

# ANÁLISE CLIMÁTICA E DESEMPENHO INICIAL DE CULTIVARES DE CAFEEIRO EM BENTO GONÇALVES (RS)

CLIMATE ANALYSIS AND INITIAL PERFORMANCE OF COFFEE CULTIVARS  
IN BENTO GONÇALVES (RS)

Ciências Agrárias • 01/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/780259364](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/780259364)

Gilberto Luiz Putti<sup>1</sup>

Guilherme Mesacasa Zardo<sup>2</sup>

Breno Borges<sup>3</sup>

Eléia Righi<sup>4</sup>

Fernando Henrique Batista Machado<sup>5</sup>

Andressa Comiotto<sup>6</sup>

Christhian Santana Cunha<sup>7</sup>

## RESUMO

A cafeicultura apresenta elevada sensibilidade às condições climáticas, especialmente à ocorrência de geadas, ventos frios e elevada umidade, fatores limitantes para o cultivo em regiões subtropicais de altitude. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a adaptação edafoclimática de diferentes cultivares de café em área experimental localizada na Serra Gaúcha, no município de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. O experimento foi implantado na Estação Experimental do IFRS – Campus Bento Gonçalves, em outubro de 2024, utilizando as cultivares *Coffea arabica* ‘Bento’, *Coffea arabica* ‘Urubatã’ e *Coffea canephora*, totalizando 45 plantas em delineamento de blocos casualizados. Também foi realizado um segundo plantio em sistema agroflorestal consorciado com bananeiras. Os dados climáticos foram obtidos por meio da estação meteorológica automática A840 do INMET, de estação localizada na região de Tuiuti e da série histórica ERA5 Land Daily Aggregated, processada no Google Earth Engine para o período de 2000 a 2025. Os resultados demonstraram bom desenvolvimento inicial das mudas, com incremento de altura variando entre 14,5 e 29 cm até maio de 2025. Entretanto, episódios de geada severa registrados em julho de 2025, com temperaturas mínimas de até -2,2 °C, associados a rajadas de vento frio e elevada umidade relativa do ar, favoreceram a incidência de mancha-de-phoma (*Phoma costarricensis*). A cultivar Uburatã apresentou maior suscetibilidade, com mortalidade de 4/15 plantas e necessidade de poda radical, enquanto Bento apresentou maior rusticidade e Conilon comportamento intermediário. A análise da série histórica confirmou a recorrência de eventos de frio intenso na região, evidenciando elevado risco climático para o cafeeiro. Conclui-se que a cafeicultura possui potencial de adaptação na Serra Gaúcha, desde que associada a estratégias de manejo adaptativo, como sistemas

agroflorestais, sombreamento e implantação de quebra-ventos.

**Palavras-chave:** cafeicultura; geadas; adaptação climática; sistemas agroflorestais; Serra Gaúcha.

## **ABSTRACT**

Coffee cultivation is highly sensitive to climatic conditions, especially frost occurrence, cold winds, and high humidity, which are limiting factors for cultivation in subtropical high-altitude regions. In this context, the present study aimed to analyze the edaphoclimatic adaptation of different coffee cultivars in an experimental area located in the Serra Gaúcha region, in the municipality of Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brazil. The experiment was established at the Experimental Station of IFRS – Campus Bento Gonçalves in October 2024, using the cultivars *Coffea arabica* 'Bento', *Coffea arabica* 'Urubatã', and *Coffea canephora*, totaling 45 plants in a randomized block design. A second planting was also conducted under an agroforestry system intercropped with banana plants. Climatic data were obtained from the INMET automatic weather station A840, from a local station located in the Tuiuti district, and from the ERA5 Land Daily Aggregated historical climate dataset, processed using Google Earth Engine for the period between 2000 and 2025. The results showed satisfactory initial seedling development, with height increases ranging from 14.5 to 29 cm until May 2025. However, severe frost events recorded in July 2025, with minimum temperatures reaching -2.2 °C, associated with cold wind gusts and high relative humidity, favored the incidence of Phoma leaf spot (*Phoma costarricensis*). The cultivar Urubatã showed the highest susceptibility, with mortality of 4 out of 15 plants and the need for drastic pruning, whereas Bento showed greater rusticity and Conilon presented intermediate behavior. The historical temperature series confirmed the recurrent occurrence of intense

cold events in the region, highlighting the high climatic risk for coffee cultivation. It is concluded that coffee cultivation has adaptation potential in the Serra Gaúcha region, provided that adaptive management strategies are adopted, such as agroforestry systems, shading, and windbreak implementation.

**Keywords:** coffee cultivation; frost; climate adaptation; agroforestry systems; Serra Gaúcha.

## INTRODUÇÃO

A variabilidade climática, especialmente o aumento da frequência e da intensidade de secas, geadas e precipitações excessivas, representa um dos principais desafios para a sustentabilidade da produção de *Coffea arabica*. Por se tratar de uma cultura perene, com longo ciclo de desenvolvimento e estreita faixa de adaptação climática, o cafeeiro apresenta elevada sensibilidade às alterações nos padrões de temperatura e precipitação (Silva *et al.*, 2026).

