

## **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIADAS PELAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DO INEA NA REGIÃO SUL FLUMINENSE**

Rafael Cardoso<sup>1</sup>

Marco Antônio Pereira Araújo<sup>2</sup>

### *Eixo Temático*

**Grupo 02** – Ambiente e clima: impactos e riscos Eixos

**Eixo:** Estudo das estratégias e medidas adotadas para se adaptar às mudanças climáticas e desenvolver resiliência em face de eventos extremos.

### *Resumo*

As alterações climáticas têm se tornado cada vez mais uma preocupação da sociedade civil, científica e política. Este artigo visa analisar o comportamento da variação da temperatura na Região Sul Fluminense, utilizando dados das estações meteorológicas das Estações Automáticas de Monitoramento de Qualidade do Ar e Meteorologia do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). A pesquisa tem como objetivo principal entender como se comportaram as temperaturas no período entre os anos de 2019 e 2023 e analisar quais os possíveis impactos gerados pelas variações da temperatura na qualidade ambiental e na qualidade de vida da população da Região. Os dados extraídos do Sistema Integrado de Gestão da Qualidade do Ar – SIGQAr foram tratados e analisados no software Minitab e, após análise estatística, verifica-se que não houve variação significativa das Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias na Região Sul Fluminense.

**Palavras-chave:** alterações climáticas, impactos ambientais; meio ambiente, monitoramento

---

<sup>1</sup>Aluno do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, Univassouras, [rafael.exp@gmail.com](mailto:rafael.exp@gmail.com)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Marco Antônio Pereira Araújo, Univassouras – Campus Vassouras, Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, [marco.araujo@univassouras.edu.br](mailto:marco.araujo@univassouras.edu.br)

## INTRODUÇÃO

O efeito estufa, é um dos fenômenos naturais, proporciona ao planeta Terra condições ideais para o desenvolvimento e manutenção da vida. As variações climáticas naturais ao longo dos séculos, tiveram um papel de protagonismo na evolução humana e no desenvolvimento das sociedades.

A partir da primeira Revolução Industrial, no século XVIII, quando fora introduzida a mecanização dos processos produtivos e o crescimento vertiginoso das cidades, a interferência humana no sistema climático vêm somando-se as alterações climáticas geradas por vias naturais e, com isso, acelerando o processo de aquecimento global, trazendo consigo impactos negativos que geram consequências de cada vez mais difíceis de recuperação para as sociedades, ecossistemas e biodiversidade (Pereira e Peter, 2003).

Após o período da primeira Revolução Industrial, quando fora introduzido a utilização dos combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural, petróleo) intensificaram de forma desastrosa as alterações climáticas que estão cada vez mais sendo observadas através das diminuições das frequências entre a ocorrências de furacões, tempestades, secas, enchentes, alterações das sazonalidades climatológicas e outros fenômenos naturais cada vez mais intensos e devastadores.

Na década de 1970, as preocupações com as questões ambientais tornaram-se parte do dia a dia das discussões governamentais e de sociedades científicas e civis. Já na década de 1980 foi introduzida na agenda política o tema das alterações climáticas e a preocupação acerca das alterações dos padrões de funcionamento do sistema climático de nosso planeta e quais suas as possíveis consequências.

No ano de 1988, no Canadá, a Conferência Mundial sobre Mudanças Atmosféricas foi discutida a necessidade, por razões de segurança global, da adoção de uma agenda internacional sobre mudanças climáticas. Sendo trazida, no mesmo ano de 1988, após da sua realização pela Organização das Nações Unidas – ONU, através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA e pela Organização Meteorológica Mundial – OMM, a criação de um grupo de trabalho encarregado de desenvolver estudos e pesquisas sobre as alterações climáticas, a fim de respaldar tecnicamente as negociações entre os países membros da ONU, possíveis tratados internacionais nesse tema.

