

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS NO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL - RN NO PERÍODO DE 1970 A 2023

Rafael Victor Pessoa Pinheiro¹

(Graduando do Curso de Geografia, UERN/CAPF, (84)921447300, rafael20240007193@alu.uern.br)

Maria Eduarda da Silva Araujo²

(Graduanda do Curso de Geografia, UERN/CAPF, (84)999831216, maria20240008619@alu.uern.br)

João Pedro de Holanda Costa³

(Graduando do Curso de Geografia, UERN/CAPF, (84)999082004, joao20240009376@alu.uern.br)

Jacimária Fonseca de Medeiros⁴

(Professora Doutora Adjunta, DGE-UERN/CAPF, jacimariamedeiros@uern.br)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade das temperaturas máximas e mínimas no município de São Miguel - RN, nos anos de 1970 a 2023. A metodologia adotada foi de abordagem quantitativa, com base em dados secundários extraídos do *software Estima_T* e tratados no *Microsoft Excel*. Foram elaborados gráficos das médias anuais com suas tendências lineares, aplicado o Teste-t, para comparação entre diferentes períodos e calculadas as anomalias térmicas. Os resultados indicaram um aumento significativo das temperaturas ao longo do período, especialmente após 1990, com destaque para os anos de 2015 e 2023. A análise estatística confirmou diferenças significativas entre os períodos analisados. As anomalias mostraram transição de valores negativos para positivos nas últimas décadas, indicando aquecimento. O estudo reforça a tendência de aquecimento gradual e destaca a importância do monitoramento climático local.

PALAVRAS-CHAVE: Tendências climáticas; anomalias; aquecimento.

GT4: Estudos Socioambientais

1 INTRODUÇÃO

Para Melo *et al.* (2015, p. 3), “o estudo do clima ocupa uma posição muito importante no campo das ciências, já que os processos atmosféricos influenciam de forma direta as mudanças do ambiente e afetam o ser humano”. Nesse contexto, a Climatologia Geográfica se apresenta como uma área do conhecimento dentro da Geografia que concentra seus estudos na atmosfera. Como explicam Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 15):

Esse conceito revela a ligação da Climatologia com a abordagem geográfica do espaço terrestre, pois ela se caracteriza por um campo do conhecimento no qual as relações entre a sociedade e a natureza são pressupostos básicos para a compreensão das diferentes paisagens do Planeta e contribui para uma intervenção mais consciente na organização do espaço.

Este estudo objetiva compreender as variações do clima do município, especialmente a partir das variáveis de temperatura máxima e mínima, fundamentais para a caracterização climática de uma região. Elaborados conforme as diretrizes da Organização Meteorológica Mundial (OMM), alguns conceitos exigem um recorte temporal mínimo de 30 anos para a definição dos tipos climáticos, com base em médias estatísticas (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

A partir disso, o período analisado compreendeu os anos de 1970 a 2023. Entender o comportamento dessas variáveis é essencial para estudar as mudanças climáticas. Reflexões atuais sobre o clima e suas transformações, influenciadas por variabilidade climática, aquecimento global e eventos extremos, ocorrem em diversas escalas. O que faz relação com o estudo de Minuzzi, Caramori e Borrozino (2011, p. 471):

Contudo, o clima global nem sempre foi como hoje o conhecemos. Comparando o comportamento climático das décadas recentes com as transformações observadas no decorrer da história da Terra, alguns questionamentos vêm à tona, como o fator responsável (natural ou antropogênico), as regiões que estão ou poderão ser atingidas e a escala temporal apropriada, ou seja, se a presente variabilidade deve-se a um ciclo ou a uma mudança do clima.

Considerando o contexto climático, a análise da variabilidade térmica é fundamental para entender as mudanças locais, sobretudo em regiões tropicais, onde pequenas variações podem causar grandes impactos. O Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) aponta que, no curto prazo, todas as regiões do mundo enfrentarão o aumento das ameaças climáticas, com níveis de confiança de moderados a altos, ampliando os riscos simultâneos para ecossistemas e populações humanas.

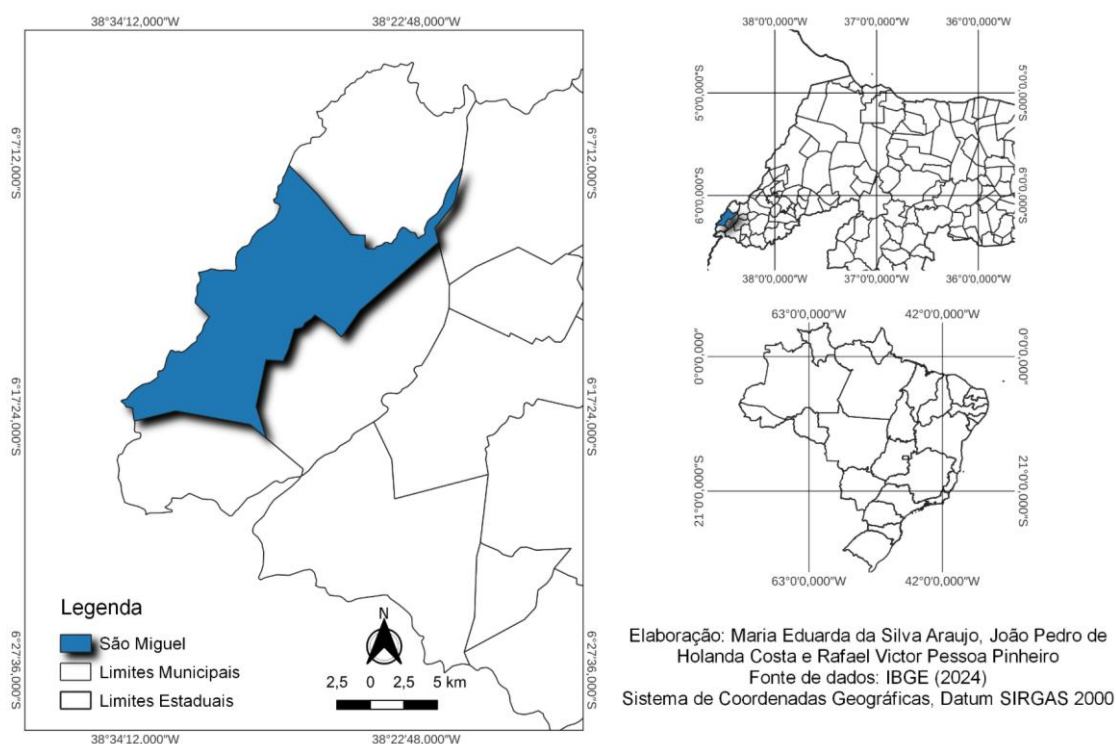
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de São Miguel está situado na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Serra de São Miguel, limitando-se com os municípios de Doutor Severiano, Venha Ver, Coronel João Pessoa, Encanto e com o estado do Ceará. Abrange uma área de 164 km². A cidade-sede do município está localizada a uma altitude média de 679 metros, com coordenadas geográficas de 06°12'43,2" de latitude sul e 38°29'49,2" de longitude oeste (Companhia de

Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, 2005). O mapa representado na Figura 1 apresenta a localização do município.

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de São Miguel - RN



Fonte: Mapa elaborado pelos autores a partir do *software* QGIS (2025).

A classificação climática de Köppen é fundamentada na quantidade e na distribuição das chuvas, bem como na variação das temperaturas ao longo do ano e dos meses. As informações sobre temperatura e precipitação servem como critério inicial para classificar os diferentes tipos de clima (Medeiros, Cavalcanti e Duarte, 2020). Segundo esse sistema de classificação climática, o município de São Miguel apresenta o clima do tipo “As”, caracterizado como clima tropical chuvoso, quente e úmido.

Resultados semelhantes foram encontrados por Alvares *et al.* (2014), que, em estudo detalhado sobre o clima brasileiro, indica que o tipo “As” está presente em 5,5% do território brasileiro, ocorrendo principalmente no nordeste do Brasil. Essa característica também foi evidenciada no estudo de Sousa, Costa e Medeiros (2024), que, ao analisarem a tipologia climática de São Miguel com base na classificação de Thornthwaite, destacaram que o município foi enquadrado como Megatérmico Subúmido Seco (C1dA’), o que o diferenciou de outras áreas da região.

2.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A metodologia adotada neste estudo foi de abordagem quantitativa, como destaca Zanella (2011, p. 95): “O quantitativo utiliza métodos oriundos das ciências físicas, da matemática e da estatística. Caracteriza-se pela adoção de métodos dedutivos e busca a objetividade, a validade e a confiabilidade.” Além de contar com a utilização de dados secundários. Para a coleta dos dados, foram extraídas as informações das temperaturas máxima e mínima através do *software Estima_T* desenvolvido por Cavalcanti, Silva e Souza (1994). Abrangendo o período de 1970 a 2023, mais de 50 anos, o que permitiu analisar tendências climáticas de longo prazo.

Para identificar padrões temporais, aplicou-se a análise de tendência linear simples às séries anuais de temperatura e suas anomalias. A equação da reta ($y = ax + b$) indica a direção da tendência, sendo o coeficiente angular (a) a taxa de variação anual e o coeficiente de determinação (R^2), o grau de ajuste da reta. A análise foi feita no *Excel*, com gráficos para facilitar a visualização.

Para verificar a significância estatística entre as médias de temperatura dos períodos de 1970–1979 e 2012–2023, aplicou-se o Teste-t para duas amostras com variâncias equivalentes, ao nível de 5% ($\alpha = 0,05$). As médias das temperaturas máximas e mínimas foram analisadas separadamente, com base no valor de p e na comparação com o valor crítico da distribuição t . Os dados foram agrupados em recortes decenais e em períodos específicos, destacando-se as décadas de 1970, 1980 e o intervalo de 2012–2023, por representarem o início da série e um período climatologicamente estável.

As anomalias de temperatura foram calculadas com base na média de referência das temperaturas máxima e mínima no período de 1970 a 2023, utilizando a fórmula: Anomalia = Valor observado no ano X – Média do período base. Esse procedimento permite identificar desvios positivos ou negativos em relação à média histórica, sendo amplamente utilizado na climatologia para evidenciar variações interanuais e tendências ligadas às mudanças climáticas.

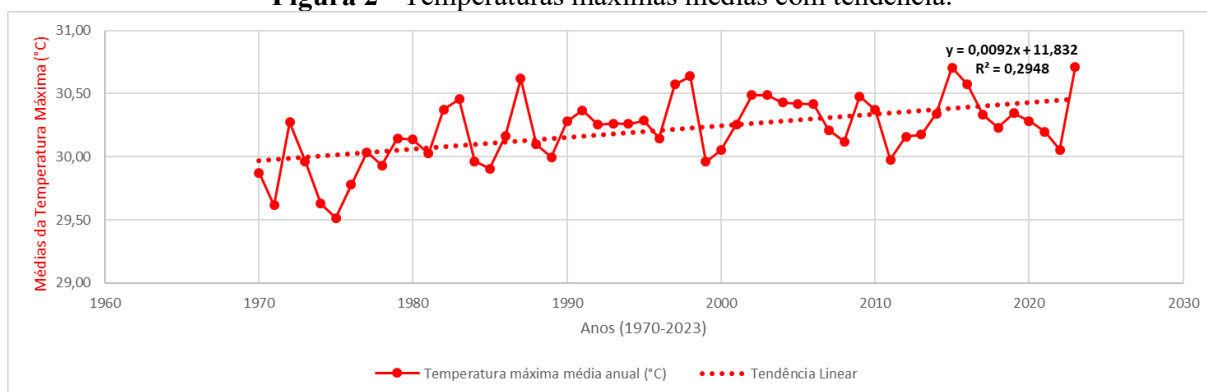
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 MÉDIAS ANUAIS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS

Antes da aplicação dos testes estatísticos, realizou-se uma análise descritiva das séries anuais de temperatura máxima e mínima no município. A temperatura máxima média foi de 30,21°C, com os anos mais quentes em 1987, 1998, 2015 e 2023 (destacando-se 2015 e 2023 com 30,71°C). Os anos mais frios ocorreram na década de 1970, especialmente 1975 (29,52°C), resultando em amplitude de 1,2°C.

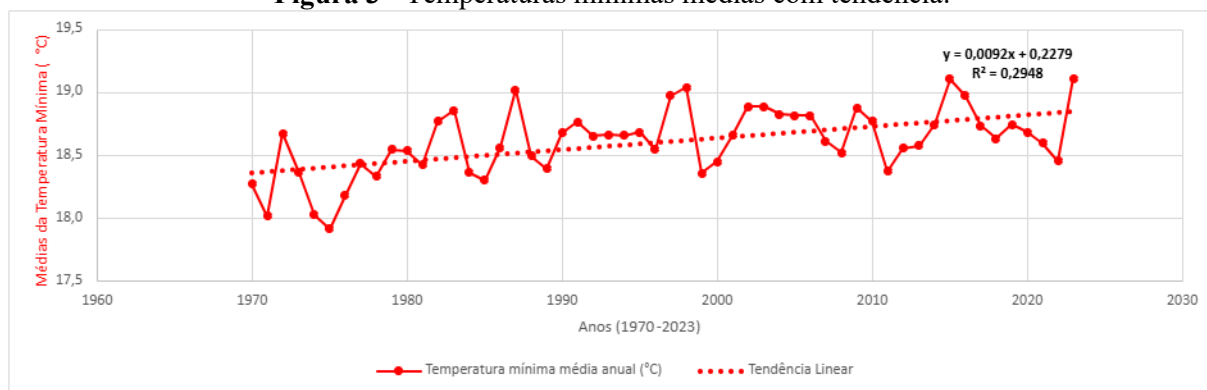
Para as mínimas, a média foi 18,52°C, com valores mais altos em 2023 (19,11°C), 2015 (19,10°C), 1998 (19,03°C) e 1987 (19,02°C). Os anos mais frios concentraram-se na década de 1970, com destaque para 1975 (17,91°C), apresentando amplitude igualmente de 1,2°C. A identificação desses extremos permite observar um possível aquecimento nas duas variáveis. As Figuras 2 e 3 ilustram a variação anual das temperaturas máxima e mínima, com as respectivas linhas de tendência.

Figura 2 - Temperaturas máximas médias com tendência.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do *Microsoft Excel* (2025).

Figura 3 - Temperaturas mínimas médias com tendência.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do *Microsoft Excel* (2025).

As linhas de tendência das temperaturas máximas e mínimas indicam um aquecimento gradual ao longo do período analisado. Em ambos os casos, o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,2948$) mostra que aproximadamente 29,48% da variação pode ser explicada pelo fator

tempo. O restante está relacionado a variabilidade climática natural, eventos como El Niño-Oscilação Sul (ENOS), alterações no uso do solo e mudanças ambientais locais.

Esse comportamento evidencia uma tendência semelhante nas duas variáveis, indicando que o aquecimento se manifesta de maneira constante nos extremos térmicos. Nesse contexto, observa-se um crescimento nas médias analisadas, semelhante ao estudo de Castelhana e Pinto (2022), que identificaram, em todo o estado de Sergipe, uma ampla tendência para aumento nos extremos tanto das temperaturas máximas quanto mínimas.

3.2 ANÁLISE COMPARATIVA COM TEST-T

A série histórica foi dividida em cinco blocos: 1970–1979, 1980–1989, 1990–2001, 2002–2011 e 2012–2023. Com o Teste-t aplicado aos extremos (1970–1979 e 2012–2023), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1 (Tmax) e Tabela 2 (Tmin).

Tabela 1 - Teste-t das médias das temperaturas máximas entre Variável 1 (1970–1979) e Variável 2 (2012–2023).

Estatística	Variável 1	Variável 2
Média	29,878	30,34333333
Variância	0,058996	0,045206061
Observações	10	12
Variância agrupada	0,051411	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	20	
Stat t	-4,79307	
P(T<=t) uni-caudal	5,54E-05	
t crítico uni-caudal	1,724718	
P(T<=t) bi-caudal	0,000111	
t crítico bi-caudal	2,085963	

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do *Microsoft Excel* (2025).

Tabela 2 - Teste-t das médias das temperaturas mínimas entre Variável 1 (1970–1979) e Variável 2 (2012–2023).

Estatística	Variável 1	Variável 2
Média	18,276	18,74

Variância	0,059293	0,045473
Observações	10	12
Variância agrupada	0,051692	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	20	
Stat t	-4,76635	
P(T<=t) uni-caudal	5,89E-05	
t crítico uni-caudal	1,724718	
P(T<=t) bi-caudal	0,000118	
t crítico bi-caudal	2,085963	

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do *Microsoft Excel* (2025).

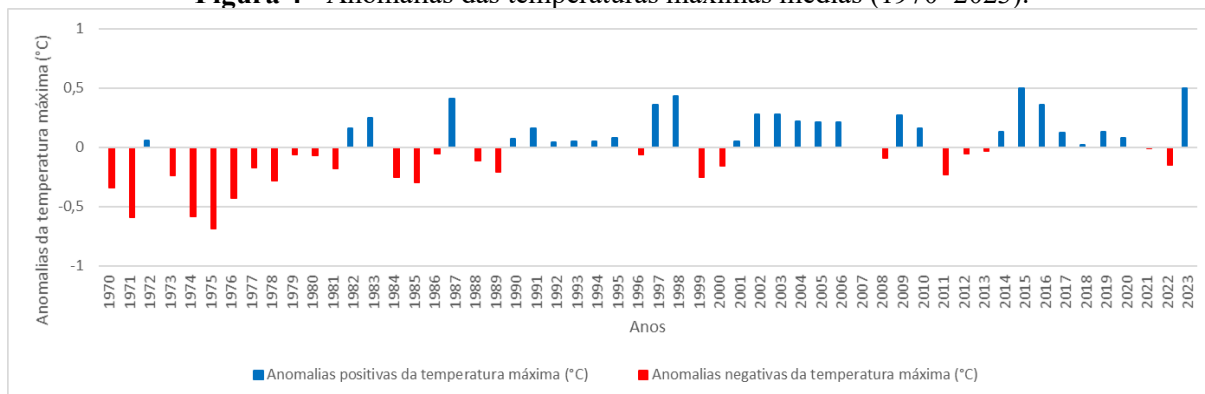
A análise dos resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 baseia-se nos valores p bi-caudais ($P(T \leq t)$) obtidos pelo Teste-t para as médias das temperaturas máximas e mínimas nos períodos avaliados. Em ambas as tabelas, os valores p são extremamente baixos, 0,000111 para as temperaturas máximas e 0,000118 para as temperaturas mínimas, ambos significativamente inferiores ao nível de significância adotado de 0,05 (nível de confiança de 95%).

Isso indica que as diferenças observadas nas médias das temperaturas máximas e mínimas entre os períodos comparados são estatisticamente significativas e não atribuíveis ao acaso. Dessa forma, os dados confirmam uma tendência clara e consistente de aumento nas médias térmicas no município ao longo do intervalo temporal analisado, evidenciando um aquecimento local relevante tanto nas máximas quanto nas mínimas.

3.3 ANOMALIAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS

Outrossim, foi elaborada a média de referência das temperaturas máximas e mínimas, das quais foram subtraídas as médias anuais para identificar as anomalias positivas e negativas. As Figuras 4 e 5 apresentam essas anomalias ao longo dos anos analisados, com barras azuis indicando valores positivos e barras vermelhas, negativos.

Figura 4 - Anomalias das temperaturas máximas médias (1970–2023).

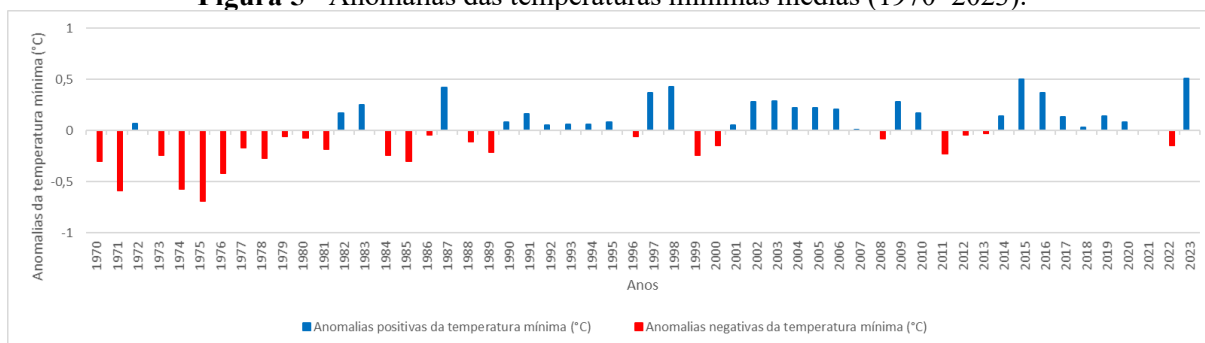


Fonte: Elaborado pelos autores a partir do *Microsoft Excel* (2025).

Entre 1970 e 1989 predominam anomalias negativas, indicando temperaturas máximas abaixo da média de referência. A partir de 1990, observa-se aumento progressivo das anomalias positivas, que se mantêm consistentes de 2014 em diante, exceto nos anos de 2017, 2021 e 2022. Destacam-se 2015 e 2023, ambos com $+0,50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

No período frio (1970–1989), quase todos os anos apresentaram valores negativos, especialmente 1975 ($-0,69\text{ }^{\circ}\text{C}$), 1971 ($-0,59\text{ }^{\circ}\text{C}$) e 1974 ($-0,58\text{ }^{\circ}\text{C}$). Já no período quente (a partir de 1990), a frequência de anos com anomalias positivas cresce, com destaque para 2015 ($+0,50\text{ }^{\circ}\text{C}$), 2023 ($+0,50\text{ }^{\circ}\text{C}$), 1998 ($+0,43\text{ }^{\circ}\text{C}$), 1987 ($+0,41\text{ }^{\circ}\text{C}$), 2016 ($+0,36\text{ }^{\circ}\text{C}$) e 1997 ($+0,36\text{ }^{\circ}\text{C}$). Esses picos se relacionam com anos de El Niño fortes (ex.: 1987, 1998, 2015, 2023) e com o aquecimento global em curso.

Figura 5 - Anomalias das temperaturas mínimas médias (1970–2023).



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do *Microsoft Excel* (2025).

As décadas de 1970 e 1980 foram marcadas por anomalias negativas nas temperaturas mínimas. A partir dos anos 1990, tornam-se mais frequentes as anomalias positivas, especialmente após 2014, com destaque para 2015 ($+0,50\text{ }^{\circ}\text{C}$) e 2023 ($+0,51\text{ }^{\circ}\text{C}$). Isso evidencia uma tendência de aumento das temperaturas mínimas, acompanhando o aquecimento das

máximas. Entre os anos mais frios, destacam-se 1975 ($-0,69^{\circ}\text{C}$), 1971 ($-0,59^{\circ}\text{C}$) e 1974 ($-0,57^{\circ}\text{C}$). Já os picos positivos ocorreram em 2023 ($+0,51$), 2015 ($+0,50$), 1998 ($+0,43^{\circ}\text{C}$), 1987 ($+0,42^{\circ}\text{C}$), 1997 ($+0,37^{\circ}\text{C}$) e 2016 ($+0,37^{\circ}\text{C}$).

O comportamento das temperaturas mínimas é semelhante ao das máximas, com predomínio de anomalias negativas nas décadas de 1970 e 1980 e aquecimento nas décadas mais recentes. Contudo, nos anos de pico, os valores positivos das mínimas são ligeiramente superiores aos das máximas, como em 2015 e 2023.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou a variabilidade das temperaturas máximas e mínimas no município de São Miguel - RN entre 1970 e 2023. Os resultados revelaram um aumento consistente nas médias anuais de ambas as variáveis, evidenciando um processo de aquecimento local. A aplicação do Test-t confirmou que as diferenças entre os blocos inicial (1970–1979) e final (2012–2023) são estatisticamente significativas, endossando a intensificação térmica.

As anomalias térmicas indicaram uma transição clara, com predominância de valores negativos nas décadas de 1970 e 1980, seguida por uma elevação progressiva e sustentada de anomalias positivas a partir dos anos 1990 — comportamento compatível com os sinais das mudanças climáticas em escala regional e global. Além disso, a redução na amplitude térmica diária, observada em anos mais recentes, sugere interferências locais associadas à urbanização e às alterações no uso e cobertura da terra.

Diante do exposto, os dados não apenas demonstram a tendência de aquecimento no município, mas também reforçam a ocorrência de mudanças climáticas em curso no semiárido potiguar. Espera-se que este estudo contribua para futuras pesquisas que integrem essas tendências térmicas a outros elementos do sistema climático, como a precipitação e os impactos socioambientais, aprofundando a compreensão sobre os efeitos locais e regionais da crise climática.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* **Köppen's climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref. Acesso em: 21 jun. 2025.

CASTELHANO, Francisco Jablinski; PINTO, Josefa Eliane Santana de Siqueira. **Tendências e alterações climáticas no Estado de Sergipe, nordeste do Brasil**. Revista do Departamento de Geografia, v. 42, p. 1-15, 2022. Disponível em:

<https://revistas.usp.br/rdg/article/view/185565>. Acesso em: 27 jun. 2025.

CAVALCANTE, Enilson Palmeira *et al.* **Estima_T**. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 1994. Disponível em: <http://150.165.83.109/enilson/estimat/estimat.htm>. Acesso em: 9 mai. 2025.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.**

Diagnóstico do município de São Miguel, estado do Rio Grande do Norte.

MASCARENHAS, João de Castro; BELTRÃO, Breno Augusto; SOUZA JUNIOR, Luiz Carlos de; PIRES, Saulo de Tarso Monteiro; ROCHA, Dunaldson Eliezer G. A. da; CARVALHO, Valdecílio Galvão Duarte de. (orgs.). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **AR6 Synthesis Report Climate Change 2023**, Current Status and Trends. Interlaken, Switzerland, 2023.

MEDEIROS, Raimundo Mainar de; CAVALCANTI, Enilson Palmeira; DUARTE, Jaqueline Fernandes de Medeiros. **CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA O ESTADO DO PIAUÍ – BRASIL**. REVISTA EQUADOR, v. 9, n. 3, p. 82–99, 2020.

Disponível em: <https://comunicata.ufpi.br/index.php/equador/article/view/9845>. Acesso em: 21 jun. 2025.

MELO, Hugo Levy da Silva de *et al.* **ENSINO E APRENDIZAGEM DE GEOGRAFIA: PERCEPÇÃO CLIMÁTICA E A IMPORTÂNCIA DO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DA CLIMATOLOGIA**. In.: VII Fórum Internacional de Pedagogia, 2015, Parintins-AM. Anais do VII FIPED, Parintins-AM: Realize Editora, 2015.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 203 p.

MINUZZI, Rosandro Boligon; CARAMORI, Paulo Henrique; BORROZINO, Edmirson. **Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná**. Bragantia, v. 70, p. 471–479, 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/X4tpnYCRPLWd6WYnJLhCzBm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 jun. 2025.

SOUZA, Taynar Alves de; COSTA, Wendel Fernandes; MEDEIROS, Jacimária Fonseca de. Tipologia climática dos municípios de São Miguel e Riacho de Santana, RN. In: LIMA, Francisca Elizonete de Souza *et al.* (orgs.). **Geo-grafias do RN em debate: entre crises, redefinições e olhares sobre o porvir**. Assú: REDE-TER, 2024. *E-book*. p. 635-649.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia de pesquisa**. 2.ed. rev. atual. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2011.