Segundo Wrege *et al.* (2018), a região entre o norte do Rio Grande do Sul e o sul do Paraná apresenta elevado risco de ocorrência de geadas, especialmente em áreas de maior altitude, condição que representa um importante fator limitante para culturas sensíveis ao frio, como o cafeeiro. Neste sentido, é necessário o desenvolvimento de estratégias adaptativas e sistemas de manejo capazes de reduzir os impactos térmicos sobre culturas agrícolas de maior sensibilidade climática, como o cafeeiro.

Conforme Tazzo *et al.* (2024), aproximadamente 29% das geadas registradas no Rio Grande do Sul entre 2003 e 2018 foram classificadas como fortes, mostrando a necessidade de estratégias

de manejo adaptativo para cultivos implantados em ambientes subtropicais de altitude.

Sistemas agroflorestais e cafezais arborizados têm sido apontados como estratégias promissoras para mitigação dos impactos de geadas em regiões subtropicais, contribuindo para a redução da amplitude térmica e para a proteção microclimática das plantas de café (Torres *et al.*, 2021).

Morais *et al.* (2006) observaram, em experimento conduzido em Londrina (PR), que o sombreamento parcial do cafeeiro com guandu (*Cajanus cajan*) reduziu significativamente a radiação solar incidente e atenuou as temperaturas máximas do ar, das folhas e do solo, além de diminuir a taxa de resfriamento noturno durante eventos de geada radiativa. Os autores também verificaram maior umidade do solo e produção de grãos maiores nas plantas sombreadas, destacando o potencial dos sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação climática para a cafeicultura no Sul do Brasil.

Para Camargo (2010), a variabilidade climática representa um dos principais fatores responsáveis pelas oscilações e perdas de produtividade do cafeeiro no Brasil, visto que fatores como temperatura do ar, precipitação, disponibilidade hídrica e ocorrência de eventos extremos influenciam diretamente o crescimento, o desenvolvimento fisiológico e a produção de *Coffea arabica* em diferentes fases fenológicas da cultura.

No estudo de Bunn *et al.* (2015) o café apresenta elevada sensibilidade às mudanças climáticas, uma vez que alterações na temperatura do ar e na variabilidade hídrica podem comprometer significativamente o desenvolvimento e a produtividade de *Coffea*

*arabica* e *Coffea canephora*. As projeções indicam redução de aproximadamente 50% das áreas climaticamente adequadas para o cultivo de café no mundo, principalmente em regiões de menor altitude e baixas latitudes, enquanto áreas mais frias e elevadas tendem a apresentar maior potencial futuro para a cultura, evidenciando a necessidade de estratégias adaptativas e de planejamento agroclimático para a sustentabilidade da cafeicultura.

Conforme a Portaria SPA/MAPA nº 7, de 26 de fevereiro de 2024, referente ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para *Coffea canephora*, a cultura é considerada adaptada a regiões com temperaturas médias anuais entre 22 °C e 26 °C, normalmente associadas a áreas de menor altitude (MAPA, 2021; 2024). No entanto, resultados experimentais têm demonstrado potencial produtivo em regiões anteriormente consideradas inaptas, especialmente com o uso da irrigação e manejo adaptativo.

Para *Coffea arabica*, o ZARC indica maiores riscos entre agosto e dezembro, período crítico para o estabelecimento das mudas, além de recomendar altitudes mínimas de 500 m para latitudes inferiores a 21° e 250 m para latitudes superiores a 21° (MAPA, 2022). Apesar disso, propriedades localizadas no Rio Grande do Sul têm apresentado resultados promissores na produção de café, mesmo fora das áreas tradicionalmente indicadas para a cultura.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a adaptação edafoclimática de variedades de café em uma área experimental localizada na Serra Gaúcha, no município de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul.

## **METODOLOGIA**

A primeira fase do experimento está sendo conduzida na Estação Experimental do IFRS – *Campus* Bento Gonçalves (Serra Gaúcha), tendo sido iniciada em 10/10/2024, com o plantio de três cultivares de café: *Coffea arabica* 'Bento', *Coffea arabica* 'Urubatã' e *Coffea canephora*. Para cada cultivar, foram implantadas 15 plantas, totalizando 45 unidades experimentais.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com três cultivares e três repetições, sendo cada parcela composta por cinco plantas. Destas, três plantas centrais foram consideradas úteis para avaliação, enquanto as duas plantas das extremidades atuaram como bordaduras.

Um segundo plantio experimental, realizado em agosto de 2025, com aproximadamente 50 mudas, foi implantado em consórcio com bananeiras adultas, visando promover sombreamento natural em sistema agroflorestal.

Os dados climáticos foram obtidos por meio da estação meteorológica automática A840 do INMET, que registra valores horários para cada variável meteorológica, totalizando 24 registros diários por variável. Para a realização das análises, os dados passaram por etapas de organização e tratamento utilizando tabelas dinâmicas.

