

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de
26/05/2026

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until
May 26, 2026

JOSÉ RAFAEL FRANCO

DINÂMICA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM BOTUCATU-SP:

UMA ANÁLISE TEMPORAL DE 1971 A 2024

Botucatu

2025

JOSÉ RAFAEL FRANCO

**DINÂMICA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM BOTUCATU-SP:
UMA ANÁLISE TEMPORAL DE 1971 A 2024**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Enzo Dal Pai

Botucatu

2025

F825d

Franco, José Rafael

Dinâmica das mudanças climáticas em Botucatu-SP: Uma análise temporal de 1971 a 2024 / José Rafael Franco. -- , 2025
124 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu,
Orientador: Enzo Dal Pai

1. Mudanças climáticas. 2. Climatologia. 3. Temperatura. I. Título.

Impacto potencial desta pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de auxiliar estudantes e pesquisadores a compreenderem a importância das mudanças climáticas. Por meio do registro histórico, analisamos como o clima do município de Botucatu-SP se comportava no passado e como tem se transformado ao longo dos anos, fornecendo uma base sólida para estudos e reflexões sobre os impactos dessas mudanças.

Potential Impact of this research

This research was developed with the aim of assisting students and researchers in understanding the importance of climate change. Through historical records, we analyze how the climate of the municipality of Botucatu-SP behaved in the past and how it has been changing over the years, providing a solid foundation for studies and reflections on the impacts of these changes.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DINÂMICA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM BOTUCATU-SP: UMA ANÁLISE TEMPORAL

DE 1971 A 2024

AUTOR: JOSÉ RAFAEL FRANCO

ORIENTADOR: ENZO DAL PAI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola, pela
Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ENZO DAL PAI (Participação Presencial)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu


Pesquisador Dr. MARCUS VINÍCIUS CONTES CALÇA (Participação Presencial)
Tecnologia da Informação / Escola Senai Luiz Massa


Prof.ª Dr.ª VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN (Participação Presencial)
Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu - Unesp


Prof. Dr. GERALDO DE NARDI JUNIOR (Participação Presencial)
Agronegócios / Faculdade de Tecnologia de Botucatu - FATEC


Prof. Dr. LEONARDO FRANCA DA SILVA (Participação Virtual)
Engenharia Agrícola / Universidade Federal da Grande Dourados

Botucatu, 26 de maio de 2025

*Dedico este estudo aos meus pais Osmar e Jurema por todo carinho e apoio
e a todos os meus amigos e colegas que estiveram presentes nesta longa
jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades em minha vida.

Aos meus queridos pais, Osmar Franco e Jurema J. E. Franco, pelo apoio incondicional durante toda esta jornada.

Ao Prof. Dr. Enzo Dal Pai, pela orientação, ensinamentos e paciência ao longo dos anos.

Aos professores: Alexandre Dal Pai, Sérgio Augusto Rodrigues e Valéria Cristina Rodrigues Sarnighausen, pela ajuda e apoio ao longo do caminho.

À Nathalia Ap. Lossolli, por estar ao meu lado nos momentos difíceis.

A todos os demais professores envolvidos neste projeto, deixo meu sincero agradecimento pelos valiosos ensinamentos.

A todos os meus grandes amigos Marcus, Matheus, Victor e Takeshi, que estiveram sempre ao meu lado, oferecendo apoio e motivação nos momentos mais desafiadores, expressei minha profunda gratidão pela amizade e companheirismo.

A todos os funcionários que contribuíram com esta pesquisa, meu muito obrigado.

Saliento minha gratidão a todo o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Engenharia Agrícola, bem como aos(as) funcionários(as) da Seção Técnica de Pós-Graduação, da Biblioteca e da equipe de limpeza.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento EAG210251.

A todos os meus colegas de pesquisa, deixo meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O estudo das mudanças climáticas tornou-se fundamental para compreender as transformações ambientais em escala global e regional, especialmente em áreas com forte dependência de recursos naturais, como o município de Botucatu, São Paulo, Brasil. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a variabilidade e as tendências climáticas locais ao longo de 54 anos (1971-2024), com base em dados diários de temperatura (mínima, média e máxima) e precipitação, registrados por estações meteorológicas convencional e automática da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP de Botucatu. As análises foram realizadas em escalas diárias, mensais e anuais, com o uso de ferramentas computacionais (Excel, R e Python) para a geração de estatísticas, gráficos de tendência e mapas de calor. O método da média móvel foi aplicado em intervalos de 30 anos, a fim de identificar mudanças e quando ocorreram. A classificação climática de Köppen foi utilizada para avaliar alterações no regime climático da região. Os resultados indicam que, apesar das mudanças climáticas, a frequência de dias frios permanece estável. Contudo, entre 2021 e 2024, observou-se um aumento expressivo nos dias com temperaturas extremas, com 2024 sendo o ano mais quente da série. A tendência de aquecimento é confirmada por uma linha de tendência linear ($R^2 = 0,9498$), que aponta um aumento médio anual de $0,017\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quanto à precipitação, quatro das cinco maiores chuvas ocorreram após 2010, com volumes recordes em 2011 e 2020, indicando um aumento na frequência e intensidade desses eventos. Após 2000, observa-se também maior ocorrência de anos com chuvas abaixo da média. Além disso, entre 1980 e 2009, houve uma transição no regime climático da região para o tipo AW (tropical com estação seca), reforçando o processo de tropicalização do clima no Sudeste brasileiro.

Palavras-chave: classificação de Köppen; temperatura; precipitação; eventos climáticos extremos.

ABSTRACT

The study of climate change has become essential for understanding environmental transformations on both global and regional scales, especially in areas with a strong dependence on natural resources, such as the municipality of Botucatu, São Paulo, Brazil. This research aimed to analyze local climate variability and trends over a 54-year period (1971–2024), based on daily temperature data (minimum, mean, and maximum) and precipitation, recorded by the conventional and automatic weather stations of the Faculty of Agronomic Sciences at UNESP in Botucatu. Analyses were conducted on daily, monthly, and annual scales using computational tools (Excel, R, and Python) to generate statistics, trend graphs, and heat maps. The moving average method was applied in 30-year intervals to identify changes and determine when they occurred. The Köppen climate classification was used to assess changes in the region's climate regime. The results indicate that despite climate change, the frequency of cold days remains stable. However, between 2021 and 2024, a significant increase in days with extreme temperatures was observed, with 2024 being the hottest year in the series. The warming trend is confirmed by a linear trend line ($R^2 = 0.9498$), which indicates an average annual increase of 0.017°C . Regarding precipitation, four of the five heaviest rainfall events occurred after 2010, with record volumes in 2011 and 2020, indicating an increase in the frequency and intensity of these events. After 2000, there was also a greater occurrence of years with below-average rainfall. Moreover, between 1980 and 2009, there was a transition in the region's climate regime to the AW type (tropical with a dry season), reinforcing the process of climate tropicalization in southeastern Brazil.

