

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS FRANCISCO
BELTRÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL: ANÁLISE
E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

LUIZA CAROLINE MEDEIROS GODOI

**EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS: UM
ESTUDO DE CASO EM FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ (2014 - 2024)**

FRANCISCO BELTRÃO – PR

2026

LUIZA CAROLINE MEDEIROS GODOI

EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS: UM ESTUDO DE CASO EM FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ (2014 - 2024)

EXTREME CLIMATIC EVENTS AND VEGETABLE PRODUCTION: A CASE STUDY IN FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ (2014–2024)

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Fernando César Manosso

FRANCISCO BELTRÃO - PR

2026



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão**



LUIZA CAROLINE MEDEIROS GODOI

EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS E PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS: UM ESTUDO DE CASO EM FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ (2014 - 2024)

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia Ambiental: Análise E Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Meio Ambiente.

Data de aprovação: 09 de Abril de 2026

Dr. Fernando Cesar Manosso, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Marina Soria Castellano, Doutorado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Dra. Sheila Regina Oro, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 18/05/2026.

AGRADECIMENTOS

Um trabalho como este requer diferentes componentes para ser construído e o principal deles são as conexões que criamos, é o que nos mantém aptos para conseguir atingir nosso objetivo final. Sem as relações que entrelaçam o cotidiano não haveria sentido para além dos afazeres acadêmicos. Aos meus companheiros de vida, eu sou imensamente grata.

Primeiramente, a minha tia Ana Cláudia que permitiu que tudo isso fosse possível, pelo apoio gigantesco que me deu e por ter sempre acreditado em mim, mesmo quando eu não acreditei. Para minha avó Maria Antonieta que se fez presente em todos os momentos e sempre me lembrou da preciosidade que as coisas simples da vida possuem. Obrigada por se permitirem sonhar comigo, um sonho que por anos pareceu tão distante, sem vocês eu não teria conseguido.

Aos meus pais que mesmo distante me presentearam com a possibilidade do ser e do sentir nesta vida mundana. Aos meus demais familiares que fizeram parte do meu caminho em direção ao momento presente. Obrigada por me acompanharem na construção de quem eu me tornei, por meio de tantos caminhos e desafios que esta vida me providenciou.

Agradeço às duas psicólogas que acompanharam meu processo, especialmente a minha psicanalista que colaborou para que eu compreendesse por si a grandeza desse momento. Nem sempre consigo apreciar meus grandes feitos e hoje consigo ter um olhar de afeto pelo meu esforço perante algo que enriqueceu e mudou minha visão de vida.

Sem meus amigos isso também não seria completo, me ouviram por meses e me apoiaram desde o início dessa trajetória. Minha grande amiga Victoria, com quem cresci e aprendi tanto sobre a vida, eu serei eternamente grata. Aos meus amigos, Patrick, Gustavo, Tatiane, Jean, Leonardo, Isabella e Fernanda, obrigada por todos os momentos que me ajudaram a dar sentido a este trabalho. E a todos os outros que me acompanharam em todos esses anos e me ajudaram a construir minha existência no meio em que me encontro.

Meu companheiro Alessandro que vem compartilhando da vida comigo e crescendo junto a mim, eu agradeço imensamente. Foi você que me acolheu em todos os momentos mais difíceis desse processo, que me acalmou e lembrou da importância que este trabalho tinha para mim. Obrigada por sempre acreditar em meus sonhos e sonhar comigo. Um amor que me fez ver e me alegrar com a realidade que me circunda, por isso e por tanto eu serei sempre grata a ti.

Agradeço ao meu orientador por acreditar na minha ideia e por me permitir escrever sobre uma grande paixão que eu tenho. Aos meus colegas de mestrado, João, Delara e Cintia que compartilharam seus desafios e alegrias dentro desses 24 meses. Aos demais professores que fizeram parte da minha evolução como geógrafa e ampliaram minha visão sobre o mundo. Agradeço a Capes por conceder uma bolsa que tornou possível diversas experiências dentro desse processo e aliviou a pressão de ser pesquisadora.

Por fim dedico este trabalho para todas as mulheres que foram interrompidas e desafiadas por seus transtornos psicológicos, para todas as mulheres que tiveram de abdicar de seus estudos em prol de sua família, para todas as mulheres que foram limitadas ao sonhar, para todas as mulheres que recorreram às ruas para conseguir sobreviver. E para minha avó Lúcia, que nos deixou no ano de 2025, quem sempre acreditou em mim e que para sempre será lembrada por sua doçura e alegria.

***“Ce n’est pas la conscience des hommes qui détermine leur être,
mais leur être social qui détermine leur conscience.”***

— Jean-Luc Godard, Masculin Féminin (1966), citando Karl Marx.

RESUMO

A ocorrência de eventos climáticos extremos mostra-se como uma preocupação urgente na vida dos brasileiros, especificamente na região Sul do Brasil. Chuvas excessivas, extremos de temperaturas, chuvas de granizo, são exemplos de eventos que têm sido frequentes e que vem impactando a vivência como um todo, em especial a produção agrícola. O estado do Paraná como um polo agroexportador, torna-se ainda mais vulnerável. Neste contexto, o presente estudo propõe a identificação de tais eventos extremos e a integração com a A produção de hortaliças do município de Francisco Beltrão, PR. Assim, utiliza-se de métodos estatísticos para identificar o comportamento de quatro variáveis climáticas, sendo elas, temperatura máxima, média, mínima e precipitação pluviométrica entre 2014 e 2024. Para isso, foram desenvolvidas séries temporais históricas de cada uma das variáveis e ajustadas pelas modelagens *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) e *Peaks Over Threshold* (POT), a fim de compreender a dinâmica climática e evidenciar os eventos extremos. A análise da temperatura média, mínima e máxima demonstrou forte sazonalidade. A precipitação pluviométrica não apresentou sazonalidade e foi submetida à análise estatística descritiva, com auxílio de gráficos para viabilizar a interpretação dos dados. Conclui-se que a variável climática da precipitação pluviométrica como extremamente irregular no município, com ocorrência de eventos climáticos extremos em meses com menores valores acumulados de precipitação. A análise dos dados de produção de hortaliças também utilizou da combinação estatística descritiva e interpretativa para caracterização da produção, o que apresentou as hortaliças que obtiveram crescimento e queda dentro do período de estudo. O almeirão foi caracterizado como a cultura com maior queda na produtividade e a cultura do tomate com maior crescimento. A integração dos dados foi feita por meio de regressão linear múltipla e metodologia ADRL a fim de identificar o menor AIC para determinar o melhor modelo. As duas modelagens testadas apontaram que para obter significância estatística será necessária a realização de estudos futuros com uma linha temporal maior de dez anos. Em síntese, o trabalho evidencia que, embora não tenham sido encontradas correlações estatísticas significativas, os eventos extremos identificados demonstram a vulnerabilidade

dos sistemas produtivos à frente das oscilações climáticas. Além disso, destaca-se a importância de ampliar a base de dados visando compreender melhor as dinâmicas climáticas. Tais esforços são fundamentais para assegurar a segurança alimentar, fortalecer a resiliência dos pequenos produtores e promover um desenvolvimento rural mais sustentável.

PALAVRAS-CHAVES: agrometeorologia, SARIMA, séries temporais, análise climática, Francisco Beltrão-PR.

ABSTRACT

The increasing frequency of extreme weather events has become an urgent concern for Brazilians, particularly in the country's southern region. Excessive rainfall, high temperatures, and hailstorms are examples of events that have become increasingly frequent, impacting daily life as a whole, but especially agricultural production. The state of Paraná, as an agro-export hub, is even more vulnerable. In this context, the present study aims to identify such extreme events and integrate them with the vegetable production in the municipality of Francisco Beltrão, PR. Statistical methods were applied to analyze the behavior of four climatic variables: maximum, average, and minimum temperature, as well as rainfall, between 2014 and 2024. Historical time series were developed for each variable and adjusted using SARIMA and POT models to understand climate dynamics and highlight extreme events. The analysis of the average, minimum, and maximum temperatures showed strong seasonality. Rainfall did not exhibit seasonality and was therefore analyzed using descriptive statistics, supported by graphs to facilitate data interpretation. It was concluded that rainfall in the municipality is highly irregular, with extreme weather events occurring during months with lower precipitation values. Subsequently, the analysis of vegetable production data also employed descriptive and interpretive statistical methods to characterize production, revealing which crops grew and declined during the study period. Chicory was identified as the crop with the greatest decline in productivity, while tomato showed the highest growth. Data integration was performed through multiple linear regression and ADRL methodology to identify the lowest AIC and determine the best model. Both tested models indicated that achieving statistical significance will require future studies with a time series longer than ten years. In summary, this study demonstrates that, although no statistically significant correlations were found, the identified extreme events reveal the vulnerability of production systems to climate fluctuations. Furthermore, it underscores the importance of expanding climatic databases to enhance our understanding of climate dynamics. Such efforts are crucial for ensuring food security, strengthening smallholder producers' resilience, and fostering more sustainable rural development.

KEYWORDS: agrometeorology, SARIMA, time series, climate analysis, Francisco Beltrão - PR.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura agrária em Francisco Beltrão

Figura 2 - Estrutura agrária no Paraná

Figura 3 - Estrutura agrária no Brasil

Figura 4 - Mapa do município de Francisco Beltrão - Paraná

Figura 5 - Série temporal histórica da temperatura média mensal em Francisco Beltrão - PR entre o período de 2014 a 2024

Figura 6 - Decomposição da série temporal histórica de temperatura média mensal

Figura 7 - FAC da série temporal de temperatura média mensal

Figura 8 - FACP da série temporal de temperatura média mensal

Figura 9 - Periodograma dos resíduos da série temporal de temperatura média mensal

Figura 10 - Previsão da temperatura média mensal (2023-2026)

Figura 11 - Gráfico de probabilidade da temperatura média diária por meio da modelagem POT

Figura 12 - Gráfico de comparação de quantis da temperatura média diária

Figura 13 - Gráfico de densidade dos excedentes da temperatura média diária

Figura 14 - Gráfico dos níveis de retorno estimados via modelo POT com distribuição GPD da temperatura média diária

Figura 15 - Série temporal histórica da temperatura mínima mensal em Francisco Beltrão - PR entre o período de 2014 a 2024

Figura 16 - Decomposição da série temporal histórica de temperatura mínima mensal

Figura 17 - FAC da série temporal de temperatura mínima mensal

Figura 18 - FACP da série temporal de temperatura mínima mensal

Figura 19 - Periodograma dos resíduos da série temporal de temperatura mínima mensal

Figura 20 - Previsão da temperatura mínima média mensal (2023-2026)

Figura 21 - Gráfico de probabilidade da temperatura mínima diária por meio da modelagem POT

Figura 22 - Gráfico de comparação de quantis da temperatura mínima diária

Figura 23 - Gráfico de densidade dos excedentes da temperatura mínima diária

Figura 24 - Gráfico dos níveis de retorno estimados via modelo POT com distribuição GPD da temperatura mínima diária

Figura 25 - Série temporal histórica da temperatura máxima mensal em Francisco Beltrão - PR entre o período de 2014 a 2024

Figura 26 - Decomposição da série temporal histórica da temperatura máxima mensal

Figura 27 - FAC da série temporal de temperatura máxima mensal

Figura 28 - FACP da série temporal de temperatura máxima mensal

Figura 29 - Periodograma dos resíduos da modelagem da série temporal máxima mensal

Figura 30 - Previsão temperatura máxima média mensal (2023-2026)

Figura 31 - Gráfico de probabilidade da temperatura máxima diária por meio da modelagem POT

Figura 32 - Gráfico de comparação de quantis da temperatura máxima diária

Figura 33 - Gráfico de densidade dos excedentes da temperatura máxima diária

Figura 34 - Gráfico dos níveis de retorno estimados via modelo POT com distribuição GPD da temperatura máxima diária

Figura 35 - Série temporal histórica da precipitação pluviométrica mensal em Francisco Beltrão - PR entre o período de 2014 a 2024

Figura 36 - Decomposição da série temporal histórica de precipitação pluviométrica mensal

Figura 37 - Precipitação pluviométrica mensal (2014 - 2024)

Figura 38 - Boxplot da precipitação pluviométrica anual

Figura 39 - Boxplot da distribuição mensal da precipitação pluviométrica

Figura 40 - Gráfico de probabilidade da precipitação pluviométrica diária por meio da modelagem POT

Figura 41 - Gráfico de comparação de quantis da precipitação pluviométrica diária

Figura 42 - Gráfico de densidade dos excedentes da temperatura máxima diária

Figura 43 - Gráfico dos níveis de retorno estimados via modelo POT com distribuição GPD da precipitação pluviométrica diária

Figura 44 - Evolução do VBP das culturas de hortaliças entre 2012-2023 em Francisco Beltrão

Figura 45 - Ranking das culturas de hortaliças com maior crescimento percentual do VBP entre 2012-2023

Figura 46 - Ranking das culturas de hortaliças com maior queda percentual do VBP entre 2012-2023

Figura 47 - Evolução da produção total de hortaliças entre 2012 e 2023

Figura 48 - Participação das principais culturas na produção total de hortaliças entre 2012 e 2023

Figura 49 - Divisão da área plantada por cultura de hortaliças entre 2012 e 2023

Figura 50 - Evolução da produtividade total de hortaliças entre 2012 e 2023

Figura 51 - Culturas de hortaliças com maior queda de produtividade entre 2012 e 2023

Figura 52 - Culturas de hortaliças com maior produtividade média entre 2012 e 2023

Figura 53 - Relação entre a precipitação pluviométrica com a produção de hortaliças

Figura 54 - Relação entre a temperatura mínima média e a produção de hortaliças

Figura 55 - Relação entre a temperatura média e a produção de hortaliças

Figura 56 - Relação entre a temperatura máxima média e a produção de hortaliças

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produções acima de 10 milhões de toneladas no Paraná, Safra 22-23

Tabela 2 - Parâmetros do modelo SARIMA da série temporal da temperatura média mensal

Tabela 3 - Métricas dos erros do modelo ajustado à série temporal de temperatura média mensal

Tabela 4 - Coeficientes do modelo SARIMA da série temporal mínima mensal

Tabela 5 - Métricas dos erros do modelo ajustado à série temporal de temperatura mínima mensal

Tabela 6 - Coeficientes do modelo SARIMA da série temporal máxima mensal

Tabela 7 - Coeficientes do modelo SARIMA da série temporal máxima mensal após transformação logarítmica

Tabela 8 - Métricas dos erros do modelo ajustado à série temporal de temperatura máxima mensal

Tabela 9 - Resultados testes de modelagem dos dados de precipitação pluviométrica

Tabela 10 - Estatísticas anuais de precipitação pluviométrica (2014-2024)

Tabela 11 – Estatísticas mensais de precipitação pluviométrica (2014-2024)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Culturas de hortaliças cultivadas em Francisco Beltrão entre 2012-2023

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEN - Agência Estadual de Notícia

ADF - Teste de Dickey-Fuller Aumentado

AIC - Critérios de Informação de Akaike

AR - Autorregressivo

ANOVA - Análise de Variância

CO₂ - Dióxido de Carbono

CONSEA - Conselho Nacional de Segurança Alimentar

CV - Coeficiente de Variação

DERAL/PR - Departamento de Economia Rural do Paraná

ENOS - El Niño-Oscilação Sul

FAC - Função de Autocorrelação

FACP - Função de Autocorrelação Parcial

GEEs - Gases do Efeito Estufa

GPD - Distribuição Generalizada de Pareto

IAS - Índice de Alimentação Saudável

IC - Intervalos de Confiança

IDR/PR - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - Intergovernmental Painel on Climate Change

LGBTQIA+ - Lésbicas, Gays, Bissexuais, Transgêneros, Queers, Intersexuais, Assexuais, demais orientações sexuais

MA - Média Móvel

ME - Erro Médio

MAE - Erro Absoluto Médio

MAPE - Erro Percentual Médio

MASE - Erro Absoluto Escalonado Médio

OMM - Organização Meteorológica Mundial

POT - *Peaks Over Threshold*

PROAGRO - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

RMSE - Erro Quadrático Médio

SARIMA - *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*

TVE - Teoria dos Valores Extremos

VBP - Valor Bruto da Produção

ZARC - Zoneamento Agrícola de Risco Climático

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. OBJETIVO	24
2.1 Objetivos específicos	24
3. REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1 Produção de Alimentos no Brasil	25
3.2 Estrutura Agrária	28
3.3 Clima e Agricultura	35
3.4 Eventos climáticos extremos	40
4. METODOLOGIA	44
4.1 Área de estudo	44
4.2 Levantamento dos dados	45
4.2.1 Dados Climáticos	45
4.2.2 Dados da produção agrícola	52
4.2.3 Clima x Produção Agrícola	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 Temperatura Média	54
5.2 Temperatura Mínima	63
5.3 Temperatura Máxima	74
5.4 Precipitação Pluviométrica	84
5.5 Produção Agrícola	98
5.5.1 Valor Bruto da Produção	99
5.5.2 Produção Física	104
5.5.3 Produtividade	107
5.6 Clima X Produção Agrícola	111
6. CONCLUSÃO	117

7. REFERÊNCIAS	120
-----------------------------	------------

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país vasto, marcado pela diversidade cultural e pela multiplicidade de atividades desenvolvidas por seus habitantes. Entre essas atividades, a produção agrícola destaca-se como uma das mais relevantes, não apenas pelo seu significado econômico, mas também pelo papel fundamental que exerce na segurança alimentar nacional e internacional (BRASIL, 2026). Os habitantes do campo, guiados por tradições e trabalho árduo, são responsáveis por alimentar milhões de pessoas, tanto dentro quanto fora do país (AGÊNCIA GOV, 2024).

A capacidade produtiva brasileira é reconhecida mundialmente, resultado da combinação de fatores como solos férteis, clima favorável, relevo propício, disponibilidade de água e mão de obra dedicada (EMBRAPA, 2025). No entanto, o planeta tem enfrentado mudanças em suas características climáticas, o que pode culminar em desafios crescentes diante dessas adaptações. A intensificação de eventos extremos, como secas, ondas de calor e chuvas intensas é uma preocupação de urgência, visto que o país tem sido marcado por tragédias que cessam, não apenas a produção, mas também diversas vidas (WMO, 2024).

O município do estudo é localizado no estado do Paraná, na região Sul do país, a qual tem enfrentado desafios relacionados com o aumento crescente de precipitações pluviométricas extremas (MARENGO et al., 2021; DUNN et al., 2020). O estado do Paraná, em especial, destaca-se como um dos maiores produtores agrícolas do país, com números expressivos no mercado da soja - principal *commodity* exportado pelo Brasil, sendo responsável por consolidar o estado referência mundial na produção desse grão (PARANÁ, 2023). Esse fator demonstra a capacidade da produção do estado, o qual poderia investir em culturas que se voltam ao abastecimento interno, tendo como foco a soberania alimentar do país.

Entretanto, apesar da forte capacidade de produção do estado, ela é voltada para o mercado externo, visando o lucro de poucos. Dessa forma, a segurança da alimentação dos brasileiros fica em segundo plano dentro da agricultura do estado. Para compreender o papel da agricultura na promoção do bem-estar e do

desenvolvimento saudável da sociedade, é preciso olhar para outro segmento do setor: a agricultura voltada para o abastecimento interno. Especialmente aquela desenvolvida por pequenos e médios produtores, que priorizam a produção de alimentos essenciais para o consumo local, como é o caso das hortaliças.

Neste sentido, ao olharmos para a agricultura presente na região sudoeste do estado do Paraná, depara-se com uma porção de pequenos e médios produtores, os quais chamam a atenção por destoarem da distribuição fundiária do país em geral. Paulino (2021) discute o contexto do monopólio fundiário no Brasil e no Paraná, destacando a perpetuação dos latifúndios e a grilagem de terras como fatores que agravam a má distribuição fundiária. Ademais, Coelho et al. (2019) também dissertam sobre a estrutura agrária paranaense e brasileira, mostrando como processos históricos e socioeconômicos resultaram na concentração de terras e na exclusão de pequenos produtores.

Ao atentar-se à história de lutas da região sudoeste, fica claro o motivo para essa diferenciação do restante do estado. Sabe-se que conflitos pela terra são persistentes até os dias atuais, onde há terra, as tentativas de dominação capitalista estarão presentes. A chamada Revolta dos Posseiros foi uma resposta coletiva às violências praticadas pelas companhias de terras, que, com apoio governamental, utilizavam fraudes e pressões para expulsar ou forçar a venda das terras dos pequenos agricultores já estabelecidos (PRIORI et al., 2012).

A mobilização dos posseiros resultou em uma vitória significativa: a manutenção do direito à terra por parte dos pequenos produtores e a consolidação de uma estrutura fundiária mais homogênea e fragmentada no sudoeste do Paraná. Esse processo histórico, reconhecido por autores como Priori et al. (2012), explica por que a região se destaca hoje pela presença de pequenas e médias propriedades, diferindo do padrão nacional de grandes latifúndios. Assim, ao estudar a agricultura do sudoeste do Paraná, é fundamental considerar esse contexto de luta e resistência, que moldou uma realidade agrária mais justa e plural, com impactos diretos na dinâmica produtiva e social da região.

Essa configuração agrária tem impacto direto na dinâmica produtiva e social da região, especialmente diante dos desafios climáticos atuais. Vale ressaltar que a

produção de hortaliças é desenvolvida majoritariamente por pequenas e médias propriedades. Conforme descrito pela Embrapa (2023), grande parte das hortaliças consumidas no país é fruto da agricultura familiar, voltada para o mercado interno. Essa produção é caracterizada pelo uso intensivo de mão de obra, baixa tecnologia e maior diversificação de culturas, o que aumenta a vulnerabilidade climática desse segmento produtivo. Louzada (2019), disserta sobre a importância da agricultura familiar para o manejo ambiental, a qual seria capaz de reduzir problemáticas enfrentadas no país, incluindo as alterações em características climáticas e ocorrência de eventos extremos. Neste caso a associação de agricultores familiares com a agroecologia pode se tornar uma ferramenta para mitigação das crescentes problemáticas do clima.

Neste contexto, a produção de hortaliças em Francisco Beltrão ganha destaque, pois representa não apenas uma alternativa econômica, mas também uma estratégia fundamental para garantir a diversidade alimentar e a segurança nutricional da população regional. Diante das mudanças climáticas e da intensificação dos eventos extremos, torna-se urgente investigar como esses fenômenos impactam a produção agrícola local, especialmente em culturas que são essenciais para o abastecimento interno.

O presente estudo tem como objetivo principal identificar as possíveis influências que eventos climáticos extremos têm tido sob a produção de diferentes culturas de hortaliças produzidas no município de Francisco Beltrão - PR a partir de uma janela temporal de dez anos. Além disso, identificar a frequência da ocorrência desses eventos, adicionando um potencial de possível integração do monitoramento entre o clima e a produção agrícola.

2 OBJETIVO

Identificar possível influência de eventos climáticos extremos associados a temperatura e a precipitação na produção de diferentes culturas de hortaliças em Francisco Beltrão - PR entre os anos de 2012-2024.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar queda ou crescimento nas taxas de produção das culturas selecionadas no período;
- Apontar eventos climáticos extremos que ocorreram durante o período de estudo;
- Identificar possíveis relações entre as características climáticas registradas na região com a produção das culturas selecionadas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produção de Alimentos no Brasil

A alimentação é um pilar essencial para o desenvolvimento da sociedade e é dependente da mesma. Dessa forma, as interferências antrópicas podem influenciar na dinâmica alimentar, afetando áreas como a produção e a democratização dos alimentos. A alimentação é fundamental para a sobrevivência humana, porém, a comida carrega consigo significados mais complexos, caracterizando culturas e organizações sociais. Isso reflete tradições e práticas de diferentes povos em torno do meio em que vivem (CARNEIRO, 2005).

Com o passar dos séculos, vimos diversas adaptações na produção de alimentos. Em momentos mais remotos, temos como exemplo a introdução do fogo, a qual causou modificações na dinâmica alimentar da época, introduzindo alimentos cozidos para a dieta. Num período mais recente, o surgimento de *fast-food* trouxe alimentos ultraprocessados para a alimentação dos indivíduos, que devido a uma rotina agitada buscava facilidade na preparação dos alimentos (CARNEIRO, 2005).

No Brasil, a agricultura familiar desempenha papel central na produção de diversos alimentos básicos consumidos pela população (HOFFMAN, 2014). Em termos de horticultura, o papel da agricultura familiar é indispensável para abastecimento interno (GUIDOLINI, 2017). Seu desempenho influencia na dinâmica alimentar do país, assim, os agricultores familiares possuem grande importância no enfrentamento da insegurança alimentar presente no país.

A literatura aponta que a dieta da população adulta brasileira apresenta baixa frequência de consumo de legumes e hortaliças, com diferenças expressivas entre grupos populacionais e ao longo do tempo, conforme evidenciado por análises do VIGITEL (Veiga et al., 2025). A dieta dos brasileiros é caracterizada pelo baixo consumo de verduras, legumes e frutas, no entanto a participação de gorduras saturadas e carnes são notoriamente elevadas (MOREIRA et al., 2015).

O alto consumo de produtos ricos em gorduras e carnes são reflexo de uma intensa estratégia publicitária promovida por grandes empresas e indústrias do ramo alimentício. Isso é refletido sobre os padrões e as escolhas alimentares dos brasileiros, o que impacta de maneira prejudicial nos hábitos diários e nas

preferências nutricionais. A realidade enfrentada no país hoje é consequência de diferentes déficits sociais, a falta de informações sobre práticas saudáveis e alimentação de qualidade também podem ser apontadas como parte da problemática atual (MATTOS; GUERIN; TEN CATE, 2023).

Os alimentos ultraprocessados são um problema de saúde pública mundial, como levantado por Monteiro et al. (2018), são produtos com baixo valor nutricional e associados a uma crescente de doenças crônicas como a obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares. Os autores abordam uma crítica às indústrias alimentícias que promovem a inserção de ultraprocessados no mercado de países em desenvolvimento, onde a população é mais vulnerável economicamente. Logo, os países mais pobres são os mais atingidos com a desnutrição, doenças e insegurança alimentar, reflexo da propaganda alimentícia intensa, da falta de conhecimento sobre uma alimentação saudável e da restrição do acesso democrático aos alimentos.

No estudo realizado por Lins et al. (2013), é notório o predomínio de obesidade entre mulheres de baixa renda e com baixa escolaridade. Nesse caso, as escolhas e preferências alimentares das mulheres estudadas são reflexo da falha na educação alimentar desde o início do desenvolvimento educacional. Além disso, o consumo insuficiente de legumes, verduras e frutas pode colaborar para o surgimento de outras patologias. Consoante a isso, Monteiro, Conde e Castro (2003), ressaltam a tendência crescente da obesidade entre indivíduos que vivem em vulnerabilidade social no Brasil, o que reforça a relação nociva entre o acesso a uma dieta de qualidade e a população mais pobre do país.

A realidade enfrentada por brasileiros de baixa renda é reforçada quando comparada ao que é indicado ao consumo pelo Guia Alimentar para a População Brasileira de 2006, com baixo consumo de verduras, frutas e legumes. O que provoca os resultados alarmantes de uma dieta rica em óleos, gorduras, açúcar, carnes e ovo (BORGES et al., 2015). Essa discussão não é de hoje, em estudos anteriores o baixo consumo de legumes, verduras e frutas era uma preocupação para com os brasileiros, a diminuição dos preços de produtos orgânicos são soluções apontadas para facilitar a inclusão desses alimentos na dieta (CLARO et al., 2007).

Entretanto, a discussão sobre a baixa qualidade da alimentação dos brasileiros é apenas uma entre as problemáticas enfrentadas. Embora a diminuição no número

da população exposta à insegurança alimentar severa, a fome ainda é a realidade de 2,7 milhões de brasileiros (AGÊNCIA BRASIL, 2024). Em paralelo a isso, as discussões sobre segurança alimentar são recentes no país, tendo como as primeiras iniciativas a instalação do Conselho Nacional de Segurança Alimentar (CONSEA) em 1993 pelo governo de Itamar Franco (MALUF; MENEZES; VALENTE, 1996).

A comida é mais que um ato cotidiano, ela transmite questões profundas de pertencimento social, manifestando a conexão intrínseca entre o espaço geográfico e a população que ali vive. Isso é refletido nas mesas dos brasileiros, como evidenciado em diferentes estudos em torno de todo o Brasil, um país com grandes extensões territoriais e manifestações culturais diversas (SOUSA; BRITO; MONTEIRO, 2024; SILVA; MENEZES, 2021; FERREIRA; CHELOTTI, 2024).

Transformar a alimentação num processo mecanizado, ignorando sua contribuição à expressão cultural e identitária de um povo, resulta na perda de saberes tradicionais, narrativas e realidades do ser. Entretanto, a mercantilização dos alimentos é uma realidade do sistema econômico em que estamos inseridos, como evidenciado por Azevedo (2017):

Apesar das suas claras relações com a cultura local, a religião, o gosto, a tradição, o simbolismo e a identidade, a comida tem sido produzida como uma mercadoria sob as premissas de um sistema e de uma política agroalimentar de caráter global, dominada por corporações agroalimentares transnacionais, o que envolve uma forma legitimada de agrobiopoder e de ameaça à soberania alimentar, além de impactos culturais e socioambientais significativos (AZEVEDO, 2017, p. 287).

Consoante a isso, ao analisarmos a produção de alimentos apenas do viés econômico, perde-se a simbologia, a herança cultural, as histórias que a comida possui na vida de todos. Isto é, a comida transmite a relação que aquele grupo de pessoas cultiva com o meio em que está inserido, evidenciando a complexidade da experiência humana. A transformação de comida em mercadoria está associada à limitação do acesso democrático, evidenciando disparidades socioeconômicas que impactam, sobretudo, populações que vivem em vulnerabilidade social (GUERRA; SILVA, 2022; MATTES; DUPRAT; GUSSO, 2022).

Simon, Oliveira e Bleil (2018) abordam a realidade no Paraná, a relação que moradores do sudoeste paranaense têm com a agricultura local, visando a mercantilização desde os pioneiros:

Foi relatado nas entrevistas que, no início da colonização do município, a produção era basicamente a monocultura, produzindo somente o básico para a sobrevivência em minifúndios. Mas com o passar dos anos isso foi mudando, juntamente com as tecnologias do campo e a obtenção de latifúndios (SIMON; OLIVEIRA; BLEIL, 2018, p. 36).

Os autores destacam falas de moradores que evidenciam a importância do milho, da soja e do fumo para a região. O milho era destinado principalmente a uma indústria alimentícia de carne, consolidada na região, onde era processado para a produção de ração animal. A soja, por sua vez, tinha como destinos principais o Porto de Paranaguá, para exportação, ou indústrias regionais de óleo vegetal.

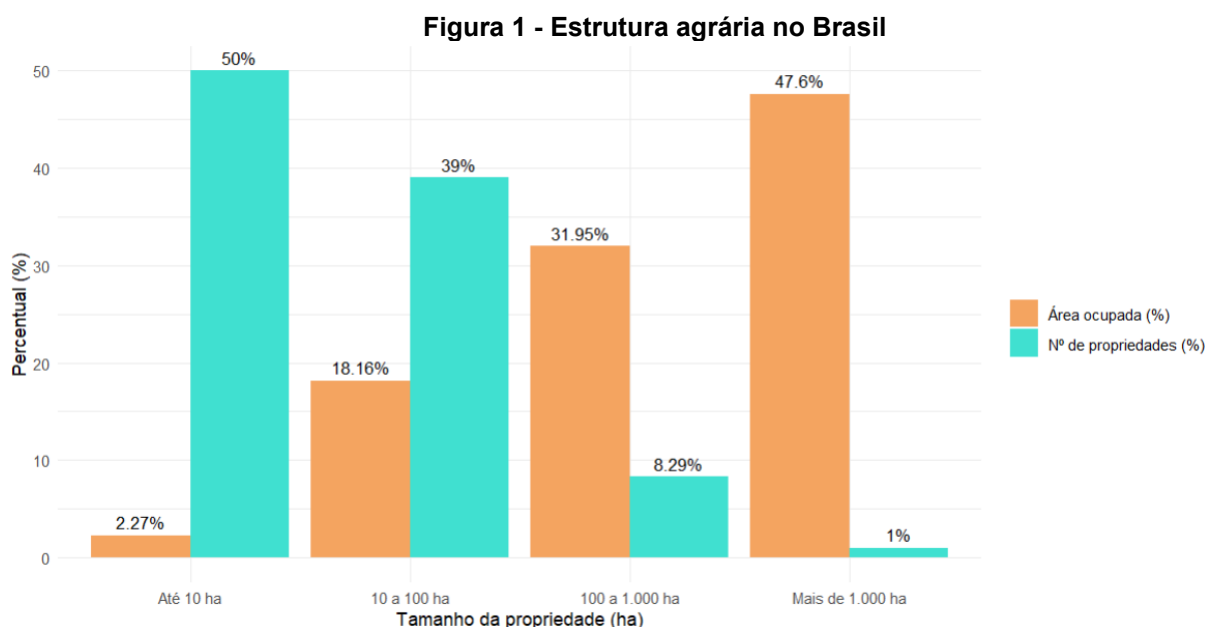
Atualmente, o estado do Paraná destaca-se como referência na produção agrícola, atingiu em 2021, o Valor Bruto da Produção (VBP) de R\$180,6 bilhões (PARANÁ, 2023). Contudo, o foco das produções é a exportação que, em 2020, totalizaram US\$16.255.783 (CUNHA, 2024). Este cenário evidencia que, apesar do grande volume da produção agropecuária do estado, são destinados à demanda internacional.

O Brasil é um país agroexportador, com uma produção agrícola significativa, que domina parte da economia. Essa afirmação nos leva ao pensamento de que um país grande produtor de alimentos poderia garantir a segurança de sua população. No entanto, a realidade de muitas famílias brasileiras é marcada pela insegurança alimentar, expondo uma contradição: de um país que tem elevada produção agrícola e ainda enfrenta dificuldades para garantir a segurança alimentar de sua população.

3.2 Estrutura Agrária

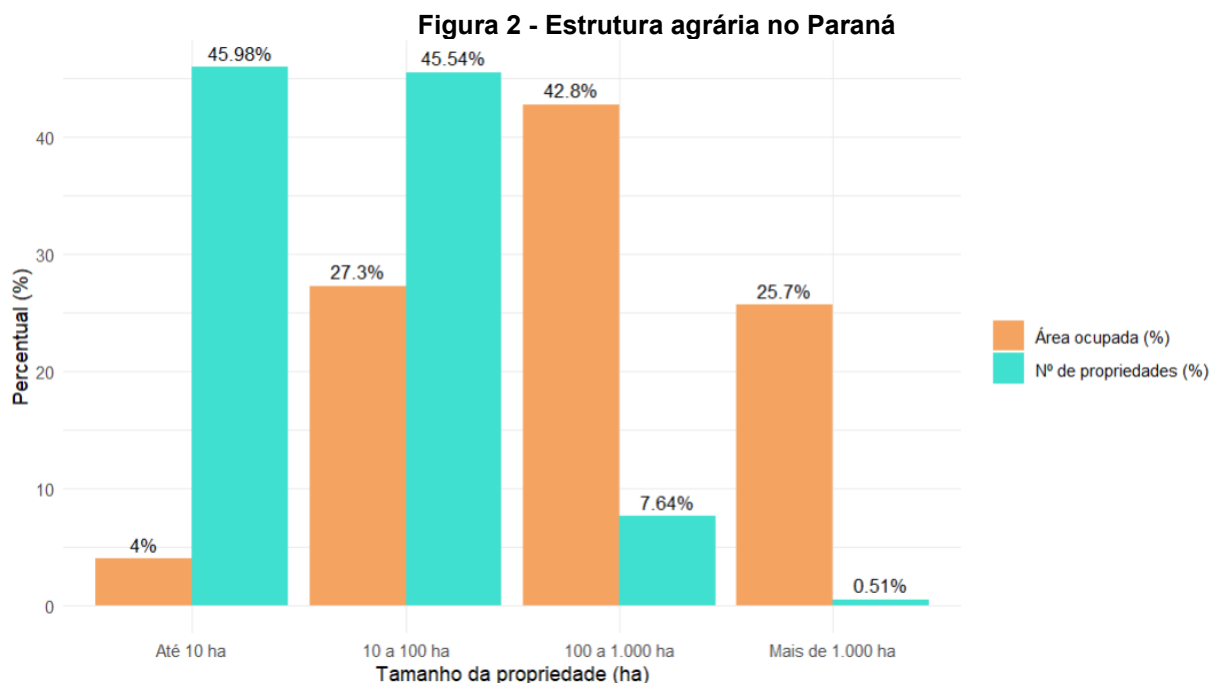
Os padrões de concentração fundiária que caracterizam a estrutura agrária brasileira, veem sendo construídos desde o período colonial, especialmente com a instituição das capitâneas hereditárias (VILAS BOAS, 2018). Os dados (Figura 1) expõem uma dicotomia estrutural: enquanto as pequenas propriedades (até 10

hectares) correspondem a aproximadamente 50% de todas as propriedades agropecuárias do país, elas detêm apenas 2,27% da área total ocupada. A dominação de grandes latifundiários é gritante e evidencia um cenário de profunda desigualdade, característica histórica da formação socioespacial do Brasil (ZENERATTI, 2021). Assim, observa-se a hegemonia dos grandes latifúndios, com mais de 1.000 hectares, totalizam 47,6% de toda a área ocupada no Brasil por estabelecimentos agropecuários, e constituem meros 1% de todas as propriedades.



Fonte: Adaptado de Censo Agro do IBGE, 2017

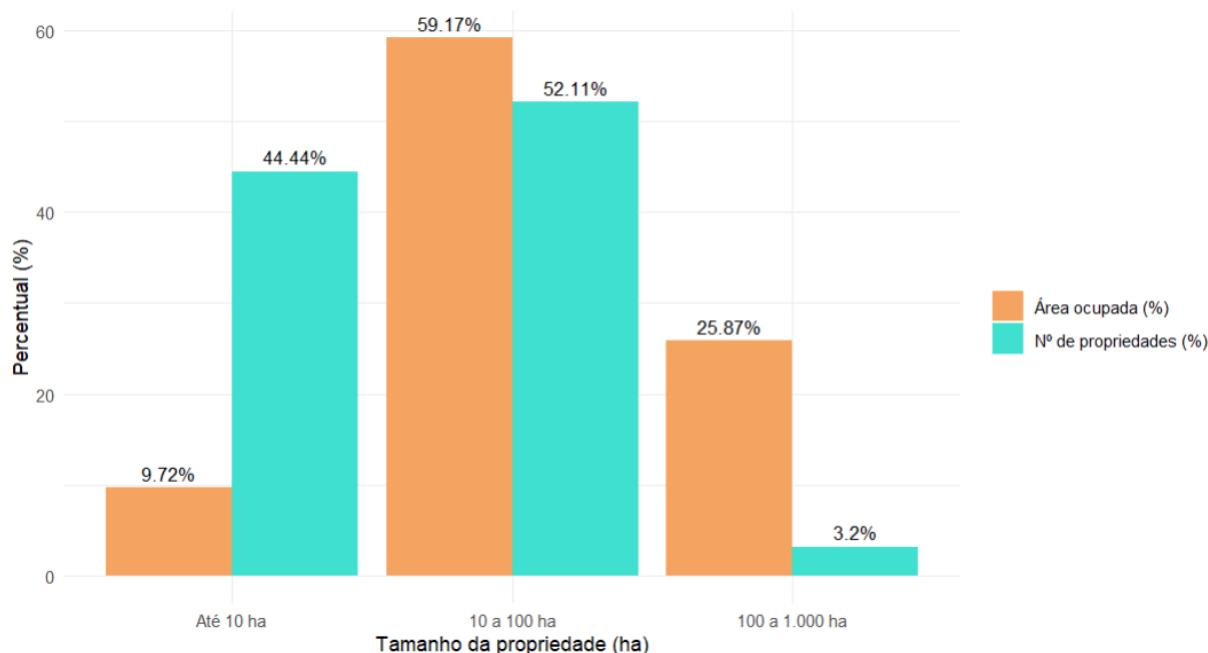
A estrutura agrária do Paraná vem sendo moldada ao longo dos anos por processos históricos e socioeconômicos, os quais resultaram na ascensão do estabelecimento de propriedades privadas e da capitalização da agricultura (COELHO et al., 2019). Na Figura 2 está disposta a organização da concentração de terras no estado do Paraná. Neste gráfico fica ainda mais evidente a desigualdade enfrentada pelos produtores, pois nota-se que as pequenas e médias propriedades totalizam quase 100% do número das propriedades. Em contrapartida, representam apenas 31% das áreas ocupadas. A ocupação das terras é dominada por estabelecimentos entre 100 e mais de 1.000 hectares, porém representam 8% de todos os estabelecimentos agropecuários presentes no estado.