Também foram utilizados dados de temperatura do ar registrados por um equipamento localizado no distrito de Tuiuti, em Bento Gonçalves, a 483 metros de altitude e próximo à área experimental.

Já, o conjunto de dados utilizado na pesquisa para os gráficos da série histórica foi o ERA5 Land Daily Aggregated, desenvolvido pelo Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo

(ECMWF). Trata-se de um modelo de reanálise climática que combina observações empíricas com modelos físicos para gerar estimativas contínuas e consistentes do clima global. A resolução espacial do produto é de 9 quilômetros por pixel. Essa escala espacial atende às necessidades de observação de variáveis atmosféricas em recortes municipais. Para este levantamento, selecionamos as faixas de dados referentes à temperatura do ar medida a 2 metros da superfície terrestre, extraíndo as métricas de temperatura máxima, média e mínima diárias.

Para a análise de temperaturas ocorreu a extração metodológica dos dados por meio da plataforma em nuvem Google Earth Engine. A rotina computacional iniciou com a inserção dos limites geográficos vetoriais do município de Bento Gonçalves como áreas espaciais de interesse. Na sequência, um recorte temporal delimitou a busca para a janela compreendida entre o início do ano 2000 e o ano 2025.

Durante o processamento, aplicamos uma função matemática de conversão unitária diretamente nas coleções de imagens. As temperaturas originais do modelo são fornecidas em escala Kelvin e foram convertidas para graus Celsius a partir da subtração da constante 273,15. Após a adequação térmica, aplicou-se uma técnica de redução espacial em cada imagem diária. O algoritmo calculou a média dos valores de todos os pixels contidos na área interna de cada contorno municipal, resultando em um único valor representativo por dia para cada localidade. Por fim, os dados processados foram organizados e exportados em uma estrutura tabular contendo a data, o município e os registros térmicos correspondentes.

## **RESULTADOS**

Na Estação Experimental do IFRS – Bento Gonçalves, as cultivares avaliadas (plantio em outubro de 2024: Uburatã e Bento em 10/10; Conilon em 31/10) apresentaram bom vigor inicial. As médias de altura no momento do plantio foram de 21,6 cm (Uburatã), 25,2 cm (Bento) e 24,3 cm (Conilon), evoluindo, em 16/05/2025, para 50,6 cm, 52,9 cm e 38,8 cm, respectivamente. Apesar do crescimento satisfatório, houve perdas associadas à ocorrência de doença, possivelmente cercosporiose, agravada por episódios de geada (Quadro 01).

Dados da estação A840 registraram temperaturas mínimas críticas de -2,2 °C (07/07/2025) e -1,8 °C (22/07/2025), além de rajadas de vento de até 6,1 m/s no mês de julho. Essas condições, aliadas à alta umidade relativa do ar (superior a 90%) no período pós-geada, favoreceram a infecção fúngica. Entre as cultivares, Uburatã apresentou maior suscetibilidade, com 4 de 15 plantas perdidas e necessidade de poda radical com posterior rebrote; Bento registrou 1 planta morta (1/15) e Conilon, 2 perdas (2/15).

**Quadro 01:** Crescimento em altura (cm) das cultivares avaliadas na Estação Experimental do IFRS – Bento Gonçalves.

Cultivar	Altura plantio (out/2024, cm; média $\pm$ dp)	Altura 16/05/2025 (cm; média $\pm$ dp)	Incremento (cm)	Plantas mortas (n/15)	Suscetibilidade (doença geada)
Uburatã (C. arabica)	21,6 $\pm$ 2,7	50,6 $\pm$ 3,1	29,0	4	Alta (poda radical rebrote)
Bento (C. arabica)	25,2 $\pm$ 2,8	52,9 $\pm$ 4,1	27,7	1	Baixa

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/analise-climatica-e-desempenho-inicial-de-cultivares-de-cafeeiro-em-bento-goncalves-rs?noblockage>

Legenda: Dados de 9 plantas/parcela (3 rep × 3 úteis). dp = desvio padrão. Correlação com T<sub>min</sub> < -2°C e vento frio (A840, jul/2025).

As mudas de cafeeiro implantadas em outubro de 2024 (Uburatã e Bento em 10/10; Conilon em 31/10) não apresentaram danos diretos causados pelo frio intenso durante o inverno de 2025, apesar da ocorrência de geadas (T<sub>min</sub> de -2,2 °C em 07/07/2025 e -1,8 °C em 22/07/2025, conforme a estação INMET A840).

Registros iniciais indicaram danos mecânicos provocados por javalis, possivelmente por comportamento exploratório, contudo, o principal fator limitante foi a incidência de uma doença fúngica severa, provavelmente a mancha-de-phoma (*Phoma costarricensis*), que comprometeu todo o tronco das plantas, levando à dessecação completa (Quadro 02).

A mancha-de-phoma (*Phoma costarricensis*) é uma doença do cafeeiro que depende de ferimentos prévios para infectar a planta. Inicialmente restrita a áreas acima de 900 m, atualmente ocorre em diversas regiões, especialmente em lavouras expostas a ventos frios e fortes. O fungo pode atingir várias partes da planta, sendo mais crítico durante a florada e pós-florada, quando pode causar queda e perda de frutos jovens. A doença é favorecida por alta umidade, temperaturas em torno de 20 °C e condições de vento e chuva, podendo provocar surtos severos (EPAMIG Sul, 2023).