Keywords: Köppen classification; temperature; precipitation; extreme weather events.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variação diária de temperatura do ar e radiação solar ao longo de um dia típico.....	35
Figura 2 - Instrumentos convencionais e automáticos para aferição da temperatura do ar	36
Figura 3 - Instrumentos convencional e automático para aferição da precipitação da estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	39
Figura 4 - Município de Botucatu, São Paulo, Brasil	46
Figura 5 - Normal climatológica do município de Botucatu, São Paulo, Brasil entre o período de 1991 a 2020	49
Figura 6 - Estação meteorológica automática e convencional da fazenda Lageado - UNESP de Botucatu – SP	50
Figura 7 - Medidas diárias de temperatura mínima, média e máxima do ar registradas no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	62
Figura 8 - Análise de eventos extremos de temperatura do ar de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil: a) contagem do número de dias com temperatura inferior a 8°C e temperatura mínima absoluta; b) contagem do número de dias com temperatura superior a 34°C e temperatura máxima absoluta	66
Figura 9 - Variabilidade mensal da temperatura média do ar entre 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil.....	68
Figura 10 - Temperatura média mensal no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	70
Figura 11 - Variação da temperatura média anual (1971-2024) registrados pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	72
Figura 12 - Análise da temperatura média anual de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil: a) Valor da temperatura média do ar anual e desvio padrão; b) Valor da temperatura média anual menos o valor médio da série	74
Figura 13 - Análise da temperatura máxima do mês mais quente entre 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil: (a)	

Temperatura máxima do mês mais quente e seu desvio padrão; (b) Diferença entre a temperatura máxima do mês mais quente e a média da série histórica.....	76
Figura 14 - Análise da temperatura mínima do mês mais frio entre 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil: (a) Temperatura mínima do mês mais frio e seu desvio padrão; (b) Diferença entre a temperatura mínima do mês mais frio e a média da série histórica	77
Figura 15 - Aplicação da média móvel (30 anos) na temperatura média no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil.....	78
Figura 16 - Evolução da temperatura média do ar considerando a média móvel de 30 anos no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil.....	80
Figura 17 - Precipitação diária medida de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	81
Figura 18 - Número de dias com precipitação maior que 25, 50, 75 e 100 mm entre os anos de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	86
Figura 19 - Número de dias sem precipitação e precipitação máxima diária entre 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	87
Figura 20 - Variação da precipitação mensal 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	88
Figura 21 - Precipitação acumulada mensal no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil.....	90
Figura 22 - Precipitação acumulada anual de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	92
Figura 23 - Precipitação acumulada anual menos o valor médio da série de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil.....	94
Figura 24 - Aplicação da média móvel (30 anos) na precipitação acumulada anual no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	96

Figura 25 - Aplicação da média móvel (30 anos) menos a média da série nos dados de precipitação no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	97
Figura 26 - Análise da precipitação do mês de janeiro no período de 1971 a 2024, registrada pela estação meteorológica da FCA/UNESP (São Paulo, Brasil), com aplicação da média móvel de 30 anos: (a) precipitação acumulada com média móvel; (b) comparação da média móvel em relação à média histórica da série.....	99
Figura 27 - Análise da precipitação do mês de agosto no período de 1971 a 2024, registrada pela estação meteorológica da FCA/UNESP (São Paulo, Brasil), com aplicação da média móvel de 30 anos: (a) precipitação acumulada com média móvel; (b) comparação da média móvel em relação à média histórica da série.....	101
Figura 28 – Análise de Tendências Climáticas com Média Móvel de 30 Anos: Temperatura, Precipitação e Classificação Climática (1971–2024) com Base em Dados da Estação Meteorológica FCA/UNESP – São Paulo, Brasil	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de medidas válidas após filtragem	53
Tabela 2 - Chaves da classificação climática Köppen (1918)	59
Tabela 3 - Grupos da classificação climática de Köppen	60
Tabela 4 - Contagem do número de dias de ocorrência de eventos extremos e valor absoluto da temperatura máxima e mínima do ar anual no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	64
Tabela 5 - Contagem de dias sem precipitação, número de dias com precipitação acima de 25, 50, 70 e 100 mm, e valor máximo de precipitação de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	83
Tabela 6 - Contagem do número de dias de ocorrência de eventos extremos e valor absoluto da temperatura máxima e mínima do ar anual no período de 1971 a 2024 registrada pela estação meteorológica FCA UNESP - São Paulo, Brasil	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CETESB	Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
EMA	Estação Meteorológica Automática
EMAs	Estações Meteorológicas Automáticas
EMC	Estação Meteorológica Convencional
EMCs	Estações Meteorológicas Convencionais
GHCN	<i>Global Historical Climatology Network–Daily</i>
IBGE	Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística
INMET	Instituto Nacional De Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
NCDC	<i>National Climatic Data Center</i>
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UCAR	<i>University Corporation For Atmospheric Research</i>
UNFCCC	United Nations Framework Convention On Climate Change
WWF	<i>World Wildlife Fund</i>
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Celsius
mm	Milímetro
°F	Fahrenheit

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	REVISÃO DE LITERATURA	30
2.1	Elementos do clima.....	30
2.2	Estação meteorológica	32
2.3	Instrumentos e medidas	34
2.3.1	Temperatura do ar	34
2.3.2	Precipitação	37
2.4	Comparação entre séries climatológicas.....	41
2.5	Mudanças climáticas	42
2.5.1	IPCC.....	43
2.5.2	Mudanças climáticas regionais e locais	43
3	MATERIAL E MÉTODOS	46
3.1	Localização e clima.....	46
3.2	Instrumentos e medidas	49
3.3	Concomitância entre as séries convencional e automática	51
3.4	Controle de qualidade dos dados.....	52
3.5	Técnicas para análise de mudanças climáticas	54
3.5.1	Dados analisado e escala temporal	55
3.5.2	Ferramenta para elaboração dos gráficos.....	55
3.5.3	Análise da série histórica utilizando média móvel	57
3.5.4	Classificação Climática de Köppen	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
4.2	Série histórica de temperatura.....	62
4.2.1	Série histórica de temperatura diária	62
4.2.2	Série histórica de temperatura média mensal	68
4.2.3	Série histórica de temperatura média anual.....	72
4.2.4	Série histórica de temperatura média aplicando a média móvel	78
4.3	Série histórica de precipitação	81
4.3.1	Série histórica de precipitação diária	81
4.3.2	Série histórica de precipitação média mensal	88
4.3.3	Série histórica de precipitação anual	91

4.3.4	Série histórica de precipitação aplicando a média móvel	95
4.4	Comparação das séries históricas.....	103
5	CONCLUSÕES	107
	REFERÊNCIAS.....	109

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros registros sobre o clima remontam a cerca de 350 a.C., com os estudos do filósofo grego Aristóteles em sua obra *Meteorologica*. Já a partir do século XV, com o surgimento dos primeiros instrumentos de medição, os chamados instrumentos meteorológicos, tornou-se possível aferir e registrar elementos do clima, como temperatura, umidade e precipitação. Esse avanço marcou o início do desenvolvimento da meteorologia como uma ciência natural (Marengo, 2007; Oliveira, 2014; Gandolfi, 2020). A partir dessas inovações, as observações até então filosóficas passaram a ser quantificadas, o que contribuiu para a consolidação da meteorologia como ciência aplicada. Com isso, os dados meteorológicos passaram a ser utilizados no planejamento de atividades humanas, especialmente nas áreas da agricultura, gestão de recursos hídricos e prevenção de desastres naturais (Ynoue *et al.*, 2017).