Fonte: Adaptado de Censo Agro do IBGE, 2017

A Figura 3 apresenta a concentração de terras na cidade de Francisco Beltrão, e é notório que a composição principal é dada por pequenas e médias propriedades rurais. Destaca-se que mais da metade dos estabelecimentos agropecuários situam-se na faixa entre 10 e 100 hectares, caracterizadas como médias propriedades. Entretanto, propriedades maiores (100 a 1000 hectares) ocupam uma área significativa, 25,87% do total, embora representem apenas 3,2% das propriedades rurais. Em contraste a isso, as propriedades menores (até 10 hectares) correspondem a 44,44% dos estabelecimentos, ocupando somente 9,72% da área.

Figura 3 - Estrutura agrária em Francisco Beltrão



Fonte: Adaptado de Censo Agro do IBGE, 2017

Os grandes pedaços de terra têm seus dados atrelados às produções agrícolas do estado que abrangem majoritariamente soja, milho e cana-de-açúcar conforme pode ser visualizado na Tabela 1, excluindo a produção de hortaliças. Produtos como a soja lideram o ramo de exportações do Paraná, atingindo US\$5,1 bilhões de dólares e apresentando um aumento de 1,8% nas vendas comparado ao ano anterior (IPARDES, 2024). Além disso, a cana-de-açúcar apresentou a maior produção em toneladas na safra 22-23 e possui avanço na safra de 23-24, destacando o Paraná como um dos cinco maiores produtores dessa cultura no Brasil (CONAB, 2024). Segundo a Agência Estadual de Notícia (AEN), em 2023 a exportação do Paraná foi de 2,59 milhões de toneladas de açúcar, produto extraído da cana-de-açúcar, valor o qual foi inferior ao ano anterior que registrou 2,69 milhões.

Tabela 1 - Produções acima de 10 milhões de toneladas no Paraná, Safra 22-23

	Área (ha)	Produção (t)
Soja	5.802.213	22.440.951,2
Milho (1ª e 2ª safra)	2.727.836	17.793.487,8
Cana-de-açúcar	504.504,2	36.600.807,5

Fonte: PARANÁ/SEAD/DERAL (2024), adaptado pela autora¹

Em paralelo ao que foi pontuado, os produtos notórios do estado do Paraná são direcionados à exportação, como *commodities*. Dessa forma, a produção de alimentos para a população brasileira não é o enfoque do estado. Em concordância ao que foi dissertado por Louzada (2019):

[...] o grande número de agricultores familiares não ocupa uma parte significativa das terras agricultáveis brasileiras, devido já serem ocupadas pela produção de grãos em grande escala, entretanto, os 30,5% das terras utilizadas pela agricultura familiar produzem esmagadoramente a maioria dos alimentos consumidos no país (LOUZADA, 2019, p. 6).

Espaços que poderiam estar sendo ocupados para produção voltada à população brasileira, como a horticultura, são preenchidas por culturas que se voltam ao mercado externo. Em paralelo a isto, a desigualdade de gênero no contexto rural também constitui a organização da estrutura fundiária. Como evidenciado por Santos et al. (2021), o patriarcado atua como um mecanismo de manutenção da hegemonia masculina, marginalizando grupos que não seguem os padrões tradicionais de gênero. A luta histórica das mulheres no campo é marcada pela busca de reconhecimento do seu trabalho e de sua cidadania. Essa dinâmica alimenta um modelo de produção tido padrão, com grandes latifúndios de monocultura e forte presença masculina que vem prejudicando a preservação de biomas e impactando em questões climáticas (SANTOS, 2020).

A invisibilização é refletida, por exemplo, na disparidade do número de estabelecimentos geridos por mulheres no Paraná, onde a participação feminina na posse de propriedades agrícolas permanece inferior à masculina. Conforme destacado por Faria (2009), essa realidade evidencia a necessidade de uma luta contínua por parte das mulheres para garantir seu direito à titulação da terra, um processo que reflete as barreiras estruturais e culturais que perpetuam a desigualdade de gênero no campo.

¹ Dados originais disponíveis em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>. Média calculada pelo autor com base na série de 1997-2023.

Santos et al. (2021), disserta sobre a presença desse modelo tradicional de agricultura que desencadeia outra problemática, a perda de saberes tradicionais das mulheres camponesas, como dissertado:

A noção de progresso tecnológico, nesse sentido, passa a ser sinônimo de acesso a insumos e equipamentos agrícolas nos sistemas de produção – e do conhecimento – na qual se assumem supostas neutralidade e imparcialidade da ciência e da tecnologia. Assim, excluiu-se o trabalho moldado de forma diversa àquela considerada moderna, desprezando todo o conhecimento e procedimento que não se adequasse ao chamado “pacote tecnológico”. Portanto, toda a prática de saberes alicerçada em conhecimentos de povos e comunidades tradicionais camponesas, principalmente os saberes das mulheres, foi marginalizada (SANTOS et al., 2021, p. 162).

A substituição de saberes tradicionais pela tecnologia, contribui para a desvalorização desses conhecimentos e pode resultar no esquecimento ao longo dos anos. A inserção de tecnologias na agricultura foi amplamente defendida como solução para a crise agrária, desviando o foco das questões estruturais, como a concentração fundiária e má distribuição de terras (COELHO et al., 2019). Nesse contexto, a mecanização e a industrialização do campo deram início a uma trajetória que resulta no que hoje conhecemos como o agronegócio. Conforme discutido por Coelho et al. (2019), esse processo ocasionou na substituição progressiva de trabalhadores rurais por máquinas, visando o aumento da produtividade.

A relação do capitalismo com o campo, trouxe mazelas em diferentes âmbitos e até hoje é propagada por uma grande estratégia midiática e publicitária que defende o agronegócio (DOS SANTOS; DA SILVA; MACIEL, 2019). A luta pela terra é uma das problemáticas enfrentadas com a mercantilização do espaço, dessa forma, no Paraná, camponeses e trabalhadores rurais tiveram que conquistar seu espaço no campo, que fora tomado por grandes proprietários de terra (FABRINI; ROOS; MARQUES, 2000).

A presença do latifúndio no Paraná foi enraizada ao longo dos anos e persiste até os dias atuais, os poderes Executivo, Legislativo e Judiciário são participantes ativos na perpetuação da permanência de latifúndios (PAULINO, 2021). A autora ainda alerta sobre a questão da grilagem no estado, nesse caso denuncia que, no Paraná, “dos 399 municípios, há 214 com dimensões territoriais inferiores à soma das

áreas certificadas como pertencentes aos imóveis rurais, totalizando 2.707.085 hectares a mais que a área possível” (PAULINO, 2021, p. 88).

Coelho et al. (2019) acrescentam à análise os impactos decorrentes que a industrialização no campo tem perante o meio:

Essas ações estimularam o processo de desenvolvimento capitalista no campo, mas não resultaram em um desenvolvimento rural efetivo, haja vista que a expansão da fronteira agrícola e da área plantada ocasionou um processo de êxodo rural e de alteração dos meios de vida, da paisagem, danos ao meio ambiente, bem como a diminuição da área de produção de alimentos, dando lugar à produção de commodities (COELHO et al., 2019, p. 28).

A saída da população da zona rural em busca de oportunidade em áreas urbanas, devido a expulsão dos pequenos produtores do campo, contribui para a consolidação da má distribuição fundiária. Assim, o pequeno produtor se vê num deslocamento forçado em direção aos centros urbanos, onde enfrentam a marginalização socioeconômica. O atual sistema agropecuário, pautado na larga escala da produção e na exportação de *commodities*, promove a desconexão dos indivíduos de seus espaços geográficos, nos quais construíram sua identidade e seu modo de vida ao longo de gerações. Somado a isso, esse modelo possui impactos ambientais significativos, que degradam o meio e falha na garantia da segurança alimentar da população, uma vez que prioriza o lucro de poucos em detrimento da produção de alimentos para o mercado interno.

A agricultura familiar aparece como uma opção ao meio rural com maior eficiência, como apontado por Louzada (2019). Esse modelo busca a valorização das culturas plantadas e com objetivo de alimentar a população regional com a sua produção agrícola. Consoante a isso, dados do IBGE (2020), apresentam a participação de 76,8% de agricultores familiares em todos os estabelecimentos agropecuários brasileiros.

A agricultura familiar é mais impactada com as alterações na dinâmica do meio, com recursos financeiros escassos, a família depende da produção para sobrevivência (OLIVEIRA; PRADO; MONTEIRO, 2022). Dessa forma, a família direciona integralmente seu capital em prol da atividade agrícola, estabelecendo uma relação de dependência direta dos recursos naturais disponíveis no ecossistema local. Essa condição torna os pequenos produtores mais vulneráveis às mudanças na

dinâmica climática, como variação da temperatura, padrões pluviométricos e eventos climáticos extremos. Com a produção agrícola ligada significativamente ao comportamento do meio, a segurança alimentar daqueles que consomem o que é produzido torna-se subordinada às condições ambientais. Essa dependência evidencia a fragilidade do funcionamento desse sistema.

Nogueira et al. (2020) também disserta sobre a vulnerabilidade de pequenos produtores frente às alterações nas características climáticas de onde vivem, especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Os autores destacam que fatores como o nível de escolaridade, especificação em áreas agropecuárias e suporte técnico são elementos essenciais para facilitar a adaptação desses produtores aos impactos resultantes das condições climáticas. Paralelamente, Nelson et al. (2014), indica que as mudanças no clima terão implicações significativas na dinâmica da agricultura global, interferindo diretamente em aspectos como a produção e o consumo de alimentos. Essas transformações podem ocasionar o aumento nos preços dos alimentos, afetando, sobretudo, famílias que vivem em vulnerabilidade socioeconômica.

Aliado a isso, a agricultura familiar desempenha um papel fundamental na propagação da produção sustentável, visto que a degradação do meio tem sido uma problemática enfrentada pelo atual modelo de agricultura. Segundo Mariani e Henkes (2014), os pequenos produtores têm a capacidade de restaurar o equilíbrio ambiental, apresentando resultados positivos com uma produção orgânica rentável. O cuidado com o solo é um elemento essencial para a preservação de um ecossistema, uma vez que as mudanças no uso da terra podem intensificar as alterações nas condições climáticas. No contexto do agronegócio, práticas como queimadas e desmatamento, são frequentemente utilizadas para o fim da instauração de áreas de pastagem e monocultura, o que contribui para a degradação do solo e em consequência, da biodiversidade.

3.3 Clima e Agricultura

O clima é fundamental para o desenvolvimento da produção agrícola, sendo assim, mesmo moderadas alterações nas características climáticas podem refletir em impactos sobre a agricultura. Variações como o aumento da temperatura podem

limitar o crescimento de culturas que exigem temperaturas mais amenas, como é o caso da alface e do brócolis (LIMA, 2016). Além disso, o estresse hídrico é outro fator que pode determinar o desenvolvimento fenológico, como em casos de secas prolongadas ou maior demanda de água devido à necessidade de resfriamento em resposta ao aumento da temperatura.

Estudos sobre o clima têm apontado que a emissão exacerbada de gases do efeito estufa (GEEs) podem induzir transformações nas características climáticas globais (RIPPLE et al., 2024; REDLIN; GRIES, 2021). As alterações no clima decorrem da atuação conjunta de processos internos ao sistema climático e de forçantes externas. Entre estas, destacam-se as forçantes antrópicas, associadas principalmente às emissões intensificadas de dióxido de carbono (CO₂) provenientes da queima de combustíveis fósseis. Entretanto, vale ressaltar a presença de outro gás que contribui para o aumento da temperatura global, o metano (CH₄) (SHAN et al., 2025). Processos de resposta lenta, como as variações nos oceanos e nas massas glaciais, exercem influência em escalas temporais de longo prazo, uma vez que envolvem alterações graduais na temperatura média e nos padrões de circulação global. A interação desses processos com mecanismos de resposta rápida pode potencializar a ocorrência de eventos climáticos de grande magnitude, como o El Niño, caracterizado por uma complexa interação oceano-atmosfera (SOARES, 2015).

As variáveis climáticas como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, constituem elementos essenciais que caracterizam o clima e exercem influência direta na vida dos habitantes em diferentes regiões do mundo (YANG *et al.*, 2024). Partindo da premissa que o espaço geográfico é permanentemente moldado pela dinâmica entre o meio natural e a ação humana, é possível compreender como diferentes sociedades se organizam e desenvolvem uma relação intrínseca com as condições climáticas de seu território (CARLETON; HSIANG, 2016).

Para elucidar essa complexa interação, Milton Santos (2006) disserta sobre a conjuntura entre “fixos e fluxos”, uma teoria que é relevante para o entendimento da dinâmica entre clima e agricultura. Sob essa ótica, o clima pode ser entendido como um “fixo”, um condicionante natural preexistente que já compõe a estrutura física do espaço. Ele impõe limites e possibilidades, definindo biomas, sazonalidade e massas de ar. Contudo, este fixo natural é incessantemente transformado pelos “fluxos” das

atividades antrópicas. No que diz respeito à plantação de hortaliças, esses fluxos são materializados nas práticas agrícolas (irrigação, plantação, seleção de culturas etc.), na logística de distribuição e nas cadeias de produção que respondem às exigências do mercado.

Dessa forma, podemos notar que a produção de hortaliças não é meramente passiva ao “fixo” climático, mas também representa um “fluxo” socioeconômico. O clima passa a ser mais que um determinante, mas pode ser visto como um colaborador da ação humana.

Com isso, a análise da dinâmica das massas de ar colabora para a compreensão do comportamento climático em determinada região. Cada massa de ar possui suas propriedades, são alteradas conforme sua interação com elementos geográficos e podem se sobrepor em curtos períodos (BORSATO; MASSOQUIM, 2020). A centralidade dos oceanos nos leva, por fim, ao fenômeno climático natural conhecido como El Niño-Oscilação Sul (ENOS), cujas fases El Niño e La Niña impactam significativamente no clima brasileiro. O entendimento do ENOS é crucial, já que ele atua como um modulador de larga escala, influenciando a intensidade e a frequência de massas de ar e da própria ZCIT, podendo potencializar ou atenuar eventos de seca, extremos chuvosos e calor (SANCHES et al., 2020).

No caso da região Sul do Brasil, as massas de ar que mais impactam no comportamento climático são: a Massa Tropical Continental e a Massa Polar Antártica. A Massa Tropical Continental, de origem continental e características quentes e secas, atua predominantemente a partir do interior do continente sul-americano, favorecendo a ocorrência de elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e estabilidade atmosférica, o que resulta em longos períodos seco, especialmente quando sua atuação se prolonga sobre a região Sul (BORSATO; MENDONÇA, 2015a). Embora sua influência seja mais frequente e intensa nas estações mais quentes, sua atuação pode ocorrer ao longo de todo o ano, principalmente quando há o enfraquecimento ou afastamento das massas polares.

Em contraste, a Massa Polar Antártica, caracterizada por ar frio e denso, avança a partir das altas latitudes do hemisfério sul e exerce papel fundamental no controle térmico da região Sul do Brasil, sobretudo durante o outono e o inverno. Sua incursão está associada à queda acentuada das temperaturas, à ocorrência de

geadas, friagens, estabilidade atmosférica pós-frontal e, em determinados episódios, à formação de eventos extremos de frio (BORSATO; MENDONÇA, 2015b). Trata-se de um sistema atmosférico transiente, porém recorrente, que pode atuar em diferentes épocas do ano, ainda que com maior frequência no período frio.

Conforme o que foi dissertado pelos autores (BORSATO; MENDONÇA, 2015a; BORSATO; MENDONÇA, 2015b) a alternância e a interação entre essas massas de ar condicionam o ritmo climático regional, influenciando diretamente a distribuição das chuvas, a variabilidade térmica e a sucessão dos tipos de tempo. Essa dinâmica repercute de maneira significativa no cotidiano da população sul-brasileira, afetando setores como a agricultura, o abastecimento hídrico, a saúde pública e as práticas sociais, uma vez que períodos prolongados de calor, estiagem ou frio intenso impõem desafios à organização das atividades humanas.

Com isso, o sistema solo-planta-atmosfera apresenta relevância para a discussão de alterações na dinâmica do clima, possuindo uma relação de interdependência entre os três elementos (SILVA; LAMBERS, 2020). Dessa forma, o solo e a atmosfera são fundamentais para um desenvolvimento adequado da planta, fornecendo nutrientes, água e condições favoráveis. Variáveis climáticas como umidade do ar, radiação solar, temperatura são exemplos de elementos presentes na evapotranspiração, a qual colabora para manutenção do sistema hidrológico. Somado a isso, os solos não saturados possuem um papel substancial de transporte e armazenamento da água, o que impacta a disponibilidade hídrica e a dinâmica da energia e do vapor com a atmosfera. Assim, a energia solar impulsiona esses processos e a vegetação regula a troca de massa e energia com o ambiente (BORMA et al., 2015).

Uma mudança nas características climáticas pode gerar impactos significativos no comportamento do solo, como temperatura, concentração de CO₂ e teor de umidade. O aumento da temperatura, por exemplo, compromete a qualidade do solo ao reduzir a atividade microbológica, o que implica na decomposição da matéria orgânica (SHARMA et al., 2022). Ainda, influencia negativamente a absorção de

nutrientes, altera as taxas de nitrificação² e intensifica o processo de intemperismo químico-mineral (CORDOVIL et al., 2024). Esses efeitos evidenciam a dinâmica de interdependência entre o solo e o clima, uma vez que a variabilidade climática impacta diretamente na qualidade do solo utilizado na agricultura.

A presença de eventos climáticos extremos e alterações nas características climáticas refletem impactos negativos especialmente na agricultura, tendo a agricultura familiar como a mais vulnerável (NEPOMOCENO; CARNIATTO, 2023). A participação de instituições privadas e governamentais, integradas ao conhecimento empírico dos trabalhadores rurais, culmina em uma tomada de decisões que se mostram benéficas ao setor agrícola. Embora a agropecuária seja o setor com maiores emissões de GEEs no Brasil, possui um potencial significativo de mitigação e adaptação às alterações climáticas, aliados ao resgate de conhecimentos tradicionais e conservação da biodiversidade (FRANÇA et al., 2024).

O monitoramento agrícola é essencial no contexto de boa desenvoltura da plantação, tendo o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) como exemplo. A integração entre ciência e agricultura possibilita acompanhar progressivamente as alterações no plantio, em um projeto desenvolvido em parceria com o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) (SANTOS; MARTINS, 2016). O Proagro tem como objetivo proteger produtores rurais contra perdas ocasionadas por fenômenos naturais, como geadas, secas, granizo, grandes concentrações de chuva, entre outros. O programa isenta os produtores de pagarem os custos quando há prejuízo por eventos naturais e incentiva-os a utilizar tecnologias que aprimorem o monitoramento, como o ZARC (MITIDIARI; MEDEIROS, 2008).

Outra estratégia para mitigar perdas climáticas são os calendários agrícolas, que possuem como objetivo organizar as atividades agrícolas durante o ano. São caracterizados por Fontana et al. (2015) como:

Os calendários agrícolas correspondem a tabelas que contêm a informação da porcentagem de área cultivada que se encontra em determinado subperíodo do ciclo da cultura (desenvolvimento

² A nitrificação é a oxidação biológica da amônia a nitrato via nitrito, realizada por bactérias sensíveis e de crescimento lento, sendo um processo crítico e instável em estações de tratamento de esgoto (BELLUCCI; CURTIS, 2011).

vegetativo, florescimento, enchimento de grãos e maturação), sendo elaborado, de modo geral, por instituições públicas de extensão rural (FONTANA et al., 2015, p. 351).

Conforme o descrito, os calendários agrícolas estão disponíveis para agregar os conhecimentos dos produtores rurais, a fim de reduzir as perdas ocasionadas por climas adversos. O planejamento das safras é essencial para evitar prejuízos econômicos no setor agrícola, que sofre diretamente com as alterações climáticas.

3.4 Eventos climáticos extremos

Conforme descrito pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2012), um evento climático extremo é caracterizado como tal quando variáveis climáticas, como temperatura, precipitação ou vento, se aproximam ou ultrapassam os limites históricos. Marchezini et al. (2023) discutem que os eventos extremos podem ser classificados em eventos extremos de tempo e eventos extremos de clima. A distinção entre eles está na abrangência das ocorrências: eventos extremos de tempo são desencadeados por variações inesperadas na atmosfera, com durações de horas a semanas. Os eventos extremos de clima resultam da ocorrência ou intensificação gradual de eventos extremos de tempo, apresentando maior duração e com tendência a amplificação ao longo do tempo.

Marengo (2024, p. 2) define evento climático extremo como “uma situação rara em um determinado local e época do ano. Um evento climático ou meteorológico extremo resulta em uma séria interrupção no funcionamento normal de uma comunidade, afetando seu cotidiano”. O autor ainda ressalta que o desenvolvimento de pesquisas dentro desse escopo é necessário a fim de compreender as tendências atuais. Eventos como estes afetam a população tanto diretamente, como em ocorrência de tornados, enchentes, como indiretamente, quando interfere em plantações e na economia.

Segundo o relatório da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2024) o ano de 2024 foi marcado por eventos climáticos extremos e registrou uma anomalia na temperatura global de 1,55°C acima da média entre os anos 1850-1900, sendo, portanto, o ano mais quente dos últimos 175 anos. Até então, o ano de 2023 havia sido o ano mais quente já registrado, com valores de 1,45°C acima do período referenciado anteriormente. No contexto de precipitações, a América do Sul enfrentou

condições mais secas que a média climatológica, entretanto, outras regiões como Europa central registraram valores acima do normal. Esses extremos climáticos bateram recordes no ano de 2024, agravando crises humanitárias, insegurança alimentar e danos ambientais em escala global.

Vale ressaltar que o ano de 2024 bateu recordes na ocorrência de eventos climáticos meteorológicos e hidrológicos extremos, destacando dez desastres apenas no Brasil (MundoGEO, 2025). Dentre as ocorrências, podemos citar as secas generalizadas no Pantanal e na Amazônia e as inundações no Rio Grande do Sul, ocasionadas devido às altas precipitações pluviométricas. O município de Rio Bonito do Iguaçu (PR) em novembro de 2025, foi atingido por um tornado, caracterizado como um evento climático extremo de elevada intensidade, associado a condições atmosféricas de forte instabilidade (PARANÁ, 2025).

Os eventos climáticos extremos têm sido uma preocupação urgente no país, que apresenta uma crescente de estudos e notícias sobre o tema (FARIA; SKAMVETSAKIS, 2025; REBOITA *et al.*, 2024; PARANÁ, 2025). De acordo com a revisão sistemática conduzida por Kafi e Ponrahono (2024), há evidências científicas robustas de que os eventos climáticos e meteorológicos extremos vêm se intensificando, elevando os riscos socioeconômicos e ambientais, especialmente em regiões mais vulneráveis. O Brasil, possuindo a agricultura como um pilar principal na sua economia, pode sofrer diversos obstáculos com a crescente na tendência de ocorrência desses eventos. Segundo a análise desenvolvida pelo Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o número de eventos que marcam ondas de calor aumentou em quatro vezes somente nos últimos 30 anos. No contexto das variabilidades pluviométricas, chama a atenção o aumento na média dos dias de seca, que passou de 80 para 100 dias seguidos nos últimos 60 anos (NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL, 2024).

Em relação às hortaliças, o ano de 2024 apresentou um aumento das temperaturas, gerando preocupação entre os produtores, que notaram uma frequência nos relatos de queima nas bordas das alfaces. Junto a isso, diversas reclamações relacionadas à presença de fungos nas plantações, atribuídas à elevada amplitude térmica observadas nesse período, o que alterou os valores da produção e a sua precificação (HF BRASIL, 2024). A dinâmica entre solo-planta-atmosfera é

significativamente sensível, e a menor alteração em um dos elementos pode provocar um desajuste nos demais. Dessa forma, os desastres impactam o sistema hídrico e as produções agrícolas.

Além disso, condições como a estiagem e a chuva exacerbada representam desafios para as plantações. A estiagem prejudica o desenvolvimento da planta e a chuva intensa favorece a erosão do solo, comprometendo a qualidade do solo e, em consequência, a produtividade das culturas cultivadas (DUARTE; WOLLMANN, 2022). Caldana et al. (2019) ressalta sobre a urgência de planejamento, visando mitigar a exposição à eventos climáticos extremos. Conforme discutido por Clarke et al. (2022), eventos como ondas de calor e precipitações extremas podem gerar impactos imediatos e cumulativos sobre a produção de alimentos, agravando riscos econômicos e a insegurança alimentar. Esses impactos tendem a ser mais severos em regiões onde a agricultura depende fortemente das condições climáticas naturais, como ocorre em grande parte do território brasileiro.

Um estudo desenvolvido na região Sudeste, mais especificamente em bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e do Peixe, no oeste do estado de São Paulo, revela que as extensas chuvas ocorrentes na região vêm impactando na economia local, ligada ao plantio e a pecuária (BONFIM et al., 2020). Além disso, Bonfim et al. ressaltam sobre episódios de chuva exacerbada serem registradas predominantemente em anos de El Niño Canônico. Enquanto eventos de seca estiveram mais associadas aos anos de La Niña Canônica, evidenciando a ligação dos ENOS com eventos extremos pluviométricos naquela região.

Diante disso, é evidente a necessidade de desenvolver estudos para compreender a influência dos eventos climáticos em plantações agrícolas, juntamente com projetos governamentais, de forma a reduzir os riscos e aprimorar as práticas de manejo agrícola.

Nesse sentido, a compreensão dos eventos climáticos extremos e de seus impactos sobre os sistemas agrícolas torna-se fundamental, especialmente em um contexto de intensificação das mudanças climáticas. A agricultura, por depender fortemente das condições climáticas, é um dos setores mais vulneráveis à variabilidade térmica e pluviométrica, sendo diretamente afetada por ondas de calor, estiagens prolongadas e precipitações intensas. Esses eventos comprometem o

desenvolvimento fenológico das culturas, a disponibilidade hídrica e a estabilidade da produção, refletindo em prejuízos econômicos e na segurança alimentar. Assim, a análise integrada da dinâmica climática e da resposta das culturas agrícolas é essencial para subsidiar estratégias de adaptação, manejo sustentável e políticas públicas voltadas à redução dos riscos associados aos eventos climáticos extremos.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A cidade de Francisco Beltrão (Figura 4) está localizada na Mesorregião Sudoeste Paranaense, com uma extensão de 735.111 km² (IBGE, 2023).

Figura 4 – Mapa do município de Francisco Beltrão - Paraná



Fonte: Autoria própria (2024)

As temperaturas médias anuais do município são de 26,1° C, referente a máxima e de 14° C, referente a mínima (IDR – PR, 2021). O clima classificado nessa região apresenta verões quentes e precipitações pluviométricas concentradas nessa estação. Os invernos apresentam temperaturas amenas a frias, com influência de frentes frias e massas de ar polar, podendo ocorrer geadas ocasionais, porém sem uma estação seca definida, mantendo-se a ocorrência de precipitações ao longo do ano. Assim, o clima é classificado como Cfa (clima subtropical úmido), conforme a classificação de Köppen-Geiger (KÖPPEN, 1936). A precipitação pluviométrica acumulada média é de 2.030 mm anuais, com média de 131 dias com chuva (IDR –

PR, 2021). Essas características climáticas exercem uma influência significativa sobre as atividades agrícolas, que fazem parte da economia regional.

Em termos de solo, conforme descrito por Gomes et al (2013) o solo encontrado no município do estudo é composto por Latossolos, Nitossolos, Cambissolos e Neossolos. Além disso, os autores ressaltam que a região faz parte do Terceiro Planalto do Paraná, caracterizado pelo derrame antigo de basalto. O relevo da cidade é caracterizado como fundo de vale aplainado (PEREIRA et al., 2016).

Outro aspecto geograficamente relevante a ser citado é a formação dos rios no município, os quais fazem parte, em sua maioria, da bacia hidrográfica do rio Marrecas e da bacia do rio Alto Cotegipe, no extremo oeste (SEGALA, 2017). O autor também destaca os rios que fazem parte da composição da bacia na área urbana, como por exemplo, o rio Lonqueador e o rio Urutago, os quais por anos, tem propiciado problemas de inundações.

É importante destacar a problemática de inundações enfrentadas no município de Francisco Beltrão. Reportagens apontam que, ao longo dos anos, chuvas fortes vêm provocando eventos como as enchentes, o que tem causado impacto na vida de diversas famílias (ESTECHE, 2014; G1, 2022; G1, 2023; BACH, 2024). Uma problemática que tem causado comoção social e mobilização estatal, a qual deu início a uma obra milionária em função da contenção das cheias (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2024).

O setor de agropecuária é o menor dentre os setores de economia na cidade, entretanto, a partir do Plano Diretor (FRANCISCO BELTRÃO, 2017) fica evidente um perfil de produção familiar consolidado. Em termos fundiários, cerca de 67,4% dos estabelecimentos agropecuários possuem menos de 50 hectares e 81,2% das terras são de posse própria, indicando a forte presença da agricultura familiar no município.

4.2 Levantamento dos dados

4.2.1 Dados Climáticos

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados dados fornecidos pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR - PR), da estação meteorológica

presente na cidade de Francisco Beltrão referente às variáveis climáticas de temperatura (média, mínima e máxima e precipitação). O estudo compreende dados do período entre 05 de junho de 2014 a 15 de setembro de 2024, o que resulta numa série temporal de onze anos, pois entra em concordância com a disponibilidade de dados da produção agrícola.

Foram elaboradas quatro séries temporais contendo as informações mensais dentro do período descrito anteriormente, contemplando as variáveis de temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e precipitação pluviométrica. Foi utilizado o *software* RStudio, na versão R 4.4.1 (2024) para formular as séries temporais, a fim de facilitar a visualização de padrões climáticos ao longo do tempo. Além disso, todos os processos citados dentro da metodologia foram desenvolvidos no mesmo *software*. Para verificar a estacionariedade das séries temporais foi realizado o teste de Dickey-Fuller (ADF) conforme a Equação 1, utilizando o pacote *tseries* (TRAUTTMANN et al., 2023). O termo α representa a constante (intercepto), associada ao nível médio da série, enquanto β corresponde ao coeficiente da tendência determinística linear ao longo do tempo. A inclusão desses termos depende das características da série analisada, sendo utilizada quando há indícios de média diferente de zero e/ou tendência temporal. O parâmetro γ é responsável por testar a presença de raiz unitária, cujas hipóteses são $H_0: \gamma = 0$, indicando não estacionariedade, e $H_1: \gamma < 0$, indicando estacionariedade da série.

Equação 1 - Teste de Dickey-Fuller

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta y_{t-1} + \epsilon_t$$

onde:

- Δy_t Diferença da série no tempo t .
- γ : Coeficiente que testa a raiz unitária ($H_0: \gamma = 0$)
- ϵ_t Termo de erro.

Fonte: Trautmann et al. (2023)

Seguido da decomposição da série temporal (Equação 2) a fim de identificar a tendência, sazonalidade e resíduos.

Equação 2 - Decomposição Clássica de Séries Temporais

$$y_t = T_t + S_t + R_t$$

onde:

- T_t Componente de tendência.
- S_t Componente sazonal.
- R_t Resíduo (ruídos aleatórios).

Fonte: Hyndman & Athanasopoulos (2021)

Para o tratamento dos dados, foi utilizada a metodologia de Box-Jenkins (2008) para selecionar o modelo mais adequado para o ajuste dos dados. Com a modelagem SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*) foram determinados os ajustes, com auxílio do pacote *forecast* (HYNDMAN, 2023), conforme demonstrado na Equação 3.

Equação 3 - Modelo SARIMA (p, d, q) x (P, D, Q)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)\epsilon_t$$

onde:

- B : Operador de *backshift* ($By_t = y_{t-1}$).
- ϕ_p, θ_q Polinômios AR(p) e MA (q).
- Φ_P, Θ_Q Componentes sazonais (período S).
- $\epsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$: Ruído branco.

Fonte: Box; Jenkins; Reinsel (2008)

No processo de identificação dos modelos autorregressivos e de médias móveis, foram analisadas a Função de Autocorrelação (FAC) e a Função de Autocorrelação Parcial (FACP), conforme a metodologia proposta por Box e Jenkins (2008). A FAC mede o grau de correlação entre os valores da série temporal e suas defasagens sucessivas, permitindo avaliar a persistência temporal e auxiliar na

identificação da ordem dos componentes autorregressivos e de médias móveis. Já a FACP quantifica a correlação entre a série e uma determinada defasagem, eliminando a influência intermediária das defasagens menores, sendo particularmente útil para identificar a ordem dos termos autorregressivos.

De acordo com a abordagem de Box-Jenkins, um decaimento gradual da FAC é característico de processos autorregressivos, enquanto um corte abrupto da FACP após determinado lag indica a ordem do componente AR. Por sua vez, padrões inversos são esperados para processos de médias móveis. Dessa forma, a análise conjunta da FAC e da FACP permite identificar a estrutura de dependência temporal da série e orientar a especificação dos parâmetros do modelo ARIMA/SARIMA adotado.

Para a seleção automática dos parâmetros (p , d , q), utilizou-se da função `auto.arima`, presente no referido pacote, que emprega o critério de informação de Akaike (AIC) para identificar a combinação mais adequada em termos autorregressivos (AR) e de médias móveis (MA). O parâmetro p define a ordem autorregressiva do modelo, o parâmetro d indica o número de diferenciações aplicadas para garantir a estacionariedade da série e o parâmetro q representa a ordem da média móvel associada aos erros do modelo. Como pode ser visto na Equação 4.

Equação 4 - Função `auto.arima`

$$AIC = 2k - 2 \ln(\hat{L})$$

onde:

- k : Número de parâmetros.
- \hat{L} : Máxima verossimilhança do modelo.

Fonte: Hyndman, 2023

Para identificar a normalidade dos resíduos, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965), com o nível de significância de 5%, como segue na Equação 5.

Equação 5 - Teste de Shapiro-Wilk

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i y_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

onde:

- a_i Coeficientes tabulados.
- $y_{(i)}$ Estatísticas de ordem da amostra.

Fonte: Shapiro & Wilk (1965)

A avaliação do desempenho do modelo ajustado à série temporal foi feita utilizando métricas de erro amplamente adotadas na literatura de previsão de séries temporais. O erro médio (ME) foi empregado para verificar a existência de viés global nas previsões, indicando se o modelo tende a superestimar ou subestimar os valores observados. O erro absoluto médio (MAE) mensura a magnitude média dos desvios entre valores observados e previstos, sendo expresso na mesma unidade da variável analisada e menos sensível à presença de valores extremos.

O erro quadrático médio (RMSE) também foi considerado por penalizar de forma mais severa erros de maior magnitude, característica que o torna sensível a grandes desvios pontuais. O erro percentual absoluto médio (MAPE) expressa os erros em termos percentuais, possibilitando uma avaliação relativa do desempenho do modelo independentemente da escala da série. Por fim, foi utilizada a métrica MASE (Mean Absolute Scaled Error), que normaliza o erro absoluto médio em relação a um modelo de referência ingênuo, permitindo comparações robustas entre diferentes séries e modelos preditivos (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018; MAKRIDAKIS; SPYRIDAKIS, 1984).

Para tratamento dos dados de precipitação pluviométrica optou-se pelo desenvolvimento de uma análise descritiva, a fim de compreender a dinâmica da série temporal. Para os gráficos foram gerados histogramas e *boxplots* a fim de compreender a distribuição e o comportamento dos dados de maneira visual. As estatísticas foram obtidas conforme descrito abaixo:

- Média mensal (μ): corresponde ao valor médio da precipitação no período, dada pela Equação 6.

Equação 6 - Média mensal

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

onde:

x_i = precipitação mensal observada

n = número de observações

- Mediana: valor central da série ordenada, que representa melhor o comportamento da precipitação quando há uma forte assimetria.
- Desvio-padrão (σ): medida de dispersão em torno da média, dada pela Equação 7.

Equação 7 - Desvio-padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

onde:

x_i = precipitação mensal observada

n = número de observações

- Coeficiente de variação (CV): utilizado para expressar a variabilidade relativa em relação à média, conforme a Equação 8.

Equação 8 - Coeficiente de variação

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100$$

- Valores extremos (mínimo e máximo): indicando os maiores e menores valores observados na série.
- Totais anuais: obtidos pela soma das precipitações mensais de cada ano, possibilitando a comparação interanual.

- Estatística mensal de precipitação: calculada a partir da média das precipitações de cada mês ao longo dos 10 anos da série, com seus respectivos desvios-padrão, coeficiente de variação e mínimos e máximos.

Estudos apontam a utilização da Teoria dos Valores Extremos (TVE), do inglês *Extreme Value Theory (EVT)*, para detectar valores extremos, que representam os eventos climáticos extremos nesse caso, em séries temporais de clima (THOMAS et al., 2016; COELHO et al., 2008;). A TVE propõe o uso de duas abordagens para modelagem dos extremos: o método do máximo bloco (Block Maxima) com distribuição de Gumbel, Fréchet ou Weibull (caso limite), e o método de picos acima do limiar, do inglês *Peaks Over Threshold (POT)*, com a Distribuição Generalizada de Pareto (GPD) (FERREIRA; HAAN, 2015). A GPD caracteriza o comportamento da cauda da distribuição por meio de seus parâmetros de escala e forma, possibilitando a estimativa da magnitude e da frequência de eventos climáticos extremos, como chuvas intensas e temperaturas extremas (COLES, 2001). No presente estudo, optou-se pela utilização do método POT com distribuição GPD, devido à sua melhor adequação estatística ao utilizar os eventos que excedem um determinado limiar alto.

De acordo com o teorema 4.1 de Coles (2001), os dados brutos consistem em observações independentes e identicamente distribuídas (i.i.d) x_1, \dots, x_n . Para caracterizar os eventos extremos, estabelece-se um limiar alto u , de forma que as excedências $\{x_i : x_i > u\}$, possam ser modeladas por uma distribuição GPD.

A função GPD pode ser visualizada na Equação 9:

Equação 9 - Função de distribuição acumulada de GPD

$$F(y) = 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}}, \quad y > 0, \quad \sigma > 0, \quad 1 + \frac{\xi y}{\sigma} > 0$$

onde:

ξ = o parâmetro de forma, que determina o comportamento da cauda (cauda pesada $\xi > 0$, cauda curta $\xi < 0$).

σ = parâmetro da escala.

Fonte: Coles, S. (2001)

Após a definição do limiar u com base nos percentis elevados, as excedências foram extraídas e ajustadas a uma GPD usando o método de verossimilhança (*Maximum Likelihood Estimation*). A qualidade do ajuste foi avaliada por meio de gráficos de probabilidade (P - P), quantis (Q - Q), e curvas de nível de retorno, para estimar o valor esperado de um extremo para diferentes períodos de ocorrência.

4.2.2 Dados da produção agrícola

O estudo da produção de hortaliças utilizou-se dos dados secundários do Departamento de Economia Rural do Paraná (Deral - PR), disponíveis no site (<https://www.agricultura.pr.gov.br/vbp>), onde estão incluídos dados da área cultivada, valor bruto da produção e valor total da produção em toneladas. Os dados analisados são referentes a onze anos (2012-2023), com dados organizados por safra anual. O valor da produtividade, por sua vez, foi calculado usando a seguinte fórmula:

$$\textit{Produtividade} = \frac{\textit{Valor Total da Produção}}{\textit{Área Cultivada}}$$

A construção dos gráficos foi realizada com o auxílio do *software* RStudio, utilizando a versão R 4.4.1 (2024). Seguida de uma análise combinada de estatística descritiva e interpretativa, com o objetivo de compreender o funcionamento da produção agrícola do município. Para isso a seção foi subdividida em três eixos analíticos, sendo elas, Valor Bruto da Produção (VBP), Produção Física Total e Produtividade.

