

