Para Catarino *et al.* (2016) a mancha foliar de Phoma, causada pelo fungo *Phoma tarda*, é considerada uma das principais doenças do cafeeiro no Brasil, ocasionando perdas significativas na qualidade e na produtividade das lavouras. Os sintomas mais frequentes incluem morte de ponteiros e ramos, necrose das rosetas, mumificação dos frutos e manchas foliares. Entre as estratégias de manejo recomendadas, destaca-se a implantação de lavouras em áreas menos expostas a ventos frios, reduzindo as condições favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Observou-se que o agravamento do quadro não esteve diretamente relacionado à geada, mas às condições subsequentes, especialmente a ocorrência de ventos frios pós-geada (rajadas entre 5,7 e 6,1 m/s) associadas à elevada umidade relativa do ar (superior a 98%). Esse ambiente favoreceu a permanência de tecidos úmidos e fisiologicamente debilitados, aumentando a suscetibilidade à infecção fúngica.

A elevada mortalidade observada e a necessidade de poda radical após os eventos de geada evidenciam a ausência de quebra-ventos e proteção microclimática no sistema, reforçando a importância da implantação de barreiras vegetais e sistemas arborizados em futuros plantios, conforme destacado por Moraes *et al.* (2006).

Os dados da estação A840 reforçam que episódios de geada seguidos por ventos frios criam condições altamente favoráveis ao desenvolvimento de patógenos, ao combinar estresse térmico com umidade prolongada. A mancha de Phoma no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) tem se destacado como uma importante doença em lavouras localizadas em regiões de maior altitude, especialmente

acima de 900 m, sujeitas à ocorrência de ventos frios e excesso de chuvas durante o inverno (Cornélio Junior *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a cultivar Uburatã demonstrou maior suscetibilidade, enquanto a *Coffea arabica* (como Bento) apresentaram maior rusticidade. Já o Conilon (*Coffea canephora*) apresentou comportamento intermediário. Esses resultados destacam a necessidade de adoção de práticas de manejo adaptativo, como o uso de quebra-ventos e a seleção de cultivares mais tolerantes às condições edafoclimáticas de Bento Gonçalves.

**Quadro 02:** Dados climáticos registrados pela estação A840 – Bento Gonçalves (junho/julho de 2025) e sua relação com a incidência de doença.

Data	Tmin (°C)	Rajada vento (m/s)	UR max (%)	Observação
24/06/2025	-0,3	5,5	98	Início sintomas foliares
07/07/2025	<b>-2,2</b>	6,1	98	Pico doença Uburatã; limite crítico
22/07/2025	-1,8	5,7	98	Agravamento por umidade pós-gelada

Legenda: Dados extraídos da estação meteorológica automática INMET A840 (Bento Gonçalves). Valores em negrito indicam geadas severas ( $T_{min} \leq -2^{\circ}C$ ), limite crítico para danos em mudas jovens de *Coffea arabica* conforme Caramori *et al.* (2021). Rajadas de vento frio e UR >95% pós-gelada favoreceram patógenos como a mancha-de-

phoma (*Phoma costarricensis*), com maior impacto na cultivar Uburatã (4/15 plantas mortas).

Os dados de temperatura do ar, registrados por um equipamento localizado em Bento Gonçalves, na região de Tuiuti, a 483 metros de altitude e muito próximo ao experimento, indicaram temperatura máxima de 20,63 °C e mínima de -0,5 °C, caracterizando ocorrência de frio intenso no dia 08/07. A temperatura média do período foi de 9,31 °C, evidenciando grande amplitude térmica.

Além disso, no dia 30/06 também foi registrada temperatura negativa, de -0,1 °C. No restante do inverno, não ocorreram temperaturas abaixo de 0 °C no local de plantio, conforme essa estação meteorológica.

A estação meteorológica automática do INMET (A840), situada a 639 m de altitude, registrou temperatura mínima de -2,2 °C em 07/07, enquanto a estação de Bento Gonçalves, localizada na região de Tuiuti a 483 m e próxima à área experimental, registrou -0,5 °C em 08/07. Essa diferença evidencia a variabilidade térmica associada à altitude e à localização, explicando a ausência de mortandade do cafeeiro, uma vez que a estação mais próxima da lavoura indicou condições menos severas de frio.

Assim, ocorreu uma desuniformidade entre as cultivares, reflexo da mortalidade parcial e dos diferentes níveis de suscetibilidade à doença fúngica. A cultivar Uburatã apresentou maior necessidade de recuperação vegetativa, enquanto Bento manteve melhor estrutura e vigor. Conilon demonstrou comportamento intermediário. Esses resultados reforçam a importância de práticas

de manejo, como a implantação de quebra-ventos e a escolha de materiais mais adaptados às condições locais.