As culturas selecionadas para o estudo foram aquelas que apresentaram VBP superior a R\$100 mil em pelo menos um dos anos analisados, garantindo a inclusão de hortaliças com relevância econômica significativa para o município.

O objetivo central da análise é compreender a dinâmica da produção local e associar com eventos climáticos extremos registrados no município ao longo da série histórica. A partir disso, buscou-se identificar as culturas que apresentaram melhor desempenho agrônomo e econômico. Essa abordagem permite evidenciar tendências de diversificação e as vulnerabilidades produtivas.

4.2.3 Clima x Produção Agrícola

Para integração dos dados da produção agrícola com as variáveis climáticas estudadas, foram realizadas metodologias estatísticas a fim de compreender o funcionamento dessa dinâmica. Inicialmente foi realizado o teste ADF em todas as variáveis, tanto climáticas como da produção, conforme a Equação 1, utilizando o pacote *tseries* (TRAUTTMANN et al., 2023).

Após essa etapa, foi realizada a aplicação do modelo de regressão linear múltipla, conforme a abordagem descrita por Montgomery, Peck e Vining (2012). Para aprofundar a análise das relações dinâmicas entre o clima e a produção, foi empregada a modelagem ADRL (*AutoRegressive Distributed Lag Model*), conforme proposta por Pesaran, Shin e Smith (2001). Para determinação das defasagens foram desenvolvidos três ajustes, com *lags* de 1, 2 e 3, a fim de descobrir qual o melhor AIC para determinação do ajuste mais adequado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

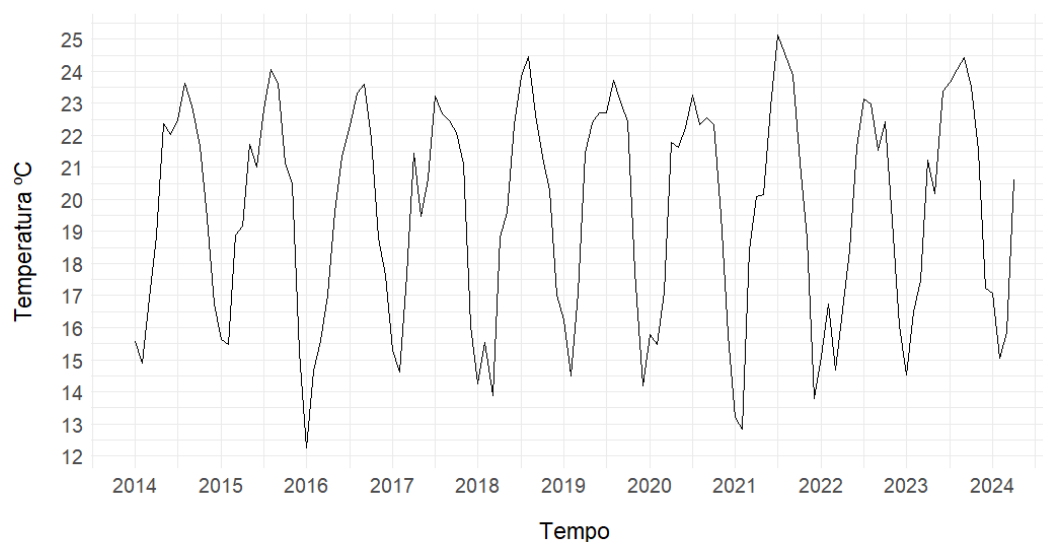
5.1 Temperatura Média

A Figura 5 apresenta a série temporal das temperaturas médias mensais registradas na região de estudo, num período de onze anos. Observa-se um comportamento sazonal nos dados, com picos e vales que se repetem anualmente, marcando a alternância entre as estações do ano. Os picos da temperatura média ficam entre 25°C e 23°C durante o verão (dez-mar), enquanto os vales marcam entre 12°C a 16°C durante o inverno (jun-set).

Entretanto, são notórias as oscilações interanuais na amplitude das temperaturas registradas, o que pode estar associada à ocorrência de eventos climáticos extremos ou às alterações na variabilidade das características climáticas da região. Destaca-se o ano de 2016, marcado por um inverno rigoroso, que registrou o mês de junho como o mais frio em 19 anos no Paraná (G1, 2016).

A presença de sazonalidade se dá em relação às estações anuais, com baixas na temperatura durante outono-inverno e aumento durante primavera-verão. O que leva a amplitude térmica média anual na cidade, que entre verão e inverno foi de 9,5°C, com uma variação interanual de $\pm 1,2^\circ\text{C}$.

Figura 5 – Série temporal histórica da temperatura média mensal em Francisco Beltrão - PR entre o período de 2014 a 2024



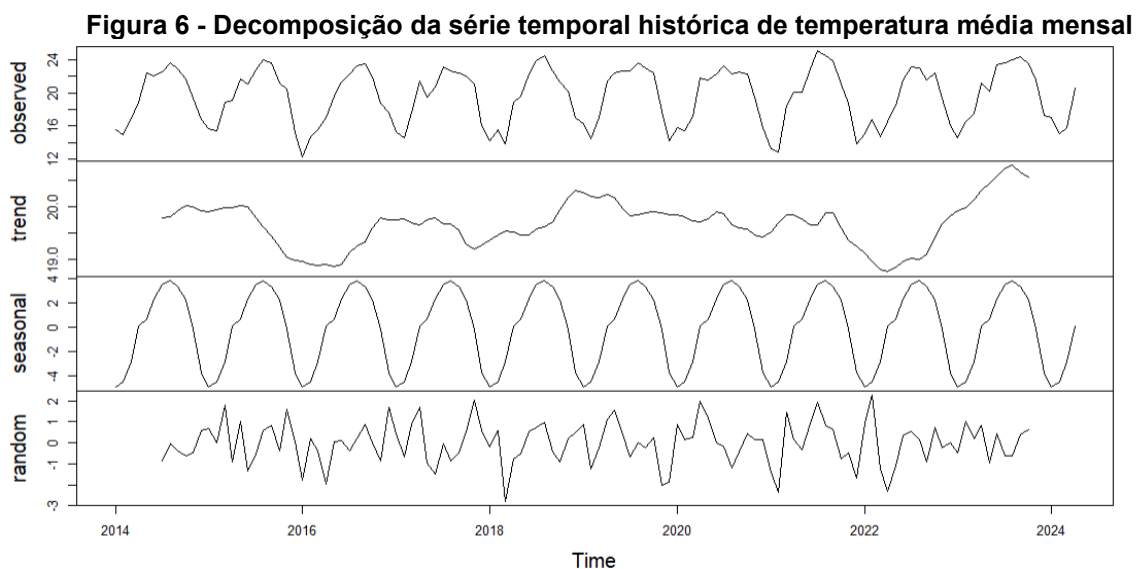
Fonte: Autoria própria (2025)

A confirmação da estacionariedade da série foi feita por meio do teste ADF (DICKKEY; FULLER, 1979), indicando forte evidência contra a presença da raiz unitária (estatística ADF = -9,2302, p-valor = 0,01), assim, rejeita-se a hipótese nula de não estacionariedade. Da Mata (2019) também utilizou do teste ADF para comprovar a estacionariedade da série temporal, reafirmando a indispensabilidade dessa etapa para a análise dos dados. A série temporal de temperatura média é estacionária, e, portanto, adequada para o modelo SARIMA sem necessidade de diferenciação³ (parâmetro $d = 0$). A ordem de defasagem (*lag order*) foi de 4, valor definido com base no critério AIC, quanto menor a média AIC mais próximo da realidade o modelo se encontra, ou seja, o modelo perde menos informações naquela média com o menor valor (DIMRI; AHMAD; SHARIF, 2020).

A Figura 6 apresenta a decomposição da série temporal da temperatura média, evidenciando seus principais componentes: a série observada, a tendência de longo prazo, a componente sazonal e os resíduos, que representam as variações aleatórias não explicadas pelo modelo. É possível notar a variação da tendência ao longo do tempo, marcada por uma decrescente no período entre 2015-2016, seguidos de uma recuperação e um crescimento a partir do ano de 2022.

A série temporal também é fortemente marcada pela sazonalidade, o que justifica a utilização da modelagem SARIMA. O padrão da sazonalidade é anual, o que reafirma a mudança clara em determinadas épocas do ano – inverno mais frio, verão mais quente. A análise da tendência indica uma taxa de variação não significativa de $-0,020^{\circ}\text{C}$ por ano (p-valor = 0,844), isso sugere que a série temporal é marcada por flutuações sazonais, não por uma tendência climática. Os resíduos não apresentam um padrão sistemático visível, indicando que a tendência e a sazonalidade foram adequadamente identificadas. No entanto, observa-se a ocorrência de valores residuais afastados de zero, o que sugere a presença de variabilidade não explicada pelo modelo, possivelmente associada a flutuações climáticas interanuais e eventos extremos. Esse comportamento é esperado em séries temporais climáticas e não compromete a validade da decomposição.

³ Diferenciação é um procedimento estatístico aplicado à série original com o objetivo de torná-la estacionária, isto é, garantir que suas propriedades estatísticas (média, variância e autocorrelação) permaneçam constantes ao longo do tempo (HYNDSMAN; ATHANASOPOULOS, 2021).

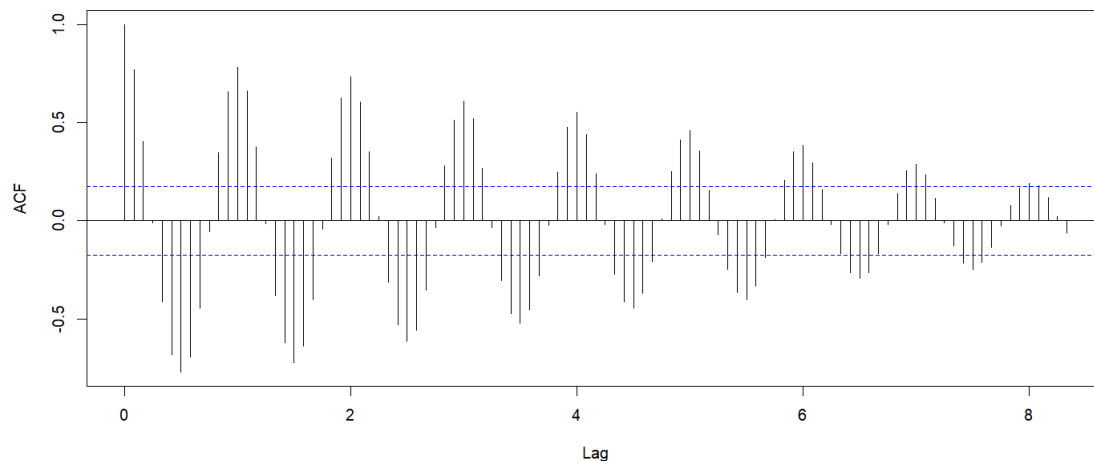


Fonte: Autoria própria (2025)

A análise da Função de Autocorrelação (FAC) da série temporal (Figura 7) revelou um decaimento exponencial nos coeficientes de autocorrelação, com valores significativos nos primeiros *lags* (1 e 2), logo seguido de uma rápida diminuição. Esse comportamento é característico de processos autorregressivos, indicando que os valores atuais da série são influenciados por observações anteriores próximas no tempo, fenômeno conhecido como dependência temporal. Nesse contexto, modelos autorregressivos de primeira ordem (AR(1)), nos quais o valor presente depende do valor imediatamente anterior, ou de segunda ordem (AR(2)), que incorporam influência de dois períodos passados, mostram-se adequados para capturar a estrutura temporal dos dados.

Além disso, a ausência de correlações significativas em *lags* mais altos (acima de 2) também aponta a estacionariedade da série temporal, corroborando com os resultados do teste ADF. Tal comportamento indica que a série já se encontra estacionária, não sendo necessária a aplicação de diferenciações adicionais, uma vez que estas poderiam introduzir distorções no modelo.

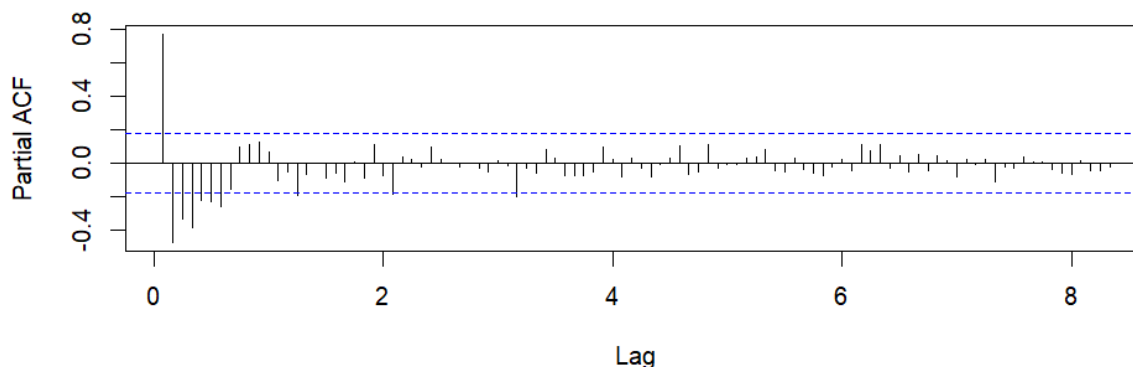
Figura 7 - FAC da série temporal de temperatura média mensal



Fonte: Aatoria própria (2025)

A análise da Função de Autocorrelação Parcial (FACP) apresenta um corte abrupto logo após o primeiro *lag*, como podemos observar na Figura 8, confirmando a adequação de um modelo autorregressivo de ordem 1 (AR (1)). Esse padrão de decaimento exponencial observado na FAC (Figura 7), sugere que a temperatura média no instante t depende principalmente da última observação ($t-1$), ou seja, a observação do presente possui forte dependência da observação passada.

Figura 8 - FACP da série temporal de temperatura média mensal



Fonte: Aatoria própria (2025)

O modelo SARIMA (0,0,1) (1,1,0) [12] selecionado por meio da função `auto.arima` (HYNDMAN; KHANDAKAR, 2008), apresentou os melhores critérios de informação (AIC = 347,82). A Tabela 2 apresenta os parâmetros estimados da modelagem selecionada, onde ambos os coeficientes apresentam valores significativos. Isso indica que o modelo consegue capturar os efeitos de MA, que apontam choques aleatórios recentes que influenciam no valor capturado e na componente AR sazonal, a qual possui valor negativo. Isso sugere um padrão reverso

sazonal, ou seja, temperaturas altas em um ano podem ser seguidas por valores mais baixos no mesmo mês do ano seguinte.

Tabela 2 - Parâmetros do modelo SARIMA da série temporal da temperatura média mensal

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão
MA (1)	0.3561	0.0959
SAR (1)	-0.5682	0.0788

Fonte: Autoria própria (2025)

Na Tabela 3 estão presentes as métricas dos erros do modelo ajustado aos dados da temperatura média mensal. O erro médio (ME) apresenta um valor próximo de zero, o que indica neutralidade das previsões em termos de erro médio. Os valores de RMSE e MAE indicam erros de pequena magnitude relativa, evidenciando desempenho satisfatório do modelo preditivo. Destaca-se o valor do erro percentual médio (MAPE), de 5,15%, o que é um valor considerado excelente para modelos de previsões. O valor do erro absoluto escalonado médio (MASE) foi menor que 1, reforçando a qualidade do ajuste do modelo.

Tabela 3 - Métricas dos erros do modelo ajustado à série temporal de temperatura média mensal

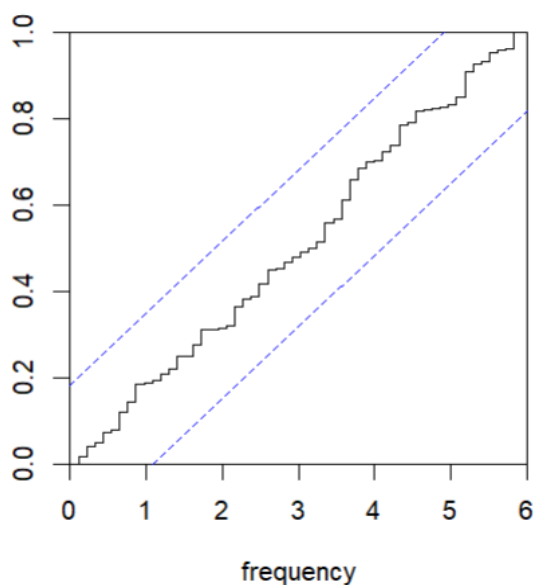
Média	Valor
ME	-0.0485
RMSE	1.2535
MAE	0.9278
MAPE	5.15%
MASE	0.6606

Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 9 apresenta o periodograma dos resíduos do modelo ajustado. Observa-se que não há picos significativos em frequências específicas e que os valores espectrais permanecem dentro dos limites de confiança (linha azul tracejada), indicando ausência de periodicidades ou ciclos remanescentes. Esse comportamento é característico de resíduos compatíveis com ruído branco no domínio da frequência,

o que sugere que a estrutura temporal e sazonal da série foi adequadamente capturada pelo modelo. Dessa forma, o periodograma reforça o ajuste satisfatório do modelo selecionado, uma vez que não há evidências de padrões sistemáticos não explicados.

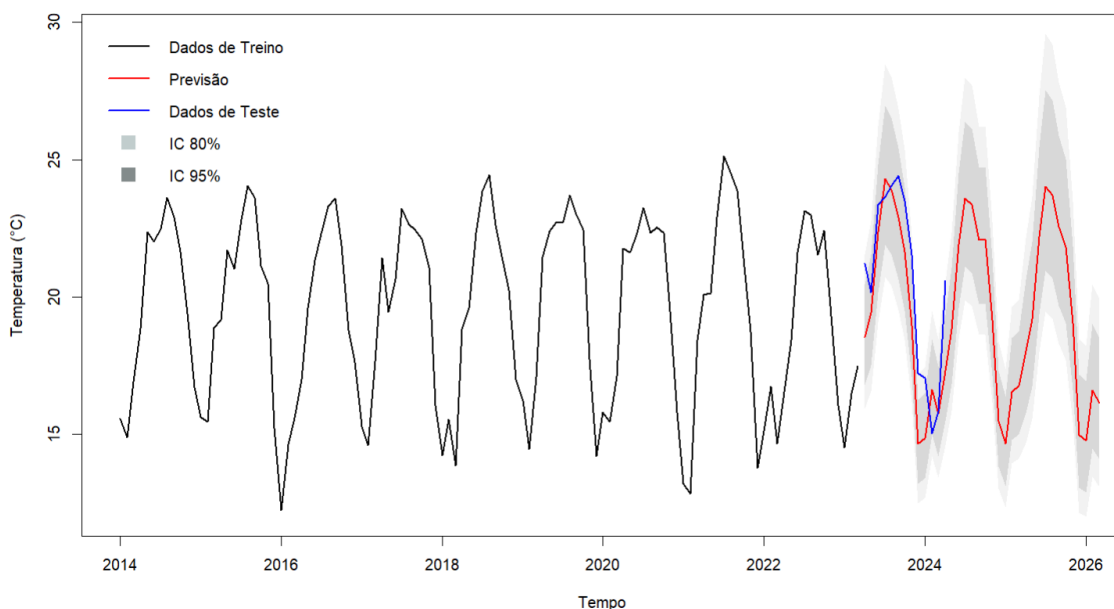
Figura 9 - Periodograma dos resíduos da modelagem da série temporal de temperatura média mensal



Fonte: Autoria própria (2025)

Para análise da normalidade dos dados, foi selecionado o teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Os resultados obtidos foram $W = 0,96779$ e o valor $p = 0,0087$, aponta que, ao nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula de que os resíduos seguem uma distribuição normal. Apesar disso, o modelo não é comprometido, pois o modelo SARIMA não exige normalidade dos resíduos para obter a previsão média.

Figura 10 - Previsão da temperatura média mensal (2023-2026)



Fonte: Autoria própria (2025)

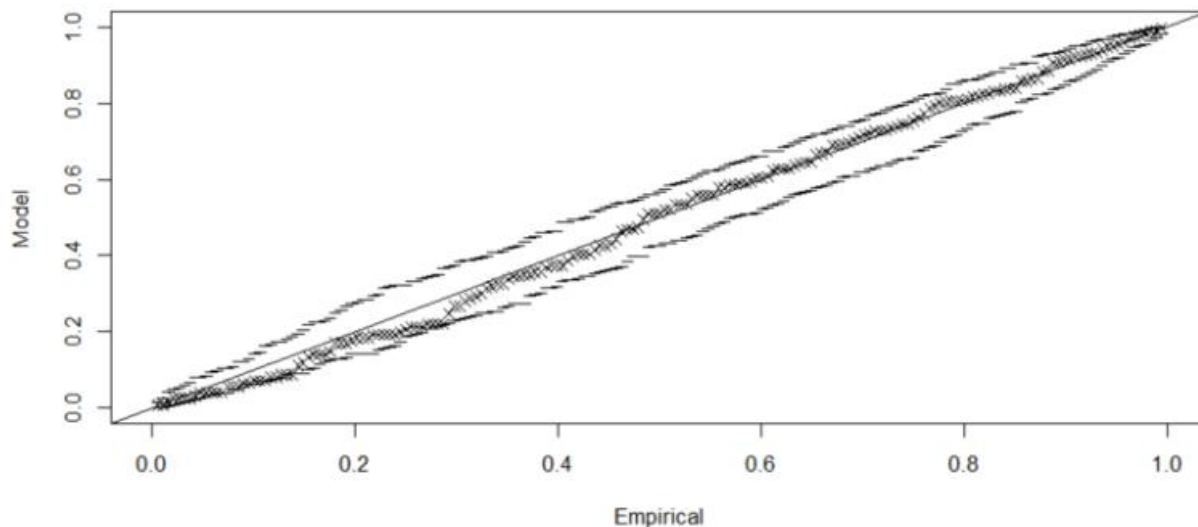
Nos anos finais da série (2020–2025), a Figura 10 evidencia a boa capacidade preditiva do modelo SARIMA aplicado à temperatura média mensal. A comparação entre valores previstos e observados entram em acordo, com o modelo reproduzindo adequadamente as oscilações sazonais anuais da série temporal. Embora ocorram pontos onde não há adequação, a maior parte das observações permanece dentro dos intervalos de confiança de 80% e 95%, indicando que o modelo estima de forma consistente tanto a tendência central quanto a incerteza associada às previsões.

O modelo SARIMA capturou satisfatoriamente o comportamento térmico no período de teste. Ressalta-se, contudo, que essa abordagem não é a mais indicada para a previsão de eventos climáticos extremos.

A análise dos eventos extremos foi realizada com o método POT e distribuição GPD, conforme relatado na metodologia. A série temporal de onze anos possuía 3.749 observações, onde 187 apresentaram valores que ultrapassam o limiar definido pela modelo dentro do período estudado. Com o cálculo do parâmetro *scale*, podemos determinar a intensidade dos eventos, nesse caso, $scale = 1,2109$, indica a magnitude típica da variabilidade desses excessos, sugerindo que os valores acima do limiar apresentam flutuações da ordem de aproximadamente $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. O parâmetro *shape*, que caracteriza a cauda, foi de $-0,2958$, indicando uma cauda limitada, o modelo estima um valor máximo possível. A Figura 11 dispõe o gráfico de probabilidade da temperatura média diária ajustada pelo modelo GPD. Os pontos seguem a linha

diagonal, indicando um bom ajuste do modelo aos dados extremos da temperatura média. Os limites de confiança são respeitados, reforçando a adequação do ajuste.

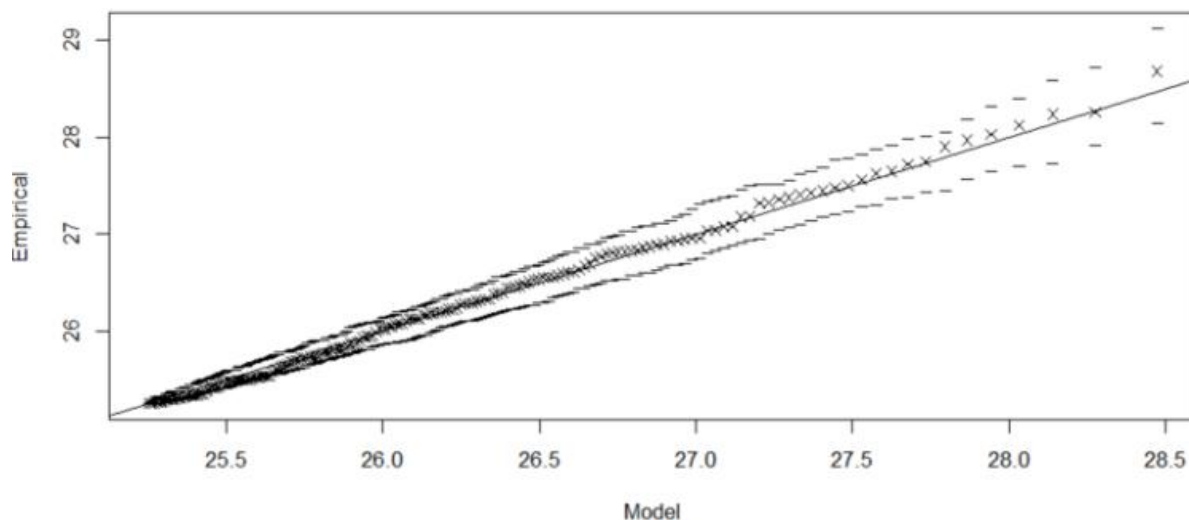
Figura 11 - Gráfico de probabilidade da temperatura média diária por meio da modelagem POT



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 12 apresenta o Q-Q Plot, gráfico de comparação entre os quantis do modelo ajustado com os quantis observados empiricamente. Entre 25,5 °C e 27,5 °C os pontos se sobrepõem a linha diagonal, indicando um ajuste apropriado do modelo nessa faixa de extremos. Porém, a partir de 28 °C há um distanciamento dos pontos, isso sugere que o modelo subestima as temperaturas acima, esperando valores abaixo daqueles que foram observados. Ou seja, isso indica que os eventos extremamente quentes observados são mais intensos do que aqueles previstos pelo modelo. O GPD ajusta bem os extremos moderados, mas tende a subestimar os valores mais elevados de temperatura.

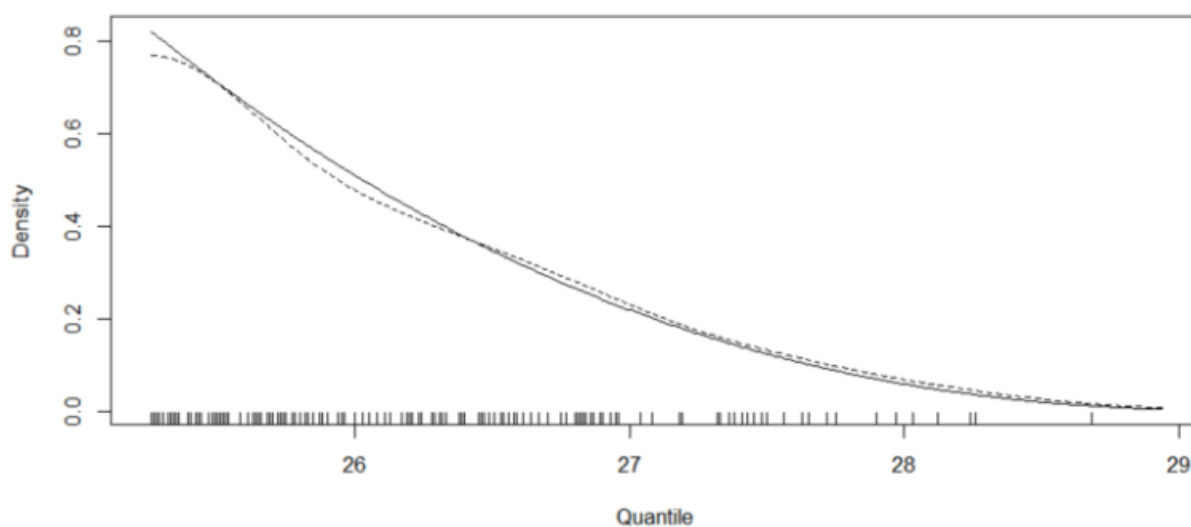
Figura 12 - Gráfico de comparação de quantis da temperatura média diária



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 13 comporta a densidade empírica dos excedentes (linha tracejada) e a densidade ajustada pela GPD (linha contínua). A densidade dos excedentes descreve como se distribuem os valores que ultrapassam o limiar, ou seja, o tamanho dos eventos extremos. Ela mostra se os excessos tendem a ser pequenos ou se há ocorrência de extremos mais severos. A análise aponta que o modelo descreve bem a distribuição dos extremos. Entre 26 °C e 28 °C, o modelo segue a linha da densidade observada, reforçando a adequação do modelo. Entretanto, conforme crescem os valores da temperatura, o modelo prevê uma menor densidade, o que pode estar atrelado ao valor do *shape*, que propõe um teto limite.

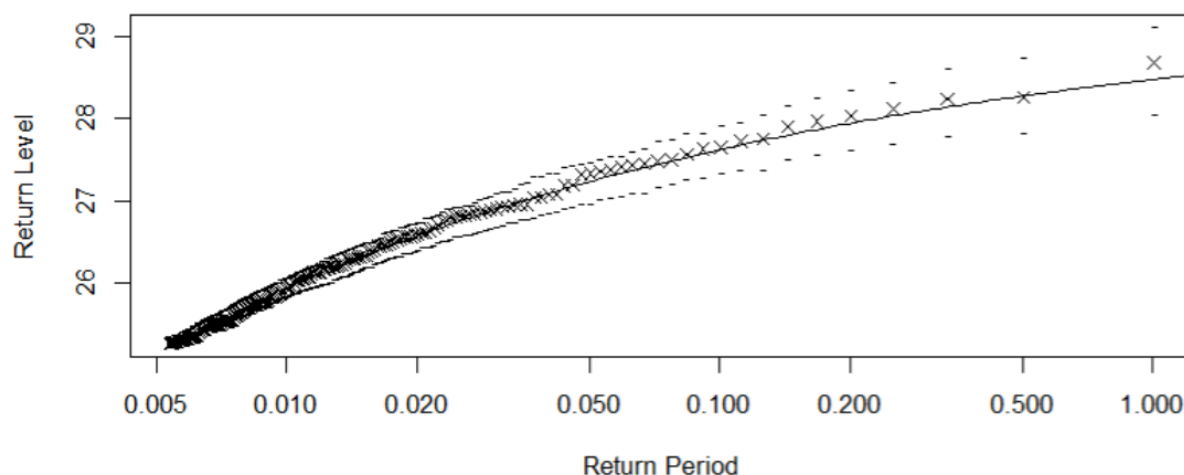
Figura 13 - Gráfico de densidade dos excedentes da temperatura média diária



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 14 dispõe do gráfico dos níveis de retorno estimado, nota-se a curva crescente, assim, quanto maior o período de retorno, maior será a temperatura associada. A linha contínua representa os níveis previstos e os pontos indicam os valores empíricos. Para períodos de retorno mais curtos, os valores estimados pelo modelo apresentam boa concordância com os dados observados, indicando um ajuste satisfatório para os eventos extremos mais frequentes. Já em períodos mais longos, há uma pequena subestimação dos valores, conforme visualizado nos gráficos anteriores, em decorrência ao valor negativo do *shape*. Além disso, o gráfico indica que temperaturas médias acima de 29 °C são extremamente raras de observar, reforçando a ideia de um limite máximo sugerido pelo parâmetro negativo do *shape*.

Figura 14 - Gráfico dos níveis de retorno estimados via modelo POT com distribuição GPD da temperatura média diária



Fonte: Autoria própria (2025)

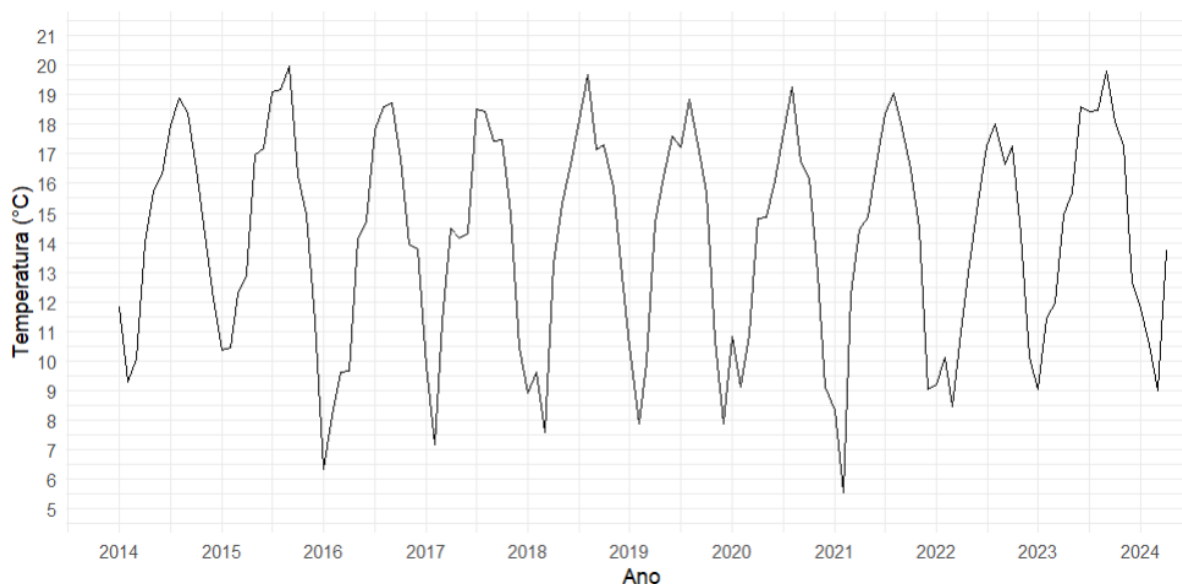
5.2 Temperatura Mínima

A Figura 15 apresenta a série temporal das temperaturas mínimas mensais registradas em Francisco Beltrão, num período entre 2014 e 2024. A série possui uma forte sazonalidade, que pode ser observada por meio dos picos no verão (dez-mar) e vales no inverno (jun-set). Ademais, a série temporal também demonstra a amplitude térmica, sendo de 14 °C, com os valores mínimos entre 5 °C e 8 °C no inverno e máximos entre 15 °C e 18 °C no verão.

A análise aponta a presença de invernos mais rigorosos, como o de 2016 e o de 2021, que atingem valores inferiores aos demais anos. Conforme informa o IDR - PR (2021), o mês de julho de 2021 registrou o mês mais frio dos últimos 21 anos no

Paraná, devido ao avanço de três massas polares. Condizente há isso, a cidade de Francisco Beltrão apresentou um desvio de $-3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ na temperatura mínima (média mensal), posicionando-se entre os dez municípios com maiores anomalias negativas do estado (IDR-PR, 2021).

Figura 15 - Série temporal histórica da temperatura mínima mensal em Francisco Beltrão - PR entre o período de 2014 a 2024



Fonte: Autoria própria (2025)

Para confirmação da estacionariedade da série, foi aplicado o teste de Dickey-Fuller (DICKEY; FULLER, 1979), tendo como resultado o valor de $ADF = -9,9667$ (p -valor = 0,01). Dessa forma, rejeita-se a hipótese nula e confirma-se que a série é **a** estacionária, o que possibilita a aplicação da modelagem SARIMA é adequada para essa série (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

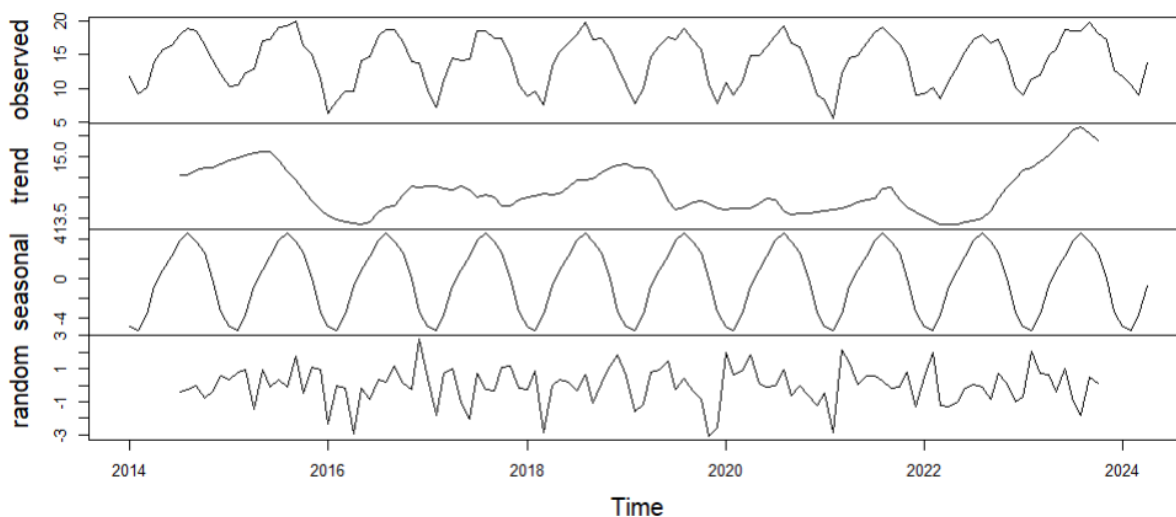
Com a análise do gráfico de decomposição, conforme a Figura 16, confirma-se a hipótese da existência de uma forte sazonalidade na série temporal da temperatura mínima mensal. A presença da curva senoidal indica a sazonalidade anual da série, em ocorrência das estações do ano.

A tendência mostra um comportamento relativamente estável ao longo da década. Em contrapartida, ainda é marcada por uma leve crescente dentro do período de 2014 e 2015, seguido de uma queda progressiva até o ano de 2016. As flutuações entre aquecimento e resfriamento podem ser consequência de fenômenos climáticos globais como a La Niña. O ano de 2022 foi identificado como um ano da presença deste fenômeno climático, os quais afetaram o período entre 2020 e 2022 (JUNIOR;

CASOLA, 2024). o que coincide com a queda da tendência nesses anos. A análise da tendência aponta uma taxa de variação não significativa de $-0,066^{\circ}\text{C}$ por ano ($p\text{-valor} = 0,5496$), o que pode indicar que a taxa de variação é resultado de variações aleatórias.

Os resíduos, dispostos por último, as oscilações são irregulares e sem um padrão definido, o que demonstra a adequação da decomposição da série temporal. A baixa intensidade dos resíduos reforça a confiabilidade da série temporal.

Figura 16 - Decomposição da série temporal histórica da temperatura mínima mensal



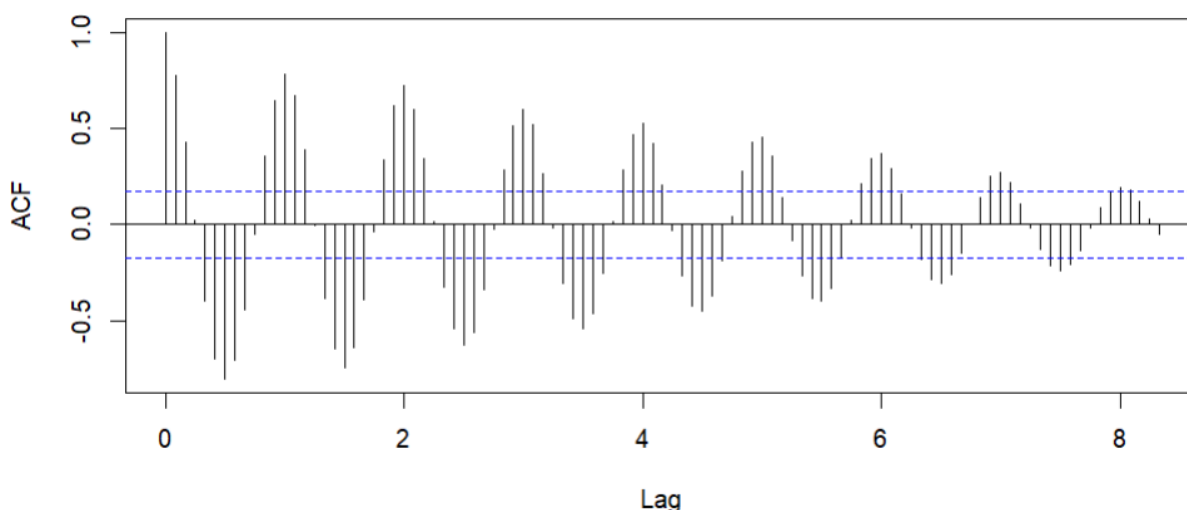
Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 17 ilustra a FAC da série temporal de temperatura mínima mensal, revelando um rápido decaimento em direção a zero. O primeiro *lag* apresenta uma autocorrelação positiva forte, o que sugere uma alta dependência temporal imediata. Enquanto, a partir de *lag* 4 a autocorrelação é baixa com seu valor próximo a zero, indicando que não há dependência temporal a partir desse ponto. O decaimento variado entre valores negativos e positivos, sugere a possível presença de componentes autorregressivos na série. Na prática, isso significa que a temperatura de um dia ainda sofre influência dos dias imediatamente anteriores, mas essa dependência é fraca e desaparece após poucos dias, sendo adequadamente capturada pelo componente autorregressivo do modelo SARIMA.

