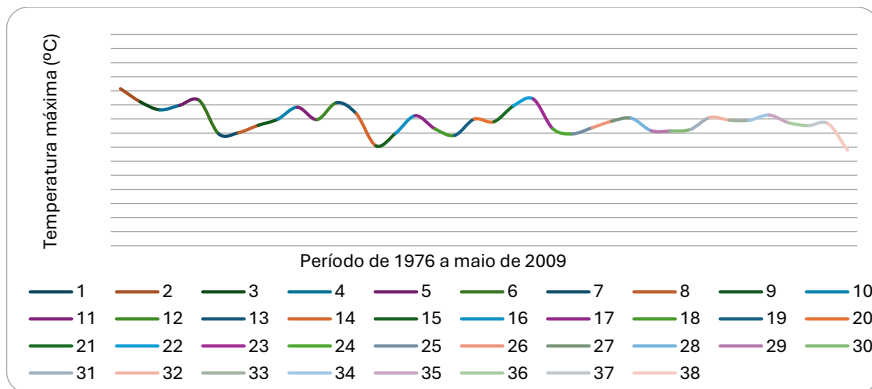


Figura 6- Variabilidade anual da temperatura máxima, Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.

FONTE: INMET

O regime pluviométrico mensal na cidade de Teresina/Piauí, durante o período de janeiro de 1976 a maio de 2009 apresentou (Figura 07) um período chuvoso compreendido de dezembro a maio, havendo maior concentração da precipitação no trimestre, Fevereiro, março e abril, com 63,0% do total anual de precipitação e um período menos chuvoso, abrangendo os meses de junho a primeira quinzena de dezembro, com menor concentração de precipitação no trimestre, agosto, setembro e outubro, contribuindo somente com 8,0% do total anual. Pode-se afirmar que em Teresina/Piauí, as fortes chuvas que ocorreram no município, no período chuvoso, são influenciadas pela Zona de Convergência Intertropical–ZCIT, formações de linhas de instabilidades e aglomerados convectivos e no período menos chuvoso a precipitação observada seria devido, principalmente, aos efeitos locais, como aquecimento da superfície, que por sua vez provoca a formação de nuvens convectivas.

Estão representados na Tabela 4 os valores das precipitações máximas, climatológicas e os mínimos, seguidamente dos referidos anos de ocorrência, para uma melhor visualização da variabilidade mensais da precipitação. A média anual de precipitação foi de 1.407,0 mm. O valor máximo anual foi de 2.568,5 mm no ano de 1985, e o valor mínimo anual foi de 706,0 mm em 1976.

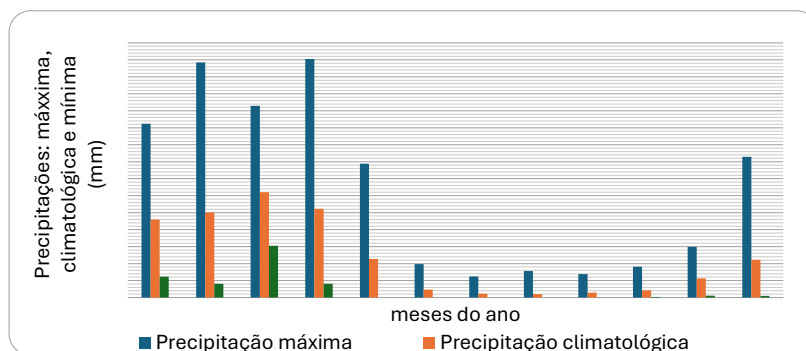


Figura 7- Variabilidade da precipitação máxima, climatológica e mínima, Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2004.

FONTE: INMET

MESES	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA	PRECIPITAÇÃO CLIMATOLÓGICA	PRECIPITAÇÃO MÍNIMA
JAN	511,8(04)	229,4	61,5(83)
FEV	692,2(07)	250,7	40,6(81)
MAR	564,5(87)	310,5	152,3(78)
ABR	702,5(95)	261,5	40,3(98)
MAI	394,3(09)	113,5	0,0(92)
JUN	98,2(85)	23,2	0,0(78,95,96,99,07)
JUL	62,0(89)	11,3	0,0(76,7,83,87,92,97,03)
AGO	78,3(84)	9,8	0,0(76,81,88,91,94,95,98,02)
SET	69,4(99)	14,7	0,0(76,78,81,83,87,88,95,98,07)
OUT	90,7(86)	21,8	1,8(98)
NOV	149,3(89)	56,5	5,4 (07)
DEZ	414,5(89)	111,4	4,9(87)

Tabela 4- Valores máximos, climatológicos e mínimos da precipitação pluviométrica, Teresina/Piauí no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.
 FONTE: INMET

A variabilidade anual da precipitação pluviométrica em Teresina/Piauí, para o período de janeiro de 1976 a maio de 2009, está ilustrada na Figura 8. Observou-se uma oscilação interanual, caracterizada por um movimento cíclico ao longo do período, com flutuações abaixo da média nos anos de 1976, 1978, 1980, 1981, 1982, 1983, 1990, 1991, 1992, 1993, 1997, 1998, 2002, 2003 e 2005 e com valores acima da média para os anos de 1977, 1979, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1994, 1995, 1996, 1999, 2000, 2001, 2004, 2006, 2007, 2008 e 2009.

Durante o período de janeiro de 1976 a maio de 2009, Teresina/Piauí apresentou uma média climatológica de precipitação anual de 1.375,1 mm. Exceções foram observadas nos anos de 1976 e 1992 que apresentaram totais anuais de precipitações muito abaixo da climatologia (706,0 e 820,0 mm respectivamente). Estas reduções nos totais anuais de chuvas estão relacionadas com a ocorrência de fortes eventos de El Niño, pois quando o ramo descendente é dominante ocorrem reduções nos índices pluviométricos de até 60% das chuvas esperadas anuais. Um ano atípico com índices pluviométricos acima da normalidade foi o ano de 1985 que se registrou um total anual de 2.568,5 mm, este ano estava associado a um evento intenso da La Niña, assim como também ocorreu nos quatro primeiros meses do ano de 2009 que registrou um total de 1.598,3 mm.

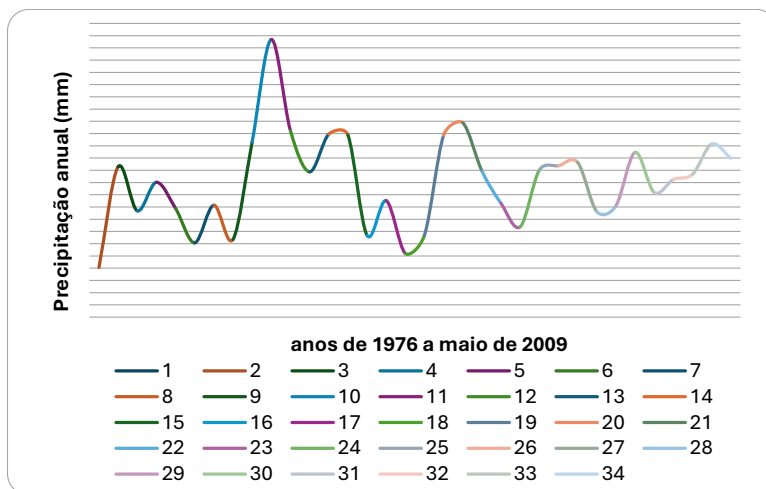


Figura 8- Variação do total anual da precipitação, precipitação média e precipitação linear no município de Teresina/Piauí, no período de janeiro de 1976 a maio de 2009.
 FONTE: INMET

Conclusão

Na análise dos resultados obtidos no estudo das médias mensais de temperaturas do ar; máxima e mínima e precipitação pluviométrica, observaram-se dois períodos distintos, período menos quente e mais chuvoso de dezembro a maio e o período mais quente e menos chuvoso de junho a primeira quinzena de dezembro. Os valores da tendência anual indicam acréscimo de 0,3°C nas temperaturas do ar, e nas temperaturas máximas e mínimas os acréscimos oscilam de 0,5 a 10,0°C nos meses de setembro a dezembro e de 9,5 mm na precipitação pluviométrica, porém com alternância entre períodos de aumento gradual, com sequência de queda em ambos os elementos meteorológicos estudados. Estando Teresina/Piauí, localizada na Zona Tropical e próximo a linha do equador, apresenta altos valores de temperatura do ar; máxima e mínima nos meses de setembro a dezembro e as fortes chuvas que ocorrem são consequência da massa equatorial continental, condicionada aos movimentos convectivos dos alísios de Nordeste e Sudeste – ZCIT, formações de linhas de instabilidades e aglomerados convectivos e aos efeitos locais, como aquecimento da superfície, que provocam a formação de nuvens cúmulos e cumulonimbus, o que caracteriza seu clima como Aw', cidade tradicionalmente reconhecida com a ocorrência de chuvas abundantes com durações de quatro a oito horas de chuvas descontínuas.

A temperatura do ar, as máximas e mínimas e a precipitação pluviométrica ao longo do tempo e espaço, apresentou significativas oscilações, que são de grande interesse em estudos específicos como, conforto humano, doenças respiratórias, estudos do clima e as condições de habitações nos bairros das periferias do município, a criação e conservação de áreas arborizadas, a redução de asfalto na periferia e um melhor tipo de pedra para os calcamentos das ruas, além da padronização das alturas dos edifícios em seis pisos que vierem a serem construídos futuramente, e um maior controle do dióxido de carbono expelido pelos escapes dos carros nas áreas urbanas tendem a melhorar a qualidade de vida do ser humano. Devido ao aquecimento provocado pela desordem urbana da cidade, o desconforto térmico é muito grande na população.

A ausência da incorporação das considerações climáticas no plano diretor da cidade alerta para necessidade de ampliação das discussões interdisciplinares sobre os futuros impactos climáticos. A importância do papel da vegetação urbana para a amenização climática dos espaços externos e o papel significativo das massas d'água representadas pela proximidade dos Rios Poty e Parnaíba e do complexo lagunar na regulação térmica em escala mesoclimática.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. **Configuração urbana e sua relação com os microclimas: estudo de frações urbanas na cidade de Maceió - AL**. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

ASSIS, E. S. de A. **Aplicação de dados do clima urbano no desenvolvimento de planos diretores de cidades mineiras**. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 9. **Anais...** Ouro Preto, p.152-161, 2007.

BARBIRATO, G. M. **Aplicação de modelo de balanço de energia para análise do ambiente térmico urbano em Maceió-AL**. Tese (doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

BARBIRATO, G. M.; TORRES, S.C.; LISBÔA, T.A. Microclimatic conditions of urban public spaces in a tropical city. In: International Conference on Urban Climate, 5, **Proceedings...** Lodz, 2003.

BARBOSA, R. V. R. **Áreas verdes e qualidade térmica urbana: estudo em microclimas de Maceió (AL)**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BARBOSA, R.V.R. **Vegetação urbana: avaliação de seu desempenho térmico em recintos urbanos de Maceió-AL**. Monografia (Trabalho Final de Graduação) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2002.

BARBOSA, R. V. R.; FERNANDES, M. F.; MORAIS, C. S. DE; BARBIRATO, G. M. A influência da proximidade de massas d'água em ambiente climático urbano de Maceió-Alagoas. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 6º Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído, **Anais...** São Pedro, 2001. 1 CD-ROM.

BITTENCOURT; CRUZ; LOBO. **A influência da relação entre taxa de ocupação x n. de pavimentos no potencial de ventilação natural dos ambientes internos e externos**. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4. **Anais...** Salvador, p.102-106, 1997.

CAVALCANTE, M. R. C. **Qualidade térmica de praças de Maceió-AL: três estudos de caso**. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

COSTA, C. Maceió. 2ª ed. Maceió: Sergasa, 1981.

JACOBS, J. **Morte e vida das grandes cidades**. 2ªed., São Paulo: Martins Fontes. 2001.

JOSÉ, A. S. J. OLIVEIRA, M. C. ALBURQUERQUE, F. M., BARRO, A. N. F. S. **Climatologia Urbana de Belém do Pará**, 1961 a 2006.

KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: Encontro Nacional de Conforto No Ambiente Construído, 4. **Anais...** Salvador, p.49-58, 1997.

LOMBARDO, M. A. **A Ilha de Calor nas Metrôpoles**. O Exemplo de São Paulo. SP, Ed. Hucitic, 1985.

MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da percepção**. 2ª ed, São Paulo: Martins Fontes, 1999.

MONTEIRO, C.A DE F.; MENDONÇA, F. (Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

NASRALLAH, H. A.; BRAZEL, A. J.; BALLING, R. C. **Analysis of Kuwait City Urban Heat Island. International Journal of Climatology**, v.10, 1990.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ. **Plano Diretor de Maceió - AL**. Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento, dez.2006, 95 pg.

STULPNAGEL, A.; HOBERT, M.; SUKOPP, H. **The Importance of Vegetation for the Urban Climate. Urb and Ecology**, p. 175-193, 1990.

TORRES, S. C. **Arranjos construtivos urbanos: um estudo sobre a influência da configuração de conjuntos habitacionais verticais na qualidade térmica de edificações em Maceió - AL**. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

CAPÍTULO 5 - DIREÇÃO PREDOMINANTE DO VENTO PARA RECIFE E CARUARU/PERNAMBUCO, BRASIL

Moacyr Cunha Filho, Raimundo Mainar de Medeiros, Renisson Neponuceno Araujo Filho, Romildo Morant de Holanda, Manoel Vieira de França, Marília Gabriela Medeiros Ordono Lages, Patricia Arruda de Moura, Milene Vieira Figueira

RESUMO

A direção do vento é variável no tempo e espaço, em função da situação geográfica local, rugosidade da superfície, relevo, vegetação e da época do ano. O objetivo é determinar a direção predominante do vento para os municípios de Recife e Caruaru posicionados no estado pernambucano e entender suas variabilidades nos períodos seco e chuvoso. A base dos dados consiste na direção horária do vento, registrados nas estações automáticas da rede de estações climatológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia obtida no período 2008 a 2022. Considerou-se, para fins de identificação da direção horária predominante, oito faixas centradas nas direções. A direção predominante da frequência do vento em Recife para o período de estudo foi a SE (Sudeste) com maiores frequências em todos os anos. A segunda e terceira predominância do vento são as direções E (Leste) e S (Sul). No período seco para a região metropolitana do Recife a predominância da frequência do vento de maior intensidade é E (Leste) seguida das direções SE e NW. O período chuvoso registra direção E de maior intensidade seguidas das direções SE e S. A direção E (Leste) e SE (Sudeste) como de maior intensidade, as direções S (Sul), NW (Noroeste), SW (Sudoeste) e NE (Nordeste) como direções intermediárias de segunda direção NE, terceira direção SW, quarta direção S e quinta direção NW. No período chuvoso destaca-se a direção SE, as demais direções predominantes são SE, S, E e NW.