No desenvolvimento das civilizações, o conhecimento sobre o clima tornou-se fundamental. Ao longo do tempo, os métodos utilizados para observar o clima evoluíram, acompanhando os avanços tecnológicos. Essas inovações permitiram identificar com maior precisão os fatores que influenciam o clima, além de possibilitar o registro dos elementos climáticos em intervalos de tempo menores. Registros que antes eram realizados uma única vez ao dia passaram a ser feitos a cada hora ou até mesmo a cada minuto (Costa; Wollmann, 2017; Alvares; Sentelhas; Dias, 2022).

Com o avanço da tecnologia e a introdução dos computadores, as medições meteorológicas deixaram de ser exclusivamente manuais e passaram a ser registradas e processadas digitalmente, o que possibilitou a coleta sistemática de dados, análises mais detalhadas e previsões mais precisas. Esses avanços impulsionaram o desenvolvimento dos instrumentos meteorológicos e tornaram a compreensão dos elementos climáticos ainda mais essencial, dada a influência direta das condições atmosféricas sobre diversas atividades humanas (Marengo, 2014; Rizek Junior, 2014; Ynoue *et al.*, 2017; Tundisi, 2014; Gandolfi, 2020; Matos, 2023).

O uso de dados climáticos no planejamento é essencial para a sociedade, mas requer informações confiáveis obtidas por estações meteorológicas preservadas. Para garantir a comparabilidade entre diferentes regiões e períodos, é necessário seguir normas de instalação e operação definidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que padronizam critérios como localização das estações, calibração dos instrumentos e métodos de coleta de dados. Este procedimento permite a

comparação de dados registrados em diferentes localidades (Vianna et al., 2017; Góes et al., 2023; Ioannou, 2022; WMO, 2024).

O clima de um determinado local pode ser influenciado por diversos fatores, como latitude, altitude, continentalidade e vegetação. A interação entre esses fatores resulta em uma grande diversidade de climas ao redor do mundo. (Ynoue *et al.*, 2017; Alvares; Sentelhas; Dias, 2022). Embora cada localidade apresente características climáticas únicas, é possível agrupar áreas que compartilham condições climáticas semelhantes. Esse processo de identificação e categorização de regiões com climas similares é conhecido como modelo de classificação climática. A aplicação desses modelos exige uma base sólida de medições meteorológicas, que fornecem os elementos necessários para distinguir características climáticas regionais (Alvares; Sentelhas; Dias, 2022; Aparecido *et al.*, 2023; Wu *et al.*, 2023)

Assim, as pesquisas sobre o clima dependem de observações e medições meteorológicas específicas de cada região. Esses dados permitem caracterizar o regime de chuvas, a temperatura do ar, a umidade relativa, a pressão atmosférica, os padrões de vento e a radiação solar, elementos fundamentais para a classificação climática (INMET, 2022; Alvares; Sentelhas; Dias, 2022; Aparecido *et al.*, 2023; Wu *et al.*, 2023).

Um dos modelos clássicos foi desenvolvido por Köppen em 1918, visando simplificar a identificação dos climas (Alvares; Sentelhas; Dias, 2022). Köppen (1918) destacou a vegetação natural como um indicador crucial para expressar as características climáticas locais (Rolim *et al.*, 2007). A classificação climática de Köppen tem como objetivo delimitar áreas ou regiões com características biogeográficas semelhantes (Almeida, 2016; Rohli; Vega; Henderson, 2024).

O modelo de Köppen avançou significativamente ao mapear regiões globais com base no estudo da vegetação, aliado a medições de temperatura e precipitação (De Sá Júnior *et al.*, 2012; Almeida, 2016; Ynoue *et al.*, 2017). Utilizado como referência há mais de um século. No decorrer dos anos o modelo de Köppen passou por adaptações realizadas por diversos autores, para atender às especificidades de diferentes localidades (Cardoso; Marcuzzo; Barros, 2014). Assim, os avanços na classificação climática continuam sendo cruciais para a adaptação às mudanças climáticas, contribuindo para o planejamento sustentável de regiões vulneráveis (Alvares; Sentelhas; Dias, 2022).

Diante do cenário atual de mudanças climáticas globais, é essencial compreender como os padrões climáticos têm evoluído ao longo do tempo. Análises históricas e contemporâneas de dados meteorológicos, como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, fornecem informações cruciais para identificar tendências, comparar períodos e ajustar classificações climáticas (Marengo *et al.*, 2009). Essas informações não apenas contribuem para compreender os impactos das mudanças climáticas, mas também orientam estratégias de mitigação e adaptação, fundamentais para o planejamento sustentável (Fawzy *et al.*, 2020).

Botucatu, localizada no interior do Estado de São Paulo, apresenta características geográficas e climáticas únicas que a tornam uma região estratégica para o estudo das mudanças climáticas (São Paulo, 2023). Sua posição entre as bacias hidrográficas do Tietê e Paranapanema, associada à formação geológica da Cuesta, influencia significativamente os padrões de precipitação, temperatura e umidade na região (Fundação Floresta, 2016; Rossi *et al.*, 2018; São Paulo, 2023). Além disso, a presença de atividades agropecuárias de grande escala, como o cultivo de cana-de-açúcar e eucalipto, torna o município particularmente vulnerável às variações climáticas, impactando diretamente a economia local e a gestão de recursos hídricos (Dal Pai *et al.*, 2016; Rossi *et al.*, 2018).

Estudos climáticos em Botucatu também oferecem a oportunidade de identificar mudanças climáticas regionais que podem ser representativas de tendências mais amplas no sudeste brasileiro. Essa região, caracterizada por períodos de inverno seco e verão chuvoso, é altamente dependente de regimes de chuva regulares para sustentar suas atividades agrícolas e ecológicas (Rossi *et al.*, 2018). Assim, compreender como o clima tem mudado ao longo das décadas permite não apenas projetar cenários futuros, mas também orientar políticas de mitigação e adaptação que atendam às demandas locais e regionais (IPCC, 2021a).

Neste contexto, esta tese tem como objetivo analisar se ocorreram mudanças no clima do município de Botucatu (SP) no período de 1971 a 2024, por meio da avaliação de séries históricas de temperatura do ar e precipitação. Busca-se, também, identificar os períodos em que se iniciaram alterações significativas nessas variáveis climáticas e quantificar as mudanças observadas, comparando a classificação climática do passado com a da atualidade.

5 CONCLUSÕES

A análise dos dados climáticos do município de Botucatu ao longo das últimas décadas evidencia mudanças significativas no regime climático local, em consonância com os padrões globais de alterações climáticas. Embora a presença de dias de baixa temperatura ainda se mantenha em quantidade semelhante ao observado no passado, o número de dias com temperaturas máximas extremas tem apresentado um crescimento notável nos últimos anos. Entre 2021 e 2024, observou-se uma sequência de recordes, com aumento sucessivo desses eventos: 18 dias em 2022, 22 em 2023 e 36 em 2024, este último também sendo o ano mais quente de toda a série histórica analisada. Essa elevação na frequência de extremos térmicos reforça a hipótese de que as mudanças climáticas estão desempenhando um papel determinante no aumento das temperaturas e na intensificação da variabilidade climática.

No que se refere à precipitação, nota-se uma mudança relevante no padrão histórico. Das cinco maiores chuvas registradas em Botucatu, quatro ocorreram após 2010, com destaque para eventos acima de 200 mm nos anos de 2011 e 2020, volumes nunca registrados nos primeiros 40 anos da série. Essa mudança evidencia uma tendência de aumento tanto na frequência quanto na intensidade das chuvas extremas, configurando um novo padrão climático para a região. Em contraste, observa-se também uma maior frequência de anos com precipitação anual abaixo da média histórica após 2000, sugerindo um padrão de redução no volume acumulado de chuvas, o que levanta preocupações quanto aos impactos em recursos hídricos, agricultura e gestão ambiental.

Complementando esse panorama, a mudança na classificação climática da região, que a partir do período 1980-2009 passou a ser enquadrada como Aw (clima tropical com estação seca), indica uma transição relevante no regime climático local. Esse processo de tropicalização do clima, já observado em outras áreas de transição climática no Sudeste brasileiro, reforça a percepção de que o município está vivenciando um reposicionamento climático importante, com implicações diretas sobre seus sistemas naturais e socioeconômicos.

Portanto, os dados analisados apontam para uma clara intensificação das mudanças climáticas em Botucatu nas últimas décadas, com aumento de extremos térmicos, maior variabilidade na precipitação e uma transição no padrão climático

regional. Esses elementos devem ser considerados de forma estratégica em políticas públicas, planejamento urbano, práticas agrícolas e gestão de recursos naturais, educação ambiental e conscientização da população a fim de mitigar riscos e promover a adaptação às novas condições climáticas.

REFERÊNCIAS

ABREU, S. F.; BECKER, A. C. A. F. Análise comparativa dos dados meteorológicos nas estações automáticas e convencionais do INMET em Brasília – DF. *In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 2011.

ABREU, N. L.; RIBEIRO, E. S. C.; SOUSA, C. E. S.; MORAES, L. M.; OLIVEIRA, J. V. C.; FARIA, L. A.; RUGGIERI, A. C.; CARDOSO, A. S.; FATURI, C.; RÊGO, A. C.; SILVA, T. C. Mudanças de uso da terra e emissão de gases de efeito estufa: uma explanação sobre os principais drivers de emissão. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-77646P>

ADELIYI, T. R.; AKINSANOLA, A. A. Recent trends and variability of temperature and atmospheric water vapor over South Asia. **Atmospheric Research**. v. 309, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2024.107556>

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Manual de procedimentos para a instalação, operação e manutenção de estações fluviométricas**. 2016. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/monitoramento-hidrologico/monitoramento-hidrologico-do-setor-eletrico/resolucao-conjunta-ana-aneel-127-2022/ManualInstalaoEstaesFluviomtricas.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 de mar. 2025.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Mudanças climáticas e recursos hídricos**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>. Acesso em 23 de mai. 2024.

AHMED, I.; RAIHAN, A. S. Spatiotemporal data analysis: a review of techniques, applications, and emerging challenges. **Multimodal and tensor data analytics for industrial systems improvement**. 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-53092-0_7.

ALI, M. M.; YOUSEF, A. F.; LI, B.; CHEN, F. Effect of Environmental Factors on Growth and Development of Fruits. **Tropical Plant Biology**. v.14, p. 226-238, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12042-021-09291-6>.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Rome: FAO, 1998. Disponível em: <https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>. Acesso em: 12 jan. 2025.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia Aplicada a Geografia**. Campina Grande: EDUEPD, 2016.

ALMEIDA, H. A.; HERMENEGIDIO, G. M. S. Comparação de dados meteorológicos obtidos por estações meteorológicas convencional e automática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, 2013.

ALMEIDA, H. A.; SOUZA, J. A.; ALCÂNTARA, H. M. Análise comparativa de dados de temperatura do ar obtidos por estações meteorológicas convencional e automática. *In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Aracaju. 2007.

ALVARES, C. A.; SENTELHAS, P. C.; DIAS, H. B. Southeastern Brazil inland tropicalization: Köppen system Applied for detecting climate change throughout 100 years of meteorological observed data. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 149, p. 1431-1450, 2022.

ALVES, M. E. B.; TONIETTO, J.; SANTOS, H. P. Evidências de invernos mais curtos em regiões vitivinícolas do Rio Grande do Sul com base na temperatura mínima, **Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, v. 27, n. 1, p. 43-52, 2019.

ANDRADE, J. V.; GOLOMBIÉKI, E. E.; VAZ, M. S. M. G. Integração de dados climáticos e inteligência artificial na previsão de riscos agrícolas. *In: CONAITEC 2024 - Congresso Agropecuário, Industrial e Tecnológico do Paraná*. 2024

APARECIDO, L. E. O.; MENESES, K. C.; LORENÇONE, J. A. L.; MORAES, J. R. S.; ROLIM, G. S. Climate classification by Thornthwaite (1948) humidity index in future scenarios for Maranhão State, Brazil. **Environ Dev Sustain** v. 25, p. 855–878, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02082-9>

BECK H.E.; ZIMMERMANN N. E.; MCVICAR T. R.; VERGOPOLAN N.; BERG A.; WOOD E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018.

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. Sinais de mudanças climáticas globais e regionais, projeções para o século XXI e as tendências observadas no Rio Grande do Sul: uma revisão. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, n. 2, p. 273-301, 2017.

BIER, A. A.; EROTILDEZ, S. E. T. Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas em Dados Meteorológicos para Estações no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, 215-226, 2017.

BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172, mai./ago. 2015.

BLAKELY, E.J. Urban Planning for Climate Change. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper, 2007. Disponível em: https://www.lincolninst.edu/app/uploads/2024/04/1310_blakely_final.pdf. Acesso em: 28 de mar. 2025.

BLOG DO AB ARAÚJO. **Agropecuária em Botucatu - SP**. Disponível em: <https://blog.abaraujo.com/glossario/agropecuaria-em-botucatu-sp/>. Acesso em 20 de jan. 2025.

BORK, C. K. **Projeções de temperatura e precipitação para detecção de mudanças climáticas na Bacia do Rio Taquari-Antas, RS**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de

Pelotas). Pelotas, 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC)**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/painel-intergovernamental-sobre-mudanca-do-clima-ipcc>. Acesso em: 17 jan. 2025.

BRUNINI, O.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T. da; FORTES, L. T. G.; ABRAMIDES, P. L.; BLAIN, G. C.; BRUNINI, A. P. C.; CARVALHO, J. P. de. Coping strategies with agrometeorological risks and uncertainties for drought examples in Brasil. In: **Managing Weather and Climate Risks in Agriculture**. Cham: Springer, 2007. p. 281–315. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72746-0_17. Acesso em: 30 de mar. 2025.

CAO, Q.; LIU, Y.; GEORGESCU, M.; WU J. Impacts of landscape changes on local and regional climate: a systematic review. **Landscape Ecol** n. 35, p. 1269-1290, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01015-7>
CAMPBELL SCIENTIFIC, **HC2S3-L, 2021**. Disponível em: <https://www.campbellsci.com.br/hc2s3>. Acesso em: 15 de mai. de 2024.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e do Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Boa vista, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014. DOI: 10.5654/actageo2014.0004.0016

CARDOZO, A. B.; REBOITA, M. S.; GARCIA, S. R. Climatologia de frentes frias na américa do sul e sua relação com o modo anular sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015.

CARVALHO, M. W. L.; BASTOS, A. ANDRADE JUNIOR, A. S.; SENTELHAS, P. C. Comparação de dados meteorológicos e estimativa da radiação líquida e evapotranspiração de referência utilizando estações convencional e automática. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, p. 285-292, 2019.

CALÇA, M. V. C.; RANIERO, M. R.; FERNANDO, D. M. Z.; RODRIGUES, S. A.; DAL PAI, A. Outliers Detection in a Quality Control Procedure for Measurements of Solar Radiation. **IEEE Latin America Transactions**, v. 17, n. 11, p. 1815-1822. 2019.

CEMTEC. **Nota técnica: rede de estações meteorológicas automáticas do INMET. Mato Grosso do Sul: CEMTEC**, 2019. Disponível em: https://www.cemtec.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf. Acesso em: 10 jan. 2025.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introdução a hidrologia**. IPH UFRGS. 2008. Acesso em: 19 de mai. de 2024. Disponível em: <https://docplayer.com.br/34594967-Introduzindo-hidrologia.html>.

COSTA, I. T.; WOLLMANN, C. A. A Construção de Instrumentos Meteorológicos e o Ensino dos Elementos do Clima em Escolas do Ensino Básico do Município de Itaara, RS. **Ciência E Natura**, n. 39, p. 188-205, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X29339>.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. São Paulo: CETESB/PROCLIMA, 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/mc_eventos_extremos_brasil.pdf. Acesso em: 28 mar. 2025.

CUI, D.; LIANG, S.; WANG, D.; LIU, Z.; A 1-km global dataset of historical (1979–2017) and future (2020–2100) Köppen-Geiger climate classification and bioclimatic variables. **Earth System Science Data Discussions**, p. 1-34, 2021.

CUNHA, A. R; MARTINS, D. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática em Botucatu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 103-111, 2004.

DA SILVA, F. P.; SILVA, A. S.; DA SILVA, M. G. A. J.; QUEIROZ, R. P.; CARVALHO, P. P. Avaliação da precipitação e parâmetros atmosféricos durante tempestades de verão à tarde sobre a cidade de Macaé (Brasil) usando o modelo numérico WRF. **Bulletin of Atmospheric Science and Technology**. n. 2, v. 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42865-021-00044-7>

DAL PAI, A.; ESCOBEDO, J. F.; DAL PAI, E.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J. R.; CODATO, G. MEO shadowring method for measuring diffuse solar irradiance: Corrections based on sky cover. **Renewable Energy**, v. 99, p. 754-763, 2016.

DIAS, R.; MATOS, F. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. **Revista sociedade científica**, v. 6, n. 1, p. 1571-1603. 2023. DOI: 10.61411/rsc100003.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **Int J Climatol**, n. 39, v.3, p. 1446-1456, 2019.

ESCOBAR, H. **Dados comprovam aumento de eventos climáticos extremos em São Paulo**. 2020. Disponível em: https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/dados-comprovam-aumento-de-eventos-climaticos-extremos-em-sao-paulo/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 de mar. 2025.

EVANGELISTA, B. A.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) da cultura da batata no Brasil. **Revista Batata Show**. n. 63, 2022.

FAWZY, S.; OSMAN, A. I.; DORAN, J.; ROONEY, D. W. Strategies for mitigation of climate change: a review. **Environ Chem Lett**, n. 18, p. 2069–2094, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01059-w>

FUNARI, F. L.; PEREIRA FILHO, A. J. Análise comparativa de medições de variáveis meteorológicas realizadas por estações meteorológicas convencional e

automática instaladas no parque estadual das fontes do Ipiranga - São Paulo – SP. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 7, 2009.

FRANCO, J. R.; RANIERO, M. R.; CALÇA, M. V. C.; RODRIGUES, S. A.; DAL PAI, A.; DAL PAI, E. Análise Comparativa Entre Medidas Meteorológicas da Estação Convencional e Automática da Fazenda Lageado no Município de Botucatu, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 2, p. 223-232, 2022.

FRANCO, J. R.; DAL PAI, E.; CALÇA, M. V. C.; RANIERO, M. R.; DAL PAI, A.; SARNIGHAUSEN, V. C. R. SÁNCHEZ ROMÁN, R. M., Atualização da normal climatológica e classificação climática de Köppen para o município de Botucatu-SP, **Irriga**, v. 28, n. 1, 2023.

FUNK, C. C.; BROWN, M, E.; O declínio da produção agrícola per capita global e o aquecimento dos oceanos ameaçam a segurança alimentar. **Food Sec.** v. 1, p. 271-289, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-009-0026-y>

GALINA, M. H.; VERONA, J. A. Fontes de observações meteorológicas no estado de São Paulo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 107-118, jul. 2004.

GANDOLFI, **Guia Básico de Instrumentos Meteorológicos**. 2020. Acesso em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/7c2553e8-a31f-409d-9321-2b209d7c4fb3/2020.ViniciusTornichGandolfi.TGI.pdf>. Acesso em 17 de 2025.

GOES, V. C.; SANTOS FILHO, M. L.; ALTIERI, N. L. G. L.; ANDRADE, V. B.; MARCIO, R. A importância e aplicações de previsões meteorológicas precisas. **Revista Observatório Portuário**, v. 2, n. 1, 2023.

HEWAGE, P., BEHERA, A., TROVATI, M. PEREIRA, E.; GHAREMANI, M. PALMIERI, F. LIU, Y. Temporal convolutional neural (TCN) network for an effective weather forecasting using time-series data from the local weather station. **Soft Comput**, n. 24, p. 16453-16482, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-020-04954-0>

HELPER, F.; LEMCKERT, C.; ZHANG, H. Impacts of climate change on temperature and evaporation from a large reservoir in Australia. **Journal of Hydrology** v. 475, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.008>

Hermansen, EAT, Lahn, B., Sundqvist, G.; Øye, E. Post-Paris policy relevance: lessons from the IPCC SR15 process. **Climatic Change**, v.169, n. 7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03210-0>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Relatório Síntese do Sexto Relatório de Avaliação (AR6)**. Genebra, Suíça: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport_PO.pdf. Acesso em: 17 jan. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the

context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva: World Meteorological Organization, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 17 jan. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC AR6). Summary for Policymakers. In: 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). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021a. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Global Warming of 1.5 °C**. 2021 b. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em 28 de mar. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Resumo para Formuladores de Políticas**. Genebra, Suíça: IPCC, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 23 de mai. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Brasil / São Paulo / Botucatu. **Cidades: IBGE**, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/botucatu/panorama>. Acesso em: 17 mai. 2024.

INFORCNA. **Relatório técnico: balanço climático e produção agropecuária de 2019**. Disponível em: https://inforcna.pt/Media/Files/2021219_ArtigoTecnico99.pdf. Acesso em: 12 jan. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE Queimadas). **Monitoramento dos Focos Ativos por Estado**. 2025. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/estatisticas/estatisticas_estados/. Acesso em 27 de fev. de 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília: Edição Digital, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Sobre Meteorologia**, Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/sobre-meteorologia#:~:text=Portanto%2C%20os%20instrumentos%20meteorol%C3%B3gicos%20s%C3%A3o,local%2C%20%C3%A9%20denominada%20esta%C3%A7%C3%A3o%20meteorol%C3%B3gica>. Acesso em: 15 de mai. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Ano de 2023 é o mais quente da série histórica no Brasil**. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-do-brasil?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 25 de mar. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Eventos extremos: Seca e calor intenso marcam setembro de 2024**. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/seca-e-calor-intenso-marcam-setembro-de-2024?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 de fev. 2025.

IOANNOU, K.; KARAMPATZAKIS, D.; AMANATIDIS, P. AGGELOPOULOS, V. KARMARIS, L. Low-Cost Automatic Weather Stations in the Internet of Things. **Information**, v.12, n.146, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/info12040146>.

JAIN, H.; DHUPPER, R.; SHRIVASTAVA, A.; KUMAR, D.; KUMARI, M. AI-enabled strategies for climate change adaptation: protecting communities, infrastructure, and businesses from the impacts of climate change. **Computational Urban Science**. v. 3, 25, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43762-023-00100-2>

JUNGES, A. H. Caracterização climática da temperatura do ar em Veranópolis, Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n. 2, p.299-306, dez 2018.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, v. 64, p. 193-203, 1918.

KONG, X.; WANG, A.; BI, X.; WEI, J.; LI, X.; The influence of different parameterizations on diurnal cycle of land precipitation in CAS-ESM. **Atmospheric Research**, v. 282. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106511>

LI, Y.; GOU, J. Dynamics of atmospheric water resources over the Yangtze River Basin: Historical patterns and future projections. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 52, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101745>

LIU, X.; HUANG, Y.; XU, X.; LI, X.; LI, X.; CIAIS, P.; LIN, P.; GONG, K.; ZIEGLER, A. D.; CHEN, A.; GO NG, P.; CHEN, J.; HU, G.; CHEN, Y.; WANG, S.; WU, Q.; HUANG, K.; ESTES, L.; ZENG, Z. High-spatiotemporal-resolution mapping of global urban change from 1985 to 2015. **Nature Sustainability**, v. 3, p.564-570, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0521-x>

LIMA, E. F.; MORAES, R. G. S.; FONSECA, B. L. A. S.; SILVA, C. M. Comparação de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática e estimativa da evapotranspiração de referência em Imperatriz/MA. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 05, n. 02, p. 214-220, 2020.

MARCOS JUNIOR, A.; SILVEIRA, C. S.; VASCONCELOS JUNIOR, F. C.; GUIMARÃES, S. O.; COSTA, J. M. F. Classificação Climática de Thornthwaite para o Brasil com Base em Cenários de Mudanças Climáticas do IPCC-AR5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 647-664, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778633400>

MANKE, E. B.; PRIEBE, P. S.; GUEDES, H. A. S.; CHAGAS NETA, M. C. C.; SILVEIRA, J. P. M. Análise de tendências climáticas na região norte do estado do rio grande do sul. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Brasília DF, 2015.

MANZIONE, R. L.; WENDLAND, E.; TANIKAWA, D. H. Simulação estocástica de modelos de séries temporais combinados com geoestatística para prever cenários de nível freático em uma área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani, Brasil. **Hydrogeology Journal**, v. 20, p. 1239-1249, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-012-0885-8>

MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade**. 2. ed., Brasília - DF, 2007.

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; REMON, M. An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. **Climatic Change**, v. 98, p. 509-529, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9743-7>

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. **Sponsored by LLOYD'S**. 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/mc_eventos_extremos_brasil.pdf. Acesso em: 05 de janeiro de 2025.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. Muniz; MENDIONDO, E. M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, São Paulo, n. 106, p. 31-44, jul./set. 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/107749>. Acesso em: 30 mar. 2025.

MARENGO, J. A.; CAVALCANTI, I. F. A.; ALVES, L. M.; LACERDA, F. F. S.; SOARES, W. R.; LUZ, T. C.; VALVERDE, M. C.; ZAKI, R.; MACEDO, C. W.; SANTOS, D. F. B. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: A review. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1472, n. 1, p. 52-77, 2020. Disponível em: <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nyas.14236>. Acesso em: 28 mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.14236>

MATOS, R. D. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. **Revista sociedade científica**, v. 6, n.1, 2023. DOI: 10.61411/rsc100003

MARTINS, S. R.; MATSUNAGA, M. A. **Agrometeorologia: aplicação prática na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/896998/1/Agrometeorologia.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2025.

MEDEIROS, R. M.; FRANÇA, M. V.; SABOYA, L. M.; HOLANDA, R. M.; ARAÍJO, W. R.; BRAGA, S. E. Variações térmicas médias nas estações do ano em Bom Jesus do Piauí, Brasil. **e-Acadêmica**, v. 3, n. 2. 2022.

MELLO, G. S. L.; MENDES, A. C. R.; VALVERDE, M. C.; CARDOSO, A. O. Análise da tendência de aumento da temperatura Do ar nas cidades de Santa Isabel e São Paulo, estado de São Paulo, a partir de diferentes bases de dados, e levantamento de impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 32, 2023.

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climáticas do Brasil**. 1. ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Em 60 anos, temperaturas máximas aumentaram em até 3°C em algumas regiões do Brasil**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/08/em-60-anos-temperaturas-maximas-aumentaram-em-ate-3oc-graus-em-algumas-regioes-do-brasil?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 de mar. 2025.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Secas estão se tornando mais frequentes e intensas no Brasil, aponta Cemaden**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/09/secas-estao-se-tornando-mais-frequentes-e-intensas-no-brasil-aponta-cemaden#:~:text=An%C3%A1lise%20do%20Centro%20Nacional%20de,Brasil%20dos%20%C3%BAltimos%2070%20anos>. Acesso em: 16 de mar. de 2025.

MIKHAYLOV, A.; MOISEEV, N.; ALESHIN, K.; BURKHARDT, T. Global climate change and greenhouse effect. **Entrepreneurship and Sustainability Issues** v. 7, n. 4, p. 2897-2913. 2020. DOI: [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(21\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(21))

MOREIRA, S. F.; CONCEIÇÃO, C. S.; CRUZ, M. C. S.; PEREIRA JÚNIOR, A. A Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a dinâmica climática da região Amazônica. **Multidisciplinary Reviews**, v. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.29327/multi.2018014>

MONTEIRO, Ana Catarina Pinheiro. **Análise de Séries Temporais de Dados Meteorológicos da Cidade do Porto**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia de Redes e Sistemas Informáticos) — Departamento de Ciência de Computadores, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2021. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/140059/2/536055.pdf>. Acesso em: 27 de mar. 2025.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Cold & Warm Episodes by Season**. 2025. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 09 de mar. De 2025.

NASA. **Aumentan las temperaturas: La NASA confirma que el 2024 fue el año más cálido registrado**. 2025. Acesso em: https://www.nasa.gov/news-release/aumentan-las-temperaturas-la-nasa-confirma-que-el-2024-fue-el-ano-mas-calido-registrado/?utm_source=chatgpt.com. Disponível em: 27 de fev. 2025.

NASA's Global Climate Change. **A Degree of Concern: Why Global Temperatures Matter**. 2019. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter/>. Acesso em: 23 de maio. 2024.

NEWMAN, M.; ALEXANDRE, M. A.; AULT, T. R.; COBB, M. K.; DESER, C. D.; LORENZO, E. D.; MANTUA, N. J.; MILLER, A. J.; MINOBRE, S.; NAKAMURA, H.; SCHNEIDER, N.; VILMONT, D. J.; PHILLIOS, A.; SCOOTT, J. D.; SMITH, C. A. The Pacific Decadal Oscillation, Revisited. **Journal of Climate**, v.29 p.4399-4427. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0508.1>

Organização das Nações Unidas (ONU). **ONU confirma 2024 como o ano mais quente já registrado, com cerca de 1,55°C acima dos níveis pré-industriais**. 2025. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/287173-onu-confirma-2024-como-o-ano-mais-quente-j%C3%A1-registrado-com-cerca-de-155%C2%B0c-acima-dos-n%C3%ADveis?utm_source=chatgpt.com. Acesso em 27 de fev. 2025.

OLIVEIRA, E. V. **Meteorologia Aplicada**. Recife – PE. 2014. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/arte_meteorologia_aplicada.pdf. Acesso em 05 de janeiro de 2025.

OLIVEIRA, F. G. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos associados. **GeoPUC – Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio**, v. 12, n. 23, p. 74-99, 2019.

PASTÉN-ZAPATA, E.; EBERHART, T.; JENSEN, K.H.; REFSGAARD, J. C.; SONNENBORG, T. O. Towards a More Robust Evaluation of Climate Model and Hydrological Impact Uncertainties. **Water Resources Management**, v. 36, p.354-3560 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03212-2>

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, L. M. P.; CARAMORI, P.; RICCE, W. S.; CAVIGLIONE, J. H. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina – PR. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 29, n. 2, p. 299-306. 2008.

Pereira, A. R. B.; Costa, C. T. F.; Firmino, P. R. A.; Studart, T. M. de C.; Oliveira, C. W. Preenchimento de falhas em séries de dados meteorológicos de estações

automáticas. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 35, n. 20, p. 22-44, 2024 DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.17599>

PUGAS, A. F.; SILVA, A. P. B.; SILVA, E. B.; ROLDÃO, H. P.; QUADRO, M. F. L.; VITOR, A.; MUZA, M. N. Análise da variabilidade temporal de precipitação no Estado de Santa Catarina – Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 34, p. 51-74. 2024.

RAHMSTORF, S.; COUMOU, D. Increase of extreme events in a warming world. **PNAS Early Edition**, 2014.

REIS, M. M; LOPES, E. M, G; OLIVEIRA, F. G. Comparação de dados meteorológicos obtidos por estações meteorológicas convencional e automática. SE. In: **XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**. 2015.

RIBEIRO, A. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; SILVA, E. M.; SILMEÃO, M. BASTOS, E. Comparação entre dados meteorológicos obtidos por estações convencionais e automáticas no estado do Piauí, Brasil. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 220-235, 2017.

RIZEK JUNIOR, R. **Mudanças climáticas globais no estado de São Paulo**. 2 ed. 2014. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/cea/2014/11/15-mudancas-climaticas1.pdf>. Acesso em 05 de janeiro de 2025.

ROCKSTRÖM, J., FALKENMARK, M. Agriculture: Increase water harvesting in Africa. **Nature**, v. 519, p. 283-285, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/519283a>

ROHLI, R. V.; VEGA, A. J.; HENDERSON, K. G. Climate Classification. **Atmospheric and Oceanic Circulation**, p. 199-209, 2024 DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-66142-6_11

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de köppen e de thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo, **Bragantia**, v. 66 n. 4 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>

ROSSI, T. J.; ESCOBEDO, J. F.; SANTOS, C. M.; ROSSI, L. R.; SILVA, M. B. P.; DAL PAI, E. Global, diffuse and direct solar radiation of the infrared spectrum in Botucatu/SP/Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 448-459, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.030>

ROSTER, K.; CONNAUGHTON, C.; RODRIGUES, F. A. Machine-Learning–Based Forecasting of Dengue Fever in Brazilian Cities Using Epidemiologic and Meteorological Variables. **American Journal of Epidemiology**, v. 191, n. 10, 2022.

SAMSET, B. H.; ZHOU, C.; FUGLESTVEDT, J. S.; LUND, M.; MAROTZKE, J. ZILINKA, D. Steady global surface warming from 1973 to 2022 but increased warming rate after 1990. **COMMUNICATIONS EARTH & ENVIRONMENT**. n. 400, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01061-4>

SANTOS, H. F. L.; COSTA, P. V. M.; ARUJO, M. L. L.; PIRES, F. O. T. S. B.; REGNIER, L. O. Que fonte de dados meteorológicos utilizar no Brasil? Que incerteza esperar? Uma comparação entre Diferentes abordagens e variadas fontes de dados. *In: VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar*. 2020.

DE SÁ JÚNIOR, A.; DE CARVALHO, L.G.; DA SILVA, F.F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, p. 1-7, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0507-8>

SÃO PAULO (Estado). **Caracterização da Estação Ecológica de Ibicatu – Devolutivas. Secretaria do Meio Ambiente**. São Paulo: SMA, 2023. Disponível em: https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/511/Documentos/EE%20Ibicatu/Caracterizacao_EEI_Devolutivas.pdf. Acesso em: 15 jan. 2025.

SENTELHAS, P.C; CARAMORR, P. R. Inconsistências na medida da chuva com pluviômetros de báscula, utilizados em estações meteorológicas automáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 301-304, 2002.

SENTELHAS, P. C.; MORAES, S. O.; PIEDADE, S. M. S.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; MARIN, F. R. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por Estações convencional e automática. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 215-221, 1997.

SILVA JUNIOR, M. A. B.; FONSECA NETO, G. C.; CABRAL, J. S. P. Análise estatística para detecção de tendências em séries temporais de temperatura e precipitação no recife-pe. **Revista de Geografia (Recife)** V. 37, No. 1, 2020.

SILVA, R. B.; LEAL, L. S.; ALVES, L. S.; BRANDÃO, R. V.; ALVES, R. C. M.; KLERING, E. V.; PEZZI, R. P. Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, 2015.

SILVA DIAS, M. A. F.; DIAS, J.; CARVALHO, L. M. V.; FREITAS, E. D.; SILVA DIAS, P. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. **Climatic Change**, v.116, p. 705-722, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0504-7>

SOUZA, I. A; GALVANI, E; ASSUNÇÃO, H. F. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 203-207, 2003.

SCHOOF, J. T.; SCOTT, M. R. Projeção de mudanças em temperaturas regionais e extremos de precipitação nos Estados Unidos. **Weather and Climate Extremes**. v. 11, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.09.004>

STRASSBURGER, A. S.; MENEZES, A. J. E. A.; PERLEBERG, T. D.; EICHOLS, E. D.; MENDEZ, M. E. G.; SCHÖFFEL, E. R. Comparação da temperatura do ar obtida

por estação meteorológica convencional e automática. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 273-278, 2011.

SWINGEDOUW, D.; MIGNOT, J.; ORTEGA, P.; KHODRI, M.; MENEGOS, M. CASSOU, C. HANQUIEZ, V. Impact of explosive volcanic eruptions on the main climate variability modes. **Global and Planetary Change**. v.150, p. 24-45. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.01.006>

TAMAYO-RUIZ, L. E.; GARCÍA-RAMÍREZ, A.; LUCIO-RUIZ, F.; MARTINS DO BONFIM, R. M.; GARCIA, M. L.; SCHWERTNER CHARAO, L. Desvendando a Classificação Climática de Köppen: um guia prático e didático com exemplos. **Scientific Electronic Archives**, v. 18, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36560/18120252028>

TIBULO, C. **Modelos de séries temporais aplicados a dados de umidade relativa do ar**. Dissertação de mestrado do programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria RS, 2014.

TRENBERTH, K. E. Changes in precipitation with climate change. **Climate research**. v. 47, p.123–138, 2011. DOI: 10.3354/cr00953.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro. **Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf>. Acesso em: 05 de janeiro de 2025.

UNIVERSITY CORPORATION FOR ATMOSPHERIC RESEARCH (UCAR). **Predictions of Future Global Climate**, 2024. Disponível em: <https://scied.ucar.edu/learning-zone/climate-change-impacts/predictions-future-global-climate>. Acesso em: 30 mai. 2022.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **The Paris Agreement**. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. Acesso em: 17 jan. 2025.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2. ed., Recife: 2006. Disponível em: http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em: 30 jan. 2022.

VÁSQUEZ, M.; NIETO, R.; LIBERATO, M. L.; GIMENO, L. Atmospheric moisture sources associated with extreme precipitation during the peak precipitation month. **Weather and Climate Extremes**, v. 30, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100289>.

VECCHIA, F. A. D.; TECH, A. R. B.; NEVES, G. Z. F. **Climatologia Dinâmica: Conceitos, técnicas e aplicações**, Rima, 2020. Disponível em: https://sites.usp.br/climatologia/wp-content/uploads/sites/267/2020/07/CLIMATOLOGIA-DIN%C3%82MICA_Conceitos-T%C3%A9cnicas-e-Aplica%C3%A7%C3%B5es.pdf. Acesso em 12 de jan. 2025.

VERDAN, I. Zona de Convergência do Atlântico Sul: uma revisão sistemática e de discurso. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 36, p. 313-337. 2025. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v36i21.19013>

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicada**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2012.

VIANNA, L. F. N.; PERIN, E. B.; RICCE, W. S.; MASSIGNAN, A. M.; PANDOLFO, C. Bancos de Dados Meteorológicos: Análise dos Metadados das Estações Meteorológicas no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 1, 53-64, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778632120150119>

VIENNA, L. F. N.; PANDOLFO, C.; BLANINSKI, E.; VIEIRA, H. J. Avaliação da Distribuição Espacial das Estações de Observação Climática de Superfície de Santa Catarina Ativas em 2020, Segundo As Orientações da Organização Mundial de Meteorologia (OMM). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 3, p. 457-469, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778636300102>

WANG, C. A review of ENSO theories. **National Science Review**, v. 5, n. 6, p.813-825, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwy104>

WEI, S., WANG, X., WANG, C.; XIE, Q. Transição de fase do El Niño por desmatamento no Continente Marítimo. **Climate and Atmospheric Science**, v. 7, n. 3 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00548-3>

WETTS, R., PAINTER, J.; LOY, L. The IPCC in the hybrid public sphere: divergent responses to climate mitigation solutions in mainstream and social media. **Climatic Change**, v.177, n. 178, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03827-x>

WESTRA, S.; ALEXANDER, L. V.; ZWIERS, F. W. Global increasing trends in annual maximum daily precipitation. **Journal of Climate**, v. 26, n. 11, p. 3904-3918, 2013. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/26/11/jcli-d-12-00502.1.xml>. Acesso em: 28 mar. 2025.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Normas Climatológicas WMO**. Genebra, 2023. Disponível em: <https://community.wmo.int/wmo-climatological-normals>. Acesso em: 15 de mai. de 2024.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guide to Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8)**. Disponível em: https://community.wmo.int/en/activity-areas/imop/wmo-no_8. Acesso em: 19 de Mai. de 2024.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guidelines on Surface Station Data Quality Control and Quality Assurance for Climate Applications**. 2021. Disponível em: https://library.wmo.int/records/item/57727-guidelines-on-surface-station-data-quality-control-and-quality-assurance-for-climate-applications?language_id=13&utm_source=chatgpt.com. Acesso em 10 de jan. de 2025.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **WMO confirms 2024 as warmest year on record at about 1.55°C above pre-industrial level.** Disponível em: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>. Acesso em: 16 de mar. 2025.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). **Clima: aquecimento no Brasil já é maior que a média global.** 2024. Acesso em: https://www.wwf.org.br/?90161%2FClima-aquecimento-no-Brasil-ja-e-maior-que-a-media-global=&utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 de fev. 2025.

WU, C.; CHEN, D.; SUN, X.; ZHANG, S. Influência da altitude e da classe de árvore nas relações clima-crescimento em uma plantação de lariço na China subtropical. **Journal of Forestry Research**, v. 34, p. 1869-1880, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01630-5>

XIONG, J., YANG, Y. Climate Change and Hydrological Extremes. **Current Climate Change Reports**, v.11, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40641-024-00198-4>

YAO, J.; CHEN, Y.; ZHAO, Y.; GUAN, X.; MAO, W.; YANG, L. Climatic and associated atmospheric water cycle changes over the Xinjiang, China. **Journal of Hydrology**, v. 585, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124823>.

YAO, M., TANG, H., HUANG, G. WU, R. Mudanças interdecadais das influências do ENSO na precipitação da primavera na Ásia Central. **npj Climate and Atmospheric**, v. 194, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41612-024-00742-x>

YOUNG, C. E. F.; AGUIAR, C.; SOUZA, E. **Valorando tempestades: custo econômico dos eventos climáticos extremos no Brasil nos anos de 2002-2012.** São Paulo: Observatório do Clima, 2015. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/22744/1/2015%20Young%20et%20al%20OC%20ValorandoTempestades.pdf>. Acesso em: 28 de mar. 2025.

YNOUE. R. Y.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. **Meteorologia: noções básicas.** São Paulo: Oficina de Texto, 2017.

APÊNDICE A – Declaração de uso de inteligência artificial

Declaro que ferramentas de inteligência artificial foram utilizadas como suporte durante o desenvolvimento desta tese, com o objetivo de otimizar atividades auxiliares, tais como a síntese e o fichamento de artigos científicos, a busca e organização de informações relevantes, bem como a revisão gramatical e o aprimoramento da escrita. Além disso, a inteligência artificial contribuiu para a elaboração da análise descritiva de gráficos, oferecendo apoio na interpretação visual dos dados e na construção de descrições mais claras e coerentes.

Ressalto, entretanto, que todas as ideias, hipóteses, interpretações, análises e a estrutura metodológica deste trabalho são de autoria exclusiva do pesquisador. O uso da inteligência artificial teve caráter estritamente instrumental, sem interferir no conteúdo conceitual nem nas decisões críticas relacionadas aos objetivos, aos resultados e às conclusões desta pesquisa.