A definição dos parâmetros autorregressivos (AR) e de média móvel (MA) foi conduzida por meio da análise dos gráficos da função de autocorrelação (FAC) e da função de autocorrelação parcial (FACP), apresentados nas Figuras 17 e 18, respectivamente. Esses gráficos permitem identificar a presença e a extensão da

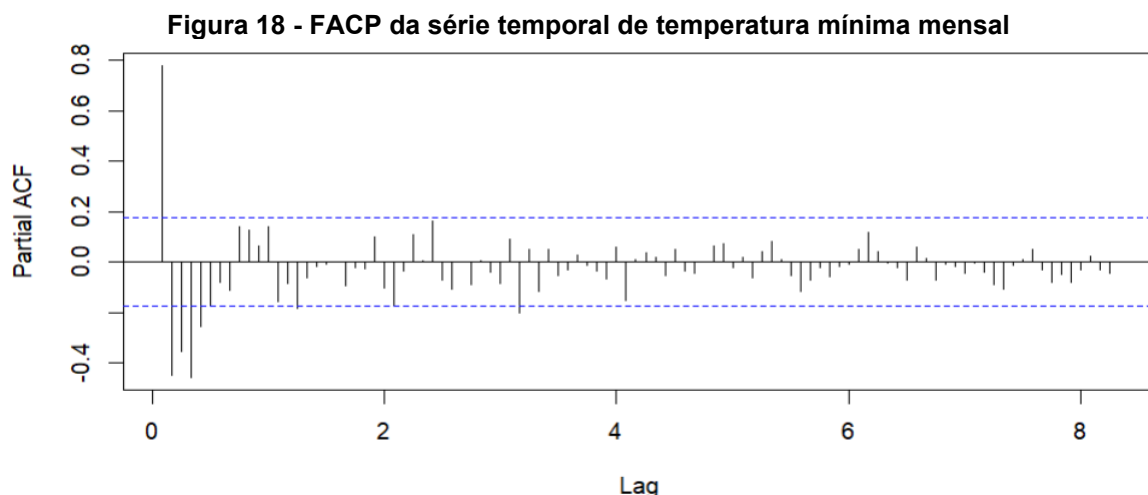
dependência temporal na série. Em séries temporais sazonais, torna-se essencial restringir a análise aos *lags* mais relevantes, evitando interpretações influenciadas por padrões periódicos (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018). A FAC indica um comportamento compatível com um modelo AR(1) ou ARMA(1,1), sendo essa escolha refinada a partir da análise da FACP e da avaliação dos critérios de informação.

Figura 17 - FAC da série temporal de temperatura mínima mensal



Fonte: Autoria própria (2025)

A análise da FACP (Figura 18), apresenta um rápido decaimento em direção abrupto após o primeiro *lag*, com valor significativo de $\phi_1 = -0,8$, valor que ultrapassa os limites de confiança (representado pelas linhas tracejadas azuis). Um padrão característico em um processo autorregressivo de ordem 1 (AR (1)) (BOX; JENKINS; REINSEL, 2008). Em seguida, os próximos *lags* apresentam valor próximo a zero, indicando a adequação da modelagem nessa série temporal, porém para validação do modelo foi utilizado os critérios de informação.



Fonte: Autoria própria (2025)

A modelagem SARIMA selecionada foi $(0,0,1)(2,1,0)[12]$, estimada por meio da função *auto.arima* (HYNDMAN; KHANDAKAR, 2008). O modelo indica ausência de tendência não sazonal, presença de dependência associada a choques aleatórios de curto prazo e uma estrutura sazonal anual relevante, capturada por componentes autorregressivos sazonais e diferenciação sazonal. A escolha foi respaldada pelos menores valores dos critérios de informação, com AIC igual a 378,63. A Tabela 4 apresenta o valor dos coeficientes para cada parâmetro do modelo e o erro padrão, a fim de identificar o comportamento adequado do modelo. Nesse caso, os coeficientes são estatisticamente significativos, destacando-se tanto a componente sazonal, SAR (1), quanto a de curto prazo, MA (1), confirmada a forte presença da sazonalidade na série. Como uma forte componente sazonal e negativa, confirma a sazonalidade marcante e com reversão na tendência sazonal. Isso significa que a série mantém um padrão sazonal forte, mas com alternância entre ciclos, de modo que valores altos em um período sazonal tendem a ser compensados por valores mais baixos no ciclo seguinte. A métrica de MA (1) sugere dependência de curto prazo, devido ao seu efeito significativo, apesar do valor relativamente alto em comparação ao erro padrão.

Tabela 4 - Coeficientes do modelo SARIMA da série temporal mínima mensal

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão
MA (1)	0.3214	0.1029
SAR (1)	-0.5547	0.1054

SAR (2)	-0.1917	0.1134
---------	---------	--------

Fonte: Autoria própria (2025)

O modelo SARIMA selecionado demonstrou um desempenho satisfatório na modelagem, conforme evidenciado pelas métricas de erro (Tabela 5). O RMSE e o MAE indicam que as previsões possuem um desvio médio aceitável em relação aos valores já observados, enquanto, o MAPE de 9,61% sugere a precisão relativa superior a 90%. O valor do erro absoluto escalonado médio ($MASE < 1$), reforça a qualidade do modelo escolhido. Contudo, a magnitude do erro quadrático médio ($RMSE = 1,456$) indica um desvio médio relativamente elevado entre valores observados e estimados, o que pode restringir aplicações que demandem maior precisão nas previsões. Esse resultado evidencia a necessidade de refinamentos no modelo, visando à redução do erro e ao aprimoramento do desempenho preditivo.

Tabela 5 - Métricas dos erros do modelo ajustado à série temporal de temperatura mínima mensal

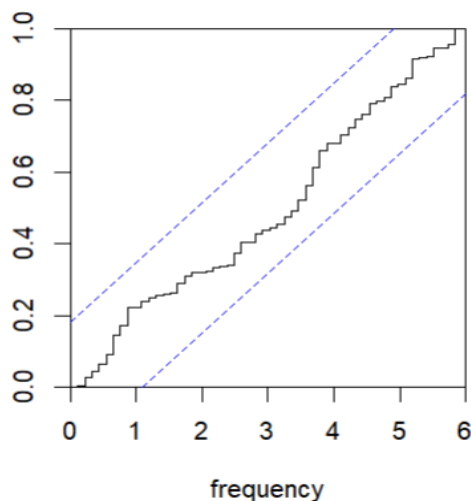
Média	Valor
ME	-0.108
RMSE	1.456
MAE	1.084
MAPE	9.61%
MASE	0.739

Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 19 dispõe o periodograma dos resíduos da modelagem da série temporal de temperatura mínima mensal. Os resíduos se apresentam contidos dentro dos limites de confiança, indicando um comportamento adequado do modelo escolhido. A normalidade dos resíduos foi testada por meio do teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). O valor obtido foi de valor-p: 0,04052, com o nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula de normalidade dos resíduos, visto que o resultado foi inferior ao nível de significância adotado. Dessa forma, os resíduos não

seguem a normalidade, entretanto a modelagem SARIMA não exige normalidade dos resíduos para adequação da modelagem.

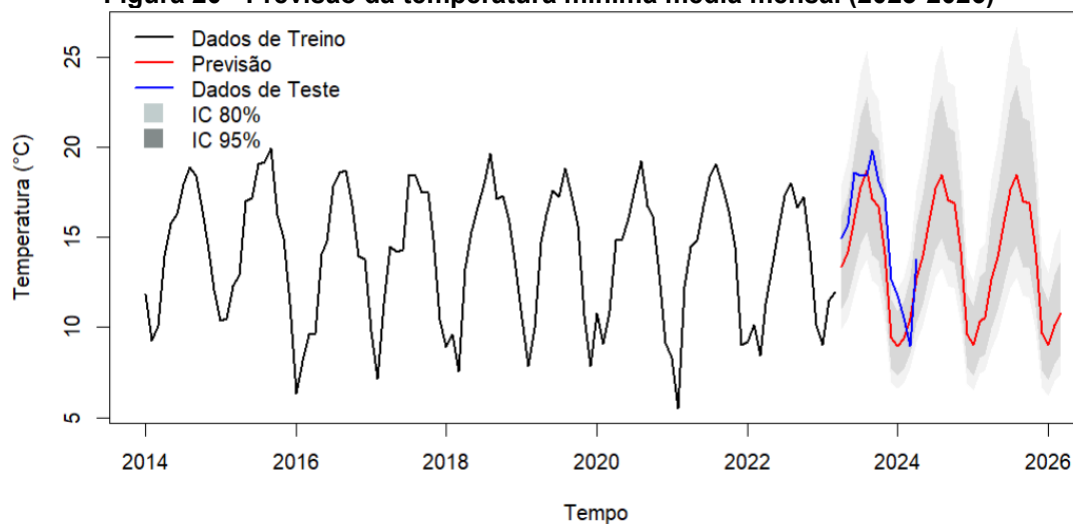
Figura 19 - Periodograma dos resíduos da modelagem da série temporal mínima mensal



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 20 apresenta as previsões da temperatura mínima mensal obtidas pelo modelo SARIMA, evidenciando a forte sazonalidade anual da série. O modelo reproduz adequadamente o padrão cíclico observado nos dados, com boa aderência entre valores previstos e observados, apesar de discrepâncias pontuais, sobretudo em extremos locais. Observa-se ainda a ampliação dos intervalos de confiança de 80% e 95% com o aumento do horizonte de previsão, refletindo a maior incerteza preditiva. De modo geral, o modelo mostrou-se adequado para previsões de curto a médio prazo, embora apresente limitações na captura de eventos climáticos extremos.

Figura 20 - Previsão da temperatura mínima média mensal (2023-2026)



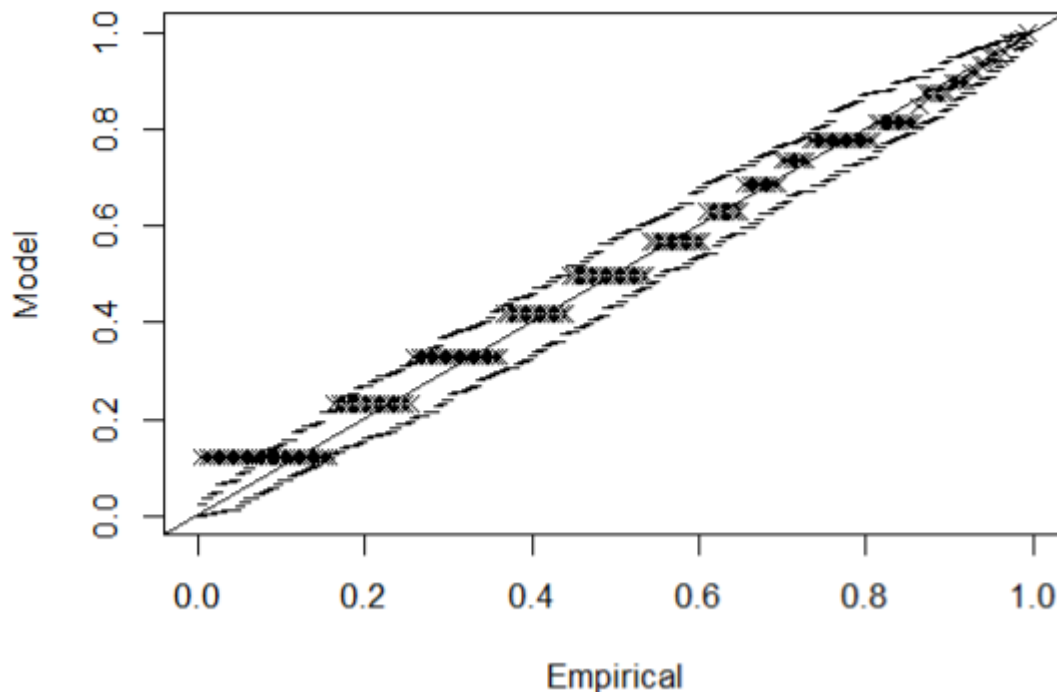
Fonte: Autoria própria (2025)

Para análise dos eventos extremos, optou-se pelo uso do método POT com distribuição GPD, conforme recomendado por Coles (2001) e Hosking & Wallis (1987). A partir disso, foram caracterizados como extremos, 176 eventos climáticos, das 3.749 observações, dentro dos período todo de estudo. Dessa forma, conclui-se que 176 registros da temperatura mínima ultrapassaram o limiar escolhido pelo modelo (0,95), seguindo a abordagem descrita por Kartz et al. (2002) e Naveau et al. (2005) para aplicação climática da teoria de valores extremos.

O parâmetro *scale* indica a dispersão dos excedentes, assim quanto maior o valor obtido, maior será a variabilidade entre os eventos climáticos extremos (COLES, 2001). Nesse caso, $scale = 0,7849$ sugere que as temperaturas mínimas extremas não variam de forma descontrolada. O parâmetro shape calculado foi de $-0,2265$, ou seja, $\xi < 0$, indicando a existência de um limite inferior natural para a temperatura mínima (HOSKING; WALLIS, 1987; FERREIRA; HAAN, 2006). Assim, mesmo em situações de evento climático extremo, o modelo indica a existência de um limiar superior que dificilmente será ultrapassado de forma natural, refletindo uma limitação física e estatística para a variável analisada.

A Figura 21 apresenta o gráfico de probabilidade dos excedentes da temperatura mínima diária, sua análise tem como objetivo verificar a qualidade do ajuste do modelo. O modelo se demonstrou adequado para representação dos dados, entretanto nas extremidades encontramos certos pontos que fogem dos limites de confiança. Coles (2001), disserta sobre a maior variabilidade nas extremidades devido à escassez de dados extremos, que são refletidos nos gráficos de probabilidade

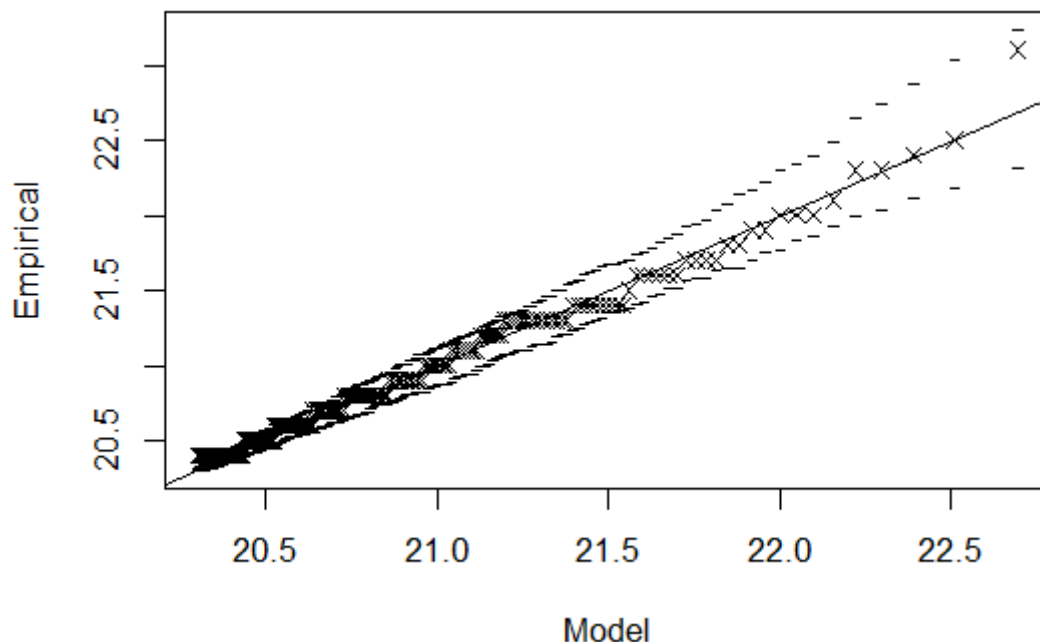
Figura 21 - Gráfico de probabilidade da temperatura mínima diária por meio da modelagem POT



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 22 dispõe do gráfico de quantis, para comparação das observações registradas com os quantis estimados pelo modelo escolhido. A análise sugere uma boa distribuição dos dados, indicando a boa qualidade dos ajustes, confirmado pela presença da maioria dos pontos dentro dos limites de confiança. Os desvios observados nas extremidades do gráfico são prováveis, pois quando se modela valores extremos, as caudas tendem a apresentar o maior valor de incertezas, devido ao número reduzido de observações disponíveis (COLES, 2001; HAAN & FERREIRA, 2006).

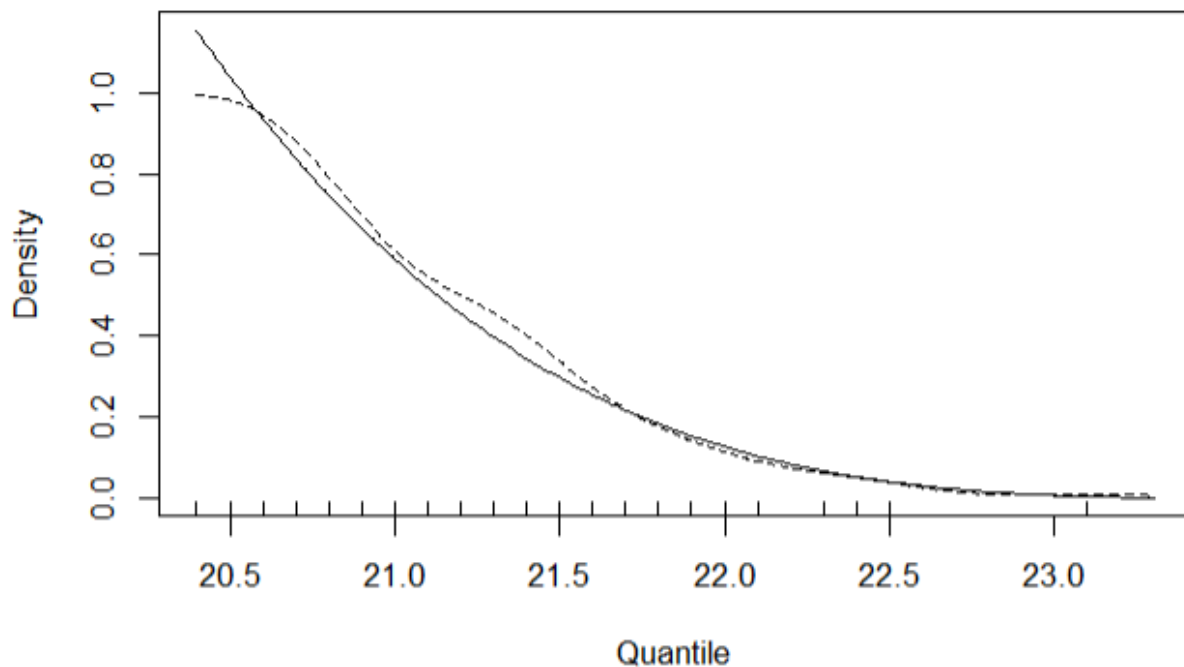
Figura 22 - Gráfico de comparação de quantis da temperatura mínima diária



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 23 mostra o gráfico de densidade dos excedentes, onde está disposta a distribuição dos valores obtidos pelo ajuste POT-GPD. É notório o decrescimento da densidade conforme crescem os quantis, sugerindo que os valores de temperatura mínima mais elevados se tornam progressivamente menos ocorrentes. Isso entra em concordância com a teoria dos valores extremos, a qual prevê uma maior concentração dos eventos próximos ao limiar determinado e menor probabilidade da crescente dos eventos conforme avança aos extremos (COLES, 2001; BEIRLANT et al., 2004).

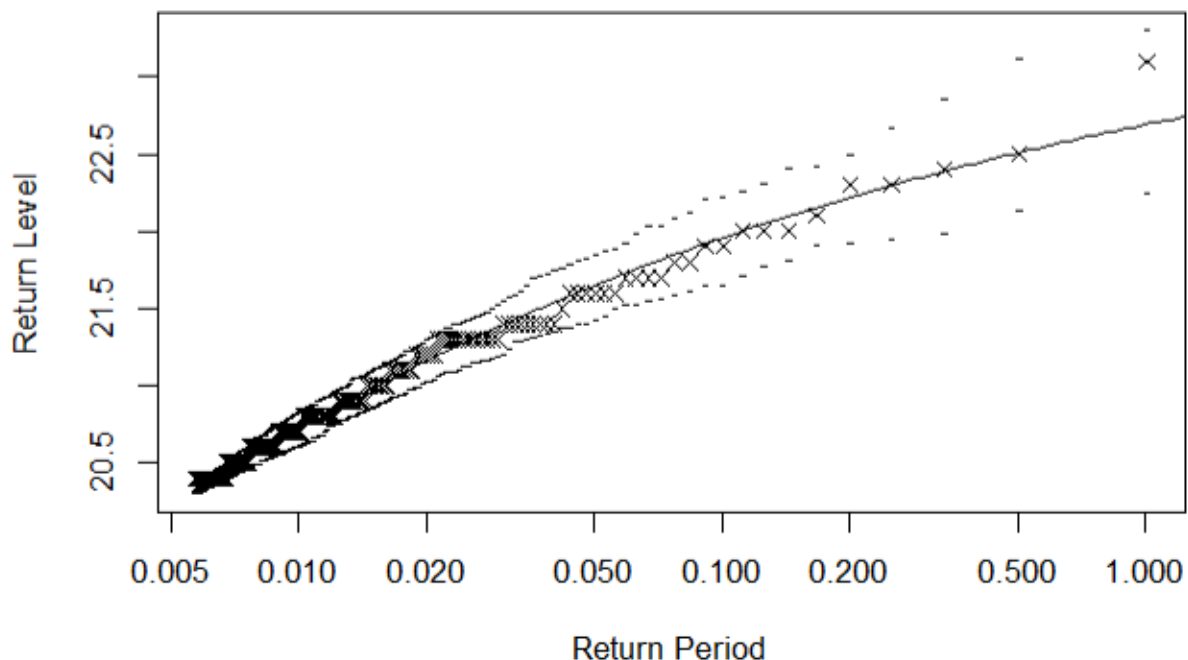
Figura 23 - Gráfico de densidade dos excedentes da temperatura mínima diária



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 24 apresenta o gráfico dos níveis de retorno estimados perante as observações dos valores extremos da temperatura mínima. A aproximação dos pontos à curva indica uma boa aderência do ajuste do modelo, o qual consegue representar a distribuição adequada dos dados. Além disso, os limites de confiança são respeitados, reforçando a qualidade do ajuste. Conforme o crescimento do período de retorno, os níveis de retorno se tornam maiores, refletindo a raridade crescente dos eventos extremos da temperatura mínima.

Figura 24 - Gráfico dos níveis de retorno estimados via modelo POT com distribuição GPD da temperatura mínima diária



Fonte: Aatoria própria (2025)

5.3 Temperatura Máxima

A Figura 25 apresenta a série temporal da temperatura máxima mensal dentro do período de estudo. Como as demais séries temporais históricas analisadas, a sazonalidade é marcante, com picos definidos no verão (dez-mar), com temperaturas entre 30°C e vales no inverno (jun-ago), com valores entre 19°C. Essa variação sazonal resulta numa amplitude térmica de cerca de 13°C, típico do clima subtropical úmido da região. Além disso, observam-se variações interanuais significativas, com destaque para anos que apresentaram extremos térmicos mais pronunciados, bem como padrões persistentes no comportamento da temperatura ao longo do período analisado, caracterizando tendências climáticas na série histórica.

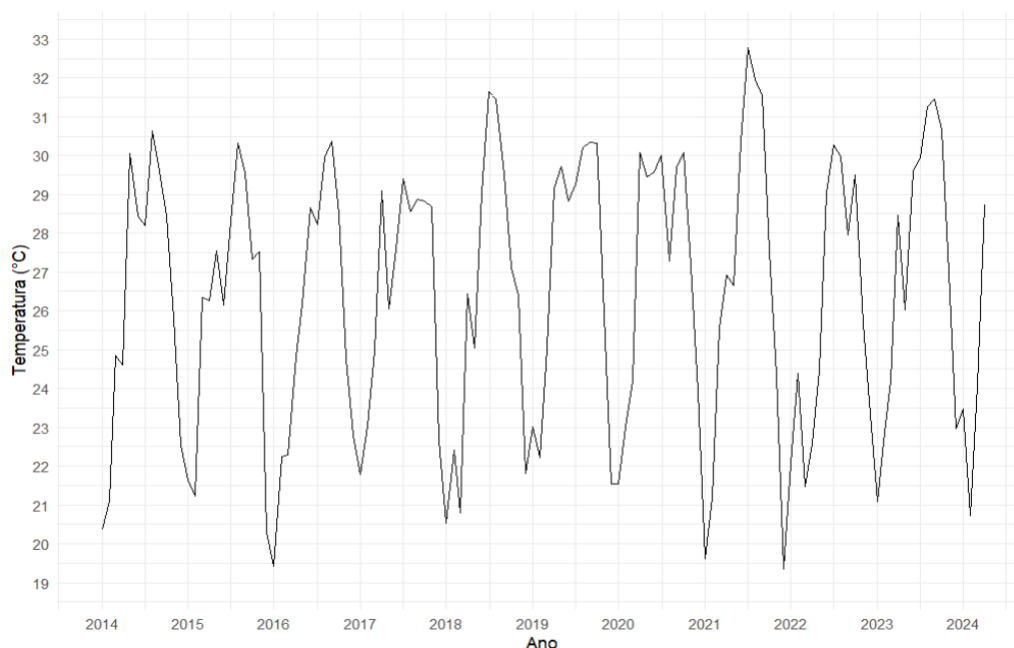
O ano de 2021 foi marcado com os maiores registros, com a média de temperatura máxima de aproximadamente 32,5°C, podendo estar relacionado com fenômenos climáticos como La Niña. Ademais, os anos de 2018 e 2023 também apresentaram médias elevadas, superando os 31°C, enquanto o ano de 2017 registrou as menores médias dentro da análise, ficando abaixo dos 30°C, o que sugere um resfriamento relativo nesse período. O intervalo entre 2021 e 2022 chama a atenção por contrastes marcantes, contemplando as maiores e menores médias mensais de temperatura máxima nos onze anos do estudo.

Além disso, a La Niña causou perdas nas produções de grãos entre os anos de 2021 e 2022 e pode causar problemas de estiagem na região Sul do Brasil, onde está localizada a cidade de estudo. Isso contribui para o aumento das temperaturas máximas, com a menor cobertura de nuvens e, conseqüentemente, maior incidência solar (FANTIN; WALZBURIECH, 2025).

Nos anos finais da série, especificamente entre 2023 e 2024, observam-se picos que se aproximam dos 32° C. O ano de 2021 também se destaca com médias que superam os 30° C. Em contrapartida, as médias mensais com os menores valores são visualizadas nos anos de 2016, 2021 e 2022. Isso revela a dualidade do ano de 2021, que apesar de registrar, dentre os anos de estudo, a maior média de temperatura, possui as menores médias de temperatura máxima igualmente. Tal padrão pode estar associado a fatores ambientais e antrópicos, como a mudança no uso e cobertura do solo.

A mudança no uso do solo no estado do Paraná têm sido alvo de estudos que buscam integrar o aumento da temperatura com o desmatamento contínuo (BORROZZINO et al., 2013). Os autores identificaram que áreas com solo exposto podem atingir até 20°C a mais na superfície, contribuindo para o aumento das temperaturas mínimas e, indiretamente, das máximas.

Figura 25 - Série temporal histórica da temperatura máxima média mensal em Francisco Beltrão - PR entre o período de 2014 a 2024



Fonte: Autoria própria (2025)

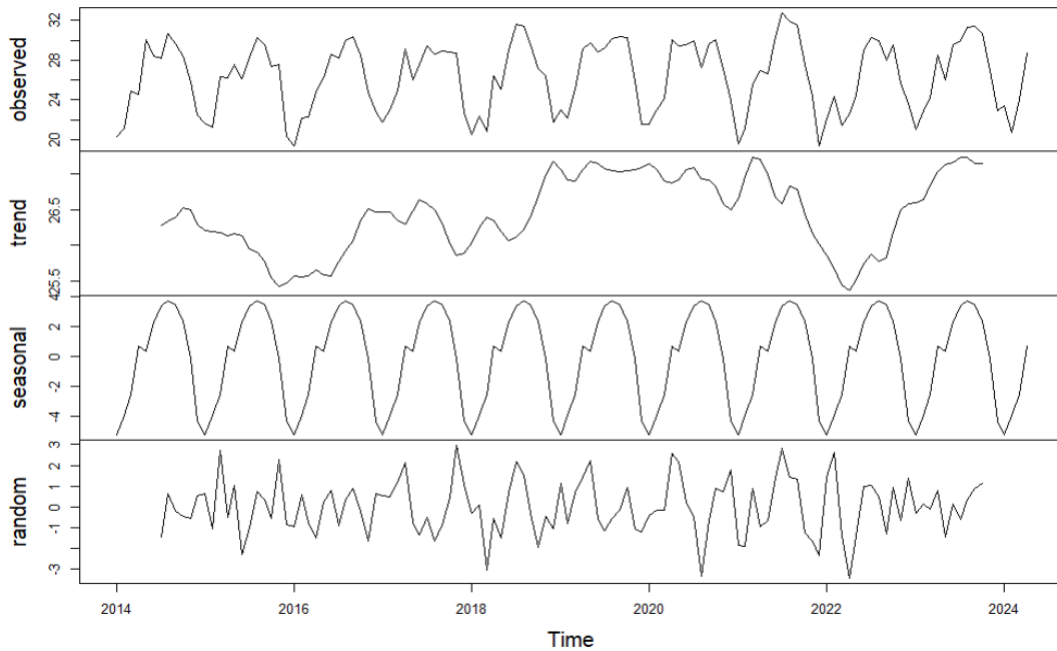
A estacionariedade da série é confirmada por meio do teste de Dickey-Fuller (DICKEY; FULLER, 1979), sendo o resultado do teste $ADF = -7,7371$ (p -valor = 0,01). Dessa forma, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a estacionariedade da série, confirmando a possibilidade do ajuste por meio da modelagem SARIMA.

A Figura 26 ilustra a decomposição da série temporal, nela estão dispostas a série observada, sua tendência, a sazonalidade e o ruído branco. A análise da componente sazonal confirma a adequação da modelagem SARIMA, método recomendado em séries com sazonalidade marcante, como visto nas séries temporais analisadas anteriormente. A sazonalidade reflete padrões climáticos definidos, típicos do clima subtropical úmido característico da região.

A tendência exibe comportamento não linear, seguindo padrões decrescentes e crescentes ao longo do período do estudo. Nota-se que no ano de 2015, houve um leve declínio comparado aos anos anteriores, seguido de uma crescente progressiva entre o período de 2016 e 2021, com picos evidentes nos anos finais desse recorte. Assim, o ano de 2022, apresentou um retorno à descrescente, com comportamento abrupto, o que corrobora com a série temporal histórica (Figura 25), nela observamos que neste ano houve as menores médias de temperatura máxima registradas no período de estudo. Por fim, nos anos mais recentes da série observa-se uma rápida elevação dos valores de temperatura, especialmente entre 2023 e 2024, indicando um comportamento compatível com a intensificação de períodos mais quentes registrada para o estado do Paraná em 2023, conforme destacado em comunicados do Simepar (PARANÁ, 2023).

A análise da tendência aponta uma taxa de variação não significativa de $0,034^{\circ}\text{C}$ anual (p -valor = 0,7453), um estudo com dados de anos anteriores complementares poderia aprimorar a análise da tendência. A componente do ruído branco capta variações não explicadas por tendência ou sazonalidade, assim as oscilações irregulares e sem padrão claro são esperadas nesta análise, conforme visualizado na Figura 26. Confirma-se a adequação da série temporal à decomposição.

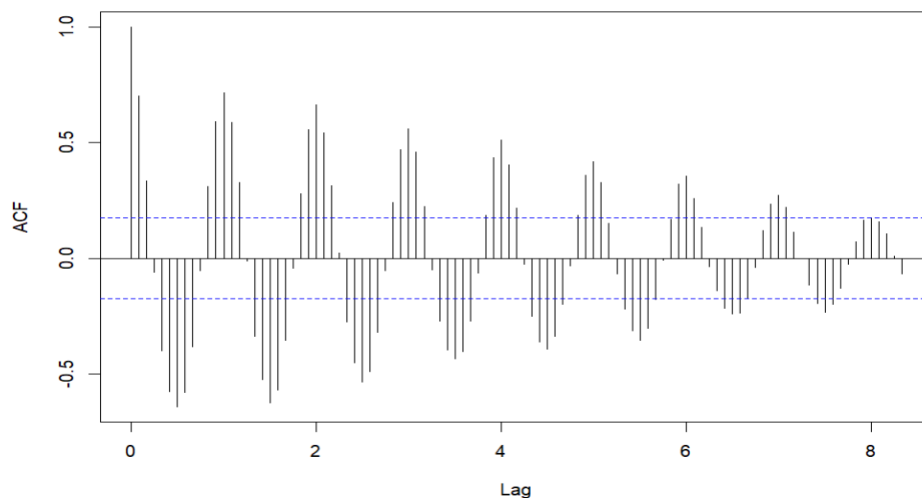
Figura 26 - Decomposição da série temporal histórica da temperatura máxima mensal



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 27 apresenta a FAC da série temporal de temperatura máxima mensal, com autocorrelação significativa em diversos *lags*, o que sugere a dependência temporal persistente, típico em séries não estacionárias e sazonais. O decaimento das *lags* é lento e pode indicar que a série precise de diferenciação. Os *lags* finais apresentam baixa correlação, devido à proximidade de zero, nesses casos não há uma dependência temporal marcante.

Figura 27 - FAC da série temporal de temperatura máxima mensal

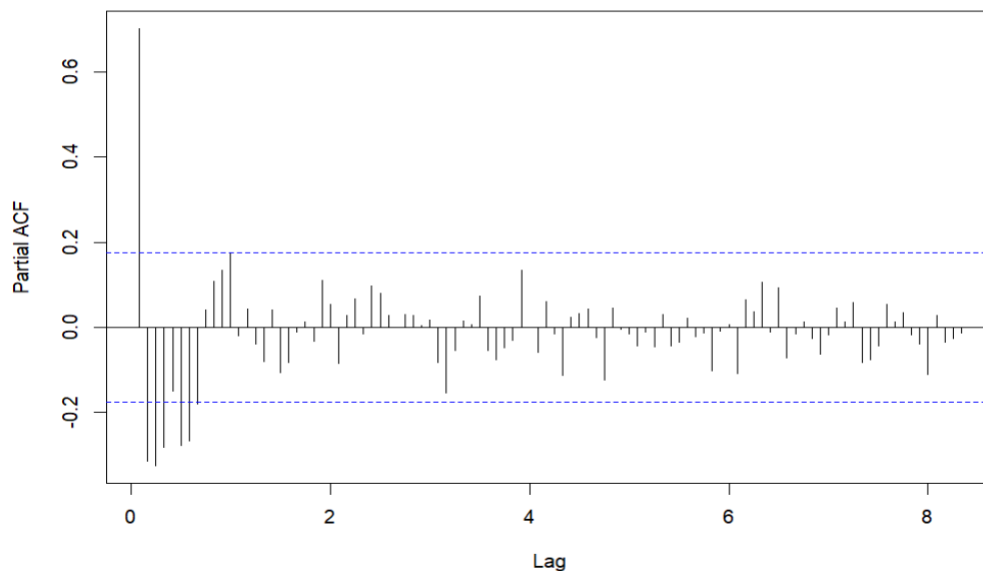


Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 28 ilustra a FACP da série temporal, com um pico significativo no primeiro *lag* ($\varphi_1 = -0,6$), seguido de valores dentro das linhas de confiança. Dessa

forma, o corte abrupto entre o primeiro e o segundo *lag*, sugere a adequação do componente autorregressivo de ordem 1 (AR (1)). Entretanto, para a seleção da adequação da modelagem SARIMA foi utilizada a função `auto.arima` (HYNDMAN; KHANDAKAR, 2008), conforme o melhor critério de informação.

Figura 28 - FACP da série temporal de temperatura máxima mensal



Fonte: Autoria própria (2025)

Por meio da função `auto.arima` (HYNDMAN; KHANDAKAR, 2008) foi selecionado a ordem (0,0,1) (1,1,1) [12] da modelagem SARIMA, com o valor de AIC = 394,99. A Tabela 6 dispõe dos coeficientes de cada parâmetro pertencente a ordem, juntamente com as métricas de erro padrão deles, a fim de observar a adequação do modelo escolhido. O coeficiente MA (1) é significativo estatisticamente e apresenta valor positivo, indicando a presença do ruído branco e com dependência a curto prazo. Entretanto, os demais coeficientes sugerem uma adequação moderada do modelo, devido aos valores elevados do erro padrão.

Tabela 6 - Coeficientes do modelo SARIMA da série temporal máxima mensal

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão
MA (1)	0.2313	0.0951
SAR (1)	-0.0817	-0.1622
SMA (1)	-0,8007	0.2244

Fonte: Autoria própria (2025)

Como sugerido pela análise da FAC, a diferenciação foi necessária para um aprimoramento dos resultados. Para isso, inicialmente avaliou-se a presença de tendência e sazonalidade por meio das funções `ndiffs()` e `nsdiffs()` do pacote *forecast* (HYNDMAN; KHANDAKAR, 2008). Os resultados afirmaram a necessidade da aplicação de uma diferenciação de ordem 1 (`nsdiffs = 1`). Observou-se a possível presença de uma variância crescente ao longo do tempo, o que é comumente visto em séries meteorológicas. Dessa forma, foi aplicada uma transformação logarítmica natural à série temporal, seguida da função `auto.arima()` (HYNDMAN; KHANDAKAR, 2008). Foi selecionada a ordem (1,0,0) (1,1,1) [12], com o menor critério de avaliação ($AIC = -247,43$).

A Tabela 7 apresenta os coeficientes do modelo SARIMA, após os ajustes descritos anteriormente. Os parâmetros estimados sugerem a presença de uma componente autorregressiva de curto prazo AR (1), assim como uma forte dependência sazonal capturada pela média móvel sazonal (SMA (1)). Entretanto, a componente SAR (1) não apresentou significância estatística. O ajuste mostrou uma melhor adequação do que a série original, conforme o valor de AIC, confirmando a estabilização da variância da série e um desempenho mais adequado da modelagem SARIMA.

Tabela 7 - Coeficientes do modelo SARIMA da série temporal máxima mensal após transformação logarítmica

Parâmetro	Coeficiente	Erro Padrão
AR (1)	0.2015	0.0993
SAR (1)	-0.1424	-0.1501
SMA (1)	-0,8144	0.2271

Fonte: Autoria própria (2025)

A adequação da modelagem ajustada é confirmada por meio da análise das métricas de erro, apresentadas na Tabela 8. A métrica de ME possui um valor próximo a zero, o que sugere a ausência de viés sistemático, ou seja, o modelo não apresenta uma tendência persistente de superestimar ou subestimar os valores observados e consegue representar adequadamente a estrutura da série temporal, ajustando-se

bem aos dados observados, assim como os valores reduzidos de RMSE e MAE apontam que os resíduos estão controlados. A métrica MAPE apresenta valor reduzido, indicando excelente desempenho preditivo, uma vez que, em média, as previsões diferem aproximadamente 1% em relação aos valores reais. O valor identificado em $MASE < 1$, aponta que o modelo selecionado supera o modelo ingênuo (*naive*), reforçando sua qualidade. As métricas dos erros em combinação aos critérios de informações citados anteriormente, revela a eficiência do modelo em capturar o comportamento da série temporal de temperatura máxima mensal.