Palavras-chave: Direção do vento, estações automáticas, agricultura, vento.

Introdução

O vento é considerado como uma das variáveis meteorológicas de maior importância, sendo definido como o movimento do ar (SOUZA et al., 2019). Para Vendramini (1986) a direção do vento é bastante variável no tempo e espaço, e é influenciada pela situação geográfica local, rugosidade da superfície, relevo, vegetação e época do ano. Silva et al. (2022), ressaltaram que são de grande valia, para as mais diversas áreas do conhecimento, informações referentes ao comportamento dos ventos em superfície, determinado a partir de padrões de circulação em diversas escalas espaço-temporais. Araújo Júnior et al. (2019), destacaram que a informação da velocidade e da direção predominante do vento contribui para o planejamento de diversas atividades como, por exemplo, na determinação de locais para a instalação de distritos industriais, quebra-ventos, orientações na construção de estábulos, avicultores e dimensionamento de torres de geração de energia eólica.

Na agricultura, Munhoz et al., (2008) enfatizaram que a influência do vento é conhecida na aplicação de defensivos e em estudos voltados à propagação de doenças, polinização e práticas com quebra-vento. Os autores enfatizaram a crescente necessidade de informações sobre o aproveitamento do vento para subsidiar projetos que visam a construção de secador solar e estão ligados à economia de água. Destacaram, também, o uso do vento como fonte de energia renovável, na energia eólica; e relativo às plantas, afirmaram sobre o efeito do vento na transpiração e no acamamento, absorção de CO₂ e sobre as folhas e ramos, sendo o resultado desta interação a depender da cultura.

Na zona urbana, as informações referentes ao vento permitem a correta instalação de indústrias e fabricas, de modo que não prejudiquem as áreas residenciais. Ademais, o vento pode influenciar no posicionamento e no dimensionamento das torres para fonte de energia, na construção e na orientação de galpões, na aplicação de pesticidas, na evaporação de reservatórios, na irrigação por aspersão, na propagação de incêndio e fumaça entre outros elementos (ABI SAAB, 2004; JENSEN et al., 2016; BORGES, 2017). A importância de compreender o comportamento dos ventos vem sendo abordada em diversos estudos, entre os quais o de Castelhana (2022) que analisou a dinâmica dos ventos na cidade de Aracaju (SE), reforçou que o regime dos ventos pode ser útil na prevenção de problemas relacionados aos poluentes atmosféricos. Araújo Júnior et al. (2019) ao caracterizarem os ventos de Petrolina/PE obtiveram que a maior parte ocorre na direção sudeste, com velocidade máxima de $3,27 \text{ m.s}^{-1}$ e média de $3,02 \text{ m.s}^{-1}$.

Galvani et al. (1999) observaram que a direção predominante de ventos diurnos em Maringá foi de Nordeste, e para os noturnos, Sudeste (janeiro a maio e outubro a dezembro) e a Leste (de julho a setembro). Moreno (1961) constatou que a direção normal predominante para Santa Maria - RS é leste (E). Leste e Sudeste também são as direções predominantes dos ventos em Piracicaba - SP (WIENDLE et al., 1995, PEREIRA et al., 2002).

Castelhana et al. (2018) observaram que os ventos predominantes em Curitiba, capital do Paraná, advêm de setores Leste e Nordeste e se alternam ao decorrer do dia. Shubert et al. (2022) constataram que a média da velocidade do vento a dois metros em Botucatu – SP foi de $1,80 \text{ m s}^{-1}$, com velocidade mínima de $0,0 \text{ m s}^{-1}$ e máxima de $5,91 \text{ m s}^{-1}$. De modo que a direção predominante do vento do município foi a Sudeste (SE), sendo a direção Nordeste (NE) a de menor incidência. Já os autores Morais et al. (2014) concluíram que para o município de Mossoró/RN a direção predominante do vento permaneceu na maior parte dos meses entre os sentidos Sudeste (SE) e o Leste (E).

Vale destacar que a direção predominante dos ventos (CONCEIÇÃO, 2008; LEITE et al., 2006; GALVANI et al., 1999; MUNHOZ et al., 2008, LEITE et al., 2006; GALVANI et al., 1999; LIMA, 2008; GERMANO, 2017) é um fator que pode auxiliar no posicionamento de quebra, na orientação e no planejamento do conforto térmico, seja em residências ou nos mais diversos tipos de construções.

Ponciano et al., (2022) ressaltaram que a maior preocupação no estudo dos ventos está relacionada aos efeitos daqueles com mais intensidade devido aos possíveis danos às infraestruturas, de modo que é de suma importância informações referentes a velocidade e a direção dos ventos para que haja o monitoramento e a previsão dos padrões de tempo e do clima global. Ademais, as variáveis direção e intensidade dos ventos são dinâmicas, e, alterações inesperadas podem ocasionar decorrências positivas ou negativas por interferir diretamente em diversos fenômenos ligados ao homem como, por exemplo, na poluição do ar, na geração de energia, na agricultura, no conforto térmico, entre outros (CASTELHANO et al., 2018).

Nesse contexto, essa pesquisa objetivou determinar a direção predominante do vento para os municípios de Recife e Caruaru posicionados no estado de Pernambucano e entender suas variabilidades nos períodos seco e chuvoso.

Material e Métodos

Recife está entre as três maiores aglomerações urbanas do Nordeste. Ocupa uma posição central, com distância em torno de 800 km das outras metrópoles, Salvador e Fortaleza, disputando com o espaço estratégico de influência na Região. Com área territorial de 330 km², limita-se ao norte com Olinda e Paulista, ao sul com Jaboatão dos Guararapes, a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, a leste com o Oceano Atlântico. Localiza na latitude 08°01'S; longitude 34°51'W, com altitude de 72 metros (Figura 1).

O município de Caruaru localiza-se na mesorregião Agreste e Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco, limitando-se, ao norte, com Toritama, Vertentes, Frei Miguel e Taquaritinga do Norte, ao sul, com Altinho e Agrestina, à leste, com Bezerros e Riacho das Almas, e à oeste, com Brejo da Madre de Deus e São Caetano (Figura 1). A sede do município tem altitude de 554 m e posiciona-se nas coordenadas geográficas 08°17'S latitude e 35°58'W longitude (CPRM, 2005).



Figura 1 – Posicionamento dos municípios Recife e Caruaru dentro do Estado Pernambucano e do Brasil.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O clima de Caruaru, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo semiárido (BSh), com verões quentes e secos e invernos a menos e chuvosos, (ALVARES et al., 2014). A quadra chuvosa se inicia em fevereiro, com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes da quadra chuvosa) e término ocorrendo no final do mês de agosto, podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O clima de Recife foi classificado, como sendo do tipo Am.

A base dos dados utilizada descreve a direção horária do vento, registrado nas estações automáticas da rede de estações climatológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). As estações climatológicas utilizadas na pesquisa são apresentadas na Tabela 1, com suas coordenadas geográficas. Considerou-se todas as medições obtidas no período 2008 a 2022. Considerou-se, para fins de identificação da direção horária predominante, oito faixas centradas nas direções que se encontram na Tabela 2. Cada faixa corresponde a 45°, e a direção Norte, por exemplo, compreende os ventos com direções entre 337,5 a 360° e de 0 a 22,5°.

Os dados faltantes foram preenchidos segundo a metodologia de Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado (MEDEIROS, 2019), durante o ano de agosto a novembro de 2008; de abril a junho de 2009; de setembro a dezembro de 2019; de janeiro a outubro de 2019; dezembro de 2021; de janeiro a

dezembro de 2022; para Recife. Essas falhas representaram 24,06% das observações. Para Caruaru foi observado 16,8% de falhas de dados, tendo o preenchimento sido realizado em agosto de 2011; de fevereiro a agosto e de outubro a dezembro de 2021; de janeiro a maio e de setembro a dezembro de 2022.

Na Tabela 1 tem as estações e suas coordenadas geográficas: latitude, longitude e altitude que compõem a área de estudo em discussão.

Estação	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Altitude (metros)
Recife	08°03'	34°55'	72
Caruaru	08°17'	35°58'	545

Tabela 1 - Relação das estações climatológicas, e suas coordenadas geográficas.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 2 tem-se o esquema da direção predominante do vento para os municípios de Recife e Caruaru – Pernambuco. Uma vez identificada a direção predominante de cada estação climatológica, passou-se à fase de análise da distribuição de frequências da direção predominante.

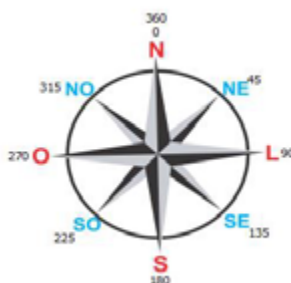


Figura 2 – Esquema da direção predominante dos ventos

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Resultados e Discussão

A direção predominante do vento do período estudado (2008-2022) para o município de Recife – Pernambuco está disponibilizada na Tabela 3. Em todos os anos a direção anual é de Sudeste (SE) exceto o de 2009 que a direção predominante é de Leste. Souza et al. (1997) encontraram ventos predominantes de Leste em Campo Grande, MS, com ocorrência de Norte nos meses de janeiro a dezembro, cujos valores anuais resultaram em 24% de Leste, 19,8% de Norte e 12,2% de Nordeste, tendo as calmarias representado 12%.

O mês de janeiro do período em estudo registra quatro (4) direções predominantes. A direção SE ocorreu nos anos de 2008, 2010, 2011, 2012, 2014, 2016, 2019, 2020 e 2022; a direção NW nos anos 2009 e 2015. No mês de fevereiro predominou a direção de SE, exceto nos anos 2009 (NW), 2013 (E). O domínio da direção SE no mês de março foram registrados exceto o ano de 2009 onde sua direção é de NW. A direção S foi registrada nos anos de 2008, 2010, 2011 e de 2018 a 2021, o ano de 2009 registrou a direção predominante

de NW e a direção SE entre os anos de 2012 e 2017 do mês de abril para a área estudada. O estudo de Medeiros (2018) registra similaridade com as discussões presentes.

A direção predominante do mês de maio para o período de estudo foi de S, exceto nos anos de 2012 e 2015 que predominou a direção SE. A direção S predominou em sua maioria dos anos exceto para 2009, 2014 e 2017 do mês de junho. No mês de julho registrou-se duas direções predominantes do vento, nos anos de 2008, 2009, 2011, 2012, 2014, 2015, 2017, 2018, 2020 e 2022 a direção foi de SE e para os anos 2010, 2013, 2016, 2019 e 2021 a direção foi de S. Nos 14 anos do estudo predominou no mês de agosto a direção de SE exceto os anos 2009 e 2010 que a direção foi e Leste (E) e Sul (S).

O mês de setembro registrou treze anos com direção predominante de SE e dois anos (2009 e 2019) a direção Leste (E). A direção SE ocorreu nos anos de 2010, 2013, 2014 e 2020, nos demais anos predominou a direção E para o mês de outubro. O mês de novembro da área de estudo tem como predominância de vento a direção E, exceto para o ano de 2008. Os anos de 2008 (NW) e 2014 a direção predominante foi de SW os demais anos predominou a direção E. O mês de dezembro registrou as direções NW no ano de 2008, SW em 2014 e para os demais anos a direção predominante foi de E. Estas variabilidades dos ventos predominantes contribuem com os resultados apresentado por Moreno (1961) e Germano (2017).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2008	SE	SE	SE	S	S	S	SE	SE	SE	E	SE	NW	SE
2009	NW	NW	NW	NW	S	SE	SE	E	E	E	E	E	E
2010	SE	SE	SE	S	S	S	S	S	SE	SE	E	E	SE
2011	SE	SE	SE	S	S	S	SE	SE	SE	E	E	E	SE
2012	SE	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	E	E	E	SE
2013	E	E	SE	SE	S	S	S	SE	SE	SE	E	E	SE
2014	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	SE	E	SW	SE
2015	NW	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	E	E	E	SE
2016	SE	SE	SE	SE	S	S	S	SE	SE	E	E	E	SE
2017	E	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	E	E	E	SE
2018	E	SE	SE	S	S	S	SE	SE	SE	E	E	E	SE
2019	SE	SE	SE	S	S	S	S	SE	E	E	E	E	SE
2020	SE	SE	SE	S	S	S	SE	SE	SE	SE	E	E	SE
2021	E	SE	SE	S	S	S	S	SE	SE	E	E	E	SE
2022	SE	SE	SE	SE	S	S	SE	SE	SE	E	E	E	SE

Tabela 3- Direção predominante mensal e anual dos ventos para os municípios de Recife.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Medeiros (2019) afirmou a importância dos sistemas atmosféricos regionais, locais, de mesoescala, brisa e linha de instabilidade no regime de ventos de Recife, mostrando que estes sistemas, densamente ativos, influenciam as variações da temperatura de superfície do mar, fazendo as oscilações predominantes fluírem com mais suavidade. Este resultado reforça as discussões deste artigo.

Nas Figuras 2a a 2p estão representadas as frequências relativas da direção predominante do vento nos anos 2008 a 2022 para Recife/Pernambuco. Com predominância de frequência relativa, o ano de 2008 (Figura 2a) registrou direção E (8,3), SE (58,3%), S (25%) e NW (8,3%). O ano de 2009 (Figura 2b) teve quatro direções predominante assim distribuídas: E (41,7%) SE (16,7%) S (8,3%) e NW (33,3%). No ano de 2010 (Figura 2c) tem-se a frequência da direção predominante do vento centrada em três posições E com 16,7%, mas direções S, SE com 41,7%.