Embora o Rio Grande do Sul não seja um tradicional produtor de café em comparação a outros estados brasileiros, experiências conduzidas em pequenas propriedades de agricultura familiar, como no município de Pinto Bandeira / RS, com cerca de 1.000 plantas e produção diversificada com mel, têm demonstrado resultados promissores quanto ao desempenho da cultura em solo gaúcho, com comercialização de café especial e derivados em feiras locais e venda direta ao consumidor (Righi *et al.*, 2025).

A altitude da lavoura do produtor está em aproximadamente 140 metros acima do nível do mar, com declividade média baixa, em torno de 2 a 5%, além disso está às margens do Rio das Antas. O relevo dessa região, é caracterizado por montanhas e vales em decorrência de sua localização entre os rios Burati e das Antas, favorece a produção de café, uma vez que as geadas são menos intensas e os nevoeiros atuam como barreira natural, reduzindo a formação de cristais de gelo no solo (Righi *et al.*, 2025).

Esse fenômeno é explicado por Heldwein e Medeiros (2008), como a não formação de geadas radiativas, que são causadas pelo resfriamento local do ar em consequência do acentuado resfriamento do solo e dos vegetais, principalmente na superfície mais exposta a céu aberto, pelo processo de radiação durante a noite. Elas se destacam principalmente quando ocorrem somente em noites calmas e límpidas ou apenas parcialmente nubladas, assim com a formação de nevoeiros não ocorre danos severos nas plantas.

No Quadro 03 podem ser observadas as imagens do experimento, destacando as principais fases de desenvolvimento das mudas, desde o plantio até os estágios posteriores, evidenciando as condições de manejo, o crescimento das plantas e os efeitos dos fatores ambientais ao longo do período avaliado.

**Quadro 03:** Experimento do IFRS – Bento Gonçalves.



**Fonte:** Autores (2026).

Um segundo plantio experimental, realizado em agosto de 2025 (≈50 mudas), foi implantado em consórcio com bananeiras adultas, com

o objetivo de promover sombreamento natural em sistema agroflorestal (Quadro 4). Essa estratégia foi adotada visando reduzir o estresse térmico, atenuar a radiação solar incidente e melhorar a conservação da umidade do solo, criando um microclima potencialmente mais favorável ao estabelecimento inicial das mudas de cafeeiro.

Para Machado *et al.* (2020), os sistemas agroflorestais (SAF) representam uma alternativa sustentável ao monocultivo de café a pleno sol, proporcionando benefícios como redução de pragas e doenças, maior uniformidade na maturação dos frutos e melhor conservação de solo e água. Além disso, o consórcio com espécies arbóreas contribui para amenizar extremos climáticos (geadas, ventos e secas), reduzir plantas daninhas, favorecer a ciclagem de nutrientes e gerar renda adicional ao produtor, tornando-se uma estratégia promissora do ponto de vista econômico e ambiental.

No estudo de Perdoná, Soratto e Esperancini (2015), foi avaliado o desempenho produtivo e econômico do consórcio entre cafeeiro arábica e noqueira-macadâmia, em condições de sequeiro e irrigação por gotejamento, considerando diferentes cenários de preço do café. Os resultados indicaram que a irrigação e o cultivo consorciado aumentam a produtividade e a eficiência do uso da terra, superando os sistemas solteiros em sequeiro e equiparando-se ao café irrigado.

**Quadro 04:** Plantio consorciado com bananeiras.



**Fonte:** Autores (2026).

Quando o objetivo é minimizar os efeitos dos ventos dominantes anuais, deve-se observar a inclinação natural das árvores na propriedade, provocada pela ação contínua do vento, instalando as cortinas vegetais perpendicularmente ao fluxo predominante. Além disso, recomenda-se a remoção dos ramos inferiores das árvores até aproximadamente um metro acima da copa dos cafeeiros, permitindo o escoamento do ar frio durante a noite. A ausência desse manejo pode favorecer o acúmulo de ar frio junto às plantas, aumentando os danos causados por geadas e podendo levar à morte dos cafeeiros próximos aos renques arbóreos (Caramori *et al.*, 2016).

## **DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados obtidos na estação experimental de Bento Gonçalves (Serra Gaúcha) evidenciam a viabilidade da cafeicultura em regiões de altitude no Rio Grande do Sul, ainda que condicionada a

limitações edafoclimáticas. O plantio realizado em outubro de 2024 apresentou bom vigor inicial, com alturas médias entre 21,6 e 25,2 cm. Contudo, a ocorrência de geadas severas ( $T_{\min}$  de  $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 07/07/2025 e  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 22/07/2025), associadas a ventos frios pós-geada (rajadas entre 5,7 e 6,1 m/s) e elevada umidade relativa do ar ( $\approx 98\%$ ), favoreceu a incidência de mancha-de-phoma (*Phoma costarricensis*), resultando em mortalidade diferenciada entre as cultivares: elevada na Uburatã (4/15 plantas, com necessidade de poda radical e rebrote), baixa na Bento (1/15) e intermediária na Conilon (2/15). Esses resultados corroboram os estudos de Caramori *et al.* (2021), que estabelecem  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  como limite crítico para *Coffea arabica* e destacam que ventos frios prolongam o período de molhamento foliar, elevando a incidência de doenças fúngicas em mudas.