A complexidade do sistema climático, associada ao elevado risco trazidos pelas alterações climáticas e a necessidade de maiores fontes objetivas de informações técnicas, científicas e socioeconômicas sobre as causas e os impactos das alterações climáticas, fez com que esse grupo fosse

formado, visando a busca de possíveis medidas e respostas.

Em 1990, foi publicado pelo IPCC o Primeiro Relatório de Avaliação. Neste Relatório era apresentado a afirmação de que a mudança climática representaria uma ameaça à humanidade, indicando a necessidade de adoções para a elaboração de um tratado internacional sobre o tema. Em 1992, sob a égide da ONU, esse tratado fora criado em forma de uma convenção.

A partir daí, de tempos em tempos, o IPCC apresenta atualizações de seus Relatórios indicando a nítida interferência as atividades humanas no clima, tendo como uma das causas as emissões dos Gases de Efeito Estufa - GEE.

Friedman (2010) em seu livro “Quente, Plano e Lotado – os desafios e oportunidades de um novo mundo” menciona que o Programa Conjunto sobre a Ciência e Política de Mudanças Globais do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) em 2009 atualizou o Modelo Integrado de Sistemas Globais, que estuda e analisa as alterações climáticas ocorridas de 1861, tendo como horizonte o ano de 2100. As previsões indicam que se continuarmos atuando da forma atual, as temperaturas médias na superfície terrestre, atingirão patamares muito acima das que conhecemos ou já enfrentamos.

As alterações climáticas, principalmente a sensação das alterações das temperaturas, têm se tornado cada vez mais tema de estudos e pesquisas científicas e discussões políticas, principalmente após as publicações dos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC. Para muitos pesquisadores e estudiosos é consenso que as alterações climáticas estão aumentando ano a ano, trazendo junto impactos ambientais e eventos extremos cada vez mais devastadores as cidades, as sociedades, aos ecossistemas.

Todas esses impactos gerados pelas alterações climáticas, além de trazer grandes prejuízos ambientais, também trazem grandes consequências negativas como na qualidade da saúde humana, segurança alimentar, adaptação de cidades as novas condições climáticas entre outras.

As mudanças na temperatura estão afetando os ecossistemas locais, alterando ciclos de vida de várias espécies e a fenologia das plantas. A agricultura, uma atividade econômica crucial, tem sido impactada com mudanças na produtividade das culturas e aumento da incidência de pragas e doenças.

A população tem enfrentado mais desafios relacionados à saúde devido a exposição as temperaturas extremas, aparecimento de novas doenças e adequação de suas moradias aos fenômenos meteorológicas cada vez mais intensos e severos.

Impossível desassociar, também, os impactos dos desastres naturais aos grupos humanos menos favorecidos, que acabam sentindo e sofrendo com mais intensidade as repercussões das alterações

climáticas e suas consequências. Segundo Veyret (2007) e Sant'Anna Neto (2008 e 2011), as condições econômicas são um dos fatores essenciais para se entender a resiliência e vulnerabilidade frente aos eventos climáticos. Diferenciando a exposição e a repercussão quanto a forma como são afetados e quanto ao grau e intensidade dos impactos das alterações climáticas nas diversas camadas socioeconômicas de uma sociedade inserida num mesmo espaço urbano.

Nesse sentido de buscar cada vez mais entender como as atividades humanas interferem nas alterações climáticas e nas temperaturas da superfície terrestre, esta análise visa entender como a temperatura (média, máxima e mínima) se comportou nos anos de 2019 a 2023 na Região Sul Fluminense e, em posse deste entendimento, buscar formas de minimizar os impactos negativos causados pelas atividades humanas nessa região.

## **M**ETODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, primeiramente buscou-se analisar conteúdos bibliográficos que abordassem as alterações climáticas e as alterações da temperatura atmosférica e superficial do planeta Terra. A pesquisa bibliográfica foi realizada no sítio eletrônico do Google Acadêmico, na busca de artigos usando a *string* de busca "Monitoramento" AND "Temperatura" AND "Região Sul Fluminense" AND "INEA". Com essa *string* foram listados 51(100%) resultados, 19 (37,25%) foram selecionados sendo que somente 2 (3,9%) foram utilizados como fonte de pesquisa deste trabalho.

Além da busca de artigos pela *string* acima mencionada no Google Acadêmico, foram utilizados 1 tese de doutorado e 3 artigos buscados para o desenvolvimento de outros trabalhos científicos e também livros técnico-científicos como ligados a temas como Economia Ambiental e livro de jornalismo investigativo.

A pesquisa de dados foi realizada no Sistema Integrado de Gestão da Qualidade do Ar – SIGQAr do Instituto Estadual do Ambiente – INEA, Órgão Ambiental do Estado do Rio de Janeiro. O SIGQAr, é o sistema que faz a gestão de todas as informações e dados meteorológicas e de qualidade do ar, obtidos através das Estações Automáticas de Monitoramento de Qualidade do Ar e de Meteorologia distribuídas em várias cidades do Estado do Rio de Janeiro, sendo utilizados dados de temperatura do ar, parâmetro focal deste artigo, obtidos entre os anos de 2019 e 2023. A localização analisada foi a Região Sul Fluminense. Nas cidades desta Região do Estado do Rio de Janeiro, o INEA possui Estações Automáticas de Monitoramento da Qualidade do Ar e de Meteorologia nas cidades de Volta Redonda, Barra Mansa, Porto Real, Quatis, Resende e Itatiaia.

Ao total, foram analisados os dados de 10 (dez) estações distribuídas da seguinte forma nas seguintes localidades das cidades acima mencionadas:

Cidade	Localização (Bairro)
Volta Redonda	Belmonte
Volta Redonda	Ilha das Águas Cruas
Volta Redonda	Retiro
Volta Redonda	Santa Cecília
Barra Mansa	Boa Sorte
Barra Mansa	Bocaininha
Quatis	Bom Retiro
Porto Real	Porto Real
Resende	Casa da Lua
Resende	Cidade Alegria

Tabela 1: Localização das Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar e de Meteorologia do INEA

Para análise estatística e tratamento dos dados obtidos, foi utilizado o software MiniTab. O intuito da utilização deste software foi verificar a possível ocorrência de variações significativas no ar longo dos anos nas medições das temperaturas mensais (médias, máxima e mínima) nos meses dos anos de 2019 a 2023, ou seja, dos últimos 5 (cinco) anos, e identificar padrões significativos.

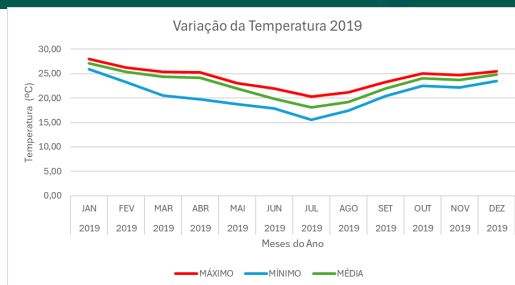
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos gráficos abaixo, elaborados a partir da base de dados extraídos do SIGQAr. A Tabela 2 apresenta os dados utilizados neste trabalho.

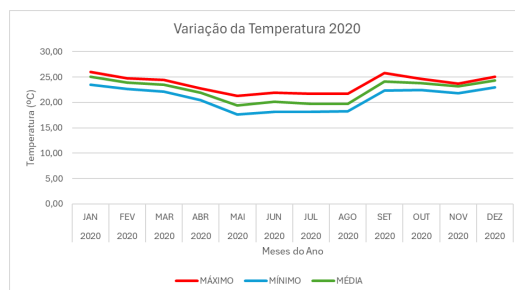
ANO	MÊS	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	ANO	MÊS	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	ANO	MÊS	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA
2019	JAN	28,00	25,90	27,09	2021	JAN	27,50	25,20	26,68	2023	JAN	25,20	21,90	23,59
2019	FEV	26,20	23,30	25,31	2021	FEV	25,10	22,70	24,35	2023	FEV	26,20	22,50	24,37
2019	MAR	25,40	20,50	24,36	2021	MAR	26,20	23,60	25,11	2023	MAR	25,70	22,10	24,12
2019	ABR	25,30	19,70	24,10	2021	ABR	23,30	20,90	22,30	2023	ABR	23,30	20,10	21,98
2019	MAI	23,10	18,80	21,91	2021	MAI	21,70	19,40	20,52	2023	MAI	21,40	18,00	19,78
2019	JUN	21,90	17,90	19,90	2021	JUN	20,80	18,40	19,44	2023	JUN	19,70	15,80	17,91
2019	JUL	20,30	15,60	18,05	2021	JUL	18,90	15,50	17,33	2023	JUL	20,50	16,40	18,56
2019	AGO	21,20	17,40	19,19	2021	AGO	22,70	18,60	20,13	2023	AGO	22,00	18,10	19,93
2019	SET	23,30	20,40	21,98	2021	SET	26,80	20,50	23,05	2023	SET	25,50	21,60	23,54
2019	OUT	25,00	22,50	23,99	2021	OUT	23,40	19,60	21,74	2023	OUT	25,10	21,60	23,45
2019	NOV	24,70	22,20	23,68	2021	NOV	23,00	20,60	22,30	2023	NOV	27,20	22,50	25,07
2019	DEZ	25,50	23,50	24,84	2021	DEZ	24,10	22,40	23,54	2023	DEZ	28,60	23,50	25,79
2020	JAN	26,00	23,50	25,06	2022	JAN	26,00	23,80	25,11					
2020	FEV	24,70	22,70	23,93	2022	FEV	26,10	23,30	24,65					
2020	MAR	24,40	22,10	23,46	2022	MAR	28,40	22,90	25,62					
2020	ABR	22,80	20,50	21,90	2022	ABR	24,70	20,40	22,96					
2020	MAI	21,30	17,60	19,38	2022	MAI	20,80	16,70	19,49					
2020	JUN	21,90	18,20	20,11	2022	JUN	19,20	15,10	17,85					
2020	JUL	21,70	18,10	19,74	2022	JUL	20,80	16,30	18,97					
2020	AGO	21,70	18,30	19,67	2022	AGO	20,90	16,70	18,18					
2020	SET	25,80	22,30	24,08	2022	SET	21,00	16,80	19,33					
2020	OUT	24,60	22,40	23,83	2022	OUT	24,80	20,70	23,13					
2020	NOV	23,70	21,80	23,16	2022	NOV	22,50	19,00	21,16					
2020	DEZ	25,10	23,00	24,37	2022	DEZ	24,10	20,80	22,67					

Tabela 2: Dados de Temperatura (°C) extraídos do SIGQAr

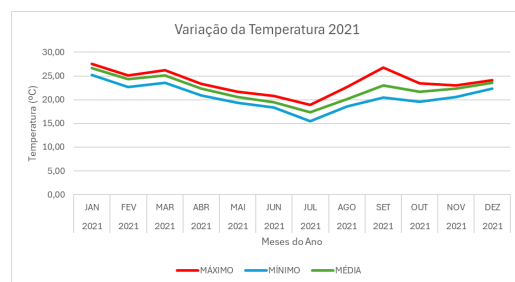
A fim de uma análise do comportamento da temperatura, foram produzidos gráficos das variações das temperaturas Máximas, Mínimas e Médias de cada mês dos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023 (Gráficos 1 a 5, respectivamente).



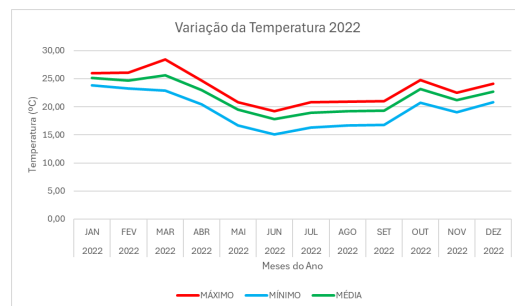
**Gráfico 1: Variação da Temperatura 2019**



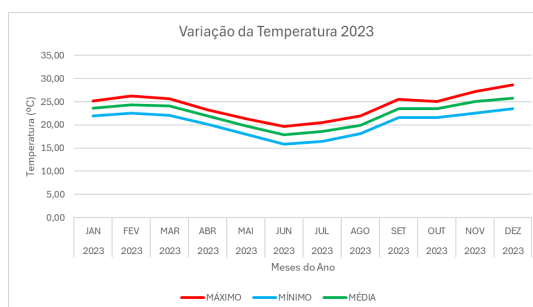
**Gráfico 2: Variação da Temperatura 2020**



**Gráfico 3: Variação da Temperatura 2021**

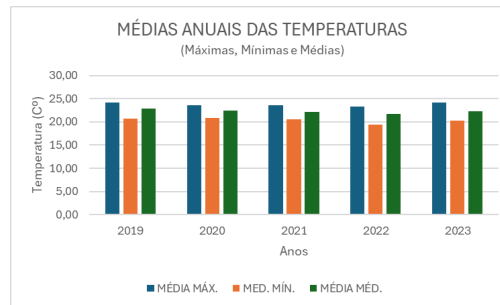


**Gráfico 4: Variação da Temperatura 2022**



**Gráfico 5: Variação da Temperatura 2023**

Pode ser observado comportamentos diferentes nas curvas ao longo dos anos, porém o intervalo dos valores das temperaturas máximas, mínimas e médias são bem parecidos, estando entre 28°C, 16°C e 22°C, respectivamente (Gráfico 6).

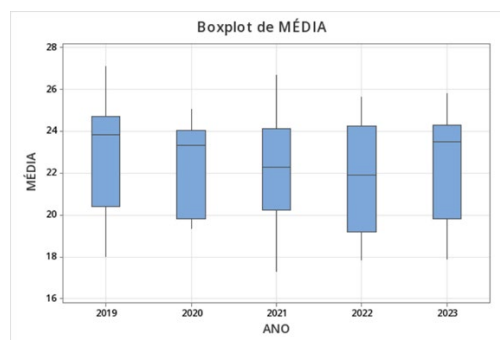


**Gráfico 6:** Variação da Temperatura Médias Anuais

A fim de verificar se estatisticamente é verificada uma variação significativa entre as temperaturas máximas, mínimas e médias mensais dos anos entre 2019 a 2023, foi realizada análise estatística utilizando-se o software Minitab.

Inicialmente foi analisada a variável Temperaturas Médias entre os anos de 2019 e 2023.

O gráfico *Bloplot* é usado para comparar diferentes grupos e observar a variação e a simetria dos dados, sendo também possível também identificar possíveis desvios ou *outliers* (Gráfico 7).



**Gráfico 7:** *Boxplot* das Temperaturas Médias dos anos entre 2019 e 2023

O Teste de Normalidade foi utilizado para determinar se o conjunto de dados seguem uma distribuição normal.

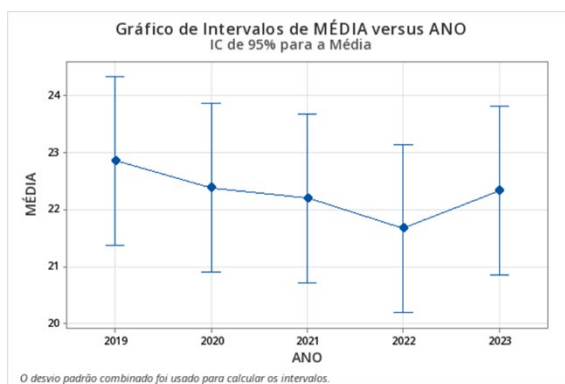


**Gráfico 8:** Teste de Normalidade Variável Temperaturas Médias

É observado que para essa variável, dentro do período entre os anos de 2019 e 2023, o *p-value* igual a 0,023, que é inferior ao nível de significância estabelecido de 5%, não sendo aceito, assim, a hipótese nula de que os dados possuem distribuição normal, ou seja, não possuem distribuição normal.

Como os grupos não possuem distribuição normal, foi utilizado o Teste Não Paramétrico de Kurskal-Wallis para comparação das temperaturas médias mensais dos anos analisados. Foram realizadas análises comparativas dos dados das Temperaturas Médias da seguinte forma: (i) 2019 x 2020, (ii) 2020 x 2021, (iii) 2021 x 2022, (iv) 2022 x 2023.

Em todos os testes realizados entre as médias, o valor do *p-value* calculado apresentava valores acima no Nível de Significância acima de 0,05 ou 5%, indicando que não existe diferença significativa entre as médias (Gráfico 9).



**Gráfico 9:** Intervalo de Médias da Variável Temperaturas Médias

Foi realizado também, o Teste de Igualdade entre os dados da Variável Temperatura Média, apresentados no Quadro 1 e no Gráfico 10 os resultados e os gráficos extraídos do software estatístico.

**Comparações Emparelhadas de Tukey**

**Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e 95% de Confiança**

ANO	N	Média	Agrupamento
2019	12	22,867	Um
2020	12	22,392	Um
2023	12	22,341	Um
2021	12	22,208	Um
2022	12	21,677	Um

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

**Quadro 1:** Análise Método Tukey



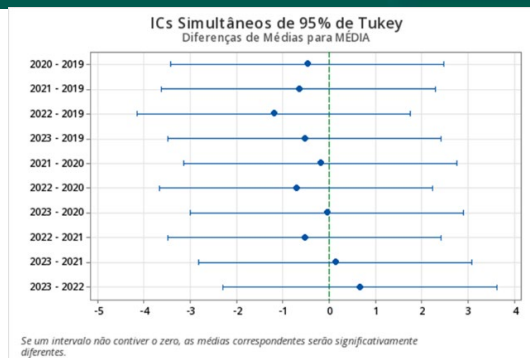


Gráfico 10: Diferença de Médias da Variável Temperaturas Médias

O *p-value* calculado foi igual a 0,800, valor que é maior que o Nível de Significância estabelecido de 0,05. Assim, aceita-se a hipótese nula de que os grupos possuem igualdade de médias, ou seja, não existe diferença significativa entre os grupos 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.

Após a análise da Variável Temperatura Média, foram feitas as análises para as Variáveis Temperaturas Máximas e Mínimas.

Para a Variável Temperatura Mínima, foram realizados os testes estatísticos e o Gráfico 11 apresenta o *boxplot* dos dados.

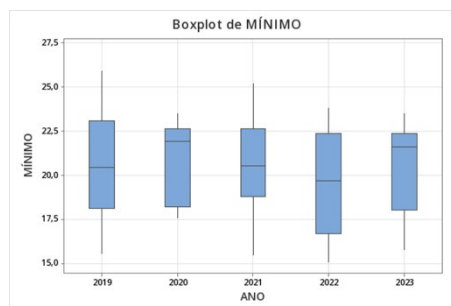


Gráfico 11: *Boxplot* das Temperaturas Mínimas dos anos entre 2019 e 2023

O Teste de Normalidade para a Variável Temperatura Mínima, apresentou *p-value* igual a 0,064, valor maior que o nível de significância de 5%. O que indica que a hipótese nula de que os dados possuem distribuição normal é válida (Gráfico 12).

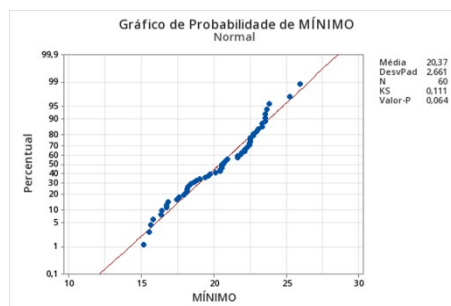
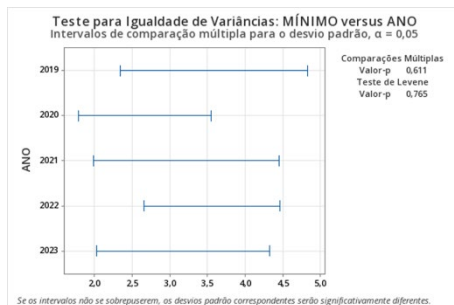


Gráfico 12: Teste de Normalidade Variável Temperaturas Mínimas

O Teste de Igualdade de Variâncias (Homocedasticidade) apresentou *p-value* = 0,765 que é

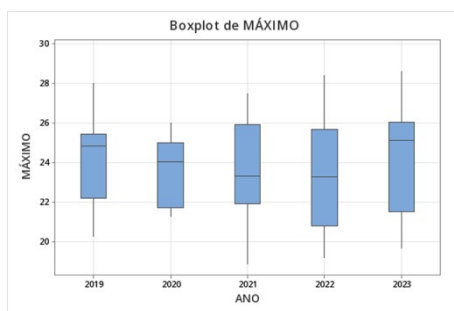
maior que o Nível de Significância estabelecido de 5% (Gráfico 13). Assim, aceita-se a hipótese nula de que os grupos são homocedásticos (possuem igualdade de variâncias).



**Gráfico 13:** Teste de Homocedasticidade para a Variável Temperaturas Mínimas

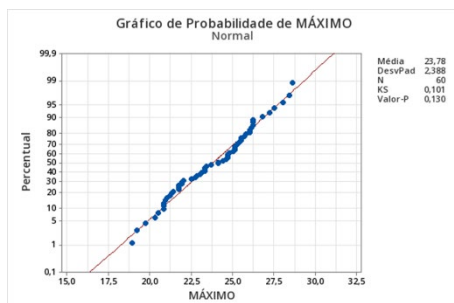
Como são normais e homocedásticos, utiliza-se um teste paramétrico para comparação de médias, no caso, o ANOVA. O Teste de Comparação das Médias apresentou  $p\text{-value} = 0,687$ , maior que o Nível de Significância estabelecido de 0,05. Assim aceita-se a hipótese nula de que os grupos não possuem diferença significativa entre as médias entre os grupos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023.

Por fim, analisou-se também a Variável Temperatura Máxima, que passou pela mesma sequência de testes estatísticos para verificação se houve ou não variação significativa entre os dados. O *boxplot* desses dados é apresentado no Gráfico 14.



**Gráfico 14:** *Boxplot* Variável Temperaturas Máximas

O Teste de Normalidade para a variável Temperaturas Máximas apresentou  $p\text{-value} = 0,130$  é maior que o Nível de Significância estabelecido (5%), assim aceita-se a hipótese nula de que os dados possuem distribuição normal (Gráfico 15).

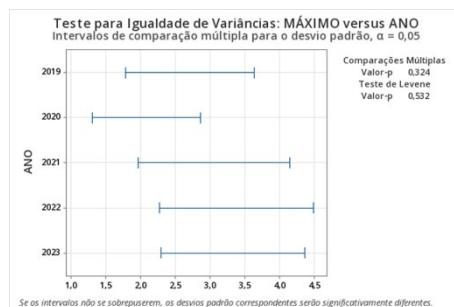


**Gráfico 15:** Teste de Normalidade Variável Temperaturas Mínimas

O teste de Igualdade de Variâncias (Homocedasticidade), apresentou  $p\text{-value} = 0,532$ , sendo



maior que o Nível de Significância estabelecido de 5%. Assim, aceita-se a hipótese nula de que os grupos possuem igualdade de variâncias, ou seja, são homocedásticos (Gráfico 13).



**Gráfico 13:** Teste de Normalidade Variável Temperaturas Mínima

Por fim, foi realizado o Teste de Comparação de Médias da Variável Temperaturas Máximas, e também foi verificado que o valor de *p-value* igual a 0,870, maior que o Nível de Significância estabelecido de 5%. Assim aceita-se a hipótese nula de que os grupos não possuem diferenças significativas entre as médias.

Assim, podemos afirmar que ao longo dos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023 não houve variações significativas das Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias medidas através das Estações Automáticas de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia do INEA.

Porém, temos que ressaltar que estas Estações estão localizadas em 5 (cinco) dos 17 (dezessete) Municípios que estão inseridos na Região Sul Fluminense, ou seja em apenas 29,41% dos Municípios. A Região Sul Fluminense possui uma extensão geográfica de 8.144,38 Km<sup>2</sup> e os Municípios onde estas Estações estão localizadas correspondem a uma fração de 25,79% do total.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo sendo observado que não houve variação da temperatura ao longo dos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023, quando analisados os dados das Estações em operação na Região Sul Fluminense, a amplitude de monitoramento deve ser reavaliada e não podemos deixar de nos preocupar com a qualidade ambiental na Região Sul Fluminense.

Políticas públicas devem ser implantadas a fim de buscar novas formas de recuperar áreas degradadas e desenvolver projetos de arborização urbana de forma ordeira e assertiva. Essas atitudes podem ajudar na manutenção da qualidade ambiental e, principalmente, na manutenção da temperatura na Região.

Além da elaboração de Políticas Públicas voltadas a manutenção e melhoria da qualidade do meio ambiente, se faz importante o redimensionamento da rede de monitoramento da Qualidade do Ar



e de Meteorologia da Região, visto que a mesma engloba um total de 17 Municípios e possui um extensão de 8.144,38 Km<sup>2</sup>, possui somente 10 Estações Automáticas de Monitoramento de Qualidade do Ar e de Meteorologia ligados ao SIGQAr, distribuídas em 5 Municípios (29,41%) o que corresponde a 2.100,52 Km<sup>2</sup> ou 25,79% do total da área regional. Essa atitude, além de melhorar a capacidade de gestão da Bacia Atmosférica da Região, gera mais conhecimento sobre a dinâmica da temperatura regional, ajuda na tomada de decisões quanto a Políticas Públicas e também no entendimento das interferências humanas no meio ambiente, principalmente na Bacia Atmosférica da Região Sul Fluminense.

## REFERÊNCIAS

IPCC - <https://www.ipcc.ch/> (2024)

Sistema Integrado de Gestão de Qualidade do Ar – SIGQAr - <https://ei.weblakes.com/INEAPublico/NavPage/Index/Analytics?aGroupId=MONITORING> (2024)

FANTE, Pechutti Karime - Eventos extremos de temperatura e seus impactos no conforto térmico humano: estudo de caso em presidente prudente, brasil, na perspectiva da geografia do clima – Tese de Doutorado - UNESP, 2019

VEYRET, Yvette. Os riscos. O homem como agressor e vítima do meio ambiente. 1º Edição, São Paulo: Contexto, 2007.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. Re-vista Brasileira de Climatologia. ano 7, v. 8. p. 45 – 60. Jan-jun 2011.

SANT'ANNA NETO, J.L.; TOMMASELLI, J.T.G. O tempo e o clima de Presidente Prudente. Presidente Prudente: UNESP/SABESP, 2009.

PEREIRA, S. André; MAY, H. Peter – Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. 8ª Tiragem – Elsevier Editora Ltda., 2003. Cap. 9

FRIEDMAN, L. Thomas. Quente, Plano e Lotado: Os desafios e oportunidades de um novo mundo – Ed. Objetiva, 2006

ARAÚJO, Felipe Ferreira da Silva. Distribuição da temperatura do ar mensal e anual no estado do Rio de Janeiro baseada em modelos lineares. 2010.

DE OLIVEIRA, JÉSSICA GUERRA INÁCIO. A poluição atmosférica e os seus efeitos na saúde da população do município de Volta Redonda. 2018.