Figura 2a–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2008.

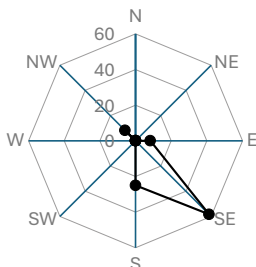


Figura 2b–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2009.

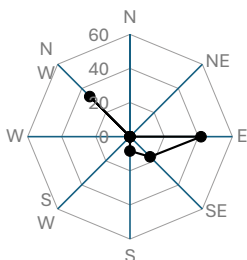
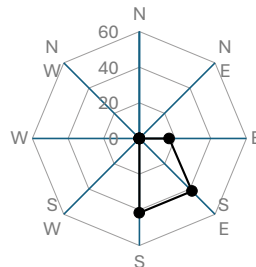


Figura 2c–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2010.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Quanto a predominância do vento, para o ano de 2011 registrou-se com maior frequência nas direções E e S com 25%, SE (41,7%) (Figura 2d). Na direção E registrou-se frequência de 25%, SE com 66,7% e S (8,3%) para as ocorrências do ano 2012 (Figura 2e). No ano 2013 (Figura 2f) a direção E registrou frequência de 33,3%, SE (41,7%) e S (18%). Estudos similares, tais como, Medeiros (2019) alinham-se com as discussões.

Figura 2d–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2011.

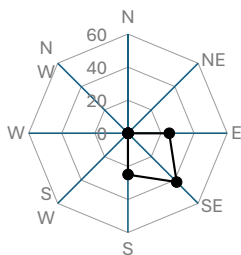


Figura 2e–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2012.

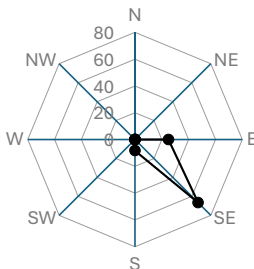
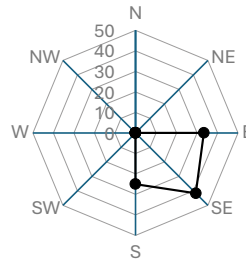


Figura 2f–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2013.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Registrou-se frequências nas direções E e S com (8,3%), SE (75%) no ano de 2014 (Figura 2g). Em 2015 (Figura 2h) ocorreram as frequências de maiores predominâncias nas direções E (25%), SE (58,3%) e S (8,35). Na (Figura 2i) as frequências da direção predominante do vento no ano de 2016 foram de E e S com (25%) e SE (50%), o estudo de Maciel et al. (2007) e de Medeiros (2019) fornecem análises que apoiam as discussões.

Figura 2g– Frequência da direção predominante do vento no ano de 2014.

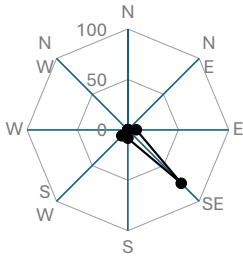


Figura 2h– Frequência da direção predominante do vento no ano de 2015.

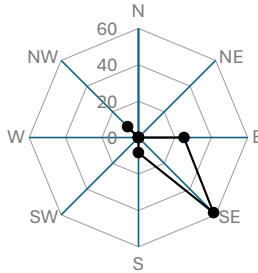
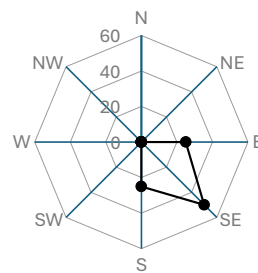


Figura 2i– Frequência da direção predominante do vento no ano de 2016.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A figura 2k tem-se direção E e sua frequência de 33,3% na direção SE (58,3%) e S com 8,3%. No ano de 2017. (Figura 2l) ano 2018 registrou-se frequência de predominância do vento na direção E (33,3%), SE (41,7%) e direção S (25%). Na Figura 2m referente ao ano de 2019 observou-se frequência relativa de E, SE e S ambas com 33,3%. Os resultados encontrados por Medeiros (2019) e Maciel et al. (2007) ofereceram resultados alinhados com essas as discussões.

Figura 2k–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2017.

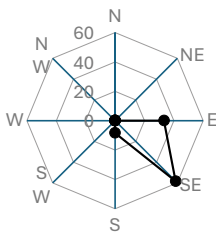


Figura 2l–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2018.

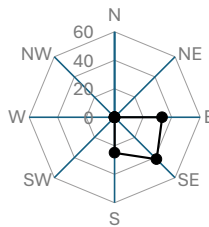
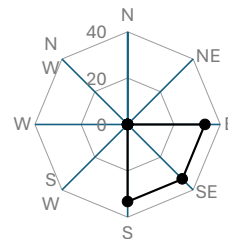


Figura 2m–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2019.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 2n correspondente ao ano de 2020 registrou-se a frequência relativa de E (16,7%), SE (50 % e S (33,3%). Na Figura 2o denota-se a frequência de E, SE e S ambas com frequência de 33,3%. No ano de

2022 (Figura 2p) observou-se frequência de E (25%), SE (50%), S (16,7%) e NW (8,3%). O estudo de Moreno (1961) e de Maciel et al. (2007) sustentam as distribuições de frequência discutidas.

Figura 2n–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2020.

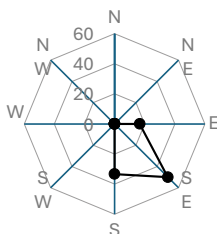


Figura 2o–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2021.

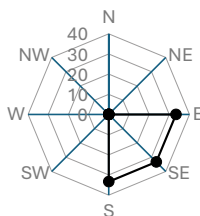
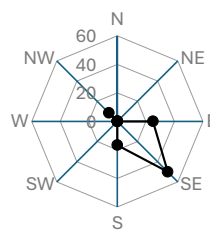


Figura 2p–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2022.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A direção predominante do vento do período seco para o município de Recife está exposta na Tabela 4. A predominância da direção SE foi registrada no mês de setembro, exceto para os anos de 2009 e 2019. Houve predominância de SE nos anos de 2010, 2013, 2014 e 2020, para os restantes dos anos predominou a direção E para o mês de outubro.

A predominância do vento na direção E registrou-se no mês de novembro, exceto para o ano de 2008, no qual a direção foi de SE. No mês de dezembro observou-se a predominância do vento na direção E, exceto nos anos de 2008 (NW) e 2014 (SW). Com direção variável e com 9 anos de direção SE, 2 anos com direção NW e quatro anos com direção E foram as variabilidades registradas no mês de janeiro para a área estudada. O estudo de Castelhana (2022) confirma as discussões apresentadas.

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan
2008	SE	E	SE	NW	SE
2009	E	E	E	E	NW
2010	SE	SE	E	E	SE
2011	SE	E	E	E	SE
2012	SE	E	E	E	SE
2013	SE	SE	E	E	E
2014	SE	SE	E	SW	SE
2015	SE	E	E	E	NW

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan
2016	SE	E	E	E	SE
2017	SE	E	E	E	E
2018	SE	E	E	E	E
2019	E	E	E	E	SE
2020	SE	SE	E	E	SE
2021	SE	E	E	E	E
2022	SE	E	E	E	SE

Tabela 4. Direção predominante do período seco dos ventos para o município de Recife.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A região metropolitana do Recife tem seu período seco ocorrendo entre os meses de setembro a dezembro e janeiro, onde se observam-se as suas frequências relativas para os ventos entre os anos de 2008 a 2022.

O mês de setembro (Figura 3a) registrou duas frequências de vento predominante E com 16,7% e SE com 83,3%. Na Figura 3b a direção E registrou 75% e a direção SE 25% de frequências de entrada do vento no mês de outubro. O mês de novembro registrou 100% de entrada de frequência de vento na direção E (Figura 3c). Os estudos de Moreno (1961) e Maciel et al. (2007) validam as distribuições de frequência discutidas.

Figura 3a–Frequência da direção predominante do vento no mês de setembro no período seco.

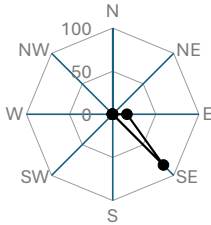


Figura 3b–Frequência da direção predominante do vento no mês de outubro no período seco.

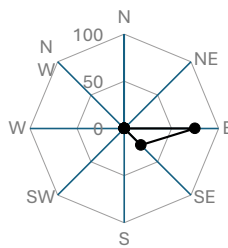
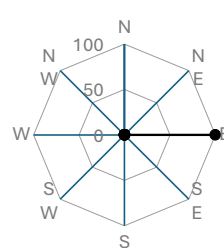


Figura 3c–Frequência da direção predominante do vento no mês de novembro no período seco.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O mês de dezembro (Figura 3d) registrou a direção E com 83,3% e a direção SW (8,3%), em janeiro ocorreram 25% de entrada na direção E, 58,3% na direção SE e 16,7% na posição NW (Figura 3e), estas variabilidades nas entradas estão em conformidade com os estudos de Moreno (1961), Medeiros (2019) e Germano et al. (2017). As baixas atividades dos sistemas locais e regionais e as atuações dos bloqueios atmosféricos contribuem para redução de entradas com maiores intensidades e com vapor e umidade, segundo Medeiros (2019).

Figura 3d–Frequência da direção predominante do vento no mês de dezembro no período seco.

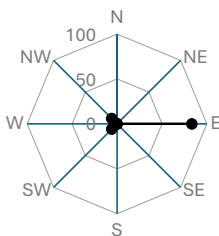
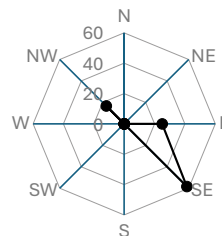


Figura 3e–Frequência da direção predominante do vento no mês de janeiro no período seco.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O período chuvoso do Recife oscila entre os meses de março a julho e na Tabela 5 tem-se a distribuição da direção predominante dos ventos da área estudada. No mês de março predominou a direção SE em 14 anos exceto o ano de 2009 que registrou direção de NW. Com variabilidade na direção predominante dos ventos no

mês de abril registraram-se sete direções SE e S, no ano de 2009 a direção predominante foi de NW. Similaridades foram observadas nos estudos de Medeiros (2019).

Registrou-se duas direções predominantes no mês de maio, a direção SE, nos anos de 2012 e 2015, nos demais a predominância foi na direção S. No mês de julho as direções foram as mesmas registradas no mês analisado, destacando-se a posição SE, ocorrida nos anos de 2009, 2014 e 2017. A direção SE predominou nos anos de 2008, 2009, 2011, 2012, 2014, 2015, 2017, 2018, 2020 e 2022, nos demais anos a direção S foi a registrada, estudos, tais como Moreno (1961) e Germano et al. (2017), confirmam os resultados discutidos.

Ano	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
2008	SE	S	S	S	SE
2009	NW	NW	S	SE	SE
2010	SE	S	S	S	S
2011	SE	S	S	S	SE
2012	SE	SE	SE	S	SE
2013	SE	SE	S	S	S
2014	SE	SE	S	SE	SE
2015	SE	SE	SE	S	SE

Ano	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
2016	SE	SE	S	S	S
2017	SE	SE	S	SE	SE
2018	SE	S	S	S	SE
2019	SE	S	S	S	S
2020	SE	S	S	S	SE
2021	SE	S	S	S	S
2022	SE	SE	S	S	SE

Tabela 5- Direção predominante do período chuvoso dos ventos para o município de Recife.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 4a a 4e estão representados os gráficos das frequências relativas da direção predominante do vento no período chuvoso entre os anos 2008 e 2022 para Recife/Pernambuco.

O mês de março (Figura 4a) registrou duas direções com as respectivas frequências de entradas, a direção SE com 91,7% e a direção S com 8,3%. As frequências relativas do mês de abril (Figura 4b) registradas foram: na direção SE 50%, na direção S 41,7% e 8,3% na direção NW. O mês de maio registrou na direção S (83,3%) e na direção SE 16,8% (Figura 4c). O estudo de Maciel et al. (2010) apoia as análises.

Figura 4a–Frequência da direção predominante do vento no mês de março no período chuvoso

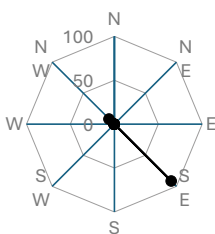


Figura 4b–Frequência da direção predominante do vento no mês de abril no período chuvoso

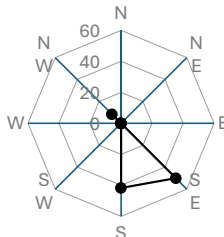
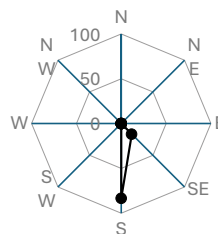


Figura 4c–Frequência da direção predominante do vento no mês de maio no período chuvoso



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 4d observam-se a Frequência da direção predominante do vento no mês de junho no período chuvoso, com duas direções registrada e com frequência de 25% na direção SE e 75% na direção S. A

frequência de 66,3% na direção SE e 33,3% na direção foram observadas no mês de julho (Figura 4e). Estudos como o de Medeiros (2019), Germano et al. (2017) e Moreno (1961) sustentam os resultados apresentados.

Figura 4d–Frequência da direção predominante do vento no mês de junho no período chuvoso

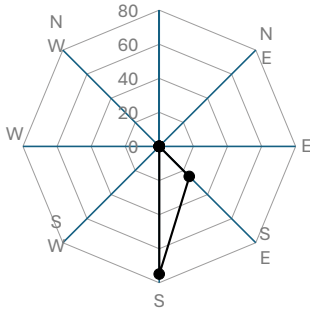
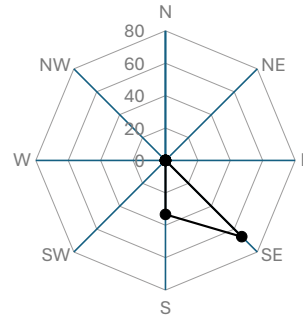


Figura 4e–Frequência da direção predominante do vento no mês de julho no período chuvoso



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O resumo da frequência predominante do vento (Tabela 6) entre de 2008 a 2022 no município de Recife – Pernambuco. A frequência da direção de SE (Sudeste) é a representativa da área de estudo, tendo sua segunda e terceira direção E (Leste) e S (Sul) e com pequenas intensidades as direções NW (Noroeste) e SW (Sudoeste). Os estudos de Medeiros (2019) e Maciel et al., (2010) confirmam os resultados.

Direção	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
E	8,3	41,7	16,7	25	25	33,3	8,3	25	25	33,3	33,3	33,3	16,7	33,3	25
SE	58,3	16,7	41,7	41,7	66,7	41,7	75	58,3	50	58,3	41,7	33,3	50	33,3	50
S	8,3	8,3	41,7	25	8,3	25	8,3	8,3	25	8,3	25	33,3	33,3	33,3	16,7
NW	sr	33,3	sr	sr	sr	sr	sr	8,3	sr	sr	sr	sr	sr	sr	8,3
SW	sr	sr	sr	sr	sr	sr	8,3	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr

Tabela 6- Resumo da frequência predominante do vento entre os anos de 2008 a 2022 no município de Recife/Pernambuco.

OBS. (sr) sem registro ou ocorrências.
 Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Tabela 7 tem-se o resumo da frequência predominante do vento no período seco entre os anos de 2008 e 2022 no município de Recife/ Pernambuco, registrando a direção E (Leste) como a de maior intensidade e as direções SE (Sudeste) e NW (Noroeste) como as direções intermediárias de segunda e terceira posição.

No resumo da frequência predominante do vento no período chuvoso entre os anos de 2008 e 2022, no município de Recife/Pernambuco, a direção SE (Sudeste) é a de maior predominância seguidas da segunda e terceira posição, respectivamente de S (Sul) e NW (Noroeste). O estudo de Maciel et al. (2010) apoia essas discussões.

Período seco				Período chuvoso			
Mês	E	SE	NW	Mês	SE	S	NW
Set	16,7	83,3	sr	Mar	91,7	sr	8,3
Out	75	25	sr	Abr	50	41,7	8,3
Nov	100	sr	sr	Mai	16,7	83,3	sr
Dez	83,3	sr	8,3	Jun	25	75	sr
Jan	25	58,3	16,7	Jul	66,7	33,3	sr

Tabela 7- Resumo da frequência predominante do vento no período seco e chuvoso entre os anos de 2008 a 2022 no município de Recife/Pernambuco.

OBS. (sr) sem registro ou ocorrências.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O estudo do vento em uma determinada área fornece subsídio para elaboração de projetos eficientes, tais como, de irrigação, arquitetônico, rodoviário, aeroportos e portos, assim como de geração e distribuição de energia elétrica, e, de instalação industrial (LIBERATO, 2019). Nos últimos anos, observa-se diversos trabalhos buscando caracterizar e avaliar o comportamento da velocidade e direção dos ventos diferentes localidades brasileiras (LIBERATO, 2019).

Assim as variabilidades das frequências do vento para a área municipal de Caruaru/Pernambuco (Tabela 8). No mês de janeiro registrou-se a direção SE nos anos de 2008, 2010, 2011, 2014, 2015, 2017 e 2018, direção E nos anos de 2016, 2019 e 2022. SW ocorreram nos anos de 2012 e 2013 e NW em 2020 e 2021. A direção E ocorreu em dois anos 2008/2022. SE, registrou-se em 9 anos 2009, 2010, 2011, 2014 a 2018 e 2021. NE ocorreu nos anos de 2019 e 2020 no mês de fevereiro da área estudada. O mês de março observou-se quatro direções predominantes assim distribuídas, a direção SE nos anos de 2008, 2009, 2014 a 2017, 2021 e 2022. Direção E nos anos de 2010, 2011, 2018 a 2020. No ano de 2013 a direção foi S e SW para 2013.

O mês de abril registrou direção de SE nos anos de 2008 a 2011, 2014, 2016 a 2018 e nos anos 2021 e 2022. A direção S predominou nos anos de 2012 e 2013 e nos anos de 2015, 2019 e 2020 ocorreu a direção E. A direção S foi registrada nos anos de 2008, 2012, 2013 e 2018. A direção SE ocorreu nos anos de 2009 a 2011, 2014 a 2017, e em 2021 e 2022. A direção E ocorreu anos 2019 e 2020 para o mês de maio. O mês de junho registrou direção predominantes de S em cinco anos, SE em seis anos, SW no ano de 2011.

O mês de julho registrou as seguintes direções predominantes: S em quatro anos, SE em seis anos NW em 2011, E nos anos de 2018 a 2021. No mês de agosto, do período 2008 a 2022, ocorreram três direções predominantes: SE em sete anos, S em quatro anos e E em quatro anos. O mês de setembro registrou sete anos de direção predominante de SE, direção SW no ano de 2011, nos anos de 2012 e 2013 a direção foi de S, no ano de 2018 ocorreu a direção NE e a direção E entre os anos 2019 e 2022.

A direção SE ocorreu sete vezes, três direções E, SW e S uma vez cada direção e a direção NE com três frequência de entrada para o mês de outubro da área em estudo. No mês de novembro foram registradas três direções predominantes, assim discriminadas, a direção E em 10 anos, direção SW nos anos de 2011 e 2012, e direção NE nos anos de 2018 a 2021. A direção E predominou com maior atuação no mês de dezembro registrando onze anos, no ano de 2012 a direção foi de SW, direção SW no ano de 2018 e NE nos anos de 2019

e 2020. A direção de SE foi classificada como anual nos anos de 2009, 2009, 2014 a 2018 e 2021. A direção SE-E em 2010, e SE-NE em 2018, os anos de 2012 e 2013 a sua direção anual foi de S e E predominou nos anos de 2019 e 2020. Estes resultados sustentam os estudos de Maciel et al. (2010) e Da Paz et al. (2009).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2008	SE	E	SE	SE	S	S	S	SE	SE	SE	E	E	SE
2009	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	E	SE
2010	SE	SE	E	SE	SE	S	SE	S	SE	E	E	E	SE-E
2011	SE	SE	E	SE	SE	SW	NW	S	SW	SW	SW	E	SW
2012	SW	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SW	SW	S
2013	SW	S	SW	S	S	S	S	S	S	SE	E	E	S
2014	SE	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	SE	E	E	SE
2015	SE	SE	SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	SE
2016	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	SE
2017	SE	SE	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	E	E	SE
2018	SE	SE	E	SE	S	E	E	E	NE	NE	NE	SE	SE-NE
2019	E	NE	E	E	E	E	E	E	E	NE	NE	NE	E
2020	NE	NE	E	E	E	E	E	E	E	NE	NE	NE	E
2021	NE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	E	SE	E	E	SE
2022	E	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	E	E	SE-E

Tabela 8- Direção predominante mensal e anual dos ventos para o município de Caruaru.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As entradas de frequência relativa da direção predominante do vento entre os anos de 2008 e 2022 para o município de Caruaru/Pernambuco, estão representadas na (Figura 5a a 5p).

Na Figura 5a está representada a frequência de entrada da direção predominante do vento no ano de 2008 nas posições Leste (25%), Sudeste (50) e Sul (25%). No ano de 2009 (Figura 5b) ocorreram duas direções predominantes, Leste com 33,3% e direção Sudeste com 66,7%. Na Figura 5c correspondente ao ano de 2010 pode-se observar a representação as seguintes direções de entradas Leste com 33,3%, Sudeste com 50 e Sul com 16,7%.

Figura 5a–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2008

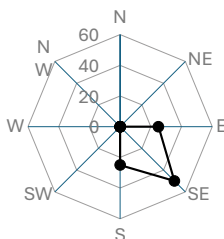


Figura 5b–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2009.

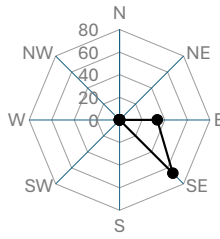
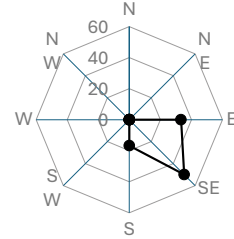


Figura 5c–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2010.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As direções Sul e Sudoeste apresentaram as maiores entradas de frequência 33,3%, seguidamente das direções de Leste, Sul e Noroeste com frequências respectivas de 16,7%, 8,3% e 8,3% (Figura 5d). No ano de 2012 (Figura 5e) ocorreram as seguintes direções predominantes: Sul e Sudoeste com frequências de 75% e 25%, respectivamente. A Figura 5f correspondente ao ano de 2013 registrou a direção Leste com 16,3%, Sudeste com 8,3%, Sul com 58,3% e SW com 16,3%. Similaridades de resultados foram detectados nos estudos de Silva et al., (2002), Maciel et al., (2009) e Medeiros (2019).

Figura 5d–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2011.

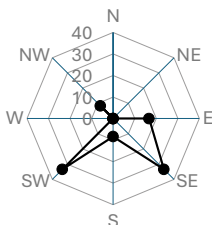


Figura 5e–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2012.

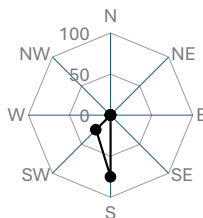
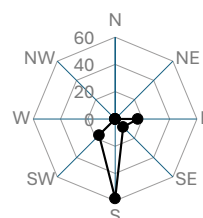


Figura 5f–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2013.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O ano de 2014 (Figura 5g) registrou as seguintes direções predominantes E (16,3%), SE (75%) e S (8,3%). Com 75% de entrada na direção SE e 25% na direção de E foi o comportamento do vento predominante no ano de 2015 (Figura 5h). As mesmas direções e frequências foram registradas para o ano de 2016 (Figura 5i). As oscilações das predominâncias estão interligadas as atividades dos sistemas atmosféricos local e regional; Estes resultados confirmam as discussões do autor Da Paz (2009).

Figura 5g–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2014.

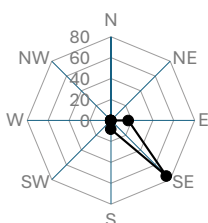


Figura 5h–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2015.

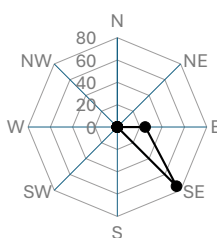
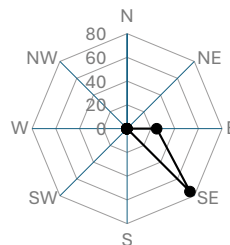


Figura 5i–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2016.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Com direção de E (16,7%), SE com 75% e S com 8,3% foram as ocorrências do ano de 2017 Figura 5j. Na figura 5k referente ao ano de 2018 observam as seguintes direções NE e S (25%), E e SE (33,3%). Com as direções predominantes de NE (33,3%) e E (66,7%) registrado na figura 5l para o ano de 2019. As discussões estão alinhadas ao estudo de Da Paz (2009).

Figura 5j–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2017.

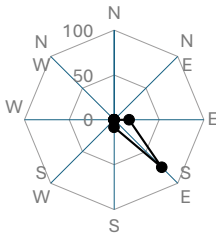


Figura 5k–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2018.

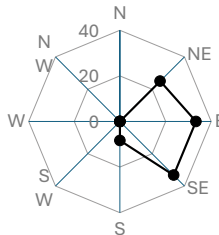
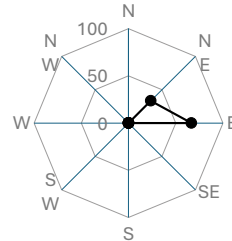


Figura 5l–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2019.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O ano de 2020 registrou as direções NE com 41,7% e E com 58,3% (Figura 5m). Na Figura 5n tem-se as direções de NE (8,3%), E (41,7%) e SE (50%). Em 2022, pode-se observar na Figura 5o o registro das direções E com 58,3% e SE com 41,7%. As influências dos sistemas atmosféricos e o relevo contribuíram para estas variações de direções, conforme afirmação de Silva et al. (2002).

Figura 5m–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2020.

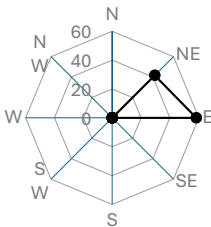


Figura 5n–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2021.

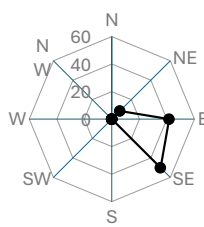
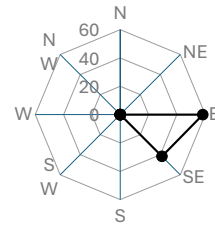


Figura 5o–Frequência da direção predominante do vento no ano de 2022.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A direção predominante do período seco dos ventos para os municípios de Caruaru tem sua representação na Tabela 9. A direção SE predominou em sete anos, SW ocorreu no ano de 2011, a direção S foi registrada nos anos de 2012 e 2013 e nos últimos quatro anos do estudo a direção predominante foi de E para o mês de setembro. No mês de outubro a direção SE foi registrada em sete anos, direção E nos anos de 2009, 2010 e 2022, SW ocorreu no ano de 2011 e em 2012 a direção de S.

O mês de novembro registrou três direções predominantes para o período seco da área em estudo, a direção E em 10 anos, direção SW nos anos de 2011 e 2012 e NE entre os anos de 2018 e 2020. O mês de dezembro caracterizou-se com onze direções de E, duas de NE, uma de SE e outra de SW.

A direção SE ocorreu nos anos de 2008, 2010, 2011, 2014, 2015, 2017, 2018, a direção SW foi registrada nos anos de 2012 e 2013, E predominou nos anos de 2009, 2016, 2019 e 2022, estas variações de direções predominantes dos ventos para o período seco apresentaram similaridades com o estudo de Medeiros (2019), Silva et al., (2002).

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan
2008	SE	SE	E	E	SE
2009	SE	E	E	E	E
2010	SE	E	E	E	SE
2011	SW	SW	SW	E	SE
2012	S	S	SW	SW	SW
2013	S	SE	E	E	SW
2014	SE	SE	E	E	SE
2015	SE	SE	E	E	SE

Ano	Set	Out	Nov	Dez	Jan
2016	SE	SE	E	E	E
2017	SE	SE	E	E	SE
2018	NE	NE	NE	SE	SE
2019	E	NE	NE	NE	E
2020	E	NE	NE	NE	NE
2021	E	SE	E	E	NE
2022	E	E	E	E	E

Tabela 9- Direção predominante do período seco dos ventos para os municípios de Caruaru/Pernambuco.

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

O resumo da frequência predominante do vento no período seco em Caruaru, registrando a direção SE (Sudeste) como a de maior intensidade e as direções E (Leste) como de segunda posição, NE (Nordeste) como a quarta posição, SW (Sudoeste), NW (Noroeste) e S (sul) (Tabela 10) como direções complementares devidos aos sistemas atmosféricos atuantes no período de estudo.

A direção predominante do vento no período chuvoso em Caruaru foi de SE (Sudeste) seguidas da segunda e terceira posição respectivamente de S e E (Sul; Leste). A direção NW (Noroeste) ocorreu isoladamente. O estudo de Maciel et al., (2010) confirmaram estes resultados.

Mês	Período Seco						Mês	Período Chuvoso			
	E	SE	S	NW	SW	NE		E	SE	S	NW
Set	8,3	58,3	16,7	8,3	sr	8,3	Mar	33,3	50	8,3	sr
Out	16,7	50	8,3	8,3	sr	16,7	Abr	16,7	66,7	16,7	sr
Nov	66,7	sr	sr	sr	16,7	16,7	Mai	8,3	58,3	33,3	sr
Dez	75	8,3	sr	8,3	sr	8,3	Jun	16,7	33,3	41,7	sr
Jan	25	58,7	sr	sr	16,7	sr	Jul	16,7	41,7	33,3	8,3

Tabela 10 Resumo da frequência predominante do vento no período seco e chuvoso entre os anos de 2008 e 2022 no município de Caruaru/Pernambuco

OBS. (sr) sem registro ou ocorrências

Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Figura 6a, denota-se a frequência de entrada do vento predominante no mês de setembro (período seco). A maior frequência de entrada foi a direção SE, seguidas das direções S, E e NE. O mês de outubro (Figura 6b) a direção predominante é a posição SE, seguidos de E e NE com segunda direções S e NW as terceiras e quartas posições com frequência de entrada de 8,3. Na Figura 6c representa a variabilidade da predominância do vento no período seco em Caruaru no mês de novembro onde se registraram a direção E seguidas das direções SW e NE.

Figura 6a–Frequência da direção predominante do vento no mês de setembro no período seco.

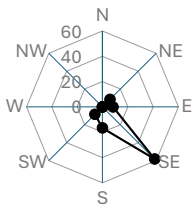


Figura 6b–Frequência da direção predominante do vento no mês de outubro no período seco.

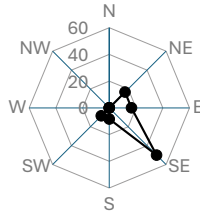
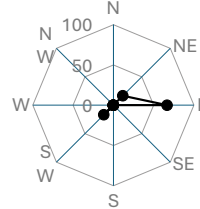


Figura 6c–Frequência da direção predominante do vento no mês de novembro no período seco.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Figura 6d tem-se a predominância do vento no mês de dezembro para o período seco onde se registrou a direção E com maior intensidade seguidas das direções SE, NW e NE. O mês de janeiro registra a direção SE como a principal entrada seguidas das direções SW e E. A variabilidade da direção Leste está interligada aos sistemas atmosféricos e ao relevo do municipal. O estudo de Silva et al. (2002) apresenta similaridade com as discussões.

Figura 6d- Frequência da direção predominante do vento no mês de dezembro no período seco.

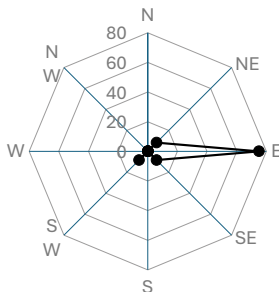
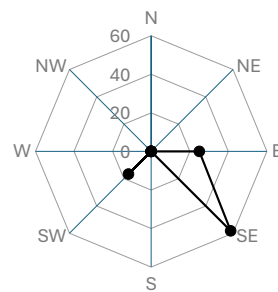


Figura 6e–Frequência da direção predominante do vento no mês de janeiro no período seco.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Na Tabela 10 tem-se as oscilações das Direções predominante dos ventos do período chuvoso para os municípios de Caruaru quer ocorrem de março a julho. O mês registrou quatro direções predominantes SE com 8 anos, E com 5 anos as direções S e SW ocorreu unicamente no ano de 2012 e 2013 respectivamente.

O mês de abril predominou a direção SE em 10 anos, S em 2012 e 2013 e a direção E nos anos de 2015, 2019 e 2020. O estudo de Da Paz (2009) é compatível com os resultados discutidos.

O mês de maio registrou quatro (4) direção predominante na direção S, nove (9) direção SE e duas direções E. O mês de junho se caracteriza com seis (6) direções SE, cinco (5) S, uma SW e três (3) direções E. Com quatro (4) direção S, seis (6) SE, uma NW e quatro (4) direção E foram as oscilações predominante do vento no mês de julho, estas variabilidades são decorrentes dos fatores provocadores e/ou ativadores de chuva e nos mostram similaridades com o estudo de Silva et al., (2002).

Ano	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
2008	SE	SE	S	S	S
2009	SE	SE	SE	SE	SE
2010	E	SE	SE	S	SE
2011	E	SE	SE	SW	NW
2012	S	S	S	S	S
2013	SW	S	S	S	S
2014	SE	SE	SE	S	SE
2015	SE	E	SE	SE	SE

Ano	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
2016	SE	SE	SE	SE	SE
2017	SE	SE	SE	SE	S
2018	E	SE	S	E	E
2019	E	E	E	E	E
2020	E	E	E	E	E
2021	SE	SE	SE	SE	E
2022	SE	SE	SE	SE	SE

Tabela 10- Direção predominante do período chuvoso dos ventos para os municípios de Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

As Figuras de 7a a 7e são as representações das direções predominantes dos ventos no município de Caruaru para o período chuvoso. A direção predominante do mês de março é SE, seguidas de E e S (Figura 7a). Na Figura 7b observam-se as direções SE, seguidas por S e E. O mês de maio (Figura 7c) registrou as direções SE, S e E como as predominantes.

Figura 7a–Frequência da direção predominante do vento no mês de março no período chuvoso.

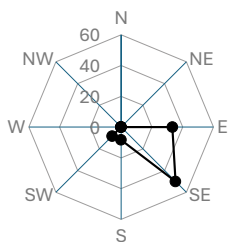


Figura 7b–Frequência da direção predominante do vento no mês de abril no período chuvoso.

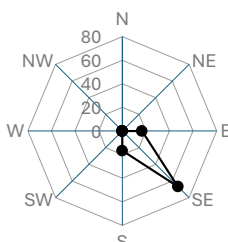
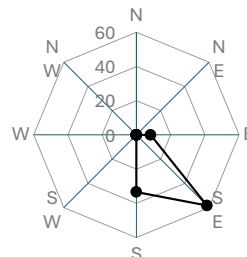


Figura 7c–Frequência da direção predominante do vento no mês de maio no período chuvoso.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

No mês de junho (Figura 7d) as direções predominantes foram SE, S e E e em julho predominou as direções SE, S, E e NW (Figura 7e) que demonstram similaridades com os estudos de Medeiros (2019) e Silva et al. (2002).

Figura 7d–Frequência da direção predominante do vento no mês de junho no período chuvoso.

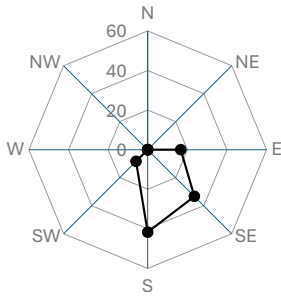
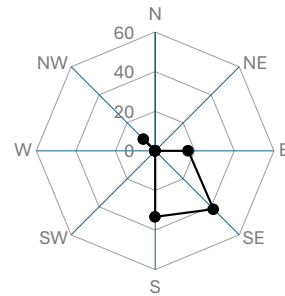


Figura 7e–Frequência da direção predominante do vento no mês de julho no período chuvoso.



Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

A Tabela 11 mostra o resumo da frequência predominante do vento em Caruaru/Pernambuco. A direção SE (Sudeste) é a representativa da área de estudo, em segunda e terceira direção E (Leste) e S (Sul) e com pequenas intensidades as direções NW (Noroeste), SW (Sudoeste) NE (Nordeste). O estudo de Medeiros (2019) confirma esses resultados.

Direção	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
E	25	33,3	33,3	16,7	sr	16,7	16,7	25	25	16,7	33,3	66,7	58,3	41,7	58,3
SE	50	66,7	50	33,3	sr	8,3	75	75	75	75	8,3	sr	sr	50	41,7
S	25	sr	16,7	8,3	75	58,3	8,3	sr	sr	8,3	sr	sr	sr	sr	sr
NW	sr	sr	sr	sr	sr	16,7	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr
SW	sr	sr	sr	33,3	25	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr
NE	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	sr	25	33,3	41,7	8,3	sr

Tabela 11. Resumo da frequência predominante do vento entre os anos de 2008 a 2022 no município de Caruaru/Pernambuco.

OBS. (sr) sem registro ou ocorrências
 Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

No resumo da frequência predominante do vento no período seco entre os anos de 2008 e 2022 no município de Caruaru/Pernambuco, (Tabela 12) destacaram-se as direções E (Leste) e SE (Sudeste) como de maior intensidade, as direções S (Sul), NW (Noroeste), SW (Sudoeste) e NE (Nordeste) como as direções intermediárias, sendo de segunda direção NE, terceira direção SW, quarta direção S e quinta direção NW.

No período chuvoso da área em estudo destacou-se a direção SE, seguidas das demais direções predominantes SE, S, E e NW. As similaridades e a confirmação dos resultados puderam ser observadas pelos autores Maciel et al. (2010).

Período Seco							Período chuvoso				
Mês	E	SE	S	NW	SW	NE	Mês	E	SE	S	NW
Set	8,3	58,3	16,7	8,3	sr	8,3	Mar	33,3	50	8,3	sr
Out	16,7	50	8,3	8,3	sr	16,7	Abr	16,7	66,7	16,7	sr
Nov	66,7	sr	sr	sr	16,7	16,7	Mai	8,3	58,3	33,3	sr
Dez	75	8,3	sr	8,3	sr	8,3	Jun	16,7	33,3	41,7	sr
Jan	25	58,7	sr	sr	16,7	sr	Jul	16,7	41,7	33,3	8,3

Tabela 12- Resumo da frequência predominante do vento no período seco e chuvoso entre os anos de 2008 e 2022 no município de Caruaru/Pernambuco.

OBS. (sr) sem registro ou ocorrências
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Conclusão

Os ventos predominantes ao longo das áreas estudadas apresentaram grandes variações e distinções no que diz respeito a direção entre as mesorregiões comparadas entre si, sendo o relevo seu principal elemento para a ocorrência das variabilidades.

A direção predominante da frequência do vento em Recife para o período de estudo foi a SE (Sudeste) com maiores frequências em todos os anos. A segunda e terceira predominância do vento foram as direções E (Leste) e S (Sul).

No período seco para a região metropolitana do Recife a predominância da frequência do vento de maior intensidade foi E (Leste), seguida das direções SE e NW. No período chuvoso foi registrada a direção E de maior intensidade, seguidas das direções SE e S. As direções E (Leste) e SE (Sudeste) como a de maior intensidade, S (Sul), NW (Noroeste), SW (Sudoeste) e NE (Nordeste) como as direções intermediárias de segundo direção NE, terceira direção SW, quarta direção S e quinta direção NW

No período chuvoso da área em estudo destacou-se a direção SE, seguidas das demais direções predominantes SE, S, E e NW. A importância da abrangência das direções predominantes nos regimes de ventos das localidades estudadas servem de conhecimento de uma boa circulação de ventos em seu entorno, auxiliando as atividades turísticas e comerciais, auxiliando de forma preventiva em problemas de planejamento urbano, de saúde e epidemias, sensação e conforto térmico, poluentes atmosféricos.

A direção predominante do vento pode vir a auxiliar nos projetos de geração de energias limpas e renováveis (energia eólica), em grandes projetos agrícolas minimizando as chances de ocorrerem acamamento através das barreiras de ventos que podem ser implantadas, além da contribuição nos planejamentos das cidades, residencial, rural, pesca, lazer parques industriais.

REFERÊNCIAS

- ABI SAAB, O.J.G. Indicador de velocidade do vento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 1, p. 21-26, 2004.
- 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.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728.
- ARAÚJO JÚNIOR, G. do N.; QUEIROZ, M.G. de; JARDIM, A.M. da R.F.; SILVA, M.J. da; PEREIRA, P. de C.; SILVA, T. G. F. da. Caracterização da direção predominante, velocidade máxima e média do vento do município de Petrolina-PE. **Pensar Acadêmico**, Manhuaçu, v. 17, n. 1, p. 43-49, 2019.
- BORGES, T.K.S. **Evaporação em superfície de água livre com baixa turbidez**. 2017. 133 p. Tese de Doutorado (UFRB –Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.
- CASTELHANO, F. Análise da dinâmica dos ventos em Aracaju/Sergipe. Revista OKARA: **Geografia em debate**, v. 16, n. 1, p. 125-135, 2022.
- CASTELHANO, F.J.; RESEGHINI, W.F.F. Caracterização da dinâmica dos ventos em Curitiba-PR. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 22, n. 1, p. 227-240, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/123088/140882>.
- CONCEIÇÃO, M.A.F. **Condições predominantes dos ventos em Jales (SP)**. Bento Gonçalves, 2008. 10 p. (Embrapa Uva e Vinho, Comunicado Técnico, 88.
- DA PAZ, R.L.F, AMORIM, A. O, MEDEIROS, R. M. Caracterização da velocidade e direção do vento na região sul na cidade de Goiânia – Goiás. In:**XVI Congresso Brasileiro de**, Belo Horizonte, 2009.
- JENSEN, M.E.; ALLEN, R.G. Evaporation, Evapotranspiration, and Irrigation Water Requirements, 2nded. **ASCE Manuals and Report on Engineering Practice** 70, 744p., 2016.
- GALVANI, E.; KLOSOWSKI, E.S. CUNHA, A.R. Caracterização da direção predominante do vento em Maringá, PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 81-90, 1999.
- GERMANO, M.F.; VITORINO, M.I.; COHEN, J.C.P.; COSTA, G.B.; SOUTO, J.I.O.; REBELO, M.T.C. SOUSA, A.M.L. Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. **Atmospheric science letters**, v. 18, p. 67-75, 2017.
- INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos das estações automáticas**. 2023.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 1928.
- LIBERATO, A.M. **Direção e velocidade do vento em Cuiabá – MT / Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.confex.org.br/sites/default/files/uploads-imce/contecc2019/agronomia/dire%20e%20velocidades%20do%20vento%20em%20cuiaba-mt-brasil.pdf>.
- LEITE, M.L.; VIRGENS FILHO, J.S. Avaliação da velocidade média e direção predominante do vento em Ponta Grossa –PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.2, p. 157-167, 2006.
- LIMA, N.G.B.; GALVANI, E. Variação da direção e velocidade do vento em função da presença de vegetação: os manguezais como estudo de caso. In SIMPÓSIO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 8. 2008, Alto Caparaó. **Anais...**, 2008. p. 573-580.

MACIEL, A. C.; MEDEIROS, R. M. Estudo da direção predominante do vento em Teresina-Piauí. In: **Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**. p. 362-368, 2010.

MEDEIROS, R.M. **Estudo Agrometeorológico para o estado do Pernambuco**. p.152. 2019.

MEDEIROS, R. MAINAR; DAL POGGETTO, L. R.; ROCHA, F. C. Estudo da direção predominante do vento na Lagoa do Portinho localidade entre os municípios de Luis Correia e Parnaíba–Piauí, no período de dezembro de 2008 a fevereiro de 2010. **Dilulgação avulsa**, 2010.

MORAIS, G.M. de; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; SANTOS, W. de O.; COSTA, D. de O.; SILVA, S.T.A. da; MANIÇOBA, R.M. Caracterização da velocidade e direção do vento em Mossoró/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 4, p. 746-754, 2014.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre:Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961.

MUNHOZ, F.C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.1, p. 31-34, mar. 2008.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba. **Livraria e Editora agropecuária**, p.478. 2002.

PONCIANO, A.C.; BACK, A.J. Caracterização do regime de ventos em Laguna, Santa Catarina. **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil – CIVILTEC**, v. 7, n. 2, p. 1-14, 2022.

SANTOS, F.S. dos; NASCIMENTO, K.K.F. do; JESUS, E.S. de; JALE, J. da S.; STOSIC, T.; FERREIRA, T.A.E. Análise estatística da velocidade do vento em Petrolina-PE utilizando as distribuições Weibull e a Burr. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 1, p. 57-64, 2019.

SHUBERT, A.N.; SARNIGHAUSEN, V.C.R.; PAI, A.D.; RODRIGUES, S.A. Direção e velocidade do vento em Botucatu – SP. **Tekhne e Logos**, v.13, n.1, p. 50-64, 2022.

SILVA, M.F. da; BARBOSA, R.V.R. Regime de ventos em cidades de diferentes regiões geográficas de Alagoas a partir de dados meteorológicos recentes. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 31, n. 18, p. 509–538, 2022.

SILVA, B.B.; Alves, J.J.A.; Cavalcanti, E.E.P.; Dantas, R.T.; Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.431-439, 2002.

SOUZA, C.J. de; LIBERATO, A.M. Análise da velocidade e direção do vento em Vilhena, Rondônia. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.11, n.3, p. 344-361, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/rara/article/view/4750/3074>.

VENDRAMINI, E.Z. **Distribuições probabilísticas de velocidades do vento para avaliação do potencial energético eólico**. Botucatu: UNESP, 1986. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1986.

CAPÍTULO 6 - MINIMUM TEMPERATURE ANOMALIES IN CARUARU/PERNAMBUCO, BRAZIL

Moacyr Cunha Filho, Raimundo Mainar de Medeiros, Antonio Samuel Alves da Silva, Tatijana Stosic, Borko Stosic, Patricia Arruda de Moura

ABSTRACT

The objective is to study and understand the temporal fluctuations of the minimum temperature anomaly in Caruaru, between the years 1950 to 2022, aiming at establishing a thermal regime that characterizes the dry and hot months. The minimum temperature data were obtained by the “Estima-T” software, estimating the corresponding period from 1950 - 2022, where spreadsheets were generated, and statistical calculations were performed to create graphs and tables of other parameters relevant to the development of the study. The thermal regime studied is complicated and seasonally diverse, exhibiting wide variability between months and years, with the occurrence of extreme thermal events of high magnitude and intensity in the near future. By monitoring the anomalies and thermal trends, it will be possible to predict and diagnose local climatology, aiming to assist decision-making by state, municipal and federal managers to improve the use of water resources and people's quality of life.

Keywords: Climatic and temporal variations, thermal oscillations, thermal anomalies, statistical prospecting.

Introduction

Climate information is of primary importance for the planning of human activities such as agriculture, industry, commerce, leisure and services. The Brazilian semiarid region is a region with high temperatures, low thermal amplitude, high evapotranspiration, low precipitation and irregular distribution, which results in a high-water deficit (ZANELLA, 2019). To this end, understanding climate fluctuations and their analogies helps in decision-making for various activities.

Lucchesi (1987) stated that temperature controls fundamental processes for plants and humans, such as: human and environmental comfort, photosynthesis, respiration and transpiration, reflecting on plant growth and the stages of development of crops and humans. For Pereira (2007), climate anomalies are characterized as climatological and meteorological events that deviate from average values, as is the case with thermal and rainfall elements, which can be much higher or lower than the average value, causing anomalies that can lead to floods and major droughts, followed by extreme local suffocation and warming.

Fante et al. (2012) showed the variability of extreme temperatures in São Paulo for seven small and medium-sized cities with series from 1961 to 2009. The consequences indicated an unmistakable increase in the average maximum and minimum temperatures, where these increases in the thermal averages occurred differently in the studied area of the State, corroborating the role of cities as a factor of direct influence in the process of greater/lesser alteration of the atmospheric elements studied.

Temperatures (extreme and average) indicated an increase of 0.74°C between 1906-2005 (SMITH et al., 2008) and were linked to anthropogenic emissions of greenhouse gases and aerosols. Extreme temperatures have been increasing in frequency and intensity in most global areas since the 1950s. Positive trends in temperature increase cover larger areas than negative trends (COLLINS et al., 2009; REGUERO et al., 2019). In South America, the study focuses on covering climate fluctuations that occur specifically in certain areas,

such as the Amazon region (LOPART et al., 2018), the La Plata Basin (BETTOLLI et al., 2018; MONTRUULL et al. 2018), regions in the south of the continent (KAYANO et al., 2018; DETZER et al., 2019), and the Southeast (COELHO et al., 2016), Northeast (OLIVEIRA et al., 2017) and South (CORDEIRO et al., 2016) regions of Brazil. According to the IPCC (2014) and IPCC (2021), which highlight the variability of global temperatures, measured since 1860 with approximately 6,000 surface meteorological stations, with correction for the effects of “urban heat islands”, they indicated an average increase in temperature variability in the 20th century of $0.6^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$, with a trend from 1906 to 2005 of $0.74^{\circ}\text{C} \pm 0.18^{\circ}\text{C}$, with a greater increase from 1956 onwards. It should be noted that this trend varies spatially, with evidence of greater warming in the northern hemisphere and at higher latitudes.

In their study, Silva et al. (2023) stated that the need to monitor and analyze the spatial-temporal distributions of thermal and rainfall climatological data series must be carried out using climate indices, aiming to monitor periods of drought or rain in the studied periods. The authors used the Mann-Kendall test to detect hydroclimatic trends in the studied area, generating relevant information that helps the water resources sector.

Activations in maximum thermal oscillations are linked to the availability of the amount of solar energy, cloudiness, relative humidity, wind (direction and intensity) and geographic parameters such as topography, altitude and latitude of the location, as well as the type of soil and its coverage (OMETTO, 1981; PEREIRA et al., 2002; MEDEIROS e SILVA 2016). The aim is to study and understand the temporal fluctuations of the anomaly of minimum temperatures in Caruaru, between the years 1950 to 2022, aiming to establish a thermal regime that characterizes the dry and hot months.

Material and Methods

Caruaru is located in the mesoregion of Agreste and in the Microregion of Vale do Ipojuca and is bordered to the north by the municipalities of Toritama, Vertentes, Frei Miguel and Taquatinga do Norte, to the south by Altinho and Agrestina, to the east by Bezerros and Riacho das Almas, and to the west by Brejo da Madre de Deus and São Caitano. The municipality has geographic coordinates of $08^{\circ}17'S$ latitude and $35^{\circ}58'W$ longitude and an altitude of 554 meters (Figure 1).



Figure 1. Location of the city in the state.
 Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

The climate is semiarid (Bsh), (Köppen 1928; 1931), Alvares et al. (2014) with hot and dry summers and mild and rainy winters. The rainy season begins in February and ends at the end of August. The rainy quarter is centered around May, June and July and the dry months are from October to December. The factors that cause rain are the Intertropical Convergence Zone, formation of high-level cyclonic vortices, northeast trade winds in the transport of vapor and moisture, formation of instability lines, orography and local and regional contributions and the meso and micro scales (MEDEIROS, 2016a).

Values of minimum air temperature estimated by the software “Estima-T” (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006) were used. “Estima-T” is a software for estimating temperatures in the Northeast Region of Brazil. The coefficients of the quadratic function for the monthly minimum temperatures were determined according to the local coordinates: longitude, latitude and altitude (CAVALCANTI et al., 2006), given by:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\varnothing + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\varnothing^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\varnothing + C_8\lambda h + C_9\varnothing h$$

Where:

C_0, C_1, \dots, C_9 are the constants;

$\lambda, \lambda^2, \lambda\varnothing, \lambda h$ longitude;

$\varnothing, \varnothing^2, \lambda\varnothing$ latitude;

$h, h^2, \lambda h, \varnothing h$ height.

The minimum temperature data were obtained by the “Estima-T” software corresponding to the period 1950 - 2022, where electronic spreadsheets were generated and basic statistical calculations were performed to create graphs and tables and other parameters relevant to the development of the study.

Results and discussion

The increase in extreme sea temperatures in recent decades has had dramatic consequences for science. What was protected for thousands of years in a cold and humid climate may disappear in a short time due to climate change. Droughts are partly fortunate, but for ecosystems and their inhabitants, they are a catastrophe: fish die en masse, fields can no longer be cultivated due to lack of water and scarcity, and large fires occur. The fluctuations in minimum thermal anomalies in Caruaru in the period 1950-2022 are shown in Figure 2. With more intense negative oscillations recorded in the years 1950 to 1976, attention is drawn to the years 1983, 1998 and 2018, where the largest positive thermal oscillations were recorded caused by the occurrences of the active atmospheric systems and the assistance of local and regional effects. These oscillations corroborate the IPCC study (2021).

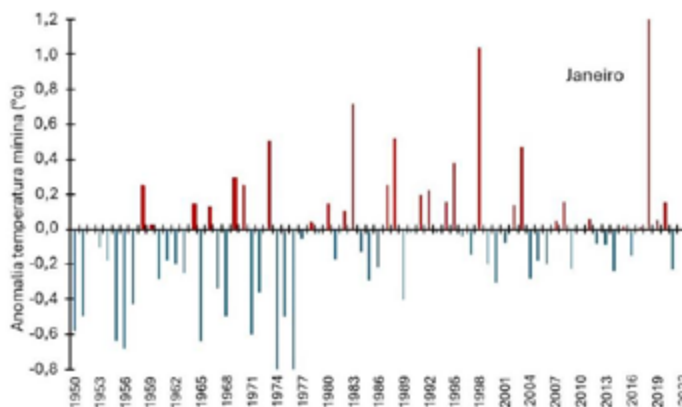


Figure 2 – Anomaly of the minimum thermal temperature of January 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

The predominance of positive thermals and their variabilities and intensities are demonstrated in Figure 3 with oscillations flowing from 0.1°C to 1.1°C, the years 1987 to 1985 stand out where the fluctuations were more concentrated, the negative oscillations flowed from 0.1°C to 0.6°C caused by local and regional effects that acted on blocking systems, similar results were detected by Silva et al. (2023).

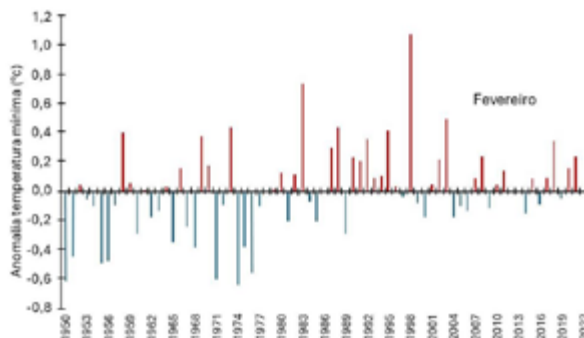


Figure 3 – Minimum thermal anomaly of February 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

In Figure 4 corresponding to March, the variability of the positive anomalies of minimum temperatures with greater intensities and clusters recorded from 1987 to 2004 stands out, in the negative anomalies irregularities and fluctuations of 0.5°C to 0.2°C are observed. Results that corroborate affirmatively in the discussions of Medeiros et al. (2020).

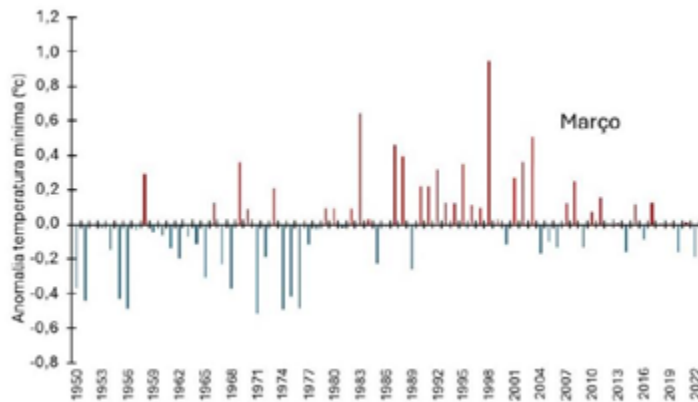


Figure 4 – Minimum thermal anomaly from March 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

The positive anomalies in April (Figure 5) of the studied period ranged from 0.1°C to 0.9°C. The period from 1987 to 1998 recorded the thermal variabilities with the greatest amplitudes and magnitudes. The negative anomalous minimum thermal oscillations were irregular and off-center between years. These fluctuations corroborate the results of the IPCC (2021), Medeiros et al. (2021) and Silva et al. (2023).

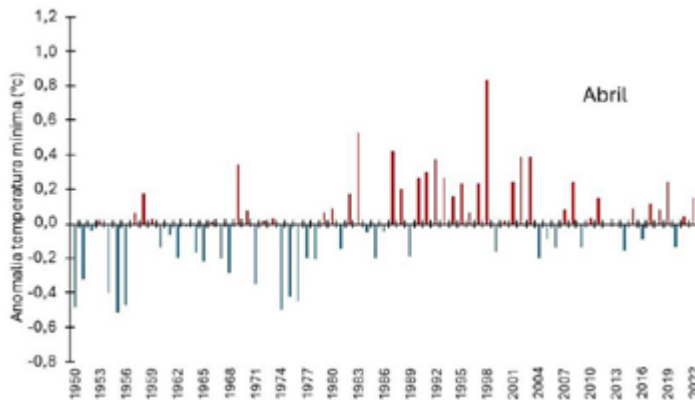


Figure 5 – Minimum thermal anomaly of April 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

With irregular thermal anomalies of varying amplitudes and magnitudes, Figure 6 shows the predominance of positive anomalies and small concentrations with years of negative anomalies. According to Marengo et al. (2015), the minimum temperature has greater possibilities of expansion, that is, of occurring in the future with positive increases. These variabilities were caused by transient atmospheric systems and assistance from local and regional effects, followed by heat exchange.

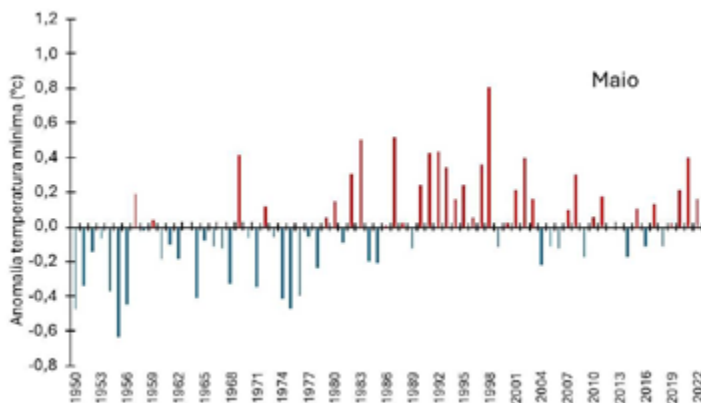


Figure 6 – Minimum thermal anomaly of May 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros e Cunha Filho (2024).

Figure 7 corresponds to the anomalous variabilities of the minimum thermal temperatures of the month of June, where irregularities can be observed in both anomalies (positive/negative) with a predominance of positive anomalies, their trends and that the minimum variabilities will be increased by the current normal values. The study by Marengo et al. (2015), Medeiros, (2020) record similarities.

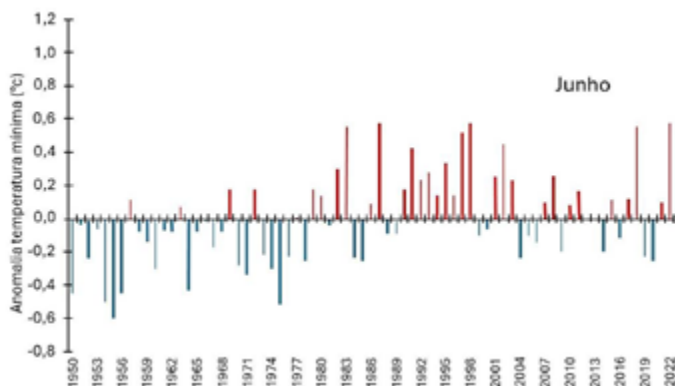


Figure 7 – Anomaly of the minimum thermal temperature of June 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

In Figure 8 in July, attention is drawn to the period of years between 1982-2013 where the variability of positive minimum thermal anomalies was recorded with higher concentrations, affirming that the trend is increasing for the future, that is, future thermal increases are expected in the studied area, the transient atmospheric factors of the location were the elements causing these variabilities. The IPCC (2021) corroborates with the record of an increase.

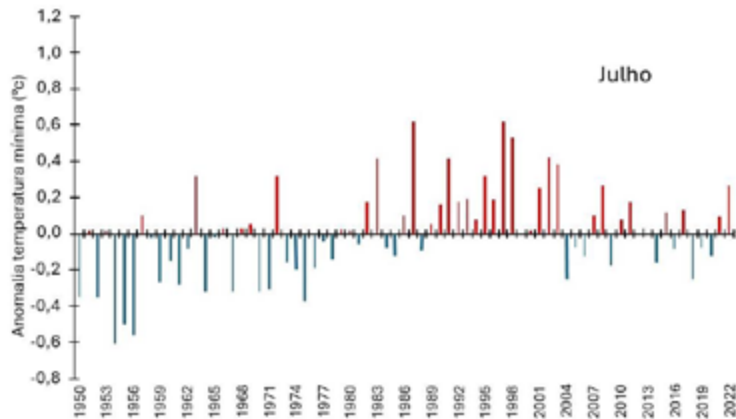


Figure 8 – Minimum thermal anomaly of July 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

The latitude between 17.5° and 23.5° was characterized by the vertical arrival of solar rays for almost three consecutive months during the summer solstice in both hemispheres, which allowed for the generation of a large accumulation of heat and higher temperatures on the surface. The zones of maximum heating occur closer to the tropics than at the equator (BARRY et al., 2013), and the spatial distribution of temperature assumes distinct patterns in the representative months, especially summer and winter (MENDONÇA et al.2007). Regarding altitude and topographic effects, the troposphere has an average adiabatic gradient of vertical temperature reduction of $6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$, where it remains inconstant, caused by the variation in height and the seasonality of the area (BARRY et al., 2013).

The variability of the negative thermal anomaly with more intensified amplitudes was recorded at the beginning of the observation years under study, from 1982 to the present day, it is noteworthy that positive thermals are predominant (Figure 9).

These thermal oscillations are being caused by the actions of meso and microscale systems, with or without the help of local and regional contributions, by the increase in fires, lack of native vegetation and large areas of bare soil.

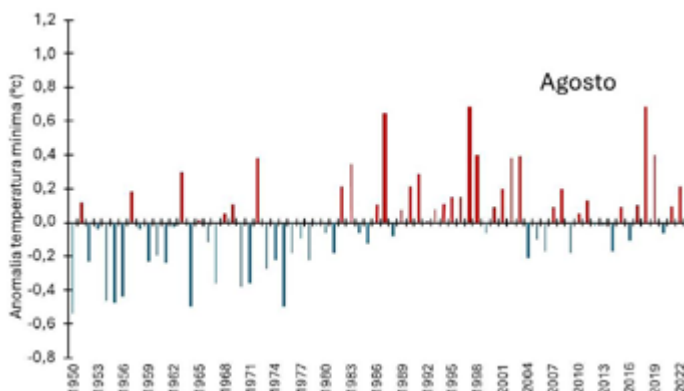


Figure 9 – Thermal minimum anomaly of August 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

In Figure 10, the minimum negative thermal variabilities were observed with greater intensification at the beginning of the study, where they flowed from -0.6°C to -0.1°C , changes in variability with greater significance for the positive variabilities recorded after 1980 to the present day, highlighting the study with similar results published by Alves et al.(2022).

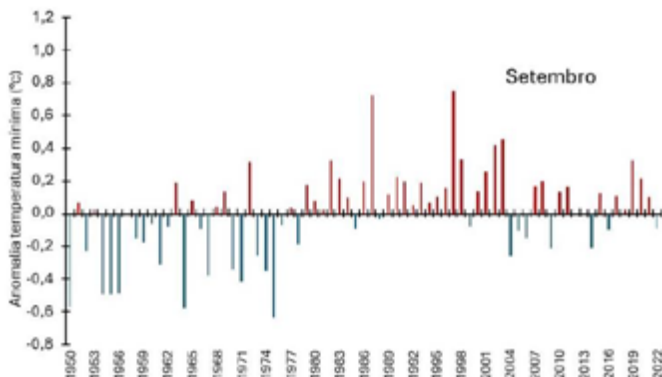


Figure 10 – Anomaly of the minimum thermal temperature of September 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

The conditions found in October (Figure 11) caused by the acting transient atmospheric movements and the non-contribution of meso and microscale and local effects, caused such variability as seen in the study by Alves et al. (2022) which corroborates the discussions studied. The IPCC (2021) corroborates this statement and records an increase in the study.

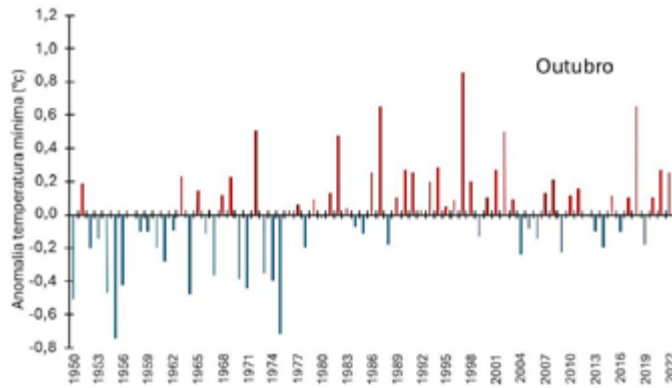


Figure 11 – Minimum thermal anomaly of October 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

With thermal variabilities flowing from -0.8°C to 1.0°C and of irregular magnitudes and intensities, making the month of November hotter and drier and causing wear and tear on the population and an increase in energy and water consumption above normal, observed in figure 12. The results corroborate the studies by Marengo et al. (2021); IPCC (2021).

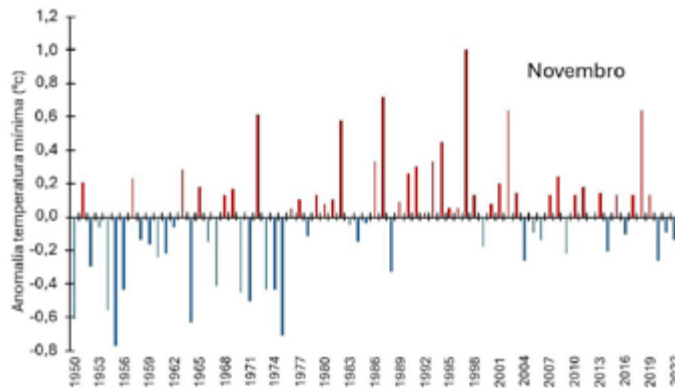


Figure 12 – Thermal anomaly and minimum of November 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco.
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

Positive anomalous oscillations predominated irregularly and with varying amplitudes, as shown in Figure 13 in December. Negative amplitudes occurred with moderate to strong intensities between 1950-1975. Similar results can be seen in the studies by Alves et al. (2022) and Marengo et al. (2021).

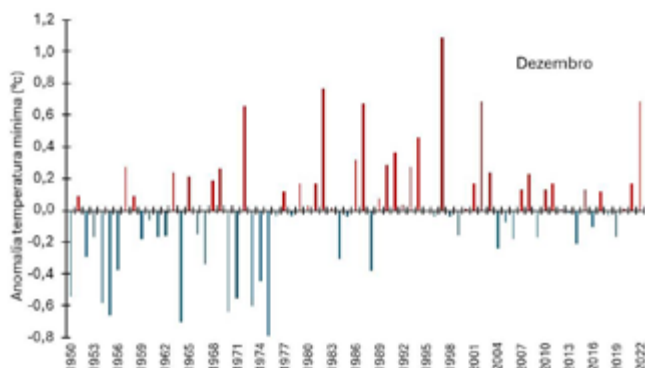


Figure 13 – Minimum thermal anomaly of December 1950-2022 in Caruaru/Pernambuco
Fonte: Medeiros and Cunha Filho (2024).

The analysis of thermal behavior becomes important since it makes it possible to detect trends and/or changes in the climate, at meso and micro scales (MARCUIZZO et al., 2019), and according to the author, redundancy and/or thermal fluctuations can favor or harm socioeconomic development, throughout its history.

Conclusion

The thermal regime studied is complicated and seasonally diverse, exhibiting wide variability between months and years, and extreme thermal events of high magnitude and intensity are expected to occur in the near future.

By monitoring thermal anomalies and trends, it will be possible to generate forecasts and diagnoses of local climatology to assist and inform decision-making by managers at municipal, state and federal levels; aiming at precaution and improvement of people's lives.

Although extreme thermal variations are shown, the population only feels their effects and results in the dry season, since the minimum thermal temperature increases, there is a reduction in relative humidity and precipitation, causing a feeling of suffocation, which is terrible, especially for newborns and the elderly.

REFERENCES

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(1): 711–28, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ALVES, J.; GONÇALVES, T.; NASCIMENTO, S. A. Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Nordeste do Brasil: tendências e variabilidade (1970-2020). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 17, n. 2, p. 527-542, 2022. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i2.841>.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2013.
- BETTOLLI, P. O. Statistical downscaling of daily precipitation and temperatures in southern La Plata Basin. **International Journal of Climatology**, 38, 3705– 3722, 2018. <https://doi.org/10.1002/joc.5531>.
- CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10 (1), p. 140-147, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000100021>.
- CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8. Belo Horizonte, **Anais...**, Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157. 1994.
- CAVALCANTI, ENILSON, C.; SILVA, VICENTE de P. R.; SOUSA, FRANCISCO de A. S. Programa computacional (Estima-T) para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Brasil, v. 10, n. 1, p.140-147, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000100021>.
- COELHO, C.; OLIVEIRA, C.; AMBRIZZI, T.; REBOITA, M.; CARPENEDO, C.; CAMPOS, J.; TOMAZIELLO, A.; PAMPUCH, L.; CUSTÓDIO, M.; DUTRA, L.; ROCHA, R.; REHBEIN, A. The 2014 Southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, 46, 3737-3752, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2800-1>.
- COLLINS, J.; CHAVES, R.; MARQUES, V. Temperature Variability over South America. **Journal of Climate**, 22, 5854-5869, 2009. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2551.1>.
- CORDEIRO, A.; BERLATO, M.; FONTANA, D.; ALVES, R. Tendências climáticas das temperaturas do ar no Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 9, 868-880, 2016. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.3.p868-880>.
- DETZER, J.; LOIKITH, P.; PAMPUCH, L.; MECHOSO, C.; BARKHORDARIAN, A.; LEE, H. Characterizing monthly temperature variability states and associated meteorology across southern South América. **International Journal of Climatology**, 40, 492-508, 2019. <https://doi.org/10.1002/joc.6224>.
- IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P., Zhai, A., Pirani, S.L., Connors, C., Péan, S., Berger, N., Caud, Y., Chen, L., Goldfarb, M.I., Gomis, M., Huang, K., Leitzell, E., Lonnoy, J.B.R., Matthews, T.K., Maycock, T., Waterfield, O., Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. 2021. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386>

FANTE, K. P.; NETO, J. L. S. A. Variabilidade da temperatura do ar em cidades interioranas do estado de São Paulo (1961 a 2009). **Revista Geonorte**, 3(9), 675-687, 2012. www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2530; Last accessed.: 30 july, 2024.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V.; SOUZA, R. A. F. D. El Niño–southern oscillation related teleconnections over South America under distinct Atlantic multidecadal oscillation and Pacific Interdecadal oscillation backgrounds: La Niña. **International Journal of Climatology**, 39(3), 1359-1372, 2019. <https://doi.org/10.1002/joc.5886>

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. p.388, 1931.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm, 1928.

LOPART, M.; REBOITA, M.; COPPOLA, E.; GIORGI, F.; ROCHA, R.; SOUZA, D. **Land use change over the Amazon Forest and Its Impact on the Local Climate**. *Waters* 10, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/w10020149>.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P. R. **Eco fisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato. p. 1-11.1. ed. Brasília: MMA, 54p, 1987.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS). **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**, v. 24, 2009. https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/mc_eventos_extremos_brasil.pdf. Last accessed.: 30 july, 2024

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. de S, GHEYI, H. R., GALVÃO, C. de O, PAZ, V. P. da S (ed.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011. cap. 13, p. 383-422, 2021.

MARCUZZO, F.F.N., GOULARTE, E.R.P., MELO, D.C.R. Mapeamento Espacial, Temporal e Sazonal das térmicas em Tocantins. **Anais...** In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 10, 2019. <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/1065>. Last accessed.: 30 july, 2024.

MEDEIROS, R. M. **Estudo Agrometeorológicos para o Estado de Pernambuco**. Edição Avulsa, 2016.

MEDEIROS, R. M.; SILVA MELO, V. Oscilação das temperaturas máximas, mínima e média do ar e da precipitação. **Estudo Climático do Município de Matinhas-PB**, p. 117. Paraíba: EDUFCEG, 2016.

MEDEIROS, R. M.; FRANÇA, M.V.; SABOYA, L.M.F.; HOLANDA, R.M.; ROLIM NETO, F.C.; ARAÚJO, W.R. Análise estatística das precipitações de Serra Talhada e São Bento do Una - Pernambuco, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e3909119954, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9954>.

MEDEIROS, R.M.; CAVALCANTI, E.P. Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil. **Research, Society and Development**. 9(7):1-23, e315973882, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3882>

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MONTRUOLL, N.; SAURRAL, R.; CAMILLONI, I. Hydrological impacts in La Plata basin under 1.5, 2 and 3 °C global warming above the preindustrial level. **International Journal of Climatology**. v.38, p.3355-3368, 2018. <https://doi.org/10.1002/joc.5505>

OLIVEIRA, P.; SANTOS, S.M.; LIMA, K. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**. 130, 77-90, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-016-1865-z>.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ceres, 440p., 1981.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 478p., 2002.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Meteorologia Agrícola**. ESALQ, Departamento de Ciências Exatas. Piracicaba, SP. 192 p., 2007.

REGUERO, B. G.; LOSADA, I. J.; MÉNDEZ, F, J. A recent increase in global wave power as a consequence of oceanic warming. **Nature communications**. v. 10, n. 1, p. 205, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08066-0>

SILVA, M.C.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; FRANÇA, M.V. Tendência pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca - PE, Brasil. **Revista Observatorio de la economia latino-americano**. Curitiba. V.21, n.10, 17065-17085, 2023. <https://doi.org/10.55905/oelv21n10-138>

SMITH, T.; REYNOLDS, R.; PETERSON, T.; LAWRIK, J. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880-2006). **Journal of Climate**. 21, 2283-2296, 2008. <https://doi.org/10.1175/2007JCLI2100.1>

ZANELLA, M.E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 36, n. 1, p. 126, 2014; <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3176>.

INFORMAÇÕES DOS AUTORES

Coordenador do projeto

Moacyr Cunha Filho

Professor Titular da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Doutor em Ciência do Solo pela UFRPE. Mestre em Biometria e Estatística Aplicada pela UFRPE. Graduação em Engenharia Civil (1988). Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho (1991), Didática das Disciplinas Profissionalizantes (1992), Administração Pública (2012) e Tecnologia da Informação e Inovação (2019).

Demais autores

Antonio Samuel Alves da Silva

Professor Adjunto da UFRPE. Doutor em Biometria e Estatística Aplicada (2015), Mestre em Biometria e Estatística Aplicada (2012). Graduado em Matemática (2009). Possui experiência nas áreas de matemática, probabilidade e estatística, com foco em geoestatística, probabilidade e inferência aplicadas. Atua no aperfeiçoamento computacional do Modelo Century 4.5, além de trabalhar com análise espacial voltada para agrometeorologia.

Borko Stosic

Professor Titular da UFRPE. Doutor em Física Teórica (1991). Mestre em Física (1987). Graduado em Física (1979). Tem experiência na área de física estatística computacional, engenharia de produção, com ênfase em desenvolvimento e aplicação de métodos computacionalmente intensivos. Atua principalmente nos seguintes temas: análise envoltória de dados, fractais, sistemas de equações diferenciais acopladas, reconhecimento de padrões, modelo de Ising, simulações Monte Carlo.

Cícero Carlos Ramos de Brito

Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Pernambuco. Doutor em Biometria e Estatística Aplicada (2014). Mestrado em Estatística (2009). Mestre em Biometria e Estatística Aplicada. (2005). Mestre em Matemática (2017). Especialista em Matemática Comercial e Financeira (2008). Especialista em Matemática (2003). Especialista em Matemática (1993). Graduado em Serviços Jurídicos e Notariais (2017). Graduado em Administração (2015). Graduado em Ciências Contábeis (2014). Graduado em Gestão Financeira (2010). Graduado em Matemática (1993). Graduado em Ciências com habilitação em Matemática (1991).

Cristiane Rocha Albuquerque

Professora Associada da UFRPE. Doutora em Biometria e Estatística (2017). Mestre em Biometria e Estatística Aplicada (2007). Graduada em Estatística (1990). Tem experiência na área de estatística aplicada, com ênfase em análise multivariada e correlações cruzadas.

Djalma Euzébio Simões Neto

Membro Titular da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica-APCA e Academia Brasileira de Ciência Agronômica-ABCA. Doutor em Ciência do Solo (2008). Mestre em Agronomia (1987). Graduado em Engenharia Agronômica (1977). Tem experiência na área de agronomia, com ênfase em melhoramento genético da cana-de-açúcar e fertilidade do solo e adubação.

Guilherme Rocha Moreira

Professor Associado da UFRPE. Doutor em Zootecnia (2010). Mestre em Zootecnia (2006). Especialista em Gestão de Políticas Públicas (2017). Graduado em Engenharia Agronômica (2003). Atua nas seguintes áreas: sistemas silvipastoris, forragicultura, nutrição de ruminantes, análise de alimentos, degradabilidade ruminal via técnicas "in vitro" de produção de gases e técnicas "in situ" e

planejamento e análise de experimentos, estatística não paramétrica e modelos de regressão aplicados a agropecuária.

Manoel Vieira de França

Professor Associado da UFRPE. Doutor em Recursos Naturais (2023). Mestre em Engenharia Agrícola (2010). Graduado em Agronomia (1982). Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Topografia, atuando principalmente nos seguintes temas: GPS, estação total, georreferenciamento de imóveis rural, área degradada, erosão, assoreamento, ensino, capacitação, educação e ilhas oceânicas.

Milene Vieira Figueira

Professora Assistente da UFRPE. Mestra em Engenharia Mecânica (2000), Especialista em Ensino de Astronomia e Ciências Afins (2022). Graduada em Matemática Aplicada e Computacional (1994). Tem experiência principalmente nos seguintes temas: processamento de sinais, wavelet, transformada wavelet, sinais biomédicos e análise de voz. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística pela UFRPE.

Raimundo Mainar de Medeiros:

Professor Pesquisador, Pós-Doutor, com dois pós-doutoramentos pela UFRPE. Doutor em Meteorologia (2016). Mestre em Meteorologia (1990). Especialista em Ciências Ambientais (2003) e Recursos Hídricos e Meio Ambiente (2005). Graduado em Meteorologia (1985). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em meteorologia dinâmica e sinótica, atuando principalmente nos seguintes temas: vapor da água, água precipitável, divergência, interpretação de imagens de satélites, previsão de tempo.

Renisson Neponuceno Araujo Filho

Professor Adjunto da UFRPE. Doutor em Ciência do Solo (2016). Mestre em Agroecossistemas (2012), Especialista em Docência no Ensino Superior (2011). Graduado em Engenharia Florestal (2009). Tem experiência nas áreas de Engenharia Florestal, Agronomia e Ambiental atuando principalmente nos seguintes temas: recuperação de áreas degradada, conservação de solo e água, bioengenharia de solos, mecânica dos solos, física do solo, química do solo, fertilidade do solo, ciclagem de nutrientes, recursos hídricos, dinâmica e estoque do carbono no sistema solo-planta e matéria orgânica do solo.

Romildo Morant de Holanda

Professor Associado da UFRPE. Doutorado em Recursos Naturais (2011). Mestre em Engenharia de Produção (2000). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (1988) e Gestão da Qualidade na Construção Civil (1995). Graduado em Psicologia (2022) e Engenharia Civil (1986). Tem experiência nas áreas de garantia de controle de qualidade, desperdício na indústria da construção, sistema integrado de gestão, gestão de resíduos, reuso de água; planejamento físico, financeiro e orçamentário e custos ocultos. Realiza pesquisas em gerenciamento de resíduos industriais, gestão de recursos naturais, inovações tecnológicas, novos materiais, sustentabilidade, desperdício e eficácia de processos e sistemas.

Tatijana Stosic

Professora Titular da UFRPE. Doutora em Física (2004). Mestra em Física (1988). Graduada em Física (1976). Tem experiência na área de Física Estatística e Estatística Aplicada, com ênfase na análise de dados de meio ambiente, hidrologia, economia e medicina, atuando principalmente nos seguintes temas: análise fractal, multifractal, entropia das series temporais, dados espaciais, econofísica e modelo de Ising.

Victor Casimiro Piscoya

Professor Titular da UFRPE. Doutor em Ciência do Solo (2012). Mestre em Engenharia Florestal (1979). Graduado em Engenharia Florestal (1976). Tem experiência nas áreas de engenharia agrônômica, engenharia ambiental e engenharia florestal, atuando principalmente nos seguintes temas: mecânica e transporte da erosão de sedimentos, dimensionamento ciliar, qualidade do solo, bacias hidrográficas do semiárido, produção de sedimentos, e relações de hidrologia, vegetação da caatinga, qualidade de água de irrigação e sistemas agroflorestais.

Walfredo Siqueira Campos Junior

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). Mestre em Matemática (2014). Graduado em Matemática (2005). Doutorando do Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística pela UFRPE.

Ivanildo Batista da Silva Júnior

Mestre em Biometria e Estatística Aplicada pela UFRPE (2023). Graduado em Ciências Econômicas (2018) e Logística (2013). Doutorando do Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística pela UFRPE.

Marília Gabriela Medeiros Ordono Lages

Graduada em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Católica de Pernambuco (2023). Mestranda do Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística Aplicada da UFRPE.

Patricia Arruda de Moura

Mestra em Educação Profissional e Tecnológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Pernambuco (2021). Especialista em Orientação Educacional (2021) e Gerenciamento Ágil de Projetos (2023). Graduada em Gestão da Tecnologia da Informação (2014) e Licenciatura em Matemática (2019). Mestranda do Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística Aplicada da UFRPE.

Syntia Regina Rodrigues de Souza

Mestra em Biometria e Estatística Aplicada pela UFRPE (2015). Graduada em Estatística (2009). Tem experiência na área de probabilidade e estatística, com ênfase em estatística. Atuando principalmente nos seguintes temas: manejo florestal, modelos volumétricos, redes neurais. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Biometria e Estatística pela UFRPE.