No estudo de Aparecido *et al.* (2023), o zoneamento climático realizado nas principais regiões produtoras de café do Brasil demonstrou que aproximadamente 85% das áreas cafeeiras apresentam algum grau de favorabilidade ao desenvolvimento de *Phoma spp.*, especialmente entre os meses de outubro e março. Os autores também destacam que projeções climáticas futuras indicam tendência de redução da ocorrência da doença em função da diminuição das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, associada ao aumento das temperaturas médias globais.

Segundo Silva *et al.* (2025), a mancha foliar de *Phoma spp.* no cafeeiro pode causar perdas entre 15% e 43% da produção, apresentando elevada variabilidade temporal e espacial, especialmente em áreas de maior altitude. Os estudos conduzidos em lavouras de *Coffea arabica* demonstraram que altitudes mais

elevadas, próximas de 1.143 m, favoreceram maiores níveis de incidência e severidade da doença quando comparadas a áreas de menor altitude, devido às condições microclimáticas mais favoráveis ao patógeno, como temperaturas amenas e elevada umidade. Os autores observaram ainda que a dinâmica temporal da doença apresenta comportamento irregular ao longo do tempo, sendo fortemente influenciada pelas condições ambientais locais e pela sazonalidade climática.

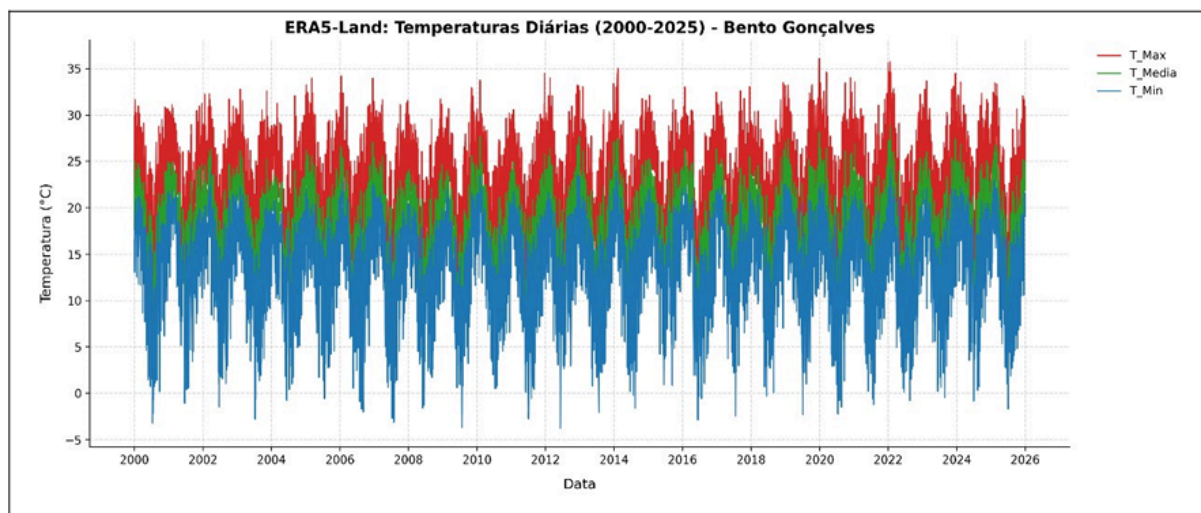
O Quadro 05 apresenta a análise das temperaturas da série histórica entre os anos de 2000 e 2025 para Bento Gonçalves. O conjunto de dados utilizado na pesquisa é o ERA5 Land Daily Aggregated, desenvolvido pelo Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo. Os dados permitem identificar padrões climáticos e eventos extremos de frio registrados ao longo do período analisado.

Os dados evidenciam a ocorrência recorrente de temperaturas negativas durante o inverno, associadas à atuação de massas de ar polar intensas, especialmente nos meses de junho, julho e agosto, períodos de maior probabilidade de formação de geadas.