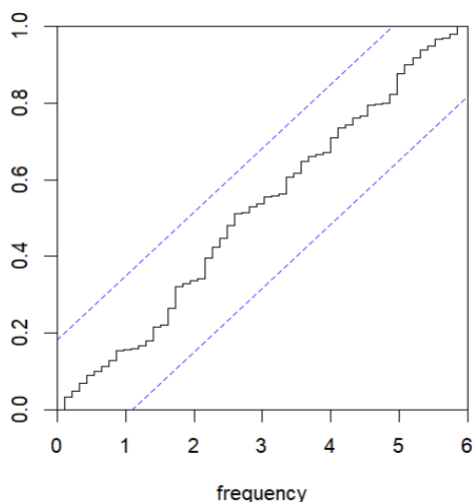
Tabela 8 - Métricas dos erros do modelo ajustado à série temporal de temperatura máxima mensal

Média	Valor
ME	0.0048
RMSE	0.0581
MAE	0.0442
MAPE	1.36%
MASE	0.6137

Fonte: Autoria própria (2025)

O periodograma dos resíduos da modelagem da série temporal máxima mensal pode ser visualizado na Figura 29. Os resíduos devem estar dispostos dentro dos limites de confiança, dessa forma, confirma-se a boa adequação do modelo SARIMA. Para verificar a normalidade dos resíduos foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965), que apresentou o valor de p-valor = 0,00565. Adotou-se o nível de significância de 5%, assim, rejeita-se a hipótese nula, o que sugere a não normalidade dos resíduos. No caso do modelo SARIMA, a normalidade dos resíduos não é requerida para a adequação do modelo. Entretanto o valor de $W = 0,965$, aponta a quase normalidade e o modelo capturou os padrões principais, visto que os desvios da normalidade são moderados.

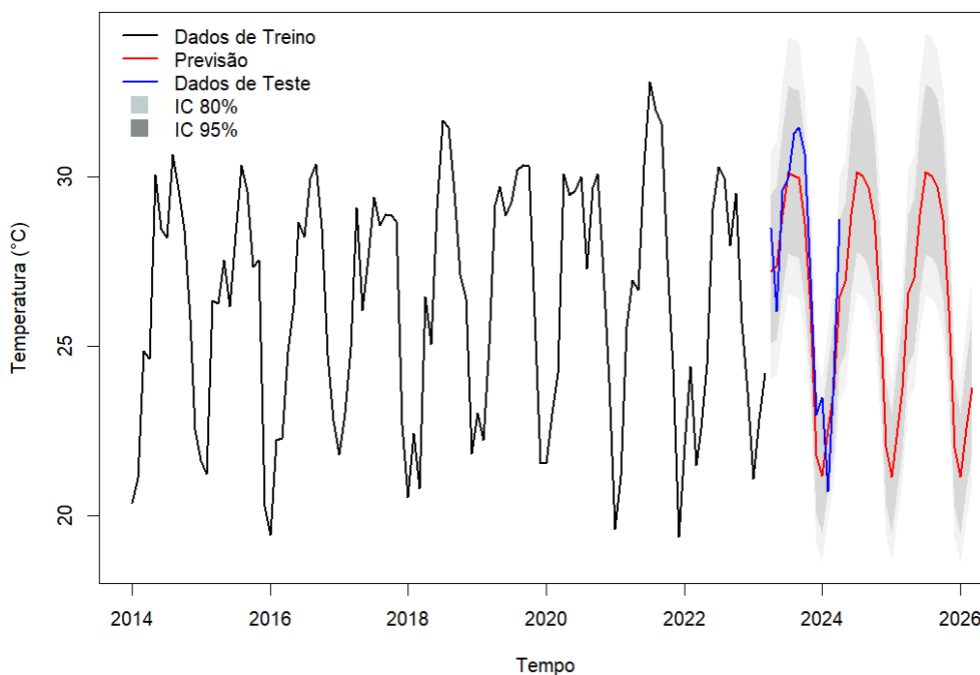
Figura 29 - Periodograma dos resíduos da modelagem da série temporal máxima mensal



Fonte: A autoria própria (2025)

A Figura 30 apresenta a previsão da temperatura máxima média mensal obtida pelo modelo SARIMA, demonstrando adequada captura da sazonalidade da série temporal. Observa-se que os dados do período de teste permanecem entre a linha de previsão e o intervalo de confiança de 95%, indicando boa aderência do modelo. Apesar disso, o desempenho tende a ser limitado em situações de picos ou eventos fora do padrão sazonal esperado, os quais não são plenamente capturados pela modelagem.

Figura 30 - Previsão temperatura máxima média mensal (2023-2026)



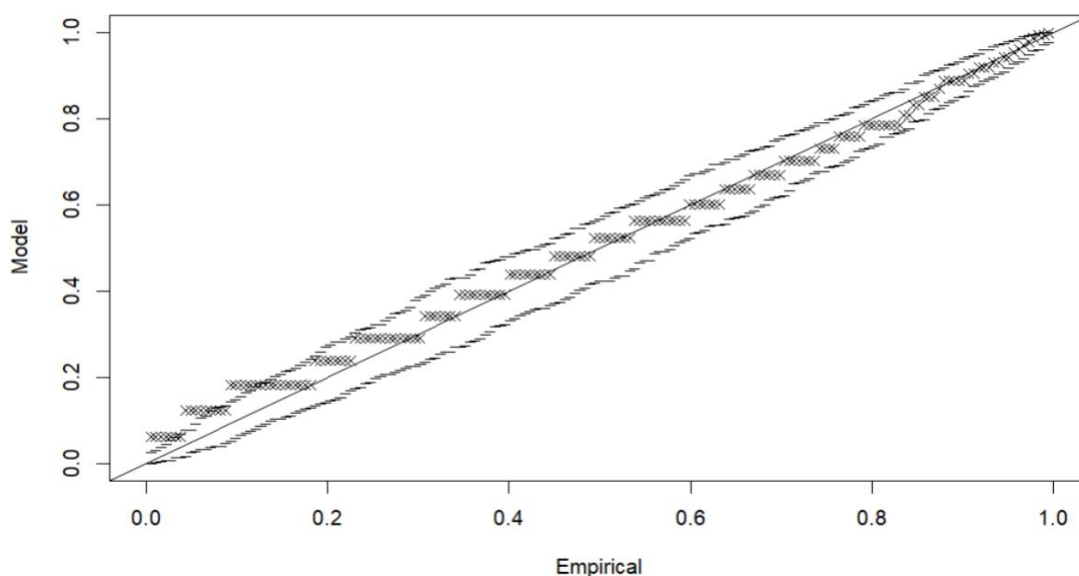
Fonte: A autoria própria (2025)

A detecção de eventos climáticos extremos foi realizada por meio do método de POT com distribuição GPD, a partir dos dados diários da temperatura máxima. O

método caracterizou 181 eventos climáticos como extremos dentro dessa série temporal histórica de onze anos, considerando os excedentes em relação a um limiar previamente definido (0,95). O parâmetro *shape* foi estimado em -0,3782, que define o modelo da cauda da distribuição, que nesse caso foi de distribuição de cauda curta, com um limite superior para os valores extremos.

A Figura 31 apresenta o gráfico de Probabilidade, o qual apresenta um ajuste satisfatório para a série temporal analisada. Os pontos se enquadram dentro dos intervalos de confiança e seguem razoavelmente conforme a linha diagonal.

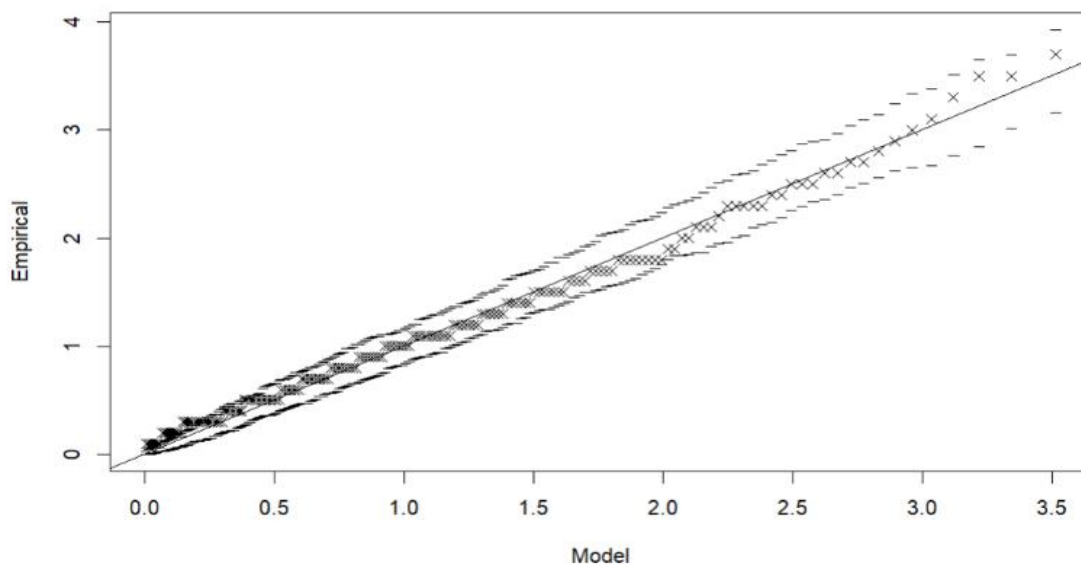
Figura 31 - Gráfico de probabilidade da temperatura máxima diária por meio da modelagem POT



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 32 mostra o gráfico Quantil - Quantil (Q - Q Plot) para a modelagem POT com distribuição GPD aplicado aos excedentes de temperatura máxima diária. O modelo se mostra suficientemente ajustado, com uma distribuição adequada e a maioria dos pontos presentes dentro dos limites de confiança.

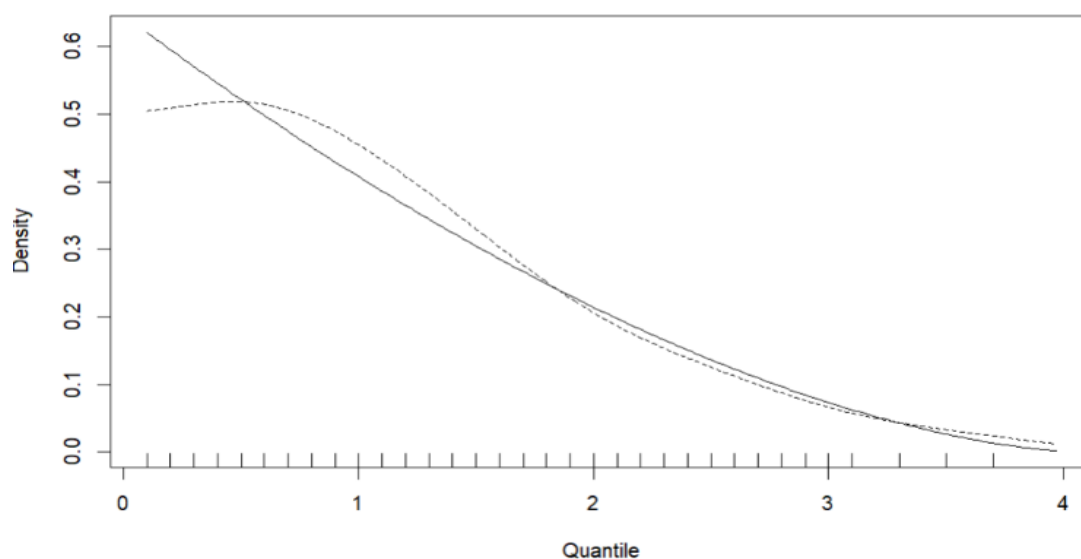
Figura 32 - Gráfico de comparação de quantis da temperatura máxima diária



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 33 dispõe do gráfico de densidade empírica dos excedentes (linha tracejada) e a densidade ajustada pela GPD (linha contínua), obtida a partir do modelo POT. Nota-se uma boa concordância entre as densidades até o quantil 2, sugerindo uma boa adequação do modelo GPD para os dados trabalhados. Entre o quantil 1 e 2, percebe-se uma pequena divergência, porém ainda dentro do esperado. Observa-se uma boa aderência entre o modelo e os dados, especialmente nos quantis centrais.

Figura 33 - Gráfico de densidade dos excedentes da temperatura máxima diária

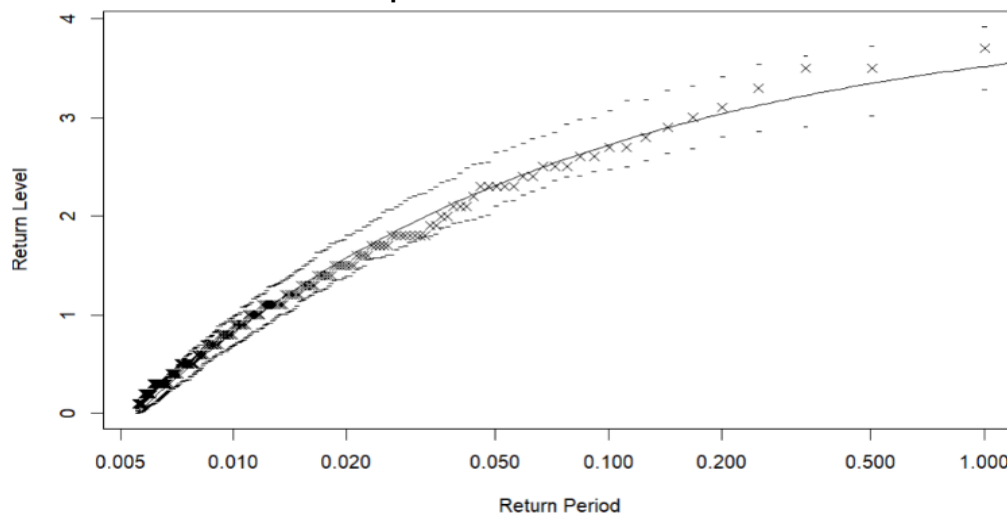


Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 34 demonstra o gráfico de níveis de retorno estimados para diferentes períodos de retorno. A linha contínua representa os níveis previstos e os pontos indicam os valores empíricos. As barras de erro aumentam com o período de retorno,

não apresentando certeza para eventos extremos. O modelo aparenta estar representado, estando contido dentro dos limites de confiança.

Figura 34 - Gráfico dos níveis de retorno estimados via modelo POT com distribuição GPD da temperatura máxima diária



Fonte: Autoria própria (2025)

5.4 Precipitação Pluviométrica

A Figura 35 ilustra a série temporal da precipitação pluviométrica observada na cidade de Francisco Beltrão, no período entre 2014 e 2024, totalizando uma série de onze anos. Os dados foram agregados a partir da observação diária, com a soma de cada mês, com o objetivo de reunir os dados mensais em milímetros (mm/mês).

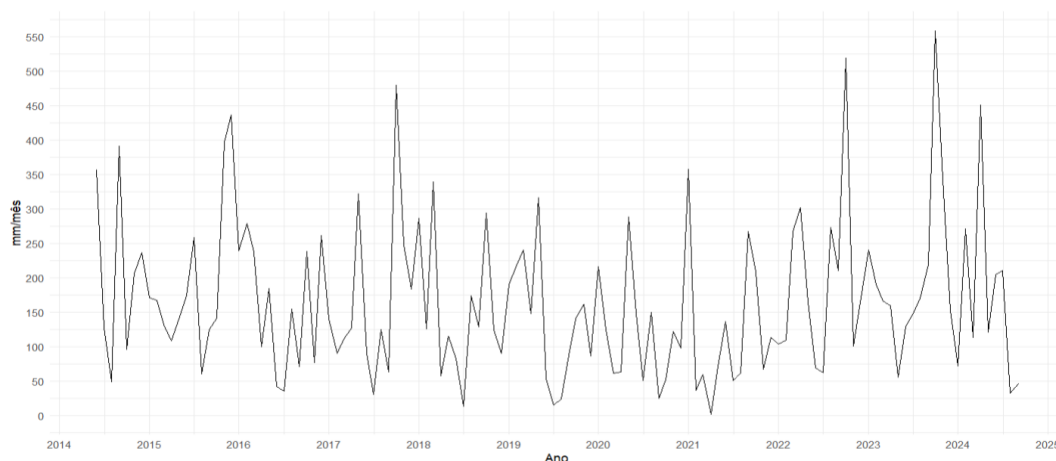
Observa-se o comportamento variável da precipitação mensal entre os anos e no contexto de cada ano, indicando a ausência de um padrão sazonal definido. Assim, não há como utilizar a modelagem SARIMA na análise dessa série, uma vez que a sazonalidade é um pré-requisito para aplicação desse modelo (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2021). Percebe-se totais mensais que variam entre <50 mm, em meses com menor quantitativo de chuva e picos que chegam a ultrapassar 500 mm, em meses extremamente chuvosos. A partir disso, pode-se afirmar o comportamento altamente variável da distribuição das chuvas no município.

Destacam-se os últimos anos da série que apresentam os maiores picos registrados, o que pode sugerir a ocorrência de eventos climáticos extremos dentro do período entre 2022-2024, que atingiu valores entre 500 e 550 mm no mês. Em outubro de 2023, por exemplo, foi registrada uma chuva de 175 mm no dia 28, indicando um evento extremo. Notícias apontam o ano de 2023 como marco histórico

de maior métricas de precipitação pluviométrica em 25 anos (JORNAL DE BELTRÃO, 2024). Em 2022, no mês de outubro igualmente, foi registrado 132,6 mm de chuva em apenas 24 horas. No ano de 2024, em junho, um mês pouco chuvoso, foi marcado por uma chuva no dia 17 de 97,6 mm, evento que se distancia da realidade visualizada comumente neste mês.

Outro ponto a ser ressaltado é o período entre 2019-2021 que apresentou as menores médias mensais dentro da série e com máxima mensal de 350 mm entre os três anos, configurando um intervalo de menor pluviosidade no município. Também se sabe que a precipitação pode apresentar elevada variação temporal em sua intensidade, como na escala horária, independente da mensal, que pode impactar diretamente em cultivos agrícolas, mas que não foi quantificada neste trabalho.

Figura 35 - Série temporal histórica da precipitação pluviométrica mensal em Francisco Beltrão - PR entre o período de 2014 a 2024



Fonte: Autoria própria (2025)

Por meio do teste de Dickey-Fuller (DICKEY; FULLER, 1979), a estacionariedade da série é confirmada. O valor da estatística ADF obtido foi de -4,3234, assim, rejeita-se a hipótese nula ao nível de significância de 1%, corroborando que a série é estacionária. A Figura 36 apresenta a decomposição da série temporal, onde podem ser observados a tendência, a sazonalidade e o ruído branco da série. É confirmada a alta variabilidade interanual da precipitação pluviométrica, que exhibe a presença de picos extremos.

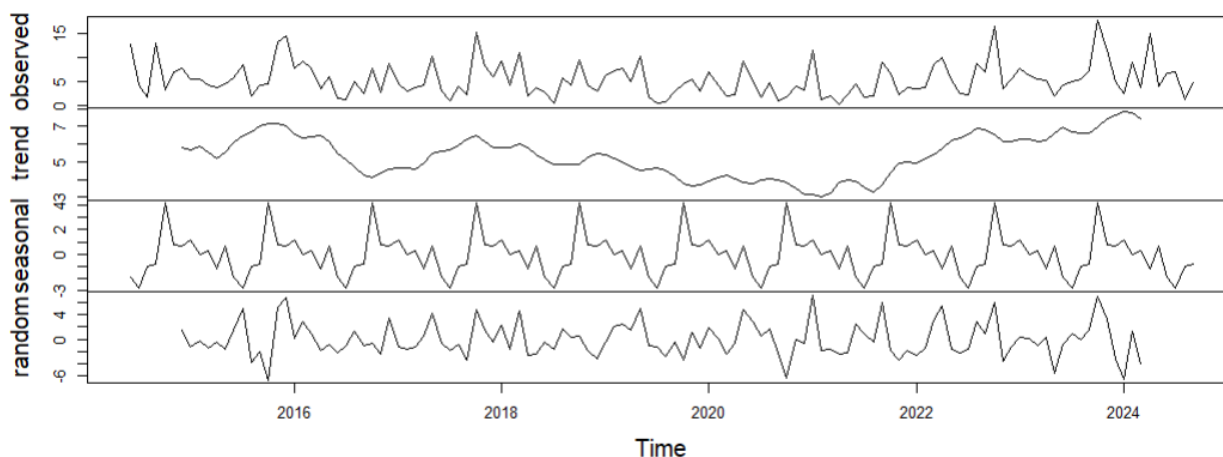
Ao analisar a tendência da série temporal, nota-se sua não-linearidade, com quedas e picos dentro dos onze anos estudados. Entre meados de 2015-2017, houve uma queda na tendência, sugerindo um período com menor quantidade de chuvas. A

partir de 2021, a tendência volta a crescer, com um aumento significativo, indicando uma elevação das métricas de chuva após esse ano.

Diferente da sazonalidade encontrada nas demais variáveis climáticas analisadas, a precipitação pluviométrica não apresenta uma sazonalidade definida, característica do clima subtropical ao qual a cidade se encontra. Há a presença de oscilações, porém não existe um padrão claro. Dessa forma é reforçado que a utilização da modelagem SARIMA não é adequada nesse caso.

Os resíduos apresentam as flutuações não explicadas pela série temporal, nesse caso, com variações altas e picos extremos, demonstram que parte da série temporal é dominada por eventos irregulares, como chuvas fortes em curtos períodos. O que se assemelha à realidade vivida na cidade, conforme noticiado em veículos de comunicação do município em enfoque (BACH, 2024; PARANÁ; 2025; G1, 2024).

Figura 36 - Decomposição da série temporal histórica de precipitação pluviométrica mensal



Fonte: Autoria própria (2025)

Para a análise estatística foram ajustados os dados em diferentes modelos, sendo eles: ARIMA (BOX; JENKINS; REINSEL, 2008), *Exponencial Smooth State Space* (ETS) (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018), *Neural Network Time Series* (NNETAR) (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018), TBATS (DE LIVERA; HYNDMAN; SNYDER, 2011). Entretanto, os ajustes não foram adequados e apresentaram uma elevada margem de erro como pode ser visualizado na Tabela 9.

A modelagem ARIMA não captura a dinâmica da precipitação pluviométrica, apresentando os maiores valores de MAE e MAPE, o que caracteriza o pior desempenho entre os modelos testados. Os modelos ETS e TBATS também

apresentam resultados não satisfatórios, com métricas que se aproximam da modelagem ARIMA, reforçando sua inadequação para o ajuste dos dados. A modelagem NNETAR demonstra os menores valores de erro, porém ainda não captura a variabilidade da precipitação de maneira satisfatória.

Considerando que a precipitação pluviométrica é uma variável de comportamento extremamente irregular e marcada por eventos extremos, sua previsão e análise estatística implica em maiores obstáculos metodológicos.

Tabela 9 - Resultados testes de modelagem dos dados de precipitação pluviométrica

Modelo	RMSE	MAE	MAPE (%)
ARIMA	288,6	233,1	50,4
ETS	284,9	228,5	49
NNETAR	274,2	212,8	43,6
TBATS	288,7	227,2	47,5

Fonte: Autoria própria (2025)

Para tratamento dos dados de precipitação pluviométrica foi optado pelo desenvolvimento de uma análise descritiva, a fim de compreender a dinâmica da série temporal e subsidiar a relação com a produção agrícola. Para isso foi desenvolvido métricas de média, desvio-padrão, coeficiente de variação, valores mínimos e máximos e total anual. A análise descritiva possibilitou o desenvolvimento das Tabelas 10 e 11, que correspondem às estatísticas anuais de precipitação e da Figura 37, que demonstram a distribuição contínua da precipitação mensal acumulada.

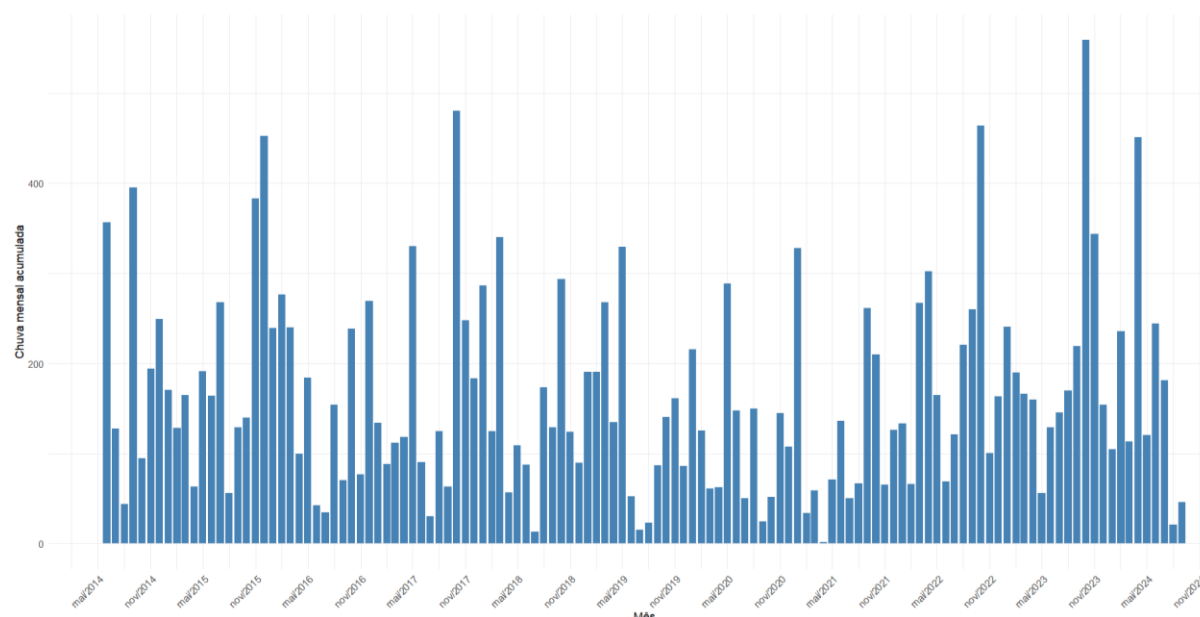
Por meio da Figura 37, evidencia-se a discrepância entre pontos cuja precipitação oscila de 550 mm mensais a apenas 50 mm mensais no decorrer do mesmo ano. Em caráter demonstrativo, o ano de 2023 apresenta flutuações nesse sentido, com o mês de maio registrando um acúmulo de apenas 50 mm, enquanto o mês de novembro impressiona com 550 mm acumulados no mês.

Vale ressaltar os registros de estiagem, nos anos de 2018, 2019, 2021 a 2024, com destaque para o evento extremo de 2021, classificado pelo Simepar (2021) como uma emergência hídrica. Neste período, entre janeiro e abril, foram observadas

anomalias pluviométricas significativas, caracterizadas por desvios negativos expressivos. O mês de abril, por exemplo, foi classificado entre os meses mais secos da série histórica do Simepar, iniciada em 1997.

A análise também evidencia períodos de acúmulo pluviométrico acentuado, configurando cenários de excesso hídrico. O ano de 2023, destacou-se por registrar, pela primeira vez, um acúmulo mensal superior a 500 mm, especificamente entre o período de novembro. A região Sul apresentou índices acima da média durante essa época do ano, o INMET (2023) apontou o fenômeno El Niño como agente para tais irregularidades, provocando chuvas torrenciais e temporais severos. Anos anteriores revelam índices consideráveis e sobressaem pelos volumes elevados, com registros acima de 400 mm, como nos anos de 2015, 2017 e 2022.

Figura 37 - Precipitação pluviométrica mensal



Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 10 - Estatísticas anuais de precipitação pluviométrica (2014-2024)

Ano	Média (mm/mês)	Desvio-padrão (mm)	CV (%)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Total anual (mm)
2014	209,0	130,0	62,1	48,4	391,0	1462

2015	193,0	115,0	59,8	59,8	437,0	2311
2016	160,0	91,2	57,1	34,8	179,0	1918
2017	168,0	127,0	75,8	30,2	480,0	2010
2018	152,0	102,0	66,8	13,4	339,0	1829
2019	140,0	91,9	65,6	15,2	316,0	1679
2020	116,0	76,8	65,9	24,4	289,0	1398
2021	119,0	106,0	89,3	1,8	358,0	1431
2022	195,0	131,0	67,0	62,2	520,0	2345
2023	211,0	130,0	61,5	55,8	559,0	2532
2024	169,0	133,0	78,7	32,2	451,0	1522

Fonte: Autoria própria (2025)

Observando a Tabela 10, é notória a flutuação interanual da média (mm/mês) conforme mostram as Figuras 35 e 36. O ano de 2014 dá início a série temporal e se destaca pela média mensal de 209 mm/mês e máximas registradas de 391 mm. Notícias da época informam sobre enchentes que ocorreram na cidade de Francisco Beltrão nesse mesmo ano durante o mês de junho, impactando a vida de diversas famílias e decretando estado de emergência (FRANCISCO BELTRÃO, 2014).

O ano de 2020 é marcado pela menor média anual de precipitação pluviométrica, conforme indicado pelo total anual, de 1.398 mm, inferior aos demais anos da série temporal. Além disso, o período entre 2019 e 2021 foi o mais escasso em termos de chuva, com as menores médias mensais, de 140 mm e 119 mm, respectivamente.

Em contrapartida, o período entre 2022 e 2023 destacam-se pelos maiores totais anuais, atingindo 2.345 mm e 2.532 mm, respectivamente. Além disso, os picos de precipitação máxima superiores a 500 mm alertam sobre a ocorrência de eventos climáticos extremos nesse período. O período entre 2015 e 2016 também apresenta

índices pluviométricos elevados em comparação com os demais anos, com totais anuais de 2.311 mm e 1.918 mm, respectivamente. Esse comportamento é corroborado pelo estudo de Pivatto Schmoeller e Limberger (2023), que confirma esse fato indicando os anos de 2015 e 2016 como anos muito chuvosos na região sudoeste e oeste do Paraná. Além disso, o ano de 2014 também é pontuado como um período de alta precipitação. No entanto, o período de estudo apenas apresenta dados a partir da metade do ano, registrando um acumulado de 1.464 mm, o que reforça a intensidade das chuvas mesmo em um intervalo parcial.

O coeficiente de variação (CV) ressalta os anos de 2021, com 89,3% e o ano de 2024, com 78,7%, apresentando os maiores valores desse parâmetro, o que indica a irregularidade da distribuição de chuvas nesses dois anos. O ano de 2021 também possui o menor volume registrado entre os anos de estudo, com apenas 1,8 mm. A partir disso, a análise nos leva a pontuar o período entre 2019-2021 como o período mais seco da série temporal.

É importante ressaltar que eventos climáticos extremos envolvendo a precipitação pluviométrica já foram evidenciados anteriormente em demais estudos. Andres et al. (2015), por exemplo, disserta sobre cinco eventos ocorridos entre 2010 e 2014:

Considerando alguns dados pluviométricos da estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Francisco Beltrão e informações gerais da Defesa Civil, é possível destacar eventos que ocorreram em abril de 2010 (415 mm no mês, 178 mm em um dia e 950 pessoas desalojadas), agosto de 2011 (352 mm no mês, 152 mm em um dia, 430 pessoas desalojadas), maio de 2013 (60 desalojadas), maio de 2014 (434 mm no mês, 195 mm em um dia e 1050 pessoas desalojadas) e setembro de 2014 (436 mm no mês e 330 pessoas desalojadas) (ANDRES et al., 2015, p. 5034).

A partir disso, percebe-se que o registro de máximas pluviométricas no município não apenas destaca as métricas abundantes registradas em diferentes períodos, mas também apresenta o impacto socioambiental associados a esses eventos extremos. Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) (2016), grandes alterações no ciclo hidrológico podem ocasionar a crescente de eventos como inundações, isso se deve aos efeitos do aquecimento global que tem provocado mudanças nas características climáticas do país. Episódios como estes ocorridos na cidade de Francisco Beltrão, reforçam a relevância do monitoramento contínuo em conjunto a análise estatística, uma vez que a ocorrência desses eventos

intensos, em um intervalo de tempo relativamente curto, sugere a vulnerabilidade climática da região.

A Tabela 11 demonstra a precipitação de cada mês entre 2014 e 2024, dispostas as médias, desvios-padrão, CV, mínimas e máximas. Nota-se que a distribuição da chuva é irregular entre os meses, destacando-se os meses de primavera-verão como os mais chuvosos. Enquanto os meses de inverno contemplam os meses com menores médias de precipitação pluviométrica no ano.

O desvio-padrão indica a dispersão dos valores observados em relação à média calculada, dessa forma, observa-se que os meses de abril (132 mm) e outubro (185 mm) apresentaram métricas mais elevadas. Isso indica que nesses meses a probabilidade de ocorrência de eventos climáticos extremos é maior, tanto de chuvas intensas quanto de estiagem. Por outro lado, meses como agosto e fevereiro apresentam um menor desvio-padrão, sugerindo a maior regularidade das chuvas nesses períodos. Essa diferença reforça a não-sazonalidade na série temporal, expondo que mesmo meses chuvosos podem apresentar quedas ou elevação das médias.

O coeficiente de variação revela que os meses de abril (CV = 87%) e julho (CV = 91,7%) possuem a maior variação no ano, o que é percebido ao analisar os registros de mínimo e máximo. Em abril, por exemplo, nota-se o valor mínimo de 1,8 mm e do máximo de 451 mm, indicando a grande amplitude de flutuação. Além disso, reforça a ideia da ausência da sazonalidade na variável de precipitação pluviométrica, limitando a série à análise SARIMA.

Tabela 11 – Estatísticas mensais de precipitação pluviométrica (2014-2024)

Mês	Média (mm)	Desvio-padrão (mm)	CV (%)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
Jan	202,0	85,6	42,5	71,8	358
Fev	161,0	79,0	49,0	36,4	279
Mar	173,0	84,0	54,4	59,2	339
Abr	152,0	132,0	87,0	1,8	451

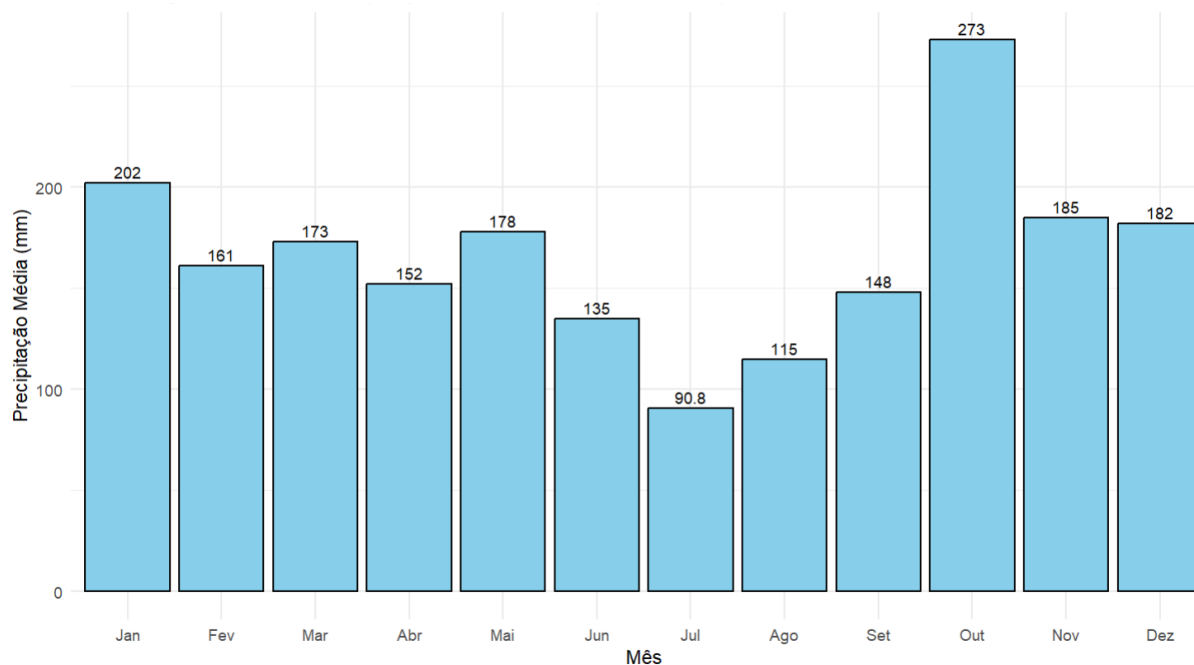
Mai	178,0	98,5	55,4	55,8	322
Jun	135,0	89,6	66,4	42,4	357
Jul	90,8	83,3	91,7	13,4	259
Ago	115,0	77,5	67,1	23,2	273
Set	148,0	112,0	75,5	24,2	391
Out	273,0	185,0	67,6	51,8	559
Nov	185,0	114,0	61,5	66,6	398
Dez	182,0	108,0	59,3	86,2	437

Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 38 apresenta a distribuição de chuvas dentro os meses do ano. A partir da imagem conclui-se que o mês de outubro (273 mm) é o mês mais chuvoso no município dentro dos dez anos de análise, seguido do mês de janeiro (202 mm). O inverno é o período mais seco do ano, com valores que não ultrapassam 150 mm, ressaltando o mês de julho (90,8 mm) como o mês mais seco. Além disso, o gráfico reforça a amplitude hídrica entre os meses, o que sugere a necessidade de planejamento dos produtores, especialmente quando falamos de hortaliças, que são culturas mais sensíveis.

O mês de outubro se destacou como o mais chuvoso, registrando uma média de 273 mm e com o valor de 559 mm de máxima. Em sequência, os meses de dezembro (182 mm) e janeiro (202 mm) também indicam a concentração de chuvas durante o período do verão. Contrário a isso, os meses de julho (90,8 mm) e agosto (115 mm) apresentam as menores médias observadas no ano, caracterizando o inverno como a época com maior escassez de chuva.

Figura 38 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal (2014-2024)



Fonte: Autoria própria (2025)

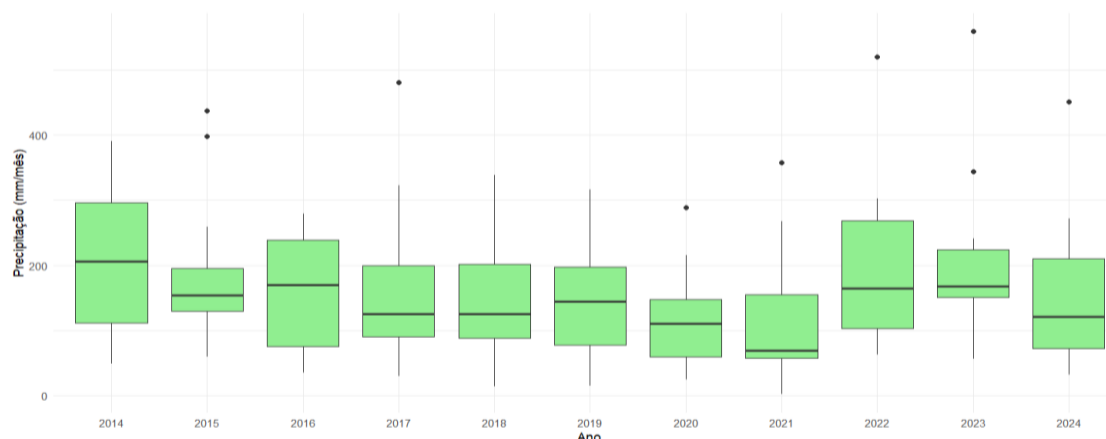
Observando a Figura 39, podemos visualizar a distribuição da precipitação pluviométrica entre 2014 e 2024. O gráfico apresenta os valores mensais por meio de pontos individuais, enquanto a linha central em cada bloco anual apresenta a mediana da distribuição. Os pontos que se afastam das linhas centrais representam outliers estatísticos que, quando analisados sob o contexto climático local, podem corresponder à eventos climáticos extremos.

É notório a variabilidade interanual, com meses de chuvas moderadas que se aproximam de 0 mm, enquanto há meses com elevada pluviosidade, atingindo valores superiores a 400 mm. Observa-se uma redução gradual nas medianas a partir de 2017, com o período entre 2019 e 2021 concentrando os valores mais baixos da série, caracterizando uma fase de escassez hídrica, reportagens da época confirmam isso (MACIEL, 2020). Entretanto, o período entre 2022 e 2023 possui a maior dispersão e mediana, destacando valores extremos acima de 500 mm/mês. Isso, juntamente com os pontos que se afastam da linha central, sugere que durante esse período eventos chuvosos extremos foram presenciados no município.

Um aspecto relevante na análise Figura 39, é a presença de valores extremos nos anos de 2015, 2017, 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024, indicando que a ocorrência de chuvas extremas são frequentes no município, mesmo em anos mais secos. Isso entra em concordância com a ideia já ressaltada na análise dessa variável, de

comportamento altamente irregular e intermitente. As enchentes ocorridas na cidade em junho de 2014, exemplificam isso, mesmo um mês com uma média de 135 mm registrou uma chuva extrema (FRANCISCO BELTRÃO, 2014). A discrepância sazonal fortalece a ideia de que a variabilidade irregular enfrentada nessa região segue padrões complexos, onde anos considerados “secos” podem ainda apresentar eventos extremos.

Figura 39 - Boxplot da precipitação pluviométrica anual



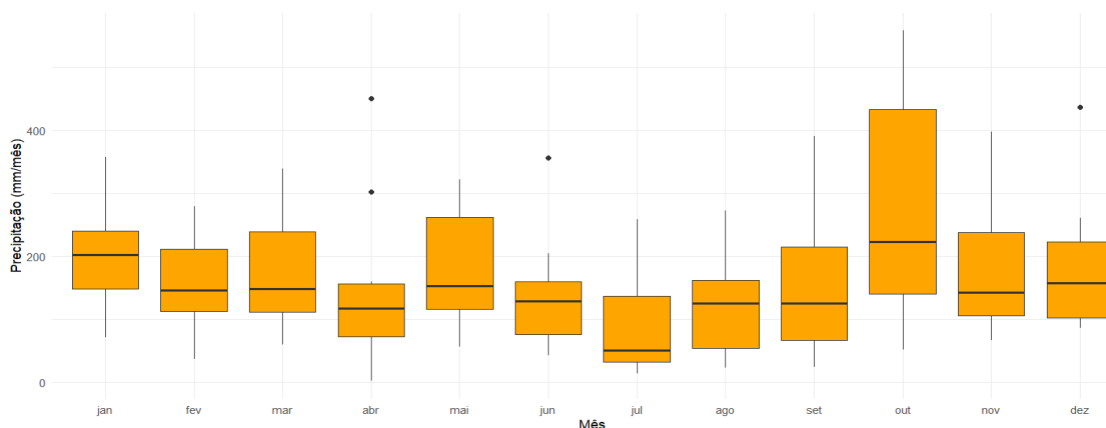
Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 40 ilustra por meio de um gráfico Boxplot a distribuição mensal das chuvas registradas entre 2014 e 2024. A sazonalidade da precipitação não é marcada por um padrão rígido, mas há tendência de maiores quantidades de chuva dentro do período primavera-verão e menores acumuladas no inverno.

Os meses de outubro, janeiro e dezembro possuem as maiores medianas, em conjunto da ampla dispersão dos valores. O que indica a grande variabilidade e ocorrência de eventos climáticos extremos, como demonstram os valores extremos acima de 400 mm/mês. Em contrapartida, os meses de junho, julho e agosto registram as menores medianas, caracterizando o período mais seco do ano. Observa-se que abril e setembro também apresentam medianas relativamente baixas, indicando meses de transição com níveis reduzidos de precipitação em diversos anos.

Ademais, a presença de valores extremos em diferentes meses do ano, revela que eventos de chuva extrema não se restringem apenas a determinadas estações do ano, podendo ocorrer em qualquer período. Essa caracterização reforça a ideia da forte irregularidade e difícil modelagem da série temporal.

Figura 40 - Boxplot da distribuição mensal da precipitação pluviométrica



Fonte: Autoria própria (2025)

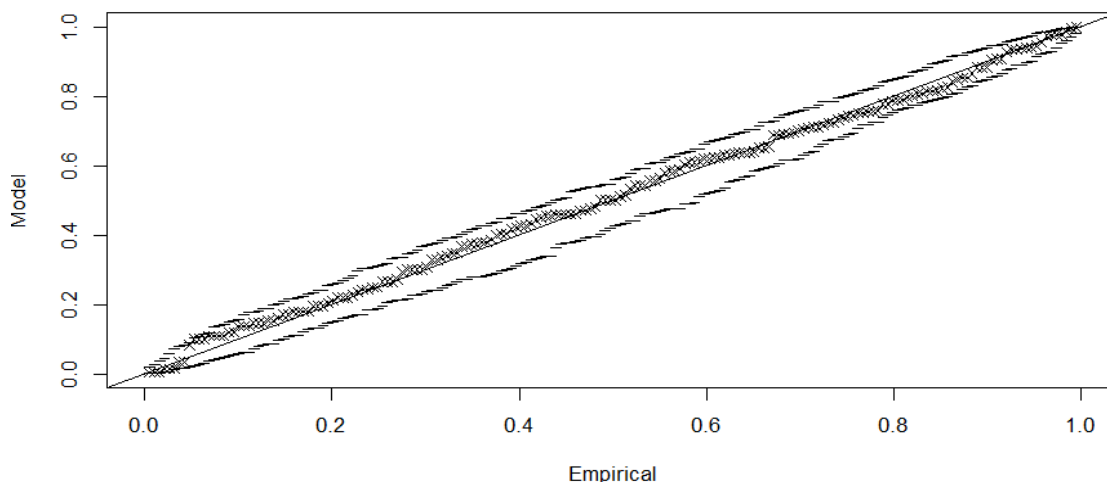
Para identificação dos eventos climáticos extremos ocorridos dentro do período entre 2014-2024, utilizou-se do método POT com distribuição GPD. A partir da análise dos dados diários de precipitação pluviométrica detectaram-se 188 eventos climáticos caracterizados como extremos, os quais ultrapassaram o valor do limiar definido (0,95). O parâmetro *shape* apresentou o valor de 0.0605, o que sugere que a cauda é levemente pesada na distribuição dos extremos. Esse resultado implica que embora a ocorrência de chuvas extremas seja relativamente rara, ainda há a probabilidade não desprezível de eventos pluviométricos extremos. Além disso, o parâmetro *scale* foi estimado em 19,58, indicando a magnitude média dos excessos de precipitação em relação ao limiar adotado.

Conforme dissertado por Mader e Limberger (2024), o estado do Paraná apresentou, nos anos de 2013, 2015, 2017 e 2023, os maiores registros quantitativos de enxurradas, embora a tendência da série histórica seja negativa, indicando queda desses registros. Além disso, o estudo também destaca a ocorrência de alagamentos nos anos de 2023, 2022, 2017 e 2015, os quais demonstram uma tendência positiva, evidenciando o aumento da vulnerabilidade urbana frente a eventos hidrológicos extremos. Por fim, no que se refere à estiagem, os anos de 2012 e 2022 se sobressaem, com indicativos de crescimento na tendência deste fenômeno.

A Figura 41 ilustra o gráfico de probabilidade comparando as probabilidades empíricas dos excedentes de precipitação com aquelas estimadas pelo modelo GPD ajustados pelo método POT. Pode-se observar que os pontos se alinham de maneira satisfatória dentro dos limites, o que indica a adequação da série temporal com a modelagem escolhida. Há pequenas oscilações em torno da diagonal, entretanto a maioria dos pontos apresentam uma distribuição satisfatória, se mantendo dentro das

linhas de confiança. Dessa forma, podemos confirmar uma boa representação estatística dos extremos de chuva registrados na série por meio do método POT.

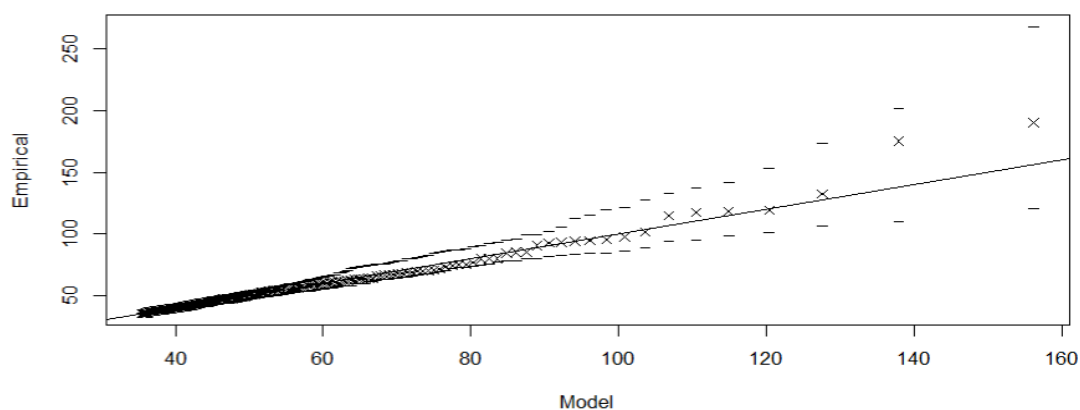
Figura 41 - Gráfico de probabilidade da precipitação pluviométrica diária por meio da modelagem POT



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 42 apresenta o Q - Q Plot, comparando os quantis empíricos dos extremos de precipitação com os quantis teóricos estimados pela distribuição GPD ajustada. Os pontos em sua maioria se encontram próximos à linha de identidade, sugerindo a adequação do modelo. No entanto, nas caudas superiores nota-se um leve afastamento dos pontos, onde alguns valores empíricos se encontram acima do limite de confiança. Tal comportamento indica que está subestimando a magnitude dos eventos de chuva mais extremos, mesmo assim, a discrepância não compromete a qualidade do ajuste. Assim, o gráfico de comparação também apresenta uma distribuição satisfatória dos eventos extremos e ainda alerta sobre a incerteza da previsão de eventos climáticos extremos.

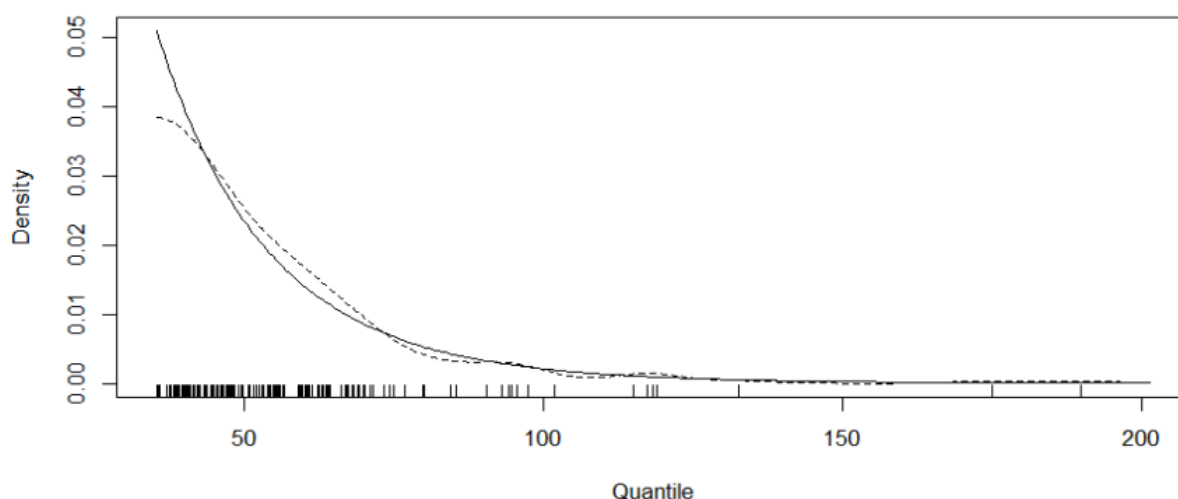
Figura 42 - Gráfico de comparação de quantis da precipitação pluviométrica diária



Fonte: Autoria própria (2025)

O gráfico de densidade, explícito na Figura 43, compara a distribuição empírica dos excedentes de precipitação pluviométrica (linha contínua) com a densidade ajustada por meio da distribuição GPD (linha tracejada). Nota-se que o modelo consegue reproduzir de maneira satisfatória a distribuição dos eventos extremos, principalmente na parte com maior concentração dos dados. Nas caudas superiores, é presente uma leve discrepância entre as linhas, o que indica uma maior incerteza nessas áreas. Ainda assim, o gráfico demonstra a uma boa adequação da série temporal por meio do método escolhido.

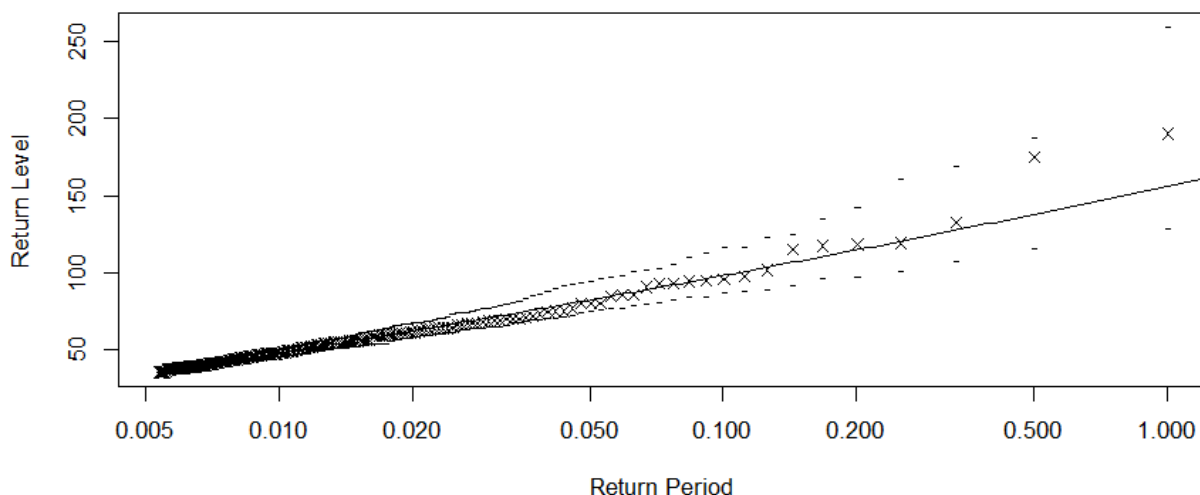
Figura 43 - Gráfico de densidade dos excedentes da temperatura máxima diária



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 44 apresenta o gráfico dos níveis de retorno estimados que relaciona os períodos de retorno e os níveis de precipitação extrema. Os pontos empíricos, marcados em X, estão majoritariamente próximos à linha contínua, indicando que o modelo descreve de forma satisfatória a frequência e a magnitude dos eventos extremos de chuva. As linhas tracejadas representam os intervalos de confiança, as quais são ampliadas conforme aumentam os períodos de retorno, refletindo a incerteza associada à tais eventos. Esse comportamento é esperado em análises de valores extremos, uma vez que a extrapolação para períodos longos depende de um número limitado de observações.

Figura 44 - Gráfico dos níveis de retorno estimados via modelo POT com distribuição GPD da precipitação pluviométrica diária



Fonte: Autoria própria (2025)

5.5 Produção Agrícola

A análise dos dados de produção agrícola no município de Francisco Beltrão, no período entre 2012-2023, permite compreender as principais tendências, desafios e oportunidades enfrentadas nesse período. A partir dos gráficos desenvolvidos, pode-se evidenciar variações significativas tanto na produção total das hortaliças, quanto na de diferentes culturas isoladas. Isso reflete que fatores climáticos, avanços tecnológicos, políticas públicas e dinâmicas de mercado também são influências relevantes para a área agrícola.

As culturas de hortaliças cultivadas em Francisco Beltrão dentro do período de estudo podem ser visualizadas no Quadro 1. Com base nisso, a discussão pode ser aprofundada por meio da construção de gráficos que representem a evolução total da produtividade, além do ranqueamento das culturas que apresentaram as maiores alterações ao longo do período analisado.

Quadro 1 - Culturas de hortaliças cultivadas em Francisco Beltrão entre 2012-2023

Abóbora (Seca/Madura)	Beterraba	Couve-Flor
Abóbora-Tetsukabuto (Kabotia)	Brócolis	Moranga
Alface	Cebola	Pepino
Alho	Cebolinha (Cheiro Verde)	Repolho

Almeirão	Cenoura	Rúcula
Batata Doce	Chuchu	Salsa (Salsinha)
Batata Salsa	Couve	Tomate

Fonte: PARANÁ

5.5.1 Valor Bruto da Produção

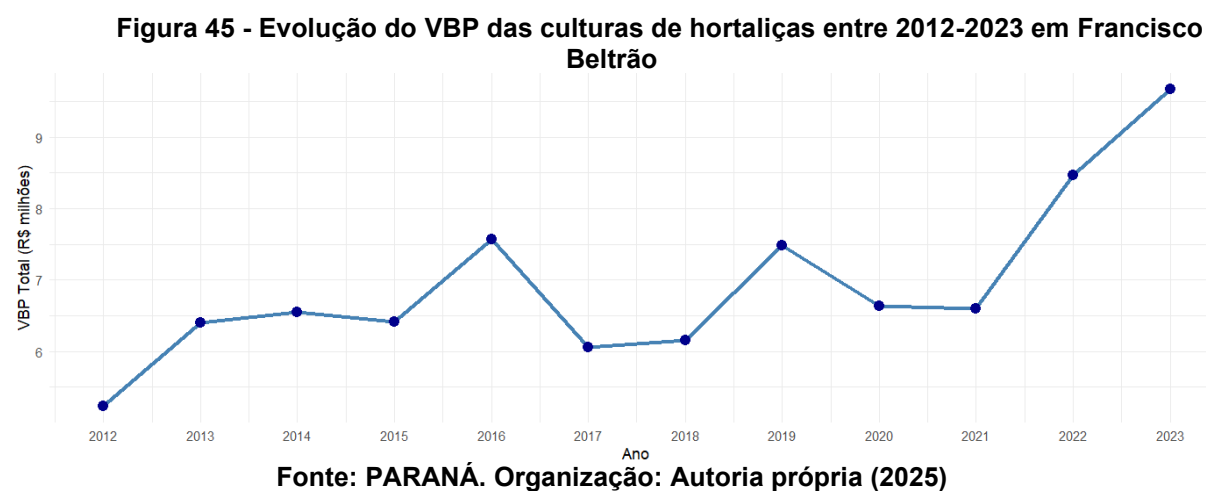
Conforme o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), o Valor Bruto da Produção (VBP) é um dos principais indicadores para avaliar o desempenho econômico e a evolução do setor agropecuário, refletindo o faturamento bruto das atividades dentro dos estabelecimentos rurais (BRASIL, 2025). É inquestionável a participação do Brasil na produção alimentícia no mercado internacional; entretanto, a distribuição da atividade é distinta entre as regiões do país. Dessa forma, algumas regiões apresentam VBP mais elevado que outras. Conforme Freitas (2021), a região Sul, onde está situada a cidade deste estudo, tem sofrido com a queda da participação no VBP nacional, enquanto regiões como Centro-Oeste e Norte apresentam crescimento expressivo.

O presente estudo concentrou-se em diferentes culturas, abrangendo exclusivamente hortaliças. Contudo, *commodities* de elevada relevância econômica, como soja e milho, tendem a apresentar os maiores valores de comercialização no mercado. Vale ressaltar que a maior concentração do VBP ocorre em poucos estabelecimentos, predominantemente voltados à produção de *commodities*. Por outro lado, as hortaliças, por ocuparem áreas menores, tendem a representar uma parcela menos expressiva do VBP total (ALVES; SOUZA; GOMES, 2020).

Dessa forma, a análise do VBP permite compreender não apenas o desempenho econômico do setor agrícola local, mas também as dinâmicas de concentração produtiva e a importância relativa das diferentes culturas para o município. Diante deste cenário, a análise do desempenho das hortaliças em Francisco Beltrão representa uma parcela relevante da diversidade produtiva local, embora concentrada em áreas menores quando comparada às principais culturas agrícolas do município (PARANÁ, 2024).

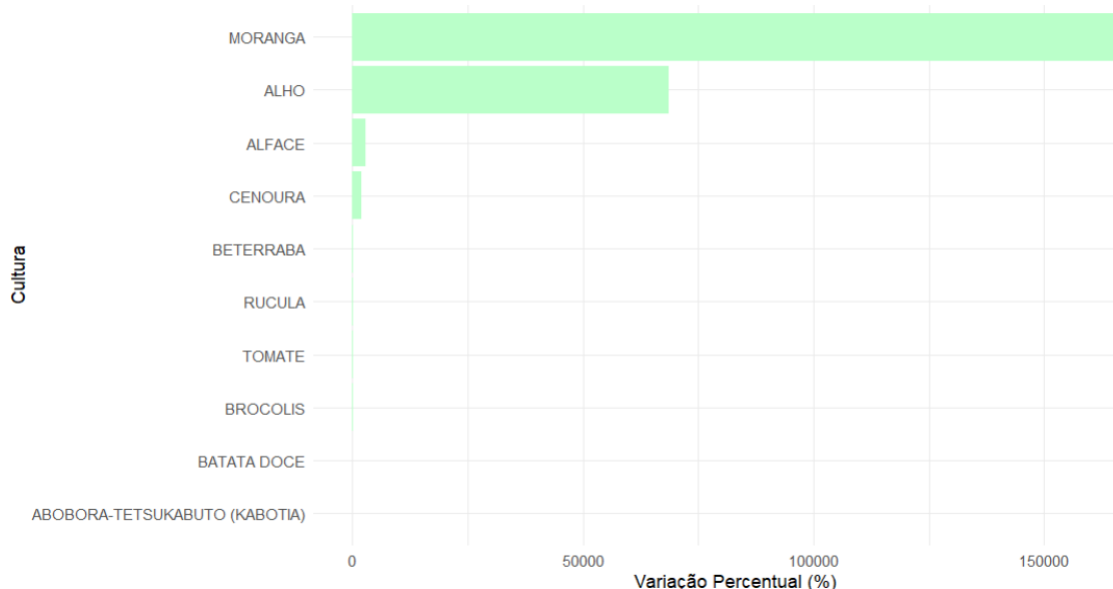
A Figura 45 apresenta o gráfico de evolução do VBP das culturas de hortaliças no município, onde podemos notar que a partir do ano de 2021 houve um forte crescimento. Nesse período, o VBP saltou de R\$ 7 milhões para mais de R\$ 10 milhões, caracterizando uma expansão significativa na produção local. Esse aumento significativo pode estar relacionado a condições climáticas favoráveis, à adoção de avanços tecnológicos no sistema produtivo, à valorização dos preços de mercado e ao aumento da demanda por hortaliças, fatores amplamente reconhecidos na literatura agrícola e econômica (USP, 2025).

Ademais, a oscilação entre os anos anteriores de 2021 é evidente, podendo indicar a vulnerabilidade dessa atividade a fatores conjunturais, como as variações climáticas, incidências de pragas e doenças, oscilações de preço de mercado, custos de insumos e possíveis mudanças nas áreas plantadas. Entre os anos de 2017 e 2018 nota-se o menor valor registrado nesses dez anos, porém ainda superiores ao menor VBP registrado no ano de 2012.



Num escopo mais específico, foram desenvolvidos dois *rankings* das culturas, sendo um deles sobre maior crescimento percentual do VBP (Figura 46) e o segundo das culturas com maior queda percentual do VBP (Figura 47). A Figura 46 evidencia que a cultura da moranga apresentou o maior crescimento percentual, ultrapassando a marca de 160.000%. Em seguida, destaca-se a cultura do alho, com um crescimento superior a 50.000%. Hortaliças como a alface e a cenoura também apresentaram variações positivas, porém em uma escala reduzida das anteriores.

Figura 46 - Ranking das culturas de hortaliças com maior crescimento percentual do VBP entre 2012-2023

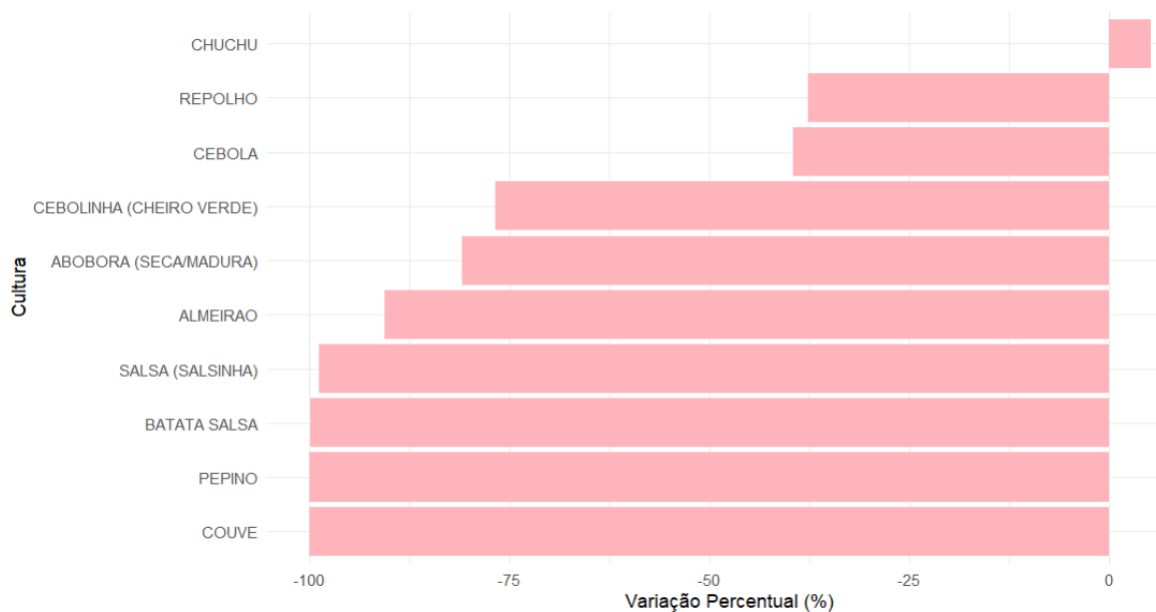


Fonte: Autoria própria (2025)

Por outro lado, o segundo gráfico (Figura 47) mostra as culturas que apresentaram maior queda do percentual do VBP, culturas consolidadas na horticultura brasileira, como couve, pepino, batata salsa e salsa (salsinha). Todas essas culturas tiveram uma queda superior a 90% no período analisado, o que pode estar atrelada a substituição destas culturas por outras. Outro ponto que pode estar influenciando a queda é o baixo consumo de verduras e leguminosas na dieta dos brasileiros (MOREIRA et al., 2015). Além disso, Louzada et al. (2023) aponta que o consumo de produtos ultraprocessados na dieta brasileira constitui uma problemática relevante de saúde pública estando associado à pior qualidade nutricional da alimentação e a diversos desfechos adversos à saúde.

Em termos de economia, segundo a Embrapa (2023), as hortaliças se mostram mais lucrativas que as demais culturas e conforme dissertado têm um aumento significativo nos custos da produção devido à necessidade de maior investimento inicial. Ademais, a realidade do município é vista como distante da realidade nacional, onde a cebola, por exemplo, apresentou um aumento do VBP de 99,1% entre os anos de 2021 e 2022.

Figura 47 - Ranking das culturas de hortaliças com maior queda percentual do VBP entre 2012-2023



Fonte: Autoria própria (2025)

Nas Figuras 46 e 47 nota-se uma expansão de mercados específicos, o que está possivelmente relacionado com a introdução de hortaliças variadas na dieta alimentar dos brasileiros. Nos últimos anos, observa-se um crescimento contínuo da preocupação da população com alimentação saudável, saúde, prática de atividades físicas e autocuidado. Ressalta-se que a análise não permite atribuir a expansão observada a um único fator, sendo provável que a dinâmica resulte da combinação entre aspectos econômicos, produtivos e comportamentais. Segundo a Gazzola et al. (2022), a busca por alimentos mais saudáveis e aspectos ligados ao bem-estar já era uma tendência consolidada, especialmente entre os estratos de renda mais elevados, e foi potencializada pela pandemia de COVID-19. Andrade et al. (2023) disserta que a alimentação dos brasileiros mudou durante o período de pandemia, porém de maneiras distintas:

...as percepções de mudanças no consumo de grupos e subgrupos de alimentos durante a pandemia de covid-19 entre os indivíduos que elegeram como principal razão para tais mudanças “maior preocupação com saúde”, “diminuição do orçamento familiar” e “mais tempo disponível para cozinhar em casa”. Entre aqueles que declararam se preocupar mais com a saúde, destaca-se um aumento no consumo de frango, frutas, verduras e legumes e ovo e uma

diminuição no consumo de carne bovina e de todos os subgrupos de alimentos ultraprocessados. Entre aqueles que declararam diminuição do orçamento familiar, destaca-se aumento no consumo de frango e ovo e diminuição no consumo de carne bovina, carne de porco, peixe, frutas, leite e de todos os subgrupos de alimentos ultraprocessados. Entre aqueles que declararam mais tempo disponível para cozinhar em casa, destaca-se um aumento no consumo de frango, frutas, verduras e legumes, arroz, feijão e ovo (ANDRADE et al., 2023, p. 8).

Sabe-se que devido à grande população do Brasil, não é esperado o mesmo comportamento por todos os brasileiros. Além disso, a desigualdade social é atrelada a esta discussão, quando notamos que famílias com maior vulnerabilidade financeira acabam por optar pelo consumo de mercadorias mais acessíveis, como os ultraprocessados. Além disso, Altieri & Nicholls (2021) ressaltam que o período de pandemia reforça a ideia das implicações globais de um modelo agroalimentar que se baseia na preservação de monoculturas e uso desenfreado de insumos químicos. Os autores creem que desponta a urgência de um novo modelo agroalimentar, que compreenda e respeite o meio, a fim de disponibilizar alimentos saudáveis e com preços acessíveis a grande população.

Outro ponto que pode ser ressaltado em relação a queda do VBP de culturas como do pepino, couve, batata salsa, cebola, abóbora seca/madura, entre os demais citados, é a questão climática. A alteração nas condições do clima pode provocar a proliferação de pragas e doenças, como é o caso da família de plantas cucurbitáceas - que inclui o chuchu, a abóbora e o pepino, culturas que apresentaram queda nos últimos anos (SOARES et al., 2025).

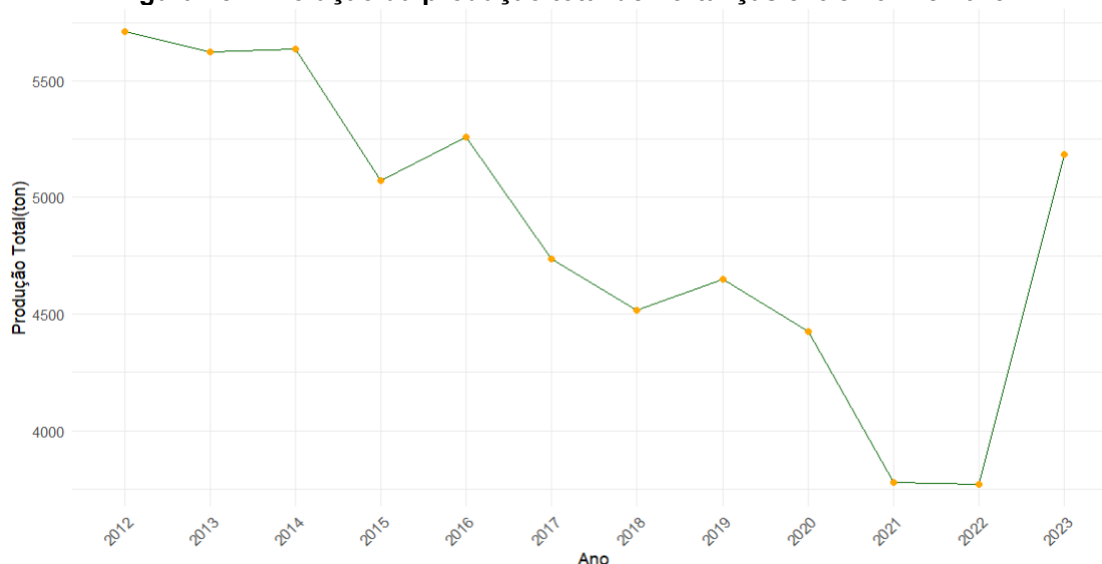
Um exemplo é o *Podosphaera xanthii*, fungo causador do oídio, que afeta cucurbitáceas em ambientes com grande amplitude térmica e alta umidade relativa. Já o *Plasmodiophora brassicae*, patógeno que compromete plantas da família das brássicas, como o repolho, tem sua presença favorecida em solos com temperaturas entre 20 °C e 25 °C. No entanto, no Brasil, sua ocorrência também é registrada em regiões com temperaturas acima de 25 °C, o que evidencia a influência das mudanças climáticas na expansão e intensificação de doenças agrícolas (HAMADA et al., 2024).

Dessa forma, os gráficos (Figura 46 e 47) representam a dualidade vista nos últimos anos, entre a crescente do consumo de determinadas culturas, as quais têm seus preços reduzidos ou valorizados por conta da demanda. Esse comportamento sugere uma mudança gradual na produção agrícola, relacionada ao fortalecimento de mercados específicos, que pode estar associada tanto à dinâmica econômica desses produtos quanto à atuação de políticas públicas voltadas ao incentivo da agricultura familiar e de médio porte.

5.5.2 Produção Física

Após a análise do VBP, a qual reflete o desempenho econômico das hortaliças no município, torna-se relevante observar a produção física total dessas culturas. Enquanto o VBP está ligado diretamente ao faturamento e os preços de mercado, a produção total revela outra camada importante para o estudo, permitindo compreender a capacidade produtiva local e os impactos de fatores agrônômicos e climáticos sobre as lavouras.

A Figura 48 apresenta a evolução da produção total (em toneladas) de hortaliças entre os anos de 2012 e 2023, evidenciando o declínio ao longo da série, seguido de uma recuperação recente. Nota-se que, entre o ano de 2021 e 2022 a produção esteve em seu ponto mais crítico, com valores inferiores a 4.000 toneladas. Vale destacar, que durante esse período a ocorrência do fenômeno climático La Niña provocou estiagens prolongadas e geadas, o que pode ter afetado diretamente na produção das hortaliças (AGROLINK, 2023). Após esse período, houve uma recuperação da produção, a qual voltou a se estabilizar com valores que ultrapassam as 5.000 toneladas.

Figura 48 - Evolução da produção total de hortaliças entre 2012 e 2023

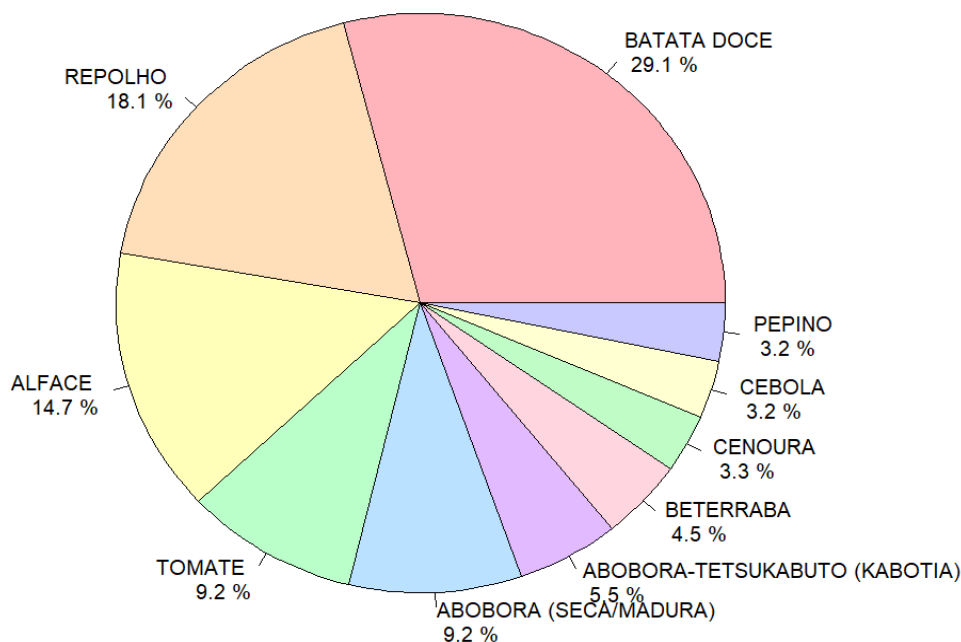
Fonte: Autoria própria (2025)

Fica notório ao observar o gráfico (Figura 48) o declínio contínuo da produção nesse período de análise. Os primeiros anos da linha temporal, especificamente entre 2012 e 2014, apresentaram os picos produtivos, com valores acima de 5.500 toneladas. Essa trajetória demonstra que a produção total não se manteve estável, sendo impactada por diferentes fatores conjunturais que exigem um olhar atencioso.

A análise da produção física, portanto, complementa a discussão sobre o VBP, permitindo uma compreensão mais ampla da dinâmica produtiva local e dos desafios enfrentados pelos produtores de hortaliças ao longo da última década. A vida do produtor tem sido impactada por diferentes fatores como condições climáticas adversas, incidência de pragas e doenças, variações nos custos de produção e mudanças na área cultivada (ASSAD et al., 2022). A ocorrência de um único evento climático extremo pode ser suficiente para provocar uma drástica redução na produção agrícola, evidenciando a vulnerabilidade dos sistemas produtivos frente às variações ambientais (LESK; ROWHANI; RAMANKUTTY, 2016).

A Figura 49 ilustra a participação relativa das principais culturas na produção total de hortaliças no município. Observa-se que a batata doce lidera com 29,1%, seguida pelo repolho (18,1%), alface (14,7%), tomate (9,2%) e abóbora seca/madura (9,2%). As demais culturas, agrupadas, representam 19,7% da produção total. Essa distribuição evidencia a concentração produtiva em poucas culturas, o que pode refletir tanto a preferência dos produtores quanto a demanda do mercado local.

Figura 49 - Participação das principais culturas na produção total de hortaliças entre 2012 e 2023

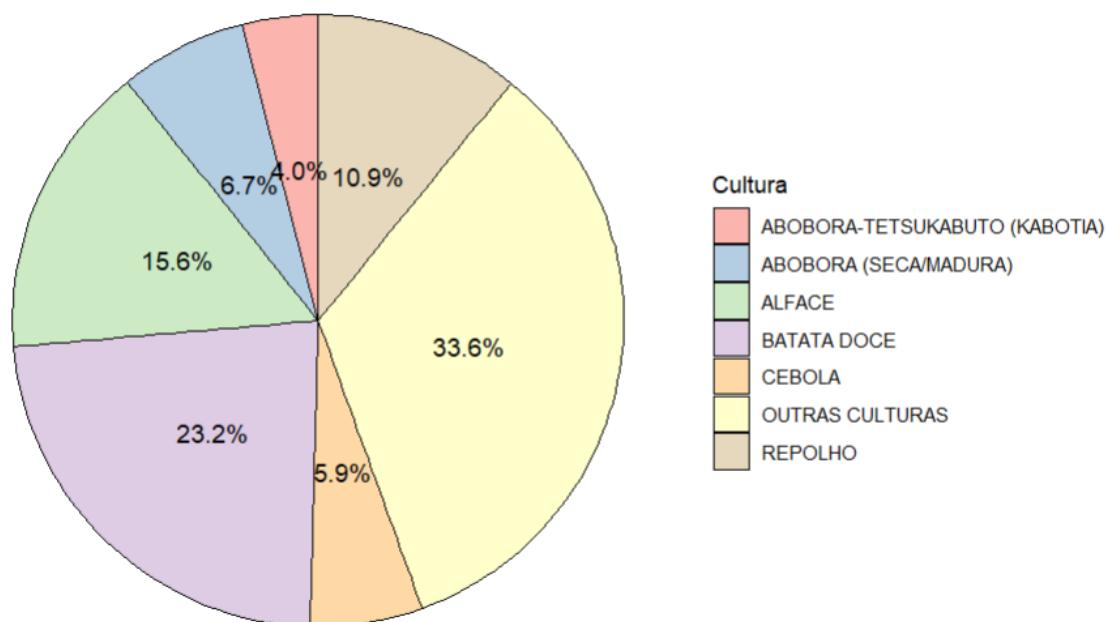


Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 50 apresenta a distribuição da área plantada por culturas no município de Francisco Beltrão (PR) entre os anos de 2012 e 2023, revelando mudanças dentro do período estudado no perfil agrícola local. Destaca-se a batata-doce, que ocupa 23,2% da área total cultivada de hortaliças, evidenciando sua importância econômica e agrônômica para a região. Esse dado reforça o papel da batata-doce como uma das principais culturas hortícolas do município, tanto em volume quanto em valor agregado.

Além da batata-doce, outras hortaliças também se destacam são a alface, a qual representa 15,6% da área cultivada, sendo amplamente produzida em sistemas convencionais e orgânicos. E o repolho, ocupando 10,9%, consolidando-se como uma cultura relevante no sistema de produção local. As demais culturas hortícolas apresentam participação inferior, mas contribuem para a diversificação agrícola, característica marcante da região.

Figura 50 - Divisão da área plantada por cultura de hortaliças entre 2012 e 2023



Fonte: Autoria própria (2025)

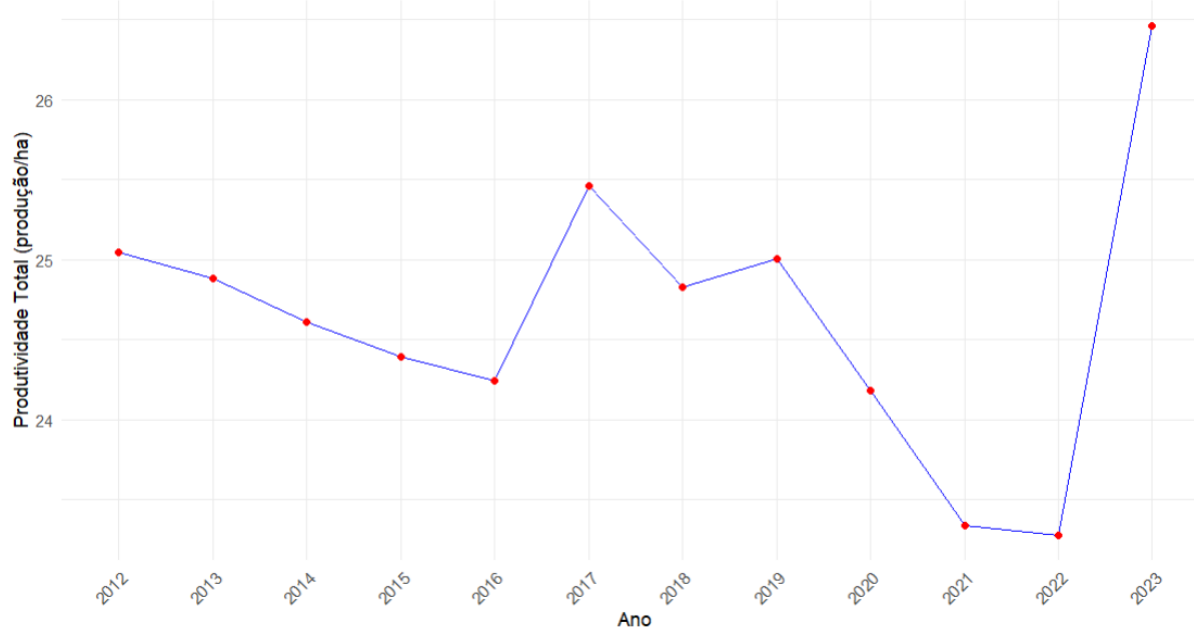
A correlação entre clima e produção agrícola em Francisco Beltrão revela a vulnerabilidade dos sistemas produtivos frente à variabilidade climática. Eventos como estiagens prolongadas, geadas e chuvas intensas impactaram diretamente a produtividade das hortaliças, especialmente entre 2021 e 2022 (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2023). Estudos sobre a agricultura local (CUSTIQUE, 2022) indicam que a precipitação e a temperatura são fatores decisivos para o desempenho das lavouras, sendo necessário o uso de estratégias adaptativas como irrigação eficiente, escolha de cultivares resistentes e planejamento agrícola baseado em previsões climáticas. A resiliência dos produtores depende, portanto, da capacidade de resposta frente aos desafios impostos pela variabilidade climática.

5.5.3 Produtividade

A produtividade é um indicador fundamental para a avaliação do desempenho das lavouras, pois expressa a relação entre a produção total (em toneladas) e a área plantada (em hectares). Ao analisar o gráfico da evolução da produtividade local (Figura 51), observa-se um comportamento distinto em relação ao gráfico de produção total (Figura 48), que apresentou um declínio gradual ao longo do período analisado. No entanto, a produtividade revela um comportamento mais dinâmico, com destaque para o expressivo aumento entre os anos de 2016 e 2017, seguido por uma recuperação significativa nos anos finais da série (2022 e 2023).

A análise da produtividade, portanto, permite uma leitura mais refinada da eficiência dos sistemas produtivos locais, revelando que, mesmo diante de adversidades climáticas, como geadas, chuvas exacerbadas, grande amplitude térmica e temperaturas altas, os produtores conseguiram manter ou até melhorar o rendimento das lavouras. Isso pode estar relacionado à adoção de práticas de manejo mais eficientes, como o uso de irrigação suplementar, escolha de cultivares mais adaptadas e maior tecnificação das propriedades.

Figura 51 - Evolução da produtividade total de hortaliças entre 2012 e 2023



Fonte: Autoria própria (2025)

Ao analisarmos o gráfico das maiores quedas de produtividade (Figura 52), observamos a presença de culturas como almeirão, abóbora-tetsukabuto (kabotiá), rúcula e brócolis, com variações negativas que chegaram a até 50%. Apesar dessas quedas, é importante destacar que algumas dessas mesmas culturas também figuram entre as de maior produtividade média, como a abóbora-tetsukabuto, o brócolis, a moranga, a beterraba e a batata-doce.

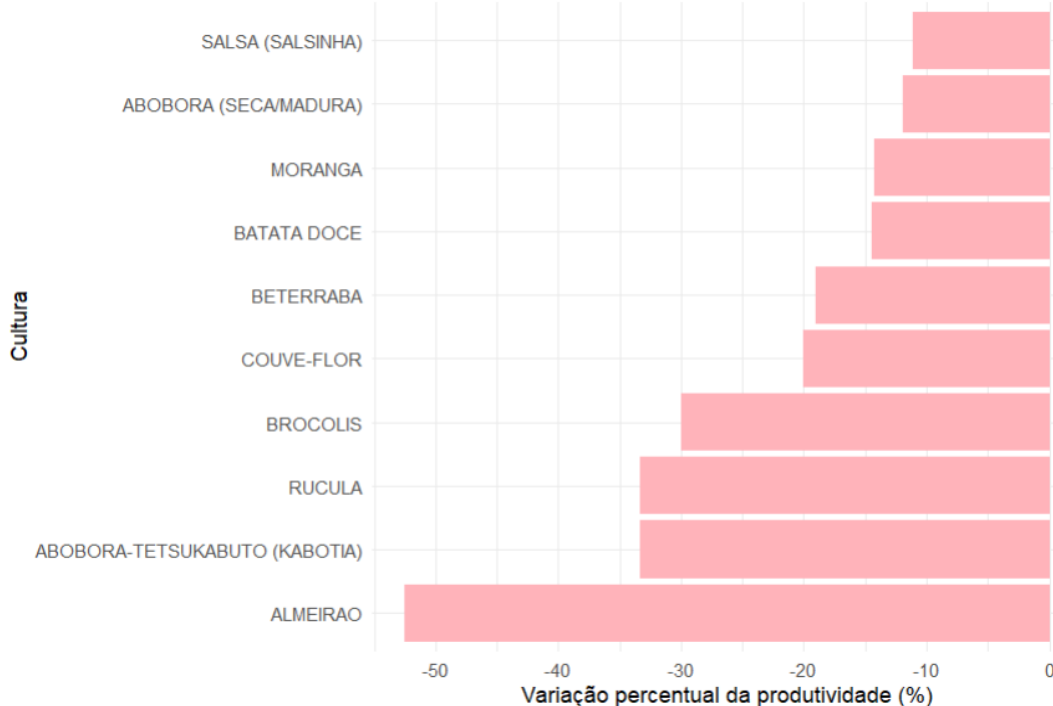
Outro ponto relevante é o desempenho da moranga no gráfico de maior crescimento do Valor Bruto da Produção (VBP). Embora tenha apresentado um expressivo aumento no valor de mercado, essa cultura enfrentou uma redução de aproximadamente 15% em sua produtividade, evidenciando uma dissociação entre crescimento econômico e desempenho produtivo.

Diversos fatores podem influenciar diretamente a produtividade das culturas, variando desde condições climáticas até aspectos técnicos relacionados ao manejo agrícola. A ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, chuvas intensas ou geadas, tem se tornado cada vez mais frequente, impactando negativamente o desempenho das plantações. Nesse contexto, o investimento em tecnologias agrícolas — como sistemas de irrigação eficientes, cultivares adaptadas e monitoramento climático — torna-se essencial para mitigar esses efeitos e garantir maior estabilidade produtiva.

Além disso, a menor aplicação de recursos tecnológicos em determinadas culturas pode ter contribuído para a queda de produtividade observada. A adoção de soluções inovadoras é especialmente importante em cenários de instabilidade climática, funcionando como uma estratégia de resiliência.

Também vale ressaltar a mudança nas preferências dos produtores, que muitas vezes acompanham as dinâmicas do mercado. Culturas com maior rentabilidade econômica tendem a receber mais atenção e investimento. Isso pode levar à redução do cultivo ou a diminuição de áreas plantadas devido ao menor retorno financeiro, mesmo que tenham potencial produtivo. Assim, alguns produtores têm migrado para culturas de grãos, como arroz, feijão, milho e soja, guiados por uma visão predominantemente econômica (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2025).

A maior estabilidade de preços, a facilidade de mecanização e a existência de cadeias consolidadas de comercialização tornam culturas como soja, milho, arroz e feijão economicamente mais atrativas quando comparadas às hortaliças, que demandam maior mão de obra e apresentam maior vulnerabilidade econômica. Dados do Departamento de Economia Rural (DERAL, 2024) indicam que, em períodos de menor rentabilidade das culturas tradicionais, produtores da região tendem a migrar para o cultivo de grãos, o que contribui para a redução ou substituição de áreas anteriormente destinadas a culturas com potencial produtivo, mas menor retorno financeiro.

Figura 52 - Culturas de hortaliças com maior queda de produtividade entre 2012 e 2023

Fonte: Autoria própria (2025)

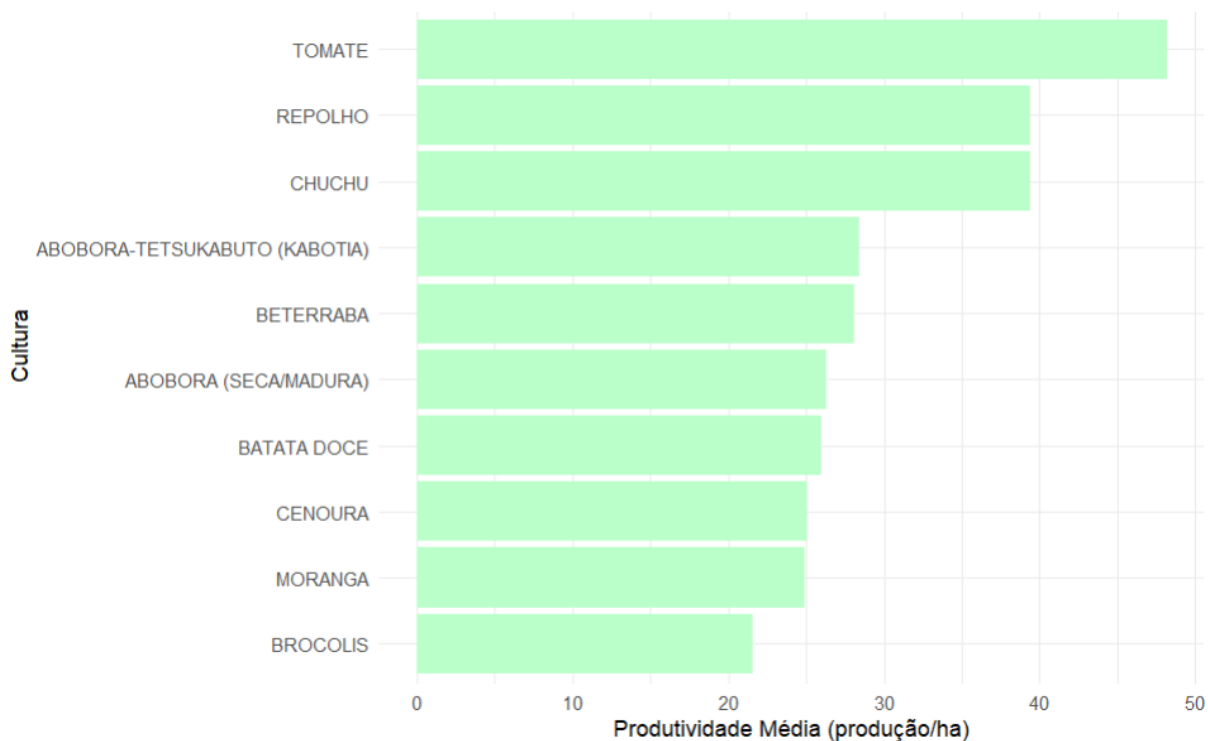
A Figura 53 apresenta as culturas de hortaliças com maior produtividade média no período de 2012 a 2023, destacando-se o tomate como a cultura de maior rendimento. Essa elevada produtividade está relacionada a diversos fatores, entre eles a ampla adaptabilidade climática da planta. O cultivo do tomateiro é favorecido por uma amplitude térmica entre 10 °C e 34 °C, além de exigir cerca de 600 mm de água ao longo do ciclo. No entanto, excessos de chuva podem prejudicar o desenvolvimento da cultura, limitando sua produção (AFFONSO et al., 2016).

A cultura do repolho também se destaca no município, apresentando uma produtividade média de aproximadamente 40 toneladas por hectare, valor superior à média nacional, que gira em torno de 30 t/ha (MELO, 2020). Esse desempenho acima da média evidencia o potencial produtivo local, especialmente considerando que o Paraná é o maior produtor de repolho do Brasil, com destaque para municípios que adotam boas práticas de manejo e tecnologias de cultivo.

Já a cultura do chuchu também possui relevância regional, com produtividade semelhante à do repolho. O Espírito Santo lidera a produção nacional, sendo responsável por grande parte do abastecimento do mercado interno. No entanto, produtores da região enfrentam desafios como infestação de pragas, doenças

fúngicas e, principalmente, a baixa demanda de mercado, o que tem levado até mesmo ao descarte de mercadorias (G1 ESPÍRITO SANTO, 2024). As demais culturas - abóbora-tetsukabuto (kabotiá), beterraba, abóbora (seca/madura), batata doce, cenoura, moranga, brócolis -, apresentam valores médios variando entre 20 e 35 t/ha.

Figura 53 - Culturas de hortaliças com maior produtividade média entre 2012 e 2023



Fonte: Autoria própria (2025)

5.6 Clima X Produção Agrícola

A análise multivariada por regressão linear múltipla foi aplicada para investigar a influência das variáveis climáticas (chuva total, temperatura máxima, média e mínima) sobre três indicadores agrícolas: produção anual, produtividade e Valor Bruto da Produção (VBP) das hortaliças no município de Francisco Beltrão, no período de 2012 a 2023.

Em termos de análise interpretativa, nota-se que ao final (2022-2023) da evolução da produtividade (Figura 51), ocorreu um aumento nos volumes de precipitação registrados nesses anos, conforme demonstrado na Tabela 10, que apresenta os dados de precipitação pluviométrica. No entanto, esse comportamento não pode ser atribuído exclusivamente ao total anual de chuva, uma vez que a

resposta produtiva depende também da temperatura e, sobretudo, da distribuição das chuvas ao longo dos meses e das fases fenológicas das culturas.

Em termos estatísticos, os resultados indicaram que não houve associação estatisticamente significativa entre as variáveis climáticas analisadas e a produção agrícola anual ($p > 0,05$). O modelo apresentou baixo poder explicativo (R^2 ajustado), sugerindo que outros fatores não incluídos podem ser determinantes para a produção local, bem como a sazonalidade dos períodos de cultivo de cada produto.

De forma semelhante, a análise entre as variáveis climáticas e a produtividade anual das hortaliças também não revelou associação estatisticamente significativa ($p > 0,05$). O modelo apresentou baixo poder explicativo, reforçando a hipótese de que fatores externos ao clima, como manejo agrícola, tecnologia empregada e políticas públicas, podem exercer maior influência sobre a produtividade.

No caso do VBP, a variável chuva total apresentou tendência positiva em relação ao indicador econômico ($p = 0,0609$), embora não tenha atingido significância estatística convencional. As demais variáveis climáticas não apresentaram associação significativa. Apesar do alto poder explicativo do modelo ($R^2 = 93,3\%$), o baixo número de observações limita a robustez dos resultados.

Diante desses resultados, recomenda-se a ampliação da série temporal e a inclusão de variáveis econômicas e agronômicas para futuras análises, visando compreender de forma mais abrangente os fatores que influenciam o desempenho agrícola local. Assim como analisar as características específicas de crescimento de cada cultura, para identificar as exigências da fase fenológica onde pode ser mais exigente perante a quantidade de chuva disponível. Embora seja indiscutível que o clima exerça influência sobre a agricultura, neste estudo específico não foi possível comprovar estatisticamente essa relação, isso se dá pela quantidade de amostras disponíveis para o estudo.

O método ADRL também foi testado para investigar a relação entre clima e produção agrícola. A escolha do número de defasagens (*lags*) é indispensável no caso dessa modelagem, nesse caso, optou-se pelo *lag* 1 como mais seguro para o conjunto de dados, pois os demais *lags* só funcionam em séries mais longas.

Conforme os resultados, destaca-se o coeficiente da temperatura máxima média, o qual foi positivo e próximo ao nível de significância de 10%, isso sugere uma

possível influência dessa variável climática sob a produção agrícola. Já os coeficientes relacionados à precipitação pluviométrica, não apresentaram significância estatística no modelo ajustado.

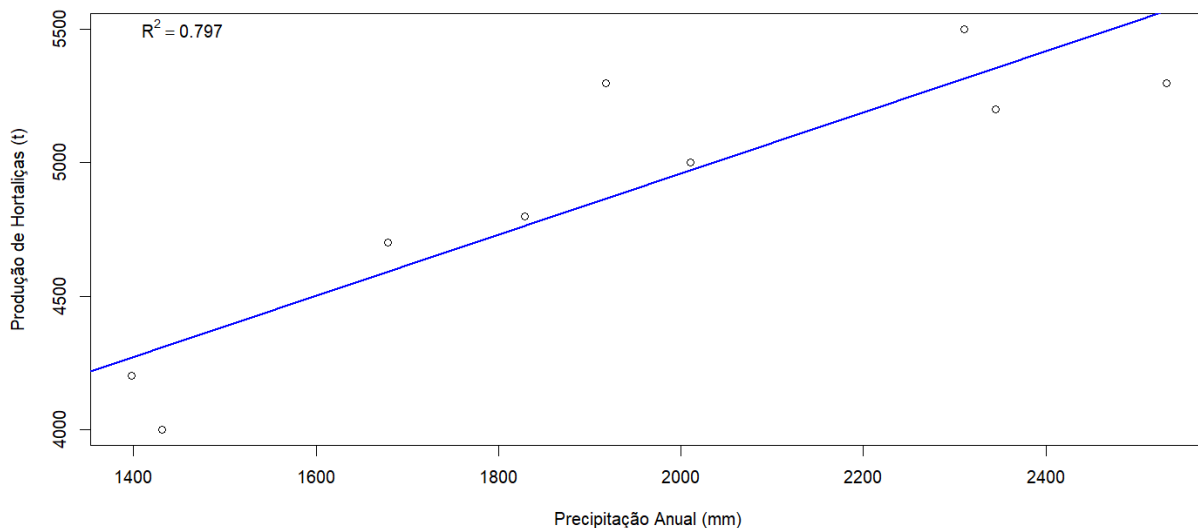
Os testes de estacionariedade foram realizados por meio do teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), aplicado a todas as variáveis consideradas no estudo. Observou-se que apenas as variáveis de temperatura média e temperatura mínima apresentaram estabilidade ao nível de 5% de significância. Entretanto, as demais variáveis, incluindo a produtividade agrícola, área, precipitação total e VBP, mostraram-se não estacionárias.

Além disso, o modelo com *lag* 1 apresentou um elevado R^2 (95%), isso indica a boa capacidade explicativa do modelo, embora esse resultado cobre cautela ao ser analisado, devido à quantidade reduzida de observações. Conforme ressaltado anteriormente, sugere-se que em estudos futuros a série temporal de estudo seja ampliada, para resultados mais robustos.

Além disso, foram desenvolvidos gráficos de dispersão para uma compreensão com maior enfoque em cada variável climática, como pode ser visualizado a seguir.

Na Figura 54 está disposto um gráfico que apresenta a dinâmica entre a precipitação pluviométrica e a produção de hortaliças, com uma tendência linear crescente. Isso sugere que anos mais chuvosos apresentam uma maior produção total de hortaliças. A distribuição dos pontos possui menor dispersão, assim, a relação entre a produção e disponibilidade hídrica é clara. Contudo, a baixa quantidade de observações limita as conclusões estatísticas.

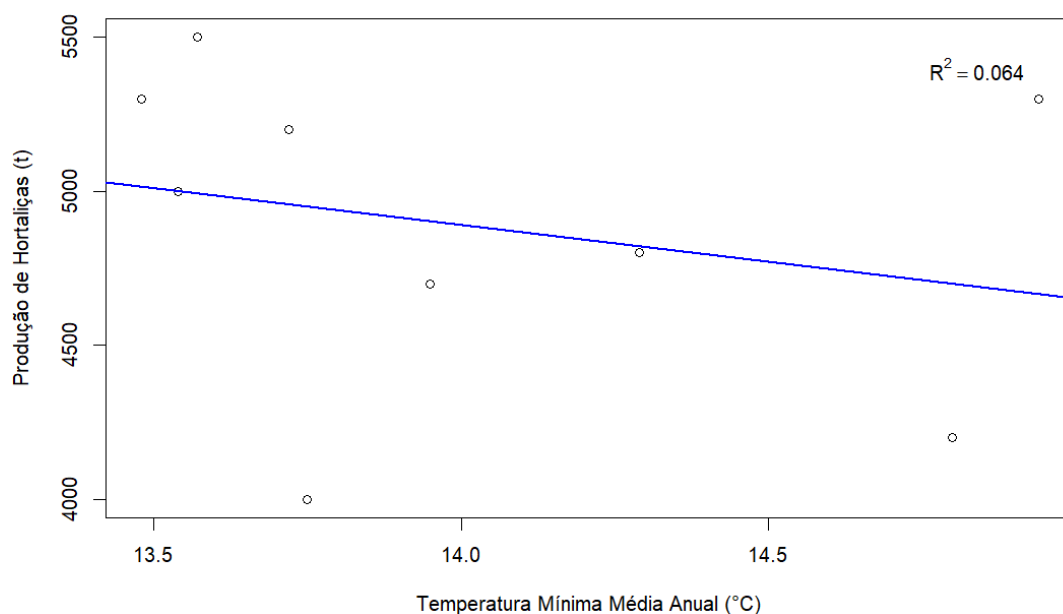
Figura 54 - Relação entre a precipitação pluviométrica com a produção de hortaliças



Fonte: Autoria própria (2025)

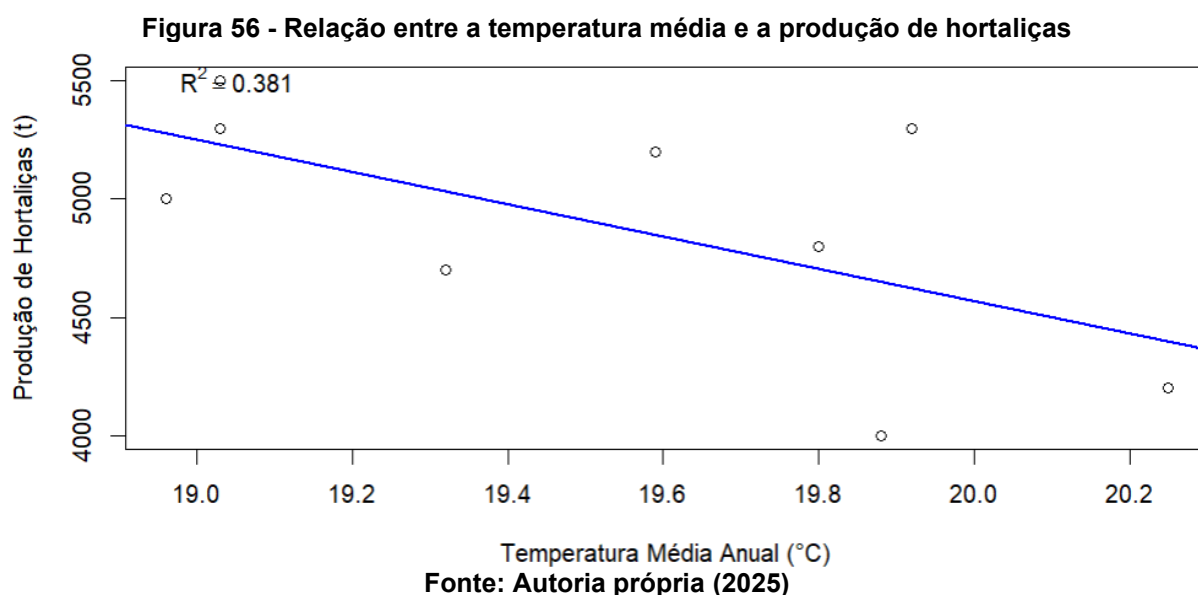
O gráfico que relaciona a temperatura mínima média e a produção de hortaliças (Figura 55) demonstra uma leve tendência negativa, sugerindo assim que, anos com as médias de temperaturas mínimas elevadas pode ocasionar na diminuição na produção de hortaliças. Porém, devido à pouca inclinação da linha essa relação é fraca do ponto de vista estatístico. A dispersão dos pontos leva à conclusão que outros fatores podem também influenciar na taxa da produção total. Conforme evidenciado anteriormente, a série temporal é pequena para determinar mudanças climáticas evidentes e a compreensão dessa dinâmica estatisticamente, para isso seria necessária uma série temporal acima de 30 anos.

Figura 55 - Relação entre a temperatura mínima média e a produção de hortaliças



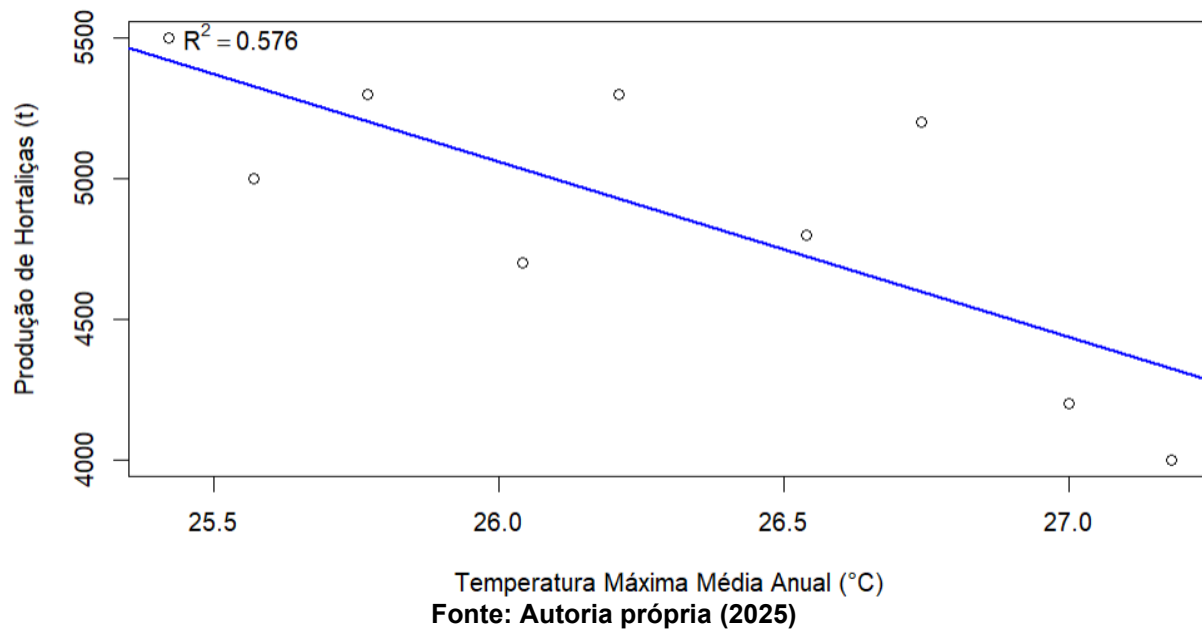
Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 56 mostra a relação presente entre a temperatura média e a produção de hortaliças, a qual apresenta uma tendência linear negativa. Isso sugere que em anos em que a temperatura média está elevada existem baixas na produção de hortaliças, o que condiz com a sensibilidade térmica que as hortaliças possuem. A dispersão dos pontos revela que não apenas os valores da temperatura possuem influência sobre a produção, o que indica que técnicas ou ainda eventos climáticos extremos possam estar correlacionados com as baixas de produção em determinados anos.



A figura 57 ilustra a relação entre a temperatura máxima média e a produção de hortaliças, o gráfico de dispersão evidencia uma tendência linear negativa. Assim, anos que possuem uma média de temperaturas máximas mais elevadas tendem a apresentar uma menor produção total. Apesar da inclinação visual sugerir uma possível sensibilidade térmica das culturas plantadas, a dispersão dos pontos indica a fraca capacidade preditiva e a influência de fatores não climáticos que também impactam na produção. Como já demonstrado no estudo, a baixa quantidade de amostras não permite conclusões robustas sobre o tema.

Figura 57 - Relação entre a temperatura máxima média e a produção de hortaliças



6 CONCLUSÃO

A análise realizada ao longo deste trabalho permite compreender não apenas a dinâmica entre o clima e a produção de hortaliças, mas também os reflexos sociais que esse campo de estudo abriga, como a alimentação, a distribuição fundiária e modo de produção agrícola. O objetivo principal do estudo – identificar a possível influência de eventos climáticos extremos para com a produção de hortaliças do município – foi identificado, entretanto, ao estudarmos o clima, estamos perante uma condição que impacta além da agricultura, mas a vivência dos cidadãos.

A pesquisa possibilitou a compreensão da complexa relação estabelecida entre as variáveis climáticas e a produção agrícola, porém os modelos estatísticos não conseguiram identificar associações estatisticamente significativas, apenas a temperatura máxima média apresentou significância. A ausência desses resultados pode ser atribuída à baixa quantidade de observações da série temporal histórica, com apenas dez anos de estudo, o que reforça a necessidade de séries temporais mais longas para identificação estatística dessa relação.

Apesar disso, a conjuntura das análises descritivas e estatísticas evidenciaram a presença de eventos climáticos extremos dentro do período do estudo. Esses eventos reforçam a vulnerabilidade dos sistemas produtivos frente às variações ambientais e a necessidade de estratégias adaptativas. O método SARIMA utilizado para ajuste dos dados, mostrou-se eficaz na modelagem dos dados de temperatura, os quais são sazonais. Porém, as observações de precipitação pluviométrica não apresentaram sazonalidade, o que tornou inviável a utilização desse modelo. Dessa forma, conclui-se que a ocorrência de chuvas no município é altamente irregular e não apresenta padrão definido, como as demais variáveis climáticas analisadas. A análise descritiva e os gráficos de distribuição revelaram a grande variabilidade mensal e anual, com picos superiores a 500 mm/mês e períodos de seca acentuada como observados em 2019 a 2021.

A decomposição das séries temporais revelou que embora existam flutuações interanuais, não foi identificada tendência estatisticamente significativa de aumento ou diminuição das temperaturas médias. Isso sugere que as observações são majoritariamente sazonais e não indicam, até o presente momento, uma mudança climática consolidada. No entanto, a presença de eventos climáticos extremos, que

fogem das médias observadas, aponta a instabilidade climática presente na região, com impactos diretos na agricultura local. Além disso, a ausência da comprovação estatística também pode estar relacionada ao número de observações analisadas no estudo.

Esses resultados climáticos, quando integrados à análise agrícola, demonstram que a variabilidade e os extremos climáticos são fatores críticos para a produção de hortaliças, mesmo que não tenham sido estatisticamente significativos nos modelos de regressão aplicados. A ausência de significância pode estar relacionada à limitação da série temporal e à complexidade dos sistemas produtivos, que envolvem múltiplas variáveis interdependentes. Ainda assim, os achados climáticos fornecem subsídios valiosos para o desenvolvimento de políticas públicas, planejamento agrícola e estratégias de adaptação frente às mudanças climáticas.

Em termos da produção agrícola, a análise mostra oscilações significativas na produção física, com destaque à uma recuperação recente e surpreendente após períodos críticos. A batata-doce é a hortaliça com maior área de plantação, embora a diversificação das culturas seja um diferencial do município. Consoante a isto, a batata-doce, o repolho e a alface são as hortaliças marcadas pelo maior índice de produção física dentro do período de estudo. A produtividade, por outro lado, apresentou um comportamento menos alarmante, sugerindo que os produtores locais têm adotado práticas de manejo que vem apresentando resultados positivos. O tomate, o repolho e o chuchu são as culturas destacadas com maior produtividade nos últimos anos.

No contexto econômico, quando observamos os resultados do VBP é perceptível que apesar da queda gradativa da produção física, os valores não sofreram tanta oscilação. Os anos de 2021 e 2022 apresentaram a menor taxa de produção de hortaliças dentro do período estudado, enquanto o VBP surge com uma crescente no ano de 2021, superando no ano de 2022 todos os valores anteriormente observados. Em estudos futuros, sugere-se a análise aprofundada da relação da economia e da produção de hortaliças, a fim de compreender a dinâmica entre esses campos de estudo.

Considerando os resultados obtidos e a organização da terra no local de estudo, reforça-se a urgência de estratégias adaptativas às características climáticas

da região. O papel do Estado se mostra indispensável nesse contexto, exigindo o financiamento de cursos sobre tecnologia e monitoramento climático voltadas aos pequenos produtores da região. Diante da crescente ocorrência de eventos extremos, como estiagens prolongadas, intensas precipitações e aumento das temperaturas, a tecnologia surge como uma aliada essencial para enfrentar os desafios que se impõem.

Vale ressaltar que o município de estudo é marcado pela agricultura familiar, composta por pequenos produtores que investem todo seu potencial financeiro em suas plantações, correndo risco de perder não apenas a produção, mas também o capital investido. Nesse cenário, a ciência se apresenta como um suporte fundamental, oferecendo caminhos e soluções para agricultores que, muitas vezes, não sabem como agir diante das mudanças climáticas. Também se destaca o papel das instituições de apoio financeiro e técnico, que contribuem significativamente para a formação, manutenção e resiliência das plantações locais. Muitas cooperativas de crédito oferecem suporte contínuo aos produtores de toda a região e não apresentam apreensão frente às crises climáticas (GLOBO RURAL, 2024).

Por fim, este estudo reforça a importância do monitoramento climático contínuo, da formação técnica dos produtores e da elaboração de políticas públicas integradas que considerem as especificidades locais. Recomenda-se, para pesquisas futuras, a ampliação da base de dados, a inclusão de variáveis socioeconômicas e de manejo agrícola, e a aplicação de modelos multivariados mais complexos, capazes de captar as interações entre clima, práticas agrícolas e mercado. Além disso, o estudo específico de cada cultura, incluindo os períodos de crescimento de cada planta irá aprofundar o entendimento da dinâmica entre o clima e as hortaliças. A compreensão aprofundada desses fatores é fundamental para garantir a segurança alimentar, a sustentabilidade ambiental e a valorização da agricultura familiar em contextos de vulnerabilidade climática. Desenvolver estudos sobre alimentos, que fogem do foco da exportação é de extrema importância para compreender a dinâmica alimentar da sociedade brasileira.

7 REFERÊNCIAS

- AFFONSO, G. S.; BASSETTO, P.; ESPIRITO SANTO, R. S. do. **Fatores de produção que influenciam na produtividade e na qualidade do tomate**. In: Encontro De Engenharia De Produção Agroindustrial – EEPA, 10., 2016. Campo Mourão: UNESPAR, 2016. Disponível em: https://www.fecilcam.br/anais/x_eeepa/data/uploads/12-agropecuaria/12-04.pdf. Acesso em: 08 out. 2025.
- AGÊNCIA BRASIL. Mapa da Fome da ONU: insegurança alimentar severa cai 85% no Brasil em 2023. **Agência Brasil**, 24 jul. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202407/mapa-da-fome-da-onu-inseguranca-alimentar-severa-cai-85-no-brasil-em-2023-1>. Acesso em: 27 jan. 2025.
- AGÊNCIA GOV. **Os pilares da agricultura familiar como base da segurança alimentar e da sustentabilidade**. Brasília: Agência Gov, 23 out. 2024. Disponível em: <<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202410/os-pilares-da-agricultura-familiar-como-base-da-seguranca-alimentar-e-da-sustentabilidade>>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- AGROLINK. **Confira os impactos do clima nas hortaliças**. Agrolink, 2023. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/confira-os-impactos-do-clima-nas-hortalicas_476823.html. Acesso em: 05 out. 2025.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Do modelo agroquímico à agroecologia: a busca por sistemas alimentares saudáveis e resilientes em tempos de COVID-19. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 57, p. 245-257, 2021. DOI: 10.5380/dma.v57i0.78321.
- ALVES, E. R. de A.; SOUZA, G. da S.; GOMES, E. G. **A concentração do valor bruto da produção e a pobreza segundo o Censo Agropecuário 2017**. In: NAVARRO, Z. (Org.). A economia agropecuária do Brasil: a grande transformação. São Paulo: Baraúna, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1127711>. Acesso em: 29 set. 2025.
- ANDRADE, G. C. et al. Mudanças nos marcadores da alimentação durante a pandemia de covid-19 no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 57, n. 1, p. 54, 4 set. 2023. Universidade de São Paulo. Agência de Bibliotecas e Coleções Digitais. <http://dx.doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057004659>. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rsp/2023.v57/54/pt/>. Acesso em: 30 set. 2025.
- ANDRES, J.; CANEPARO, S. C.; HENDGES, E. R. **Riscos de inundação na cidade de Francisco Beltrão (PR) por meio de combinação linear ponderada difusa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17., 2015, João Pessoa. Anais XVII. João Pessoa: INPE, 2015. p. 5034-5041. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.49.41/doc/p0989.pdf>. Acesso em: 11 set. 2025.
- ASSAD, E. D.; CALMON, M.; LOPES-ASSAD, M. L.; FELTRAN-BARBIERI, R.; POMPEU, J.; DOMINGUES, L. M.; NOBRE, C. A. Adaptação e resiliência de sistemas agrícolas às mudanças climáticas locais e eventos extremos: uma revisão integrativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 52, p. e72899, 2022.

Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/72899>. Acesso em: 11 maio. 2026.

AZEVEDO, E. Alimentação, sociedade e cultura: temas contemporâneos. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 19, n. 44, p. 276–307, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/15174522-019004412>. Acesso em: 28 jan. 2025.

BACH, D. **Fortes chuvas causam alagamentos em Francisco Beltrão e deixam população em alerta**. Grupo RBJ de Comunicação, 7 dez. 2024. Disponível em: <https://rbj.com.br/fortes-chuvas-causam-alagamentos-em-francisco-beltrao-e-deixam-populacao-em-alerta/>. Acesso em: 10 set. 2025.

BEIRLANT, J.; GOEGEBEUR, Y.; SEGERS, J.; TEUGELS, J. Statistics of extremes: theory and applications. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

BELLUCCI, M.; CURTIS, T. P. Ammonia-Oxidizing Bacteria in Wastewater. **Methods In Enzymology**, [S.L.], p. 269-286, 2011. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-386489-5.00011-7>.

BONFIM, O. E. T.; SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; ROCHA, L. H. S. Análise dos eventos climáticos extremos e de suas causas climáticas para redução de riscos nas bacias hidrográficas Aguapeí e Peixe, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. especial, p. 755–768, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786355000004>.

BORGES, C. A.; CLARO, R. M.; MARTINS, A. P. B.; VILLAR, B. S. Quanto custa para as famílias de baixa renda obterem uma dieta saudável no Brasil? **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n. 1, p. 137-148, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00005114>. Acesso em: 4 fev. 2025.

BORMA, L. S.; GITIRANA JUNIOR, G. F. N.; LUIZ, G. C. Interação solo-planta-atmosfera e o papel dos solos não saturados. In: SILVA, Arnaldo; COELHO, Carlos (Orgs.). **Solos não saturados no contexto geotécnico**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2015. p. 327–365.

BORROZZINO, E. et al. Mudanças no uso do solo e impactos sobre a temperatura do ar e do solo no estado do Paraná, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1544–1553, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/Mudancas%20no%20uso%20do%20solo.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

BORSATO, V. A.; MASSOQUIM, N. Os movimentos, as áreas de atuação e as propriedades das massas de ar no Brasil. **Geomae**, Campo Mourão, v. 11, n. 1, p. 27-56, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/geomae/article/view/7690/5320>. Acesso em: 15 set. 2025.

BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. A espacialização dos sistemas atmosféricos e a análise rítmica para o centro-sul do Brasil. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, Brasil, v. 19, n. 3, p. 585–604, 2015a. DOI: [10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.107613](https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.107613). Disponível em: <https://revistas.usp.br/geousp/article/view/107613>. Acesso em: 24 abr. 2026.

BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. Participação da Massa Polar Atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no Centro Sul do Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v.

14, n. 01, p. 113-130, 26 abr. 2015b. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2015.1401.0008>.

BOURSCHEIDT, V. **Análise da influência do uso do solo nas variações de temperatura utilizando imagens MODIS e LANDSAT 8**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17., 2015, João Pessoa. Anais XVII. São José dos Campos: INPE, 2015. p. 6750–6756. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327835420_Analise_da_influencia_do_uso_do_solo_nas_variacoes_de_temperatura_utilizando_imagens_MODIS_e_LANDSAT_8. Acesso em: 20 out. 2025.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time series analysis: forecasting and control**. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2008. 784 p.

BRASIL. **Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)**. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: quarto levantamento – safra 2023/2024. Brasília: CONAB, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cana-de-acucar/arquivos-boletins/4o-levantamento-safra-2023-24/boletim-cana-de-acucar-4o-levantamento-2023-24>. Acesso em: 12 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Produção agrícola nacional posiciona o Brasil entre os principais produtores e exportadores de alimentos do mundo**. Brasília, 20 mar. 2026. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-agricola-nacional-posiciona-o-brasil-entre-os-principais-produtores-e-exportadores-de-alimentos-do-mundo>>. Acesso em: 30 abr. 2026.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e Pecuária**. Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Acesso em: 29 set. 2025.

CALDANA, N. F. S. *et al.* Gênese, Impacto e a Variabilidade das Precipitações de Granizo na Mesorregião Centro-Sul Paranaense, Brasil / Genesis, Impact and Variability of Hail Precipitations in the Central South Mesoregion of the State of Paraná, Brazil. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 61-80, 20 fev. 2019. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. <http://dx.doi.org/10.5752/p.2318-2962.2019v29n56p61>. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19070/14378>. Acesso em: 16 out. 2024.

CARLETON, T. A.; HSIANG, S. M. Social and economic impacts of climate. **Science**, [S.L.], v. 353, n. 6304, p. 1-17, 9 set. 2016. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.aad9837>.

CARNEIRO, H. S. COMIDA E SOCIEDADE: significados sociais na história da alimentação. **História: Questões & Debates**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 71-80, 30 jun. 2005. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/his.v42i0.4640>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/historia/article/view/4640/3800>. Acesso em: 08 out. 2024.

CLARKE, B.; OTTO, F. E. L.; STUART-SMITH, R.; HARRINGTON, L. Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. **Environmental Research: Climate**, v. 1, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ac6e7d>.

CLARO, R. M.; CARMO, H. C. E.; MACHADO, F. M. S.; MONTEIRO, C. A. Renda, preço dos alimentos e participação de frutas e hortaliças na dieta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 557-564, ago. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102007000400009>. Acesso em: 10 jan. 2025.

COELHO, L. B. DOLCI, T. S.; SOUZA, M.; BAZOTTI, A. Estrutura Agrária Paranaense: uma perspectiva histórica e desafios futuros. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v. 40, n. 136, p. 15-30, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/download/1034/1161>. Acesso em: 11 fev. 2025.

COLES, S. et al. **An introduction to statistical modeling of extreme values**. London: Springer, 2001.

CORDOVIL, H. P. L.; LIMA, H. C. de; OLIVEIRA, J. J. L. C. de; SILVA, A. A. da; SANTOS, J. C. A. dos; OLIVEIRA, A. de S. Impactos das mudanças climáticas na qualidade do solo e na produção agrícola. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 7, p. e6017, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n6-292. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/6017>. Acesso em: 7 maio. 2025.

CUNHA, M. S. Permanências e mudanças na estrutura produtiva da agropecuária paranaense, 2006-2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 4, e277000, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.277000pt>. Acesso em: 08 fev. 2025.

CUTISQUE, A. M. **Correlação entre precipitação e a produtividade agrícola nos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco, Paraná**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/31248>. Acesso em: 05 out. 2025.

DA MATA, A. C. O. R. **Aplicação do modelo SARIMA em série do índice de calor na Baixada Cuiabana**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2019. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/23246/1/Ana%20Cristina%20Oliveira%20Ribeiro%20da%20Mata.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2025.

DE LIVERA, Alysha M.; HYNDMAN, Rob J.; SNYDER, Ralph D. Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing. **Journal of the American Statistical Association**, v. 106, n. 496, p. 1513–1527, 2011.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366, p. 427-431, 1979. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2286348>. Acesso em: 13 jun. 2025.

DIMRI, T.; AHMAD, S.; SHARIF, M. Time series analysis of climate variables using seasonal ARIMA approach. **Journal of Earth System Science**, v. 129, p. 149, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12040-020-01408-x>.

DOS SANTOS, A. D. G.; DA SILVA, D. V.; MACIEL, K. N. A campanha publicitária “Agro é tech, agro é pop, agro é tudo”, da Rede Globo de Televisão, como difusora da propaganda sobre o agronegócio no Brasil. **Revista Eletrônica Internacional de**

Economia Política da Informação da Comunicação e da Cultura, São Cristovão, v. 21, n. 1, p. 46–61, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/eptic/article/view/10910>. Acesso em: 23 abr. 2026.

DUARTE, V. A.; WOLLMANN, C. A. Análise de eventos climáticos extremos e impactos nas lavouras de tabaco na bacia hidrográfica do Alto Jacuí/RS. **Acta Geográfica**, v. 15, n. 39, p. 17-41, 2022.

DUNN, R. J. H. *et al.* Development of an Updated Global Land In Situ-Based Data Set of Temperature and Precipitation Extremes: hadex3. **Journal Of Geophysical Research: Atmospheres**, [S.L.], v. 125, n. 16, p. 1-28, 19 ago. 2020. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2019jd032263>.

EMBRAPA. **Artigo – A cadeia produtiva de hortaliças e o valor bruto da produção**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/78089493/artigo---a-cadeia-produtiva-de-hortalicas-e-o-valor-bruto-da-producao>. Acesso em: 01 out. 2025.

EMBRAPA. **Reconhecimento internacional da FAO destaca a excelência da ciência agropecuária do Brasil**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 16 out. 2025. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/103802237/reconhecimento-internacional-da-fao-destaca-a-excelencia-da-ciencia-agropecuaria-do-brasil>>. Acesso em: 30 abr. 2026.

ESTEACHE, Cristina. **Enchente atinge Francisco Beltrão e desabriga famílias**. RSN – Rede Sul de Notícias, Guarapuava, 28 jun. 2014. Disponível em: <https://redesuldenoticias.com.br/noticias/enchente-atinge-francisco-beltrao-e-desabriga-familias/>. Acesso em: 10 set. 2025.

FABRINI, J. E.; ROOS, D.; MARQUES, E. B. A espacialização da luta pela terra no Paraná. **Espaço Plural**, v. 8, n. 16, p. p. 33–41, 2000. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/espacoplural/article/view/1453>. Acesso em: 13 fev. 2025.

FANTIN, M.; WALZBURIECH, D. La Niña confirmado: o que isso significa para o Brasil? **Globo Rural**, São Paulo, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://globorural.globo.com/previsao-do-tempo/noticia/2025/01/la-nina-confirmado-o-que-isso-significa-para-o-brasil.ghtml>. Acesso em: 20 out. 2025.

FARIA, N. Economia feminista e agenda de luta das mulheres no meio rural. In: **Estatísticas rurais e a economia feminista: um olhar sobre o trabalho das mulheres**. Brasília: MDA, 2009. p. 11-28. Disponível em: <https://www.sof.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Economia-feminista-e-agenda-de-luta-das-mulheres-no-meio-rural-Nalu.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2025.

FARIA, N. M. X.; SKAMVETSAKIS, A. Eventos climáticos extremos no Rio Grande do Sul e os impactos na Saúde dos Trabalhadores. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, [S.L.], v. 50, p. 1-13, 2025. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2317-6369/18024pt2025v50eddsst8>.

FERREIRA, A.; HAAN, L. On the block maxima method in extreme value theory: pwm estimators. **The Annals Of Statistics**, v. 43, n. 1, p. 276-298, 1 fev. 2015. Institute of Mathematical Statistics. <http://dx.doi.org/10.1214/14-aos1280>. Acesso em: 04 ago. 2025.

FERREIRA, D. A.; CHELOTTI, M. C. Cozinha regional mineira: : pertencimento e identidade alimentar . **Observorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 15, n. 1, p. 602–617, 2024. DOI: 10.14393/OREG-v15-n1-2024-74109. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/Observorium/article/view/74109>. Acesso em: 29 jan. 2025.

FRANÇA, S. O. et al. Impactos das mudanças climáticas nos serviços ecossistêmicos na agricultura familiar: produtores(as) convencionais e orgânicos. In: **SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM AGROPECUÁRIA**, 5., 2024, Seropédica. *O papel das políticas públicas de ciência e tecnologia na mitigação das mudanças climáticas nos biomas latino-americanos*. Seropédica: UFRRJ, 2024. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1168675>. Acesso em: 7 abr. 2025.

FRANCISCO BELTRÃO. **Beltrão decreta novamente estado de emergência; veja fotos da enchente**. Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, 28 jun. 2014. Disponível em: <https://franciscobeltrao.pr.gov.br/defesa-civil/beltrao-decreta-novamente-estado-de-emergencia-veja-fotos-da-enchente/>. Acesso em: 10 set. 2025.

FRANCISCO BELTRÃO. **Plano Diretor Municipal de Francisco Beltrão**. Secretaria Municipal de Planejamento/IPPUB, 2017. Disponível em: <<https://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/PDM-2017-V1-5-S%3%93CIO-ECON%3%94MICOS-Final.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2026.

FREITAS, R. E. Distribuição regional do Valor Bruto da Produção (VBP) agrícola no Brasil. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, n. 25, p. 119-127, jan./jun. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/8e505e33-3901-48c2-bc39-4f5427bc1826>. Acesso em: 29 set. 2025.

FONTANA, D. C.; PINTO, D. G.; JUNGES, A. H.; BREMM, C. Inferências sobre o calendário agrícola a partir de perfis temporais de NDVI/MODIS. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p. 350–358, 28 jul. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/XKG7CSw4dn85nCrKn68gW7j/?lang=pt>. Acesso em: 16 abr. 2025.

G1. **Chuva de mais de 90 milímetros em intervalo de 2 horas causa estragos em Francisco Beltrão; veja fotos**. G1 Oeste e Sudoeste do Paraná, 30 jan. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2023/01/30/chuva-de-mais-de-90-milimetros-em-intervalo-de-2-horas-causa-estragos-em-francisco-beltrao-fotos.ghtml>. Acesso em: 10 set. 2025.

G1. **Em um dia, Paraná registra mais da metade do volume de chuvas previsto para quatro dias**. G1, Curitiba, 8 dez. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2024/12/08/em-um-dia-parana-registra-mais-da-metade-do-volume-de-chuvas-previsto-para-quatro-dias.ghtml>. Acesso em: 17 nov. 2025.

G1. **PR teve o mês de junho mais gelado dos últimos 19 anos, diz Simepar**. G1 Paraná, 15 jul. 2016. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2016/07/pr-teve-o-mes-de-junho-mais-gelado-dos-ultimos-19-anos-diz-simepar.html>. Acesso em: 16 maio 2025.

G1. **Vídeo: casa é levada pela correnteza de rio no Paraná; cidade registrou mais de 100 mm de chuva em menos de 24 h**. G1 Oeste e Sudoeste do Paraná, 11 out.

2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2022/10/11/video-casa-e-levada-pela-correnteza-de-rio-no-parana-cidade-registrou-mais-de-100mm-de-chuva-em-menos-de-24h.ghtml>. Acesso em: 10 set. 2025.

G1 Espírito Santo. **Estado líder na produção de chuchu do Brasil descarta mercadoria devido à baixa demanda; entenda.** G1, 22 dez. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/agronegocios/noticia/2024/12/22/estado-lider-na-producao-de-chuchu-do-brasil-descarta-mercadoria-devido-a-baixa-demanda-entenda.ghtml>. Acesso em: 08 out. 2025.

GAZZOLA, R.; FRONGLAZIA, T.; CAMPOS, S. K. **Ampliação do consumo saudável.** In: *Megatendências: transformações rápidas no consumo e na agregação de valor*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, versão 26 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/transformacoes-rapidas-no-consumo-e-na-agregacao-de-valor/sinal-e-tendencia/amplicacao-do-consumo-saudavel>>. Acesso em: set. 2025.

GLOBO RURAL. **Cooperativas de crédito rural abocanham fatias de mercado dos bancos.** Globo Rural, 26 fev. 2024. Disponível em: <https://globorural.globo.com/credito-e-investimento/noticia/2024/02/cooperativas-de-credito-rural-abocanham-fatias-de-mercado-dos-bancos.ghtml>. Acesso em: 21 out. 2025.

GOMES, T. C.; TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E.; RUTHES, J. M. **Estudo geotécnico do solo urbano de Francisco Beltrão – PR.** Francisco Beltrão: Prefeitura Municipal, 2013. Disponível em: <https://franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2016/11/ESTGEO_Gomes-Tayona-Cristina_2013-SOLO.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Governador inaugura obra de contenção de cheias em Francisco Beltrão com túnel de 1,2 km.** Agência Estadual de Notícias (AEN), 13 dez. 2024. Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Governador-inaugura-obra-de-contencao-de-cheias-em-Francisco-Beltrao-com-tunel-de-12-km>. Acesso em: 10 set. 2025.

GUERRA, C. S.; SILVA, M. B. O. Direito à Soberania Alimentar no Capitalismo Periférico. **Revista Direito e Práxis**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 2198-2224, dez. 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8966/2021/56373>.

GUIDOLINI, J. F. **Agricultura familiar brasileira segundo o Censo de 2017.** Rio de Janeiro: FGV Agro, 2017. Disponível em: <<https://agro.fgv.br/noticia/agricultura-familiar-brasileira-segundo-o-censo-de-2017>>. Acesso em: 22 abr. 2026.

HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; BRUNELLI, K. R.; GONÇALVES, R. R. do V.; RAGO, A. M.; BETTIOL, W. **Projeções de mudanças climáticas e seus impactos na distribuição geográfica de doenças e pragas agrícolas.** Embrapa Meio Ambiente, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1171804>. Acesso em: 01 out. 2025.

HF BRASIL. ALFACE/CEPEA: **Calor intenso deixa produtores do interior paulista em alerta.** São Paulo: HF Brasil, 13 set. 2024. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/alface-cepea-calor-intenso-deixa-produtores-do-interior-paulista-em-alerta.aspx>>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HOFFMANN, R. A agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos no Brasil? **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 417–421, 2014. DOI: <https://doi.org/10.20396/san.v21i1.1386>.

HOSKING, J. R.M.; WALLIS, J. R.. Parameter and Quantile Estimation for the Generalized Pareto Distribution. **Technometrics**, v. 29, n. 3, p. 339-349, ago. 1987. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00401706.1987.10488243>.

HYNDMAN, R. J. forecast: Forecasting functions for time series and linear models. **Versão 8.21.1**. Melbourne, Austrália: Monash University, 2023. Disponível em: <https://pkg.robjhyndman.com/forecast/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. 2. ed. Melbourne, Australia: OTexts, 2018. Disponível em: <https://otexts.com/fpp2/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

HYNDSMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Stationarity and differencing**. In: Forecasting: principles and practice. 3. ed. Melbourne: OTexts, 2021. Disponível em: <https://otexts.com/fpppg/stationarity.html>. Acesso em: 25 abr. 2026.

HYNDMAN, R. J.; KHANDAKAR, Y. Automatic time series forecasting: The forecast package for R. **Journal of Statistical Software**, v. 27, n. 3, p. 1-22, 2008. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v027i03>. Acesso em: 13 jun. 2025.

JORNAL DE BELTRÃO. **Beltrão teve o maior volume de chuvas em 25 anos**. Francisco Beltrão, 7 jan. 2024. Disponível em: <https://jornalbeltrao.com.br/beltrao/beltrao-teve-o-maior-volume-de-chuvas-em-25-anos/>. Acesso em: 5 maio 2026

INMET. **Novembro registra chuva acima da média em parte da Região Sul**. Publicado em: 22 nov. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/novembro-registra-chuva-acima-da-m%C3%A9dia-em-parte-da-regi%C3%A3o-sul>. Acesso em: 14 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas do espaço rural brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 321 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br>. Acesso em: 16 out. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área territorial brasileira 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/francisco-beltrao/panorama>. Acesso em: 11 nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário: Resultados definitivos 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/francisco-beltrao/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 21 jan. 2025.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ. **Resumo Climatológico: Estação Meteorológica Francisco Beltrão 2021**. Curitiba: IDR – PR, 2021. Disponível em: https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/medias-historicas/Francisco_Beltrao.pdf. Acesso em: 26 nov. 2024.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ. Boletim Agrometeorológico, julho de 2021. **Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná**

- **IAPAR-EMATER**, 2021. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/boletim-agrometeorologico/2021-07.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

IPCC. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

JÚNIOR, E. F.; CASOLA, L. D. R. SECAS NA REGIÃO GEOECONÔMICA CENTRO-SUL DO BRASIL (DE 2020 A 2022): uma discussão teórica. **Revista Foco**, v. 17, n. 10, p. 1-21, 15 out. 2024. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.54751/revistafoco.v17n10-061>.

KAFI, K. M.; PONRAHONO, Z. Advances in weather and climate extreme studies: a systematic comparative review. **Discover Geoscience**, v. 2, n. 1, art. 66, p. 1-26, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44288-024-00079-1>.

KATZ, R. W.; PARLANGE, M. B.; NAVEAU, P. Statistics of extremes in hydrology. **Advances in Water Resources**, v. 25, n. 8–12, p. 1287–1304, 2002.

KÖPPEN, Wladimir. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. v. 1, p. 1-44. Disponível em: https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1936.pdf. Acesso em: 23 jun. 2025.

LESK, C.; ROWHANI, P.; RAMANKUTTY, N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. **Nature**, [S.L.], v. 529, n. 7584, p. 84-87, jan. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nature16467>.

LIMA, C. E. P.. Mudanças climáticas e produção de hortaliças: uma visão geral. Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921897/1/artigocoluna1.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2024.

LINS, A. P. M. et al. Alimentação saudável, escolaridade e excesso de peso entre mulheres de baixa renda. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, p. 357-366, 2013. Acesso em: 4 fev. 2025.

LOUZADA, C. O. Impacto dos eventos Enos (El Niño e La Niña) na agricultura familiar no estado do Amazonas. **Formação (Online)**, v. 26, n. 49, 2019. DOI: 10.33081/formacao.v26i49.5939. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/5939>. Acesso em: 21 out. 2024.

LOUZADA, M. L. C. et al. Consumo de alimentos ultraprocessados no Brasil: distribuição e evolução temporal 2008-2018. **Revista de Saúde Pública**, [S.L.], v. 57, n. 1, p. 12, 15 mar. 2023. Universidade de São Paulo. Agência de Bibliotecas e Coleções Digitais. <http://dx.doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057004744>.

MACIEL, L. Estiagem em Francisco Beltrão já é a maior dos últimos 40 anos. **PP News FB**, 23 abr. 2020. Disponível em: <<https://ppnewsfb.com.br/estiagem-em-francisco-beltrao-ja-e-a-maior-dos-ultimos-40-anos/>>. Acesso em: 19 nov. 2025.

MADER, A. M. P.; LIMBERGER, L. F. **Análise da evolução temporal dos eventos climáticos extremos no Paraná: tendências, impactos e desafios na gestão de dados da Defesa Civil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFAS E GEÓGRAFOS, 8., 2024, São Paulo. Disponível em:

<https://www.cbg2024.agb.org.br/resources/anais/9/cbg2024/1727116404_ARQUIVO_fc3c1be503b3649b1c180a8918b7e7b1.pdf>. Acesso em: 06 out. 2025.

MAKRIDAKIS, S.; SPYRIDAKIS, S. The accuracy of extrapolation (time series) methods: results of a forecasting competition. **Journal of Forecasting**, v. 1, n. 2, p. 111–153, 1982.

MALUF, R. S.; MENEZES, F.; VALENTE, F. L. Contribuição ao tema da segurança alimentar no Brasil. **Cadernos de Debate**, v. IV, p. 66-88, 1996. Publicação do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação da UNICAMP.

MARCHEZINI, V.; CUNNINGHAM, C. A.; DOLIF NETO, G.; CAMARINHA, P. I. M.; ODA, P.; LACERDA, R. O que são eventos extremos? Uma reflexão sobre as diferentes perspectivas do termo. **Revista ClimaCom**, Desastres | pesquisa – ensaios, ano 10, n. 25, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/376377423_O_que_sao_eventos_extremos_Uma_reflexao_sobre_as_diferentes_perspectivas_do_termo.

MARENCO, J. A. Impactos sociais dos eventos climáticos extremos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 76, n. 3, p. 1-8, set. 2024. E-papers Servicos Editoriais Ltda. <http://dx.doi.org/10.5935/2317-6660.20240068>.

MARENCO, J. A.; CAMARINHA, P. I.; ALVES, L. M.; DINIZ, F.; BETTS, R. A. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: an analysis for Brazil. **Frontiers In Climate**, [S.L.], v. 3, p. 1-17, 3 mar. 2021. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fclim.2021.610433>.

MARIANI, C. M.; HENKES, J. A. Agricultura orgânica x agricultura convencional soluções para minimizar o uso de insumos industrializados. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Palhoça, v. 3, n. 2, p. 315–38, 2014. Disponível em:

https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2532. Acesso em: 27 fev. 2025.

MATTES, A. ; DUPRAT, M.; GUSSO, L. Patrimônio gastronômico: : o reconhecimento da alimentação como um patrimônio cultural imaterial. **Revista Confluências Culturais**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 45–57, 2022. DOI: 10.21726/rcc.v11i2.1813. Disponível em: <https://univille.emnuvens.com.br/RCC/article/view/1813>. Acesso em: 23 abr. 2026.

MATTOS, A. C. E.; GUERIN, M.; TEN CATE, L. N. S. Segurança alimentar e nutricional no Brasil: cenário anterior e posterior ao início pandêmico. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 30, n. 00, p. e023015, 2023. DOI: 10.20396/san.v30i00.8667645. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8667645>. Acesso em: 27 jan. 2025.

MELO, Raphael Augusto de Castro e. Qual o panorama nacional da produção de repolho? **Revista Campo & Negócios – Hortifrúti**, Sem Complicar, 14 fev. 2020. Disponível em: <https://semcomplicar.com.br/campoenegocios/qual-o-panorama-nacional-da-producao-de-repolho/>. Acesso em: 08 out. 2025.

MITIDIERI, F. J.; MEDEIROS, J. X. de. Zoneamento Agrícola de Risco Climático: Ferramenta de auxílio ao seguro rural. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v.

17, n. 4, p. 33–46, out./nov./dez. 2008. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/435/386>. Acesso em: 15 abr. 2025.

MONTEIRO, C. A.; CONDE, W. L.; CASTRO, I., I. R. R. de. A tendência cambiante da relação entre escolaridade e risco de obesidade no Brasil (1975-1997). **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, p. S67-S75, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2003000700008>. Acesso em: 4 fev. 2025.

MONTEIRO, C. A.; CANNON, G.; MOUBARAC, J.-C.; LEVY, R. B.; LOUZADA, M. L. C.; JAIME, P. C. The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. **Public Health Nutrition**, v. 21, n. 1, p. 5-17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1368980017000234>.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. Introduction to Linear Regression Analysis. 5th ed. Wiley, 2012.

MOREIRA, P. R. S.; ROCHA, N. P.; MILAGRES, L. C.; NOVAES, J. F. Análise crítica da qualidade da dieta da população brasileira segundo o Índice de Alimentação Saudável: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 12, p. 3907–3923, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320152012.18352015>. Acesso em: 27 jan. 2025.

MUNDOGEO. Relatório mostra que 2024 bateu recordes em eventos climáticos, meteorológicos e hidrológicos extremos. **MundoGEO**, 2 abr. 2025. Disponível em: <https://mundogeo.com/2025/04/02/relatorio-mostra-que-2024-bateu-recordes-em-eventos-climaticos-meteorologicos-e-hidrologicos-extremos/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Mais seca e altas temperaturas: estudo comprova que número de ondas de calor e dias sem chuva aumentaram no Brasil. **National Geographic Brasil**, 16 set. 2024. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2024/09/mais-seca-e-altas-temperaturas-estudo-comprova-que-numero-de-ondas-de-calor-e-dias-sem-chuva-aumentaram-no-brasil>. Acesso em: 5 maio 2025.

NAVEAU, P. et al. Statistical methods for the analysis of climate extremes. **Comptes Rendus. Géoscience**, v. 337, n. 10-11, p. 1013-1022, 31 maio 2005. Cellule MathDoc/Centre Mersenne. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2005.04.015>.

NELSON, G. C. et al. Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 9, p. 3274-3279, 2014. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1222465110>. Acesso em: 26 fev. 2025.

NEPOMOCENO, T. A. R.; CARNIATTO, I. Correlations between climate resilience in family farming and sustainable rural development. **Ambio**, [S.L.], v. 52, n. 7, p. 1233-1247, 13 mar. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-023-01848-x>.

NOGUEIRA, V. G.; SANTOS, E. A.; CUNHA, D. A. Vulnerabilidade e Adaptação às Mudanças Climáticas: Análise de Agricultores da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 14, n. 1, p. 26–53, 2020. DOI: 10.54766/rberu.v14i1.624. Disponível em: <https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/624>. Acesso em: 26 fev. 2025.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Deral faz leve ajuste para baixo na previsão de safra de soja do Paraná.** 25 set. 2025. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/soja/408202-deral-faz-leve-ajuste-para-baixo-na-previsao-de-safra-de-soja-do-parana.html>. Acesso em: 11 maio 2026.

OLIVEIRA, S. F.; PRADO, R. B.; MONTEIRO, J. M. G. Impactos das mudanças climáticas na produção agrícola e medidas de adaptação sob a percepção de atores e produtores rurais de Nova Friburgo, RJ. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, p. 1179-1201, 22 dez. 2022. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i4.3548>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/sQRLXrg5qb7tgWnRqym8Gw/>. Acesso em: 17 out. 2024.

PARANÁ. Com apoio da Índia, exportação de açúcar de cana rendeu US\$ 21 milhões aos paranaenses em 2023. **Agência Estadual de Notícias**, Curitiba, 2023. Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Com-apoio-da-India-exportacao-de-acucar-de-cana-rendeu-21-aos-paranaenses-em-2023>. Acesso em: 12 ago. 2025

PARANÁ. Calor e tempestades: setembro encerra com temperaturas acima da média e chuva irregular. **Agência Estadual de Notícias**, Curitiba, 1 out. 2025. Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Calor-e-tempestades-setembro-encerra-com-temperaturas-acima-da-media-e-chuva-irregular>. Acesso em: 17 nov. 2025.

PARANÁ. **Coordenadoria Estadual da Defesa Civil**. Município de Rio Bonito do Iguaçu foi atingido por um tornado, confirma Simepar. Curitiba, 16 nov. 2025. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Noticia/Municipio-de-Rio-Bonito-do-Iguacu-foi-atingido-por-um-tornado-confirma-Simepar>. Acesso em: 25 abr. 2026.

PARANÁ. **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES)**. "Maior exportador do Sul, Paraná mandou produtos para 214 mercados em 2024". Curitiba: IPARDES, [2024]. Disponível em: <https://www.ipardes.pr.gov.br/Noticia/Maior-exportador-do-Sul-Parana-mandou-produtos-para-214-mercados-em-2024>. Acesso em: 12 ago. 2025.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Valor Bruto da Produção (VBP)**. Curitiba: SEAB, [s.d.]. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/vbp>. Acesso em: 5 maio 2026.

PARANÁ. **Setor agropecuário do Paraná alcançou os maiores patamares da história nos últimos anos**. Agência de Notícias do Paraná, 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Setor-agropecuario-do-Parana-alcancou-os-maiores-patamares-da-historia-nos-ultimos-anos>. Acesso em: 21 jan. 2025.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB); Departamento de Economia Rural (DERAL). **Produção Agrícola Anual por Município - Série Histórica (1997 a 2023)**. Curitiba: SEAB/DERAL, 2024. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>. Acesso em: 15 jul. 2024.

PARANÁ. **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento**. Segundo maior produtor de soja, Paraná responde por 14% da safra brasileira. 16 fev. 2023. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Noticia/Segundo-maior-produtor-de-soja-Parana>

responde-por-14-da-safra-

brasileira#:~:text=Segundo%20maior%20produtor%20de%20soja,da%20Agricultura%20e%20do%20Abastecimento. Acesso em: 09 jan. 2026.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Boletim Semanal – Olericultura**. Curitiba: SEAB/DERAL, 2024. Disponível em: https://opresenterural.com.br/wp-content/uploads/2024/07/boletim_semanal_30_deral.pdf. Acesso em: 5 maio 2026.

PARANÁ. Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. Análise das temperaturas e ocorrência de períodos de calor acima da média no Paraná. Curitiba, [2023]. Disponível em: <<https://www.simepar.br/simepar/post/52273>>.

PARANÁ. **Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná**. Nota à imprensa: tornados em 07 de novembro de 2025. Curitiba, nov. 2025. Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2025-11/nota_imprensa_tornados.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2026.

PAULINO, E. T. Faces da questão agrária: o campo paranaense no contexto do monopólio fundiário no Brasil. In: OBSERVATÓRIO DA QUESTÃO AGRÁRIA NO PARANÁ. **Atlas da Questão Agrária no Paraná**. Marechal Cândido Rondon (PR): Ipuvaíva, 2021. p. 73-96.

PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mudanças climáticas e cidades**. Relatório especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K.; Santos, A.S. (Eds.)]. Rio de Janeiro: PBMC, COPPE–UFRJ, 2016. 98 p. ISBN 978-85-285-0344-9. Disponível em: https://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio_UM_v8_sumario-executivo.pdf. Acesso em: 11 set. 2025.

PEREIRA, J. S.; HENDGES, E. R.; MARION, F. Comparação entre diferentes fontes de dados altimétricos para geração de perfis topográficos. In: **XI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – SINAGEO**, 15 a 21 set. 2016, Maringá, PR. Anais do XI SINAGEO: Geomorfologia – Compartimentação de Paisagem, Processo e Dinâmica. Maringá: SINAGEO, 2016. Disponível em: <<https://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-338-1120.html>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

PESARAN, M. H.; SHIN, Y.; SMITH, R. J. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, v. 16, n. 3, p. 289-326, 2001.

PIVATTO SCHMOELLER, A. M.; LIMBERGER, L. Detecção de Padrões de Mudanças Climáticas no Oeste e Sudoeste do Paraná no Período de 1977-2018. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 1697–1713, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.4.p1697-1713. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/257598>. Acesso em: 6 out. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FRANCISCO BELTRÃO. **Aspectos físicos e políticos**. Disponível em: <https://franciscobeltrao.pr.gov.br/secretarias/obras-e-urbanismo/aspectos-fisicos-e-politicos/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

PRIORI, A. A.; SILVA, M. A.; SILVA, R. A.; SOUZA, M. A revolta dos posseiros de 1957 no Sudoeste do Paraná. In: PRIORI, A. A. (Org.). *História do Paraná: séculos XIX e XX*. Curitiba: Editora UFPR, 2012. p. 309-332. Disponível em:

<https://books.scielo.org/id/k4vrh/pdf/priori-9788576285878-12.pdf>. Acesso em: 14 out. 2025.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, versão 4.4.1, 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em: 15 nov. 2024.

RAUH, V. A. *et al.* Brain anomalies in children exposed prenatally to a common organophosphate pesticide. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, U.S.A, v. 109, n. 20, p. 7871-7876, 30 abr. 2012. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1203396109>. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1203396109>. Acesso em: 16 out. 2024.

REBOITA, M. S. *et al.* A Multi-Scale Analysis of the Extreme Precipitation in Southern Brazil in April/May 2024. **Atmosphere**, [S.L.], v. 15, n. 9, p. 1-26, 16 set. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/atmos15091123>.

REDDY, B. D. K.; NAIK, J. S.; KUMAR, S. V.; KUMAR, S.; HARITHA, G.; REDDY, M. Raghavendra. A methodological review on time series forecasting by using ARIMA. In: **Proceedings of the International Conference on Advanced Materials, Manufacturing and Sustainable Development (ICAMMSD 2024)**. Dordrecht: Atlantis Press, 2025. (Advances in Engineering Research, v. 257). Disponível em: <<https://www.atlantis-press.com/article/126009142.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2026.

REDLIN, M.; GRIES, T. Anthropogenic climate change: the impact of the global carbon budget. **Theoretical And Applied Climatology**, [S.L.], v. 146, n. 1-2, p. 713-721, 31 ago. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-021-03764-0>.

RIPPLE, W. J. *et al.* The 2024 state of the climate report: perilous times on planet earth. **Bioscience**, [S.L.], v. 74, n. 12, p. 812-824, 8 out. 2024. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/biosci/biae087>.

SANCHES, R. G. *et al.* CLIMATOLOGIA: contribuições à dinâmica climática. In: VECCHIA, F. A. S. *et al.* (org.). **Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações**. São Carlos: RiMa, 2020. Cap. 1. p. 2-53. 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: 15 set. 2025.

SANTOS, J. F. S. Produção de soja, desigualdades no campo e mudanças climáticas na região do Matopiba. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, [S. l.], v. 10, p. 535–561, 2020. DOI: [10.24302/drd.v10i0.2703](https://doi.org/10.24302/drd.v10i0.2703). Disponível em: <https://www.periodicos.unc.br/index.php/drd/article/view/2703>. Acesso em: 23 abr. 2026.

SANTOS, M. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <https://sites.usp.br/fabulacoesdafamiliabrasileira/wp-content/uploads/sites/1073/2022/08/A-natureza-do-Espaco.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025.

SANTOS, R. A. *et al.* **Qual a relação entre gênero e questão agrária?** In: OBSERVATÓRIO DA QUESTÃO AGRÁRIA NO PARANÁ. **Atlas da Questão Agrária no Paraná**. Marechal Cândido Rondon (PR): Ipuvaíva, 2021. p. 147-177.

SANTOS, W. G.; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 73-94, jul./set. 2016. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1157/pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

SEGALA, Fernando José. **O processo ensino de geografia a partir da hidrografia de Francisco Beltrão – PR**. 2017. 145 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2017. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/3003>. Acesso em: 10 dez. 2025.

SHAN, Y. *et al.* Global methane footprints growth and drivers 1990-2023. **Nature Communications**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 1-13, 3 set. 2025. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-025-63383-5>.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, London, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, Dec. 1965. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>. Acesso em: 23 mai. 2025.

SHARMA, P. *et al.* Impact of Climate Change on Soil Microorganisms Regulating Nutrient Transformation. **Plant Stress Mitigators**, p. 145-172, 2022. Springer Nature Singapore. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-16-7759-5_8.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E.; GONZAGA, A. C. O.; MAGALHÃES, H. A. Impacto socioeconômico e ambiental da cultivar de Feijão-Comum BRS Esteio, no estado do Paraná, 2014/2015. **Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, Goiania, v. 2, n. 2, p. 264-276, jul. 2016. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/baru/article/view/5277/2901>. Acesso em: 16 out. 2024.

SILVA, H. R. C.; MENEZES, S. M. As geograficidades dos alimentos nas comunidades tradicionais pesqueiras de Brejo Grande/SE. **Geograficidade**, v. 11, n. 1, p. 19-35, 31 jan. 2021. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geograficidade/article/view/28934/28287>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SILVA, L. C. R.; LAMBERS, H. Soil-plant-atmosphere interactions: structure, function, and predictive scaling for climate change mitigation. **Plant And Soil**, [S.L.], v. 461, n. 1-2, p. 5-27, 10 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-020-04427-1>.

SIMEPAR. **Abril de 2021 foi um dos meses mais secos da série histórica do Simepar**. Disponível em: <<https://www.simepar.br/simepar/post/28925>>. Acesso em: 14 jan. 2026.

SIMON, K. F.; DE OLIVEIRA, T.; BLEIL, R. T. Aspectos socioculturais da alimentação da população residente em municípios de pequeno porte, no sudoeste do Paraná. **Revista Faz Ciência**, v. 19, n. 29, p. 31, 2018. DOI: 10.48075/rfc.v19i29.12684. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/article/view/12684>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SOARES, W. R. Projeções de mudanças climáticas para o Brasil no final do Século 21. In: **LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; BRAGA, M. B. (org.)**. Mudanças climáticas e produção de hortaliças: projeções, impactos, estratégias adaptativas e mitigadoras. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 33-44. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1020911>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SOUSA, E. L.; BRITO, J. J. S.; MONTEIRO, K. B. F. S. A professora de arroz: alimentação e pertencimento entre crianças em uma escola do campo no Maranhão. **Revista Brasileira de Educação**, v. 29, e290116, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782024290116>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SOARES, L. S. et al. Áreas de Distribuição de Cucurbitáceas em Território Brasileiro em Cenários de Mudança Climática. **Revista de Gestão e Secretariado**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 12, p. 1-22, 10 dez. 2025. Brazilian Journals. <http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v16i12.5423>.

TRAUTTMANN, H.; HORNIK, K. *tseries: Time Series Analysis and Computational Finance*. [S.l.]: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=tseries>. Acesso em: 23 mai. 2025.

THOMAS, M. *et al.* Applications of Extreme Value Theory in Public Health. **Plos One**, v. 11, n. 7, p. 1-7, 15 jul. 2016. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0159312>. Acesso em: 04 ago. 2025.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. Utilização de Índices de Vegetação para Avaliação de Impacto de Estiagem no Município de Francisco Beltrão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 6, p. 3125–3148, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.6.p3125-3148. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/258242>. Acesso em: 11 maio. 2026.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Análise da produção de hortifruti no Brasil e tendências**. Piracicaba: USP, 2025. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/revista-traz-analise-da-producao-de-hortifruti-no-brasil-e-aponta-tendencias-para-2025/>. Acesso em: 5 maio 2026.

VILAS BOAS, L. G. Considerações sobre a concentração fundiária no Brasil. **Revista Eletrônica Georaguia**, Barra do Garças, MT, v. 8, n. 1, p. 32–54, jan./jun. 2018. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/6982>. Acesso em: 23 abr. 2026.

VEIGA, I. P. A. *et al.* Consumo de frutas e hortaliças entre adultos brasileiros: tendências de 2008 a 2023. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 1, e00032424, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311XEN032424>.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **State of the Global Climate 2024**. Geneva: WMO, 2025. (WMO-No. 1368). Disponível em: https://wmo.int/sites/default/files/2025-03/WMO-1368-2024_en.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

YANG, M. *et al.* A review of spatiotemporal variations in temperature and precipitation: trend analysis, driving mechanisms, and methodological evaluation. **Advances In Resources Research**, [S.L.], v. 4, p. 836-859, 18 out. 2024. Resources Economics Research Board. http://dx.doi.org/10.50908/arr.4.4_836.

ZENERATTI, F. L. O acesso à terra no Brasil: reforma agrária e regularização fundiária. **Revista Katálysis**, Florianópolis, v. 24, n. 3, p. 564-575, dez. 2021.

FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0259.2021.e79558>. Acesso em: 23 abr. 2026.