

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CAMPUS SÃO BENTO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

BIANCA CRISTINA COELHO CÂMARA

**MUDANÇAS NAS TAXAS DE PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE SANTA HELENA,
BAIXADA MARANHENSE**

São Bento – MA

2025

BIANCA CRISTINA COELHO CÂMARA

**MUDANÇAS NAS TAXAS DE PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE SANTA HELENA,
BAIXADA MARANHENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientador: Yuri Oliveira Feitosa

São Bento – MA

2025

Câmara, Bianca Cristina Coelho

Mudanças nas taxas de precipitação na cidade de Santa Helena, baixada maranhense. / Bianca Cristina Coelho Câmara. – São Bento, MA, 2025.

25 f

Artigo (Curso de Graduação em Tecnologia de Gestão Ambiental) - Universidade Estadual do Maranhão, Campus de São Bento, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Yuri Oliveira Feitosa.

1.Amazônia Oriental. 2.Áreas úmidas. 3.Precipitação extrema.

Elaborado por Cássia Diniz - CRB 13/910

BIANCA CRISTINA COELHO CÂMARA

MUDANÇAS NAS TAXAS DE PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE SANTA HELENA, BAIXADA MARANHENSE

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientador: Yuri Oliveira Feitosa

Aprovado em: 09 / 01 / 2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 YURI OLIVEIRA FEITOSA
Data: 04/02/2025 09:14:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Yuri Oliveira Feitosa
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) - Campus São Bento
Curso de Tecnologia de Gestão Ambiental

Documento assinado digitalmente
 ZAIANE DE CASSIA BARBOSA SA
Data: 04/02/2025 10:43:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Zaiane de Cássia Barbosa Sá
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) - Campus São Bento
Curso de Tecnologia de Gestão Ambiental

Documento assinado digitalmente
 ISABELA PINHO DE LUCENA
Data: 04/02/2025 10:26:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Isabela Pinho de Lucena
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) - Campus São Bento
Direção de Campus

São Bento - MA

2025

*“Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos:
13.1 Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países[...].”*

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, por me trazerem ao mundo, por me apoiarem da melhor maneira que puderam. Eu consegui!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela oportunidade de vivenciar essa experiência e finalizar o meu curso. Agradeço à minha família, especialmente meu pai Gelso Antônio Machado Câmara, minha mãe Aldemira dos Santos Câmara Coelho, meus irmãos Geilson Antônio Coelho Câmara, Maria Clara Coêlho Soares e Levi Gabriel Abreu Câmara, pelo apoio e por cuidarem de mim, não medindo esforços para que eu concluísse meu curso. Também agradeço às minhas avós, Maria Hermita e Maria Estácia, ao meu tio Elizésio Câmara, a minha tia querida Josiane, por todas às vezes que foi me buscar na universidade e pelo companheirismo que tem comigo, e a minha tia Marinalva, pelos conselhos.

Sou grata ao meu professor orientador Yuri Oliveira Feitosa, pela orientação e paciência. À diretora do curso Sanara Melo, pelo suporte pedagógico e a Universidade Estadual do Maranhão por oferecer todos os meios necessários para execução deste trabalho e para finalização da minha graduação. Agradeço à equipe da Fazenda Escola pelo auxílio na execução do meu estágio, principalmente ao meu padrinho, Janison, pelo cuidado e apoio.

Aos meus colegas de turma pelo convívio e troca de experiências. Agradeço à Juliana, Carlos André, Mylliane e Milena por me auxiliarem sempre quando necessário.

À minha prima, Sâmia Marília Câmara Lopes, pelas correções realizadas no meu trabalho e auxílio para entender essa proposta de trabalho muito desafiadora.

Enfim agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado e para que eu chegasse até aqui, muito obrigada!

RESUMO

O trabalho investigou as mudanças nas taxas de precipitação na porção norte da Baixada Maranhense, com foco na cidade de Santa Helena, no período de 1994 a 2023. Justifica-se pela relevância em compreender a influência das alterações climáticas, especialmente em uma região com forte dependência de atividades de subsistência e ecossistemas frágeis. Dados de precipitação diária foram obtidos da Agência Nacional de Águas e analisados com índices climáticos do ETCCDI, correlacionando-os às temperaturas da superfície do mar (TSM) dos oceanos Atlântico e Pacífico. Os resultados revelaram que a TSM do Pacífico está associada à redução de chuvas intensas durante os eventos de El Niño, enquanto o Atlântico Tropical Sul mostrou correlação positiva com o aumento da precipitação. A discussão enfatiza como esses fenômenos climáticos globais modulam a variabilidade local, afetando a gestão hídrica e o planejamento ambiental. O estudo conclui pela necessidade de ampliar o monitoramento climático e sua integração em políticas públicas para mitigar os impactos sociais e ecológicos de eventos climáticos extremos na região.

Palavras-chaves: Amazônia Oriental, Áreas úmidas, Precipitação extrema, Variabilidade climática, Temperatura da superfície do mar (TSM).

ABSTRACT

The study investigated changes in precipitation rates in the northern portion of the Baixada Maranhense, focusing on the city of Santa Helena, from 1994 to 2023. It is justified by the relevance of understanding the influence of climate change, particularly in a region heavily reliant on subsistence activities and fragile ecosystems. Daily precipitation data were obtained from the Brazilian National Water Agency and analyzed using ETCCDI climate indices, correlating them with sea surface temperature (SST) anomalies in the Atlantic and Pacific Oceans. The results revealed that Pacific SST is associated with reduced intense rainfall during El Niño events, while the Tropical South Atlantic showed a positive correlation with increased precipitation. The discussion highlights how these global climatic phenomena modulate local variability, impacting water resource management and environmental planning. The study concludes that expanding climate monitoring and integrating it into public policies is crucial to mitigate the social and ecological impacts of extreme weather events in the region.

Keyword: Eastern Amazon, Wetlands, Extreme precipitation, Climate variability, Sea surface temperature (SST).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices e descrições. Os índices serão utilizados para avaliação das mudanças de precipitação.....18

Tabela 2 - coeficiente de correlação (r) e valor de p para os valores anuais de cada mês da TSM do Pacífico da região Niño 1+2 com os índices anuais de precipitação. A) Precipitação anual total; B) Número de dias chuvosos; C) Número de dias com precipitação forte; D) Número de dias com precipitação muito forte; E) Número de dias secos consecutivos; F) Número de dias úmidos consecutivos.....19

Tabela 3: coeficiente de correlação (r) e valor de p para os valores anuais de cada mês do índice do Atlântico Tropical Sul com os índices de precipitação. A) Precipitação anual total; B) Número de dias chuvosos; C) Número de dias com precipitação forte; D) Número de dias com precipitação muito forte; E) Número de dias secos consecutivos; F) Número de dias úmidos consecutivos.....20

Tabela 4 - Tabela 4: coeficiente de correlação (r) e valor de p para os valores anuais de cada mês do índice do Atlântico Tropical Norte com os índices anuais de precipitação. A) Precipitação anual total; B) Número de dias chuvosos; C) Número de dias com precipitação forte; D) Número de dias com precipitação muito forte; E) Número de dias secos consecutivos; F) Número de dias úmidos consecutivos.....21

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água.
CWD	Número de dias secos consecutivos
CDD	Número de dias úmidos consecutivos.
ENSO QUENTE	El Nino.
ENSO FRIO	Lã Nina.
ENSO	El Niño Oscilação do Sul.
ETCCDI	Expert Team on Climate Change Detection and Indices.
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano.
PRCPTOT	Precipitação anual total.
RNNMM	Número de dias chuvosos.
R10MM	Número de dias com precipitação forte
R20MM	Número de dias com precipitação muito forte.
TNA	Atlântico Tropical Norte.
TSN	Índice Tropical do Atlântico Sul.
TSM	Temperatura da Superfície do Mar.
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical.

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
2. INTRODUÇÃO.....	14
3. JUSTIFICATIVA.....	15
4. OBJETIVO.....	16
4.1 Objetivo geral.....	16
4.2 Objetivos específicos.....	16
5. METODOLOGIA.....	16
5.1 Área de estudo.....	16
5.2 Coleta de dados.....	17
6. RESULTADOS.....	18
7. DISCUSSÃO.....	21
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente trabalho está organizado em formato de artigo científico, ao qual pretende-se submeter em revista científica. A pesquisa está intitulada como “*Mudanças nas taxas de precipitação na porção norte da Baixada Maranhense*”, e sua relevância está na necessidade de compreender como as mudanças climáticas podem ocasionar eventos climáticos extremos na cidade de Santa Helena - MA. Foram utilizadas séries temporais dos anos 1994 até 2023, obtidas no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2023).

Outro fator que motiva a execução desta pesquisa é o fato de que Mudanças Climáticas, se tornou um assunto de urgência, pois, trata-se de uma questão de saúde pública (Silveira; *et al.*, 2024), trazendo malefícios à saúde emocional, física e social. Traz também prejuízos socioambientais, desde tragédias políticas, econômicas, biológicas, entre outras, ao ponto de ameaçar a capacidade de sustento mundial e subsistência de comunidades que dependem ao máximo da natureza (Cardoso, 2024).

É importante destacar que os eventos extremos de seca podem causar danos econômicos e sociais, tais como perdas humanas e em safras agrícolas (Santos; *et al.*, 2017), estiagem, incêndios florestais, escassez e diminuição de acesso à água, prejuízos a saúde (Freitas; *et al.*, 2020).

No que tange às chuvas intensas ou chuvas extremas venham a causar desastres naturais nas cidades são a erosão no solo, inundações, danos à agricultura e sérios problemas em reservatórios de armazenamento de água. Foram analisados que os eventos como El Niño e La Niña têm uma grande influência nas ocorrências de chuvas extremas no Brasil, principalmente na região Nordeste (Grimm; *et al.*, 2004).

Assim, pensando nesses pressupostos é necessário que a comunidade acadêmica ofereça subsídios para agregar o máximo de informações possíveis para a sociedade atual e gerações futuras a fim de que os impactos de eventos extremos climáticos possam ser minimizados.

2. INTRODUÇÃO

O cenário climático brasileiro acompanha a mesma tendência de aquecimento global, em que as mudanças mais significativas influenciam no aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos, tais como secas, enchentes e inundações (Assis; *et al.*, 2012). O clima semiárido é predominante na região do nordeste brasileiro, apresentando variações temporais, bem como, espaciais do regime pluviométrico, além de serem evidenciadas grandes temperaturas ao longo de anos (Nóbrega; *et al.*, 2014). Contudo, a Baixada Maranhense tem um clima tropical úmido, caracteriza-se por uma estação chuvosa e uma estação seca, ainda com níveis de precipitação maiores que o semiárido.

O Estado do Maranhão se encontra em uma posição entre três macrorregiões brasileiras, sendo elas: o Nordeste, Norte e Centro Oeste, na qual, reúnem feições fitogeográficas e climatológicas que se tornam características dessas áreas. Sendo assim, o Maranhão apresenta sete microrregiões como: o Litoral, Baixada Maranhense, Cerrado, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto. Em relação a Baixada Maranhense é uma região integrante do Golfão Maranhense, apresenta um formato de concha, fruto de um processo de sedimentação geológica, cujo configura um ecossistema caracterizado pela capacidade de retenção de água durante o período chuvoso gerando as terras alagadas ou campos inundáveis e um conjunto de lagos, além disso o período chuvoso se dá de janeiro a junho sendo os meses de abril e maio, mais intensos (IMESC, 2013).

No Estado atualmente tem ocorrido muitos casos de eventos climáticos extremos, de fortes chuvas e secas prolongadas. Em abril de 2023 cerca de 64 cidades do Estado foram afetadas devido ao grande aumento de chuvas severas e uma delas foi a cidade de Santa Helena, onde várias áreas foram alagadas e chegaram ao estado de emergência (G1, 2023).

Os eventos climáticos considerados extremos de chuvas, seca, onda de calor, inundações, tempestades, alagamentos, deslizamentos e queimadas, são classificados como fenômenos meteorológicos, hidrológicos e climáticos, no qual podem também ser conceituados por serem mais prováveis de acontecer ou que ocorrem fora de seus padrões normais. Frequentemente eles podem gerar impactos negativos na vida da população na qual residem nos locais afetados, havendo perda de moradias, os deixando desabrigados e na maioria das vezes levando a óbito.

Um fator importante que afeta o clima do nordeste brasileiro consiste na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico que pode trazer seca ou precipitações excessivas para região (Moura; *et al.*, 2009). Uma das principais influências da TSM do Atlântico é na formação

e posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O posicionamento da ZCIT mais ao norte causa menos chuva no Nordeste, enquanto, um posicionamento mais ao sul causa mais chuva (Moura; *et al*, 2009).

A TSM do Pacífico interfere no ciclo da chuva do nordeste através da ocorrência do evento El Niño Oscilação do Sul (ENSO) que pode levar a secas ou chuvas extremas para a região. Os fenômenos El Niño é o aquecimento anormal do Pacífico equatorial somado a diminuição dos ventos alísios que causa uma redução das chuvas no Nordeste, enquanto La Nina é o resultado de um resfriamento do Pacífico equatorial que leva a um aumento da precipitação na região. Portanto, esse fator influencia na circulação atmosférica, promovendo anomalias na precipitação pluviométrica em diversas regiões da Terra (Freire, Lima e Cavalcanti, 2011).

Assim levando em consideração esses pressupostos, o objetivo do presente trabalho consiste em analisar as mudanças ocorridas no ciclo de chuvas na porção norte da Baixada Maranhense, mais precisamente na cidade de Santa Helena, proporcionando o preenchimento da cobertura de dados para essa região do estado do Maranhão e análise da influência de mudanças dos padrões do clima para a região nos aspectos ambientais e consequentemente, sociais.

3. JUSTIFICATIVA

Alguns aspectos justificam a elaboração da presente pesquisa, entre estes, temos a atual emergência de discussão sobre as mudanças climáticas, que tem se intensificado com a atuação humana que começa a provocar modificações na natureza e, por conseguinte, nas atividades que garantem a sobrevivência de comunidades, como a pesca, agricultura, pecuária, piscicultura e até mesmo a caça de subsistência.

Além disso, a região da Baixada Maranhense, área pouco estudada, sendo necessário ampliar a cobertura de análises de dados por todo o território a fim de promover a descrição das características pluviométricas da região. Temos ainda que na Baixada maranhense há grande realização de atividades de subsistência, principalmente aquelas que dependem de regime de precipitação favorável (IMESC, 2013).

O terceiro aspecto está em se considerar também que a região da baixada, estando contida em parte da Amazônia maranhense, apresenta uma configuração ambiental bem diversificada e com unidades de paisagem bem características como os campos alagáveis aos

quais tem grande importância para atividade pesqueira de subsistência e que se classifica como sítio RAMSAR assumindo assim grande importância ecológica (IMESC, 2013).

Dentre os municípios que pertencem a Baixada Maranhense, se encontra a cidade de Santa Helena, onde a população sobrevive principalmente da pesca, agricultura e criação de búfalos (Conceição, *et al.* 2013), o que desperta o interesse de área alvo para a pesquisa, uma vez que possibilita contribuir para a maior cobertura de dados na região, fazer a relação socioeconômica do ambiente, precipitações e sociedade. O trabalho também objetiva contribuir para a discussão sobre essa temática na região, tendo em vista a escassez de pesquisas desse escopo para a Baixada Maranhense, preenchendo assim, uma lacuna sobre a produção de conhecimento científico acerca da evolução das condições de tempo e clima no estado do Maranhão.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Analisar as mudanças ocorridas no ciclo de chuvas na porção Norte da Baixada Maranhense.

4.2 Objetivos específicos

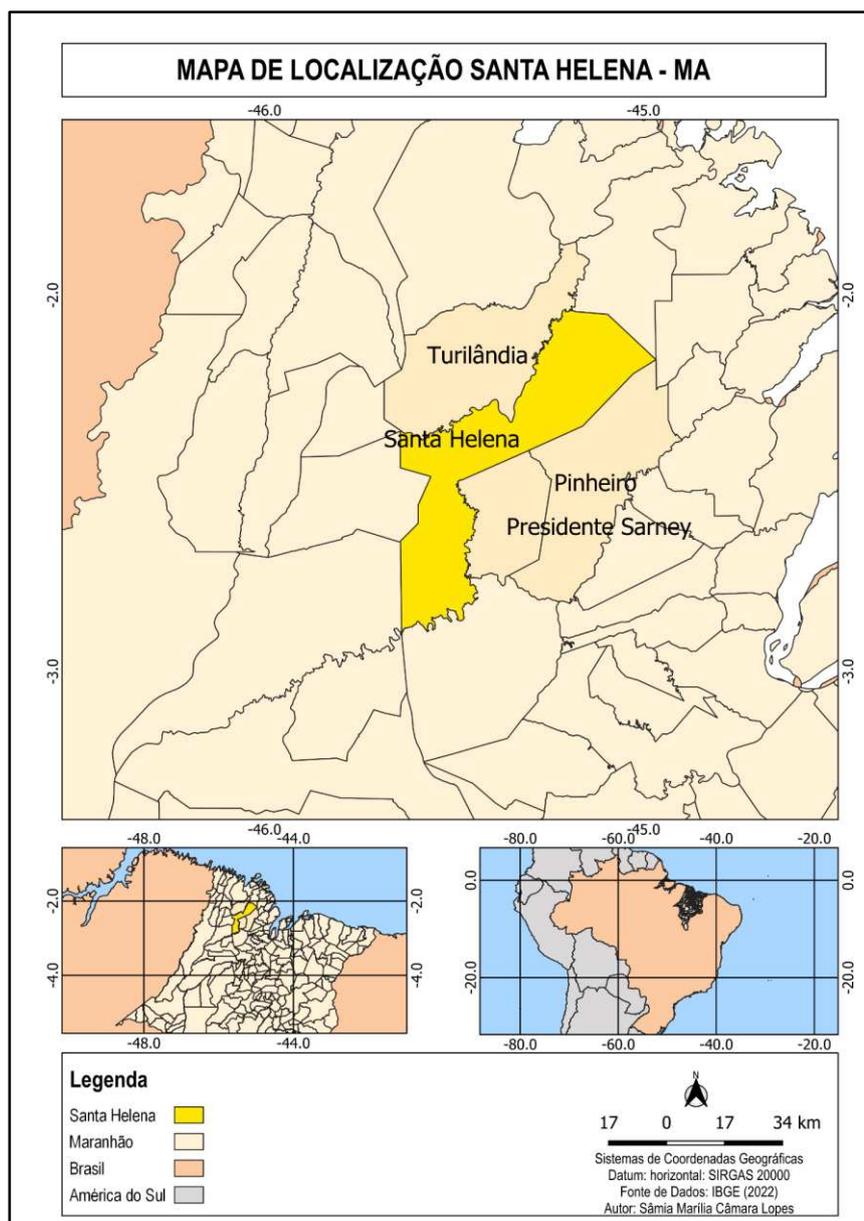
- a) Investigar a relação entre os Índices de anomalias das TSM do Atlântico e Pacífico com a ocorrência de eventos extremos de precipitação.
- b) Analisar a relação entre os padrões de TSM do Atlântico e do Pacífico com o ciclo de chuvas.

5. METODOLOGIA

5.1 Área de Estudo

O município de Santa Helena, figura 1, localiza-se na mesorregião norte do Maranhão, na microrregião denominada Baixada Maranhense, margem direita do Rio Turiaçu. O município tem uma extensão de 2.308, 2 km² contando com uma população com cerca de 39.060 habitantes. A densidade demográfica é de 16,9 hab./km² e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) médio de 0,571. O município tem como limites os municípios de Pinheiro, Turilândia e Presidente Sarney e situa-se a 40 km a noroeste de Pinheiro, a maior cidade da região. A cidade está situada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 2^o 13' 44'' Sul e longitude 45^o 17' 48'' Oeste (IBGE, 2024).

Figura 1 - Mapa de localização da cidade de Santa Helena e municípios limítrofes.



Fonte: Sâmia Marília Câmara Lopes.

5.2 Coleta de dados

Santa Helena integra um conjunto de municípios que possuem as maiores séries temporais e que continuam em funcionamento, juntamente com Pedro Rosário, Pimenta em Presidente Sarney e São Bento. A coleta de dados foi realizada com base na seguinte metodologia, foi obtida a série histórica da precipitação diária da cidade de Santa Helena dos anos de 1994 até 2023, disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico do Brasil (ANA, disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>). No estudo, foram empregados os índices desenvolvidos pelo “Expert Team on Climate Change Detection

and Indices” (ETCCDI, <http://etccdi.pacificclimate.org/>) para avaliar os dados diários de precipitação. Para a série temporal de precipitação em Santa Helena, foram calculados seis índices específicos (Tabela 1): a precipitação total anual (PRCPTOT), a quantidade de dias no ano com precipitação ≥ 1 mm (Rnnmm), a quantidade de dias com precipitação ≥ 10 mm (R10mm), a quantidade de dias com precipitação ≥ 20 mm (R20mm), o número de dias consecutivos com chuva (CWD) e o número de dias consecutivos sem chuva (CDD).

Tabela 1 - Índices e descrições. Os índices serão utilizados para avaliação das mudanças de precipitação.

Índice		Definição
Precipitação anual total (PRCPTOT)		Precipitação total anual com chuvas ≥ 1 mm
Número de dias chuvosos (Rnnmm)		Número de dias no ano que a precipitação foi ≥ 1 mm.
Número de dias com precipitação forte (R10mm)		Número de dias no ano que a precipitação foi ≥ 10 mm.
Número de dias com precipitação muito forte (R20mm)		Número de dias no ano que a precipitação foi ≥ 20 mm.
Número de dias úmidos consecutivos (CWD)		Número máximo de dias consecutivos com chuvas ≥ 1 Mm
Número de dias secos consecutivos (CDD)		Número máximo de dias consecutivos sem chuvas < 1 Mm

Fonte: Elaborado por Feitosa, 2025.

Para investigar a relação dos padrões de precipitação com os padrões de TSM do Atlântico e do Pacífico foram feitas correlações com os seguintes índices: Índice Atlântico Tropical Norte (TNA), Índice Tropical do Atlântico Sul (TSN) e TSM do Pacífico da região El Nino 1+2. Todas as análises serão realizadas utilizando o programa estatístico R 4.2.2, e um software computacional e gráfico. Bastante usado como um software estatístico, realiza várias outras tarefas, como análises de bioinformática, alinhamento de sequências e comparação com bases de dados, modelagem e produção de mapas (Ritter, They e Konze 2019).

6. RESULTADOS

Os resultados obtidos apontam que as TSMs médias mensais do Pacífico dos meses outubro, novembro e dezembro tiveram correlações negativas significativas ($p < 0,05$) com a PRCPTOT (Tabela 2). Por outro lado, as TSMs médias mensais do Pacífico não tiveram correlações significativas com a Rnnmm. Para R10mm as TSMs médias mensais do Pacífico dos meses de Novembro e Dezembro tiveram correlações negativas significativas (Tabela 2).

Por fim, R20mm, CDD e CWD não tiveram correlações significativas das TSMs médias mensais do Pacífico (Tabela 2).

Tabela 2: coeficiente de correlação (r) e valor de p para os valores anuais de cada mês da TSM do Pacífico da região Niño 1+2 com os índices anuais de precipitação. A) Precipitação anual total; B) Número de dias chuvosos; C) Número de dias com precipitação forte; D) Número de dias com precipitação muito forte; E) Número de dias secos consecutivos; F) Número de dias úmidos consecutivos.

Mês	r	p	Mês	r	p	Mês	r	p
<i>A) PRCPTOT</i>			<i>B) Rnnmm</i>			<i>C) R10mm</i>		
Janeiro	0,180	0,370	Janeiro	0,042	0,833	Janeiro	0,156	0,437
Fevereiro	0,210	0,293	Fevereiro	0,151	0,451	Fevereiro	0,188	0,349
Março	0,189	0,344	Março	0,181	0,367	Março	0,109	0,588
Abril	0,110	0,583	Abril	0,122	0,544	Abril	-0,020	0,922
Maio	-0,038	0,851	Maio	0,012	0,952	Maio	-0,130	0,519
Junho	-0,144	0,474	Junho	-0,007	0,971	Junho	-0,201	0,315
Julho	-0,235	0,238	Julho	-0,013	0,949	Julho	-0,237	0,234
Agosto	-0,238	0,232	Agosto	-0,022	0,913	Agosto	-0,211	0,291
Setembro	-0,369	0,058	Setembro	-0,099	0,624	Setembro	-0,353	0,071
Outubro	-0,389	0,045	Outubro	-0,114	0,572	Outubro	-0,353	0,071
Novembro	-0,422	0,028	Novembro	-0,198	0,323	Novembro	-0,418	0,030
Dezembro	-0,406	0,035	Dezembro	-0,176	0,381	Dezembro	-0,418	0,030
<i>D) R20mm</i>			<i>E) CDD</i>			<i>F) CDW</i>		
Janeiro	0,051	0,800	Janeiro	-0,197	0,326	Janeiro	0,100	0,621
Fevereiro	0,048	0,811	Fevereiro	-0,160	0,425	Fevereiro	0,082	0,686
Março	0,027	0,893	Março	-0,192	0,338	Março	0,139	0,490
Abril	0,085	0,674	Abril	-0,324	0,099	Abril	0,115	0,569
Maio	-0,035	0,862	Maio	-0,100	0,620	Maio	0,089	0,659
Junho	-0,096	0,636	Junho	-0,007	0,972	Junho	0,065	0,746
Julho	-0,150	0,456	Julho	0,066	0,743	Julho	0,056	0,783
Agosto	-0,148	0,461	Agosto	0,192	0,337	Agosto	0,014	0,944
Setembro	-0,252	0,205	Setembro	0,128	0,526	Setembro	-0,098	0,627
Outubro	-0,286	0,149	Outubro	0,068	0,737	Outubro	-0,086	0,671
Novembro	-0,265	0,181	Novembro	0,084	0,678	Novembro	-0,285	0,150
Dezembro	-0,261	0,188	Dezembro	0,045	0,825	Dezembro	-0,320	0,104

Fonte: elaborada pela própria autora, 2025.

As TSMs mensais do Atlântico Tropical Sul dos meses de junho, julho, agosto e setembro tiveram correlações positivas significativas com PRCPTOT (Tabela 3). De outro modo, as TSMs mensais do Atlântico Tropical Sul não tiveram correlações significativas com a Rnnmm (Tabela 3). Já a R10mm teve correlações significativas positivas entre Junho a

Outubro, enquanto R20mm de Julho a Novembro (Tabela 3). Por fim, CDD e CWD não tiveram correlações significativas das TSMs mensais do Atlântico Tropical (Tabela 3).

Tabela 3: coeficiente de correlação (r) e valor de p para os valores anuais de cada mês do índice do Atlântico Tropical Sul com os índices de precipitação. A) Precipitação anual total; B) Número de dias chuvosos; C) Número de dias com precipitação forte; D) Número de dias com precipitação muito forte; E) Número de dias secos consecutivos; F) Número de dias úmidos consecutivos.

Mês	r	p	Mês	r	p	Mês	r	p
<i>A) PRCPTOT</i>			<i>B) Rnnmm</i>			<i>C) R10mm</i>		
Janeiro	0,279	0,160	Janeiro	-0,206	0,302	Janeiro	0,284	0,152
Fevereiro	-0,003	0,989	Fevereiro	-0,155	0,440	Fevereiro	0,022	0,914
Março	0,213	0,285	Março	0,016	0,937	Março	0,198	0,322
Abril	0,298	0,131	Abril	0,022	0,915	Abril	0,301	0,127
Maio	0,370	0,058	Maio	0,031	0,877	Maio	0,348	0,075
Junho	0,474	0,013	Junho	0,022	0,912	Junho	0,460	0,016
Julho	0,606	0,001	Julho	0,265	0,181	Julho	0,617	0,001
Agosto	0,637	0,000	Agosto	0,124	0,537	Agosto	0,730	0,000
Setembro	0,468	0,014	Setembro	-0,028	0,889	Setembro	0,578	0,002
Outubro	0,369	0,058	Outubro	-0,074	0,713	Outubro	0,416	0,031
Novembro	0,371	0,057	Novembro	0,019	0,924	Novembro	0,375	0,054
Dezembro	0,185	0,355	Dezembro	-0,025	0,903	Dezembro	0,130	0,517
<i>D) R20mm</i>			<i>E) CDD</i>			<i>F) CDW</i>		
Janeiro	0,288	0,145	Janeiro	-0,219	0,272	Janeiro	-0,211	0,291
Fevereiro	-0,101	0,618	Fevereiro	0,068	0,736	Fevereiro	-0,094	0,642
Março	0,021	0,917	Março	0,123	0,540	Março	0,016	0,935
Abril	0,140	0,485	Abril	0,028	0,890	Abril	0,150	0,454
Maio	0,251	0,206	Maio	-0,052	0,798	Maio	0,304	0,123
Junho	0,374	0,055	Junho	0,008	0,967	Junho	0,275	0,165
Julho	0,447	0,020	Julho	-0,116	0,564	Julho	0,399	0,039
Agosto	0,576	0,002	Agosto	0,015	0,942	Agosto	0,336	0,086
Setembro	0,551	0,003	Setembro	0,145	0,471	Setembro	0,116	0,565
Outubro	0,535	0,004	Outubro	0,051	0,799	Outubro	-0,078	0,701
Novembro	0,405	0,036	Novembro	-0,083	0,682	Novembro	-0,109	0,589
Dezembro	0,283	0,152	Dezembro	-0,219	0,272	Dezembro	-0,240	0,227

Fonte: elaborada pela própria autora, 2025.

As TSMs médias mensais do Atlântico Tropical Norte do mês de novembro tiveram correlações negativas significativas com PRCPTOT. Por outro lado, as TSMs médias mensais do Atlântico Tropical Norte não tiveram correlações significativas com Rnnmm. Em relação a R10mm as TSMs médias mensais do Atlântico Tropical Norte do mês de novembro tiveram

correlações negativas significativas. Por fim, R20mm, CDD e CWD não tiveram correlações significativas das TSMs médias mensais do Atlântico Tropical Norte.

Tabela 4: coeficiente de correlação (r) e valor de p para os valores anuais de cada mês do índice do Atlântico Tropical Norte com os índices anuais de precipitação. A) Precipitação anual total; B) Número de dias chuvosos; C) Número de dias com precipitação forte; D) Número de dias com precipitação muito forte; E) Número de dias secos consecutivos; F) Número de dias úmidos consecutivos.

Mês	r	p	Mês	r	p	Mês	r	p
<i>A) PRCPTOT</i>			<i>B) Rnnmm</i>			<i>C) R10mm</i>		
Janeiro	0.004	0.983	Janeiro	-0.164	0.405	Janeiro	-0,091	0,644
Fevereiro	-0.115	0.559	Fevereiro	-0.231	0.237	Feveiro	-0,164	0,405
Março	-0.106	0.591	Março	-0.110	0.576	Março	-0,187	0,341
Abril	-0.153	0.437	Abril	-0.153	0.438	Abril	-0,192	0,328
Maio	-0.197	0.316	Maio	-0.188	0.338	Maio	-0,224	0,253
Junho	-0.123	0.534	Junho	-0.140	0.477	Junho	-0,137	0,488
Julho	-0.121	0.541	Julho	-0.157	0.425	Julho	-0,134	0,496
Agosto	-0.119	0.547	Agosto	-0.171	0.385	Agosto	-0,158	0,421
Setembro	-0.143	0.467	Setembro	-0.329	0.088	Setembro	-0,167	0,395
Outubro	-0.311	0.107	Outubro	-0.369	0.053	Outubro	-0,360	0,060
Novembro	-0.417	0.027	Novembro	-0.302	0.119	Novembro	-0,382	0,045
Dezembro	-0.223	0.254	Dezembro	-0.215	0.273	Dezembro	-0,222	0,257
<i>D) R20mm</i>			<i>E) CDD</i>			<i>F) CDW</i>		
Janeiro	0,051	0,795	Janeiro	-0,144	0,465	Janeiro	-0,169	0,390
Fevereiro	0,036	0,857	Fevereiro	-0,145	0,460	Fevereiro	-0,145	0,460
Março	0,034	0,864	Março	-0,155	0,431	Março	-0,143	0,469
Abril	-0,014	0,943	Abril	-0,083	0,673	Abril	-0,174	0,377
Maio	-0,029	0,885	Maio	-0,089	0,654	Maio	-0,142	0,472
Junho	0,032	0,872	Junho	-0,072	0,714	Junho	-0,155	0,431
Julho	0,049	0,806	Julho	-0,054	0,786	Julho	-0,202	0,304
Agosto	0,089	0,652	Agosto	-0,079	0,691	Agosto	-0,210	0,284
Setembro	0,147	0,455	Setembro	-0,022	0,910	Setembro	-0,286	0,140
Outubro	-0,059	0,766	Outubro	0,132	0,503	Outubro	-0,240	0,218
Novembro	-0,203	0,300	Novembro	0,142	0,471	Novembro	-0,162	0,411
Dezembro	-0,034	0,863	Dezembro	-0,033	0,868	Dezembro	-0,054	0,785

Fonte: elaborada pela própria autora, 2024.

7. DISCUSSÃO

Nossos dados mostraram inicialmente que a TSM do Pacífico apresenta efeito negativo na precipitação total, pois, se nota uma redução das chuvas fortes e muito fortes. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Assis *et al.* (2018), que observaram que o

aumento da TSM do pacífico, principalmente na região Nino 1+2, causaram diminuição nas chuvas na bacia do Submédio do São Francisco.

Em uma pesquisa similar, realizada no estado do Ceará, Ferreira *et al.* (2018) observaram que os valores das correlações de precipitação total, eram menores para tendências negativas, mostrando menor tendência de incremento da precipitação naquela região. No que tange a TSM do Atlântico Sul se observou um efeito contrário ao pacífico, sendo, portanto, favorável ao incremento pluviométrico e que a TSM do Atlântico Norte teve um efeito fraco na redução de chuvas intensas na estação seca. Para Castro *et al.* (2020), a variabilidade sobre as TSM do Atlântico foi considerada uma forçante dominante sobre a chuva em seu estudo e que quando submetidas a influência do pacífico pode ser enfraquecida ou reforçada.

Os valores de precipitação total na cidade de Santa Helena são muito influenciados pelo fenômeno ENSO. Os resultados apontam que quando ocorre *El nino* (ENSO quente) a temperatura do Pacífico aumenta, reduzindo a precipitação na cidade, em contrapartida, quando ocorre *La nina* (ENSO frio) os valores de precipitação aumentam. De acordo com Oliveira *et al.* (2023), os eventos de *El nino* e *La nina* afetam as precipitações sazonais, além de ocasionarem mudanças no período de ocorrência de regimes de tempo, gerando eventos extremos nas regiões. Segundo Nascimento, Braga e Araújo (2017), no estado do Maranhão por volta de 1987 a 2015, foram registradas as maiores frequências de eventos seco e na década de 1990, foram registradas maiores incidências de chuvas, onde principalmente na região norte, os eventos de *El nino/La nina* coincidiam com os eventos secos/chuvosos no estado.

Os resultados são promissores para o auxílio da construção de planos diretores da cidade de Santa Helena, podendo observar os meses nos quais as chuvas são muito intensas ou tem uma diminuição significativa. Tal observação pode auxiliar na melhor gestão de recursos hídricos, planejamento social e ambiental, além de subsidiar a gestão costeira do estado, pois, um melhor monitoramento das TSM do Pacífico influi diretamente na percepção das condições climáticas dessa região, possibilitando a previsão de eventos extremos de seca ou chuva, especialmente na cidade de Santa Helena que conta com ocorrências de inundações no período chuvoso. De acordo com Gomes *et al.* (2022), o monitoramento hidroclimático é imprescindível para o planejamento e prevenção de extremos, sendo ainda importante considerar pesquisas que contribuam para a caracterização espaço temporal da variabilidade pluviométrica.

Outra característica importante revelada pelos resultados é que TSM do Atlântico dos meses de junho a setembro afetam a precipitação total, bem como, os números de dias de chuvas fortes e muito fortes de julho a novembro. O mesmo resultado foi percebido por Castro *et al.* (2020), onde as anomalias de TSM do Atlântico Sul resultam em chuvas sobre a porção leste

do nordeste brasileiro. Nossos dados mostram que a variabilidade de precipitação da cidade de Santa Helena nesses meses, que englobam parte da estação seca nessa porção do estado do Maranhão, foi bastante influenciada por esse evento e apesar de também contar com as condicionantes de anomalias do Pacífico, como mostrado anteriormente, entender como os indicadores são modulados pelas temperaturas superficiais do Atlântico Sul é um passo crucial a prevenção de extremo climáticos na região.

Na região do Atlântico Tropical Norte a precipitação total tende a ser menor quando influenciada por altas temperaturas, o mesmo se aplica para a quantidade de dias chuvosos que diminuem na cidade de Santa Helena. Deste modo, percebemos que a TSM do Atlântico Norte influi negativamente sobre a precipitação total e chuvas intensas na cidade de Santa Helena. Em outras palavras, não é o sistema TSM do Atlântico Tropical Norte que determina esses extremos climáticos. Nossos resultados são congruentes com os resultados de Santos, Santos e Coutinho (2013), mas destacamos que o Atlântico tropical sul tem um efeito maior nos padrões de precipitação do que do Atlântico tropical norte.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa evidenciou a importância de estudos relativos às Mudanças Climáticas, a fim de compreender os impactos que podem ser gerados. Além disso, mostrou ser um importante mecanismo para a conquista dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável como o 6 “Água potável e saneamento”, ODS 11 “Cidades e comunidades sustentáveis”, ODS 14 “Vida na água”, ODS 15 “Vida terrestre” e principalmente o ODS 13, “Ação contra a mudança global do clima: Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos”.

Os objetivos propostos foram alcançados, em que os resultados mostram ser uma base inicial para entendimento das fontes que determinam a ocorrência de eventos extremos como seca ou alta incidência de precipitação na cidade de Santa Helena. Este estudo também ressalta a importância da ampliação das análises de dados climáticos na Baixada Maranhense, uma área ainda pouco explorada cientificamente. A diversidade ambiental e a presença de ecossistemas únicos como os campos alagáveis reforçam a necessidade de preservação e de estratégias sustentáveis para a utilização dos recursos naturais.

Assim, é necessário que outros trabalhos desse escopo sejam realizados, permitindo que todo o território seja analisado, pensando na elaboração de medidas para enfrentamento de catástrofes naturais, preservação do ambiente, da saúde pública e até mesmo elaboração de

políticas públicas no território para o assunto em questão, se iniciando com a educação ambiental para sensibilização da comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. **AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS**. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. (2023). Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 21 dez. 2023.
- ASSIS, J.M.O.; LACERDA, F.F.; SOBRAL, M.C.M. Análise de detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.] v.2, p.320-331, 2012.
- ASSIS, J. M. O; Souza, W. M. S.; Koch, H.; Sobral, M. C. M. Influência dos oceanos pacífico e atlântico tropicais sobre os índices climáticos da precipitação na bacia do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 23, jul-dez, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60005>. Acesso em: 02, jul. 2024.
- CASTRO, E. S. *et al.* Previsão de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical com uso de Redes Neurais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 35, n. 3, p. 505–515, jul. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/4qC9JZbGrC94Mrn3kHbxM7q/#>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- CARDOSO, C. O espaço educativo da estação meteorológica do IM/UFRRJ: o ensino de climatologia como uma ferramenta para o enfrentamento das mudanças climáticas. *In*: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 20., 2024, Rio Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHO_COMPLETO_EV206_M D4_ID758_TB84_15102024202401.pdf. Acesso: 11 nov. 2024.
- CAMPOS, T. L.O. B.; DOS SANTOS, AP. P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017. Disponível em: <http://www.ufpe.br/rbgfe>. Acesso em: 21 jan. 2025.
- ETCCDI. **A Climate Change Detection and Indices**. Climate Change Indices. (2020). Disponível em: <https://www.wcrp-climate.org/etccdi>. Acesso em: 21 dez. 2023.
- FERREIRA, P. S.; *et al.* Variabilidade Espaço-Temporal das Tendências de Precipitação na Mesorregião Sul Cearense e sua Relação com as Anomalias de TSM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.], v. 33, n. 1, p. 141–152, jan. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/66z9dCfqpNjpPy8d7VW9tnw/?lang=pt#>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- FREIRE, J. L. M.; LIMA, J. R. A.; CAVALCANTI, E. P. Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Geografia**

Física, v. 3, n. 1, p. 429-444, 2011. Disponível em:
http://150.165.83.109/enilson/artigos/Enil_2011_n03.pdf. Acesso em: 21 dez. 2023.

FREITAS, C. M. D.; *et al.*. Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 36, n. 7, p.e00133419, 2020. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/csp/a/H6jYR8CFdwjJktM9bvgr9wK/>. Acesso em: 23 jan. 2025.
G1 MA. Chuvas fortes deixam 64 cidades no Maranhão em situação de emergência. **G1**, 7 abr. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2023/04/07/chuvas-fortes-deixam-64-cidades-no-maranhao-em-situacao-de-emergencia.ghtml>. Acesso em: 25 nov. 2023.

GOMES, D. J. C.; BELTRÃO, N. E. S.; PEREIRA, F. M.; REIS, A. C. M.; PINHEIRO, A. M. P.; DA SILVA, D. F. Estimativa de precipitação dos dados CHIRPS e GPCC em anos de extremos climáticos, Bacia Hidrográfica do rio Guamá-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 1583–1598, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v15.3.p1583-1598. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/253017>. Acesso em: 2 jul. 2024.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R.G. 2004. Influência de eventos el niño e la niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. *In*: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.

IMESC. **Enciclopédia dos Municípios Maranhenses: microrregião geográfica da Baixada Maranhense / Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos**. São Luís: IMESC, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2024). **Santa Helena (MA)**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/santa-helena.html>. Acessado em: 12 out. 2024.

KNMI Climate Explorer. (© 2022). Disponível em: <https://climexp.knmi.nl/start.cgi>. Acesso em: 21 dez. 2023.

MARANHÃO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. Atlas do Maranhão. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico/ Laboratório de Geoprocessamento - UEMA. 2. ed. São Luís: GEPLAN, 2002. 44 p.

MOURA, G.B.A.; ARAGAO, J.O.R.; MELO, J.S.P.; SILVA, A.P.N.; GIONGO, P.R.; LACERDA, F.F. Relação entre a temperatura do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 462-469, 2009.

NASCIMENTO, F. DAS C. A. DO; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, F. R. DA C. D.. Análise Estatística dos Eventos Secos e Chuvosos de Precipitação do Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 375–386, jul. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/Jt4QgwVYxYzphGKVGYpvWwk/?lang=pt#>. Acesso em: 02 jul. 2024.

NÓBREGA, J.N.; SANTOS, C.A.C.; GOMES, O.M.; BEZERRA, B.G.; BRITO, J.I.B. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s.l.] v. 29, n. 2, p. 197-208, 2014.

OLIVEIRA, S. S.; *et al.* Análise da influência dos fenômenos El Niño e La Niña na oscilação da precipitação na bacia do rio Mearim, Maranhão. **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia**, [s.l.], v.14, p. 58. Disponível em: <https://www.poisson.com.br/livros/ambiente/mst/volume14/MST14.pdf#page=58>. Acesso em: 26 jun. 2024.

RITTER, M. N.; THEY, N. H.; KONZEN, E. R. **Introdução ao software estatístico R**. Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (Ceclimar), Imbé, RS, 2019.

SANTOS, P.V.; SANTOS, R.; COUTINHO, M.D. L. Detecção de Mudanças Climáticas Através de Índices Pluviométricos Diários no Estado de Pernambuco (Detection of Climate Change Through Daily rainfall in the State of Pernambuco). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 713–731, 2013. DOI: 10.26848/rbgf.v6i4.233064. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/233064>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, V.P.R.; CORREIA, A.A.; COELHO, M.S. 1998. Análise de tendência das séries de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.] v.2 n.1, p.111-114.

SILVEIRA, B. V.; MUSSATTO, D. H. F.; CASTRO NETO, J. R. de; OYA, J. M.; CARNEIRO, M. V.; PATRÍCIO, K. P. Associação entre conexão com a natureza e grau de conhecimento de profissionais de um hospital de grande porte sobre as mudanças climáticas. **REVISTA FOCO**, [s. l.], v. 17, n. 11, p. e6957, 2024. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n11-186. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/6957>. Acesso em: 17 dez. 2024.