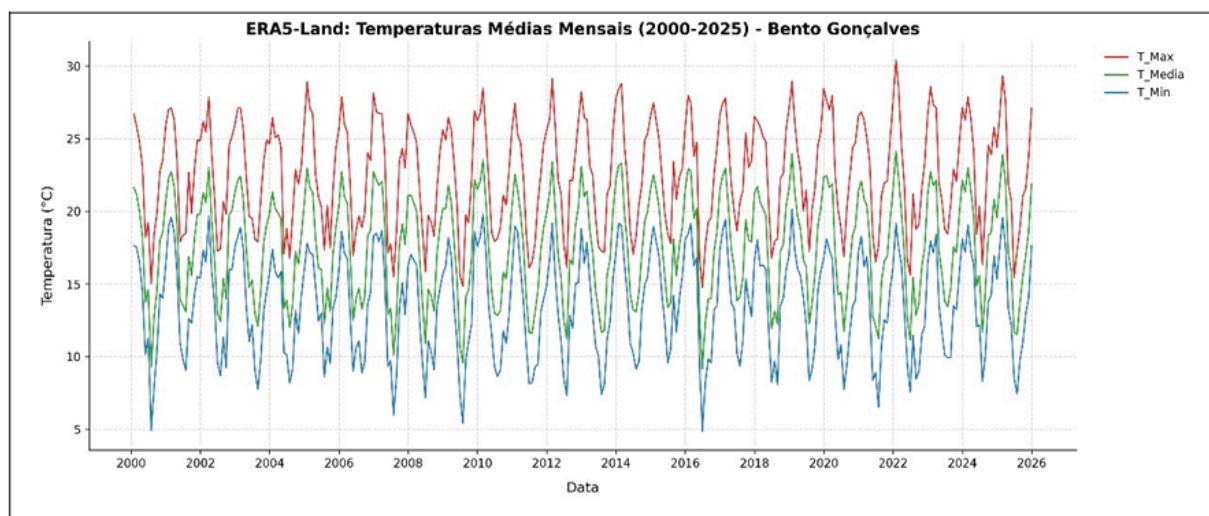
Ao longo da série histórica, observa-se que as temperaturas mínimas absolutas mantiveram comportamento relativamente estável, embora alguns anos tenham apresentado eventos extremos mais intensos. As temperaturas médias indicam forte sazonalidade climática, com invernos rigorosos e verões amenos, característica típica do clima subtropical de altitude. As temperaturas máximas, mesmo durante episódios frios, permaneceram positivas, demonstrando significativa amplitude térmica diária. Esse comportamento ocorre devido ao resfriamento intenso durante a

madrugada e ao aquecimento ao longo do dia, principalmente em condições de céu limpo.

**Quadro 05:** Análise das temperaturas da série histórica de 2000-2025 em Bento Gonçalves.



**Fonte:** Autores (2026).



**Fonte:** Autores (2026)

Observa-se que as temperaturas mínimas variaram aproximadamente entre  $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , demonstrando a ocorrência de eventos de frio intenso típicos do inverno na Serra Gaúcha. Mesmo nos dias de frio extremo, as temperaturas máximas permaneceram positivas, variando em torno de  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

mostrando elevada amplitude térmica diária, característica comum em períodos de atuação de massas de ar polar e céu limpo.

As temperaturas médias ficaram entre aproximadamente 1,5 °C e 4,5 °C, reforçando que esses eventos representam condições severas de frio para culturas sensíveis às baixas temperaturas, como o cafeeiro.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos na área experimental do IFRS – Campus Bento Gonçalves evidenciam que a cafeicultura apresenta potencial de adaptação às condições edafoclimáticas da Serra Gaúcha, embora esteja sujeita a limitações associadas à ocorrência de geadas, ventos frios e elevada umidade relativa do ar durante o inverno.

As cultivares avaliadas apresentaram bom desenvolvimento inicial após o plantio, demonstrando viabilidade de estabelecimento em condições subtropicais de altitude. Entretanto, os eventos de frio registrados em julho de 2025, associados a ventos frios pós-geada e elevada umidade, favoreceram a incidência de mancha-de-phoma (*Phoma costarricensis*), resultando em mortalidade diferenciada entre os materiais genéticos avaliados. A cultivar Uburatã apresentou maior suscetibilidade, enquanto Bento demonstrou maior rusticidade e menor severidade de danos, com comportamento intermediário para o Conilon (*Coffea canephora*).

Os resultados também evidenciam que os danos observados não estiveram relacionados exclusivamente às baixas temperaturas, mas principalmente à interação entre geada, vento frio e condições favoráveis ao desenvolvimento de patógenos fúngicos. Nesse contexto, a ausência de quebra-ventos e proteção microclimática

contribuiu para o agravamento dos sintomas e para a necessidade de poda radical em parte das plantas.

A análise da série histórica de temperaturas entre 2000 e 2025 confirmou a recorrência de eventos de frio intenso em Bento Gonçalves, especialmente nos meses de junho, julho e agosto, caracterizando um ambiente de elevado risco climático para culturas sensíveis ao frio. Apesar disso, a amplitude térmica diária, as diferenças microclimáticas relacionadas à altitude e experiências regionais de cafeicultura em pequenas propriedades indicam que o cultivo do cafeeiro pode ser viável em determinadas condições locais e de manejo.

Dessa forma, práticas adaptativas, como o uso de sistemas agroflorestais, sombreamento, implantação de quebra-ventos e seleção de cultivares mais tolerantes às condições climáticas da Serra Gaúcha, tornam-se fundamentais para reduzir riscos e ampliar a sustentabilidade da cafeicultura no Rio Grande do Sul.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARECIDO, L. E. de O.; *et al.* Climate Change and Phoma spp. Leaf Spot of Arabica Coffee: A CMIP6 Modeling Approach. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 38, e38230041, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863810041>

BUNN, C.; LÄDERACH, P.; OVALLE RIVERA, O.; KIRSCHKE, D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 129, p. 89–101, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>.

CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 239–247, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100030>.

CARAMORI, P. H.; *et al.* Contribuições das pesquisas agrometeorológicas do IAPAR. **Agrometeoros**, 29. 2021. <https://doi.org/10.31062/agrom.v29.e026924>

CARAMORI, P.; *et al.* **Métodos de proteção contra geadas em cafezais em formação.** Embrapa, 2016. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/>. Acesso em: 19 maio. 2026.

CATARINO, A. de M.; *et al.* Intensidade da mancha de Phoma em mudas de cafeeiro sob doses de cálcio e de potássio em solução nutritiva. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 63, n.4, p. 486-491, jul/ago, 2016. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663040008>

CORNÉLIO JUNIOR, E.; *et al.* Influência de diferentes tipos de podas na incidência de doenças e no enfolhamento do cafeeiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 16, n. 3, Edição Especial, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v16i3.5600>.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS (EPAMIG). **Mancha-de-phoma do cafeeiro.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2023. Disponível em: <https://livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/Mancha-de-phoma.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2026.

HELDWEIN, A. B.; MEDEIROS, S. P. **Agricultura Familiar e Sustentabilidade:** Agroclimatologia. Repositório da UFSM. 2008. Disponível em:

[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16158/Curso\\_Agric-Famil-Sustent\\_Agroclimatologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16158/Curso_Agric-Famil-Sustent_Agroclimatologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Acesso em: 26 set. 2025.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zarc: Café arábica tem novas portarias de zoneamento agrícola de risco climático.** 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/cafe-arabica-tem-novas-portarias-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico>.

Acesso em: 18 maio. 2026.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria SPA/MAPA nº 591, de 14 de dezembro de 2021.** Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do café arábica irrigado no Estado de Rondônia. 2021. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/rondonia/word/PORTN591CAFARBICAIRRIGADORO.pdf>.

Acesso em: 18 maio. 2026.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria SPA/MAPA nº 7, de 26 de fevereiro de 2024.** 2024.

Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/acre/copy\\_of\\_PORTN71.PDF](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/acre/copy_of_PORTN71.PDF). Acesso em: 18 maio. 2026.

MACHADO, A. H. R.; *et al.* Coffee Culture (*Coffea arabica*) in the Agroforestry System. **Brazilian Journal of Animal and**

**Environmental Research**, 3(3), 1357–1369. 2020.

<https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-053>

MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C.; KOGUSHI, M. S. Caracterização microclimática e produtividade de cafeeiros cultivados à sombra de guandu no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 763–770, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2006.v41.7204>

PERDONÁ, M. J.; SORATTO, R. P.; ESPERANCINI, M. S. T. Productive and economic performance of Arabica coffee and macadamia nut intercropping. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.1, p.12-23, jan. 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000100002>

RIGHI, E.; *et al.* A cultura do café no Estado do Rio Grande do Sul como opção de diversificação da agricultura familiar. **Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente**, 18, e13577. 2025. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2025v18e13577>

SILVA, H. R.; *et al.* Análise temporal da mancha foliar de *Phoma* em cafeeiros em diferentes altitudes. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 72, e72009, 2025. <https://doi.org/10.71252/2177-34912025720009>

SILVA, E. A.; *et al.* Leaf-scale phenotypic plasticity of *Coffea arabica* progenies under seasonal variation in water availability. **Bragantia**, 85, e20250157. 2026. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20250157>

TAZZO, I. F.; TRENTIN, G.; CARDOSO, L. S.; JUNGES, A. H. Distribuição espacial e temporal de geadas no Rio Grande do Sul entre 2003-2018. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 101, p. 252–263, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG2510171617>.

TORRES, G. A. L.; SÃO JOSÉ, R. V.; GRECO, R.; COLTRI, P. P. Cafezais arborizados e geadas: um estudo de caso para o estado do Paraná – revisão. In: **Agrárias: pesquisa e inovação nas ciências que alimentam o mundo IV**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021. cap. 20, p. 225–236. DOI: 10.22533/at.ed.07821120720.

WREGGE, M. S.; *et al.* Distribuição espacial e temporal das geadas no Estado do Paraná e regiões adjacentes. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, p. 473–484, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.57306>

---

## AGRADECIMENTOS

Ao IFRS – *Campus* Bento Gonçalves e Vacaria, à Uergs – Unidade de Vacaria e à AmbGEO Cursos e Treinamentos pelo apoio prestado. Estendemos agradecimentos especiais à Pró-Reitoria de Pesquisa da Uergs pela concessão da bolsa que possibilitou a realização deste projeto.

---

<sup>1</sup> Instituto Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-6321-3470>

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2815-8436>.

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-3442-5626>

<sup>4</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2766-8719>

<sup>5</sup> Instituto Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9448-0102>

<sup>6</sup> Instituto Federal do Rio Grande do Sul; E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-8206-3429>

<sup>7</sup> Gestor Ambiental, Doutor em Sensoriamento Remoto (UFRGS), pesquisador associado da Universidade de Manchester (UK) e sócio da AmbGEO Cursos e Treinamentos. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0755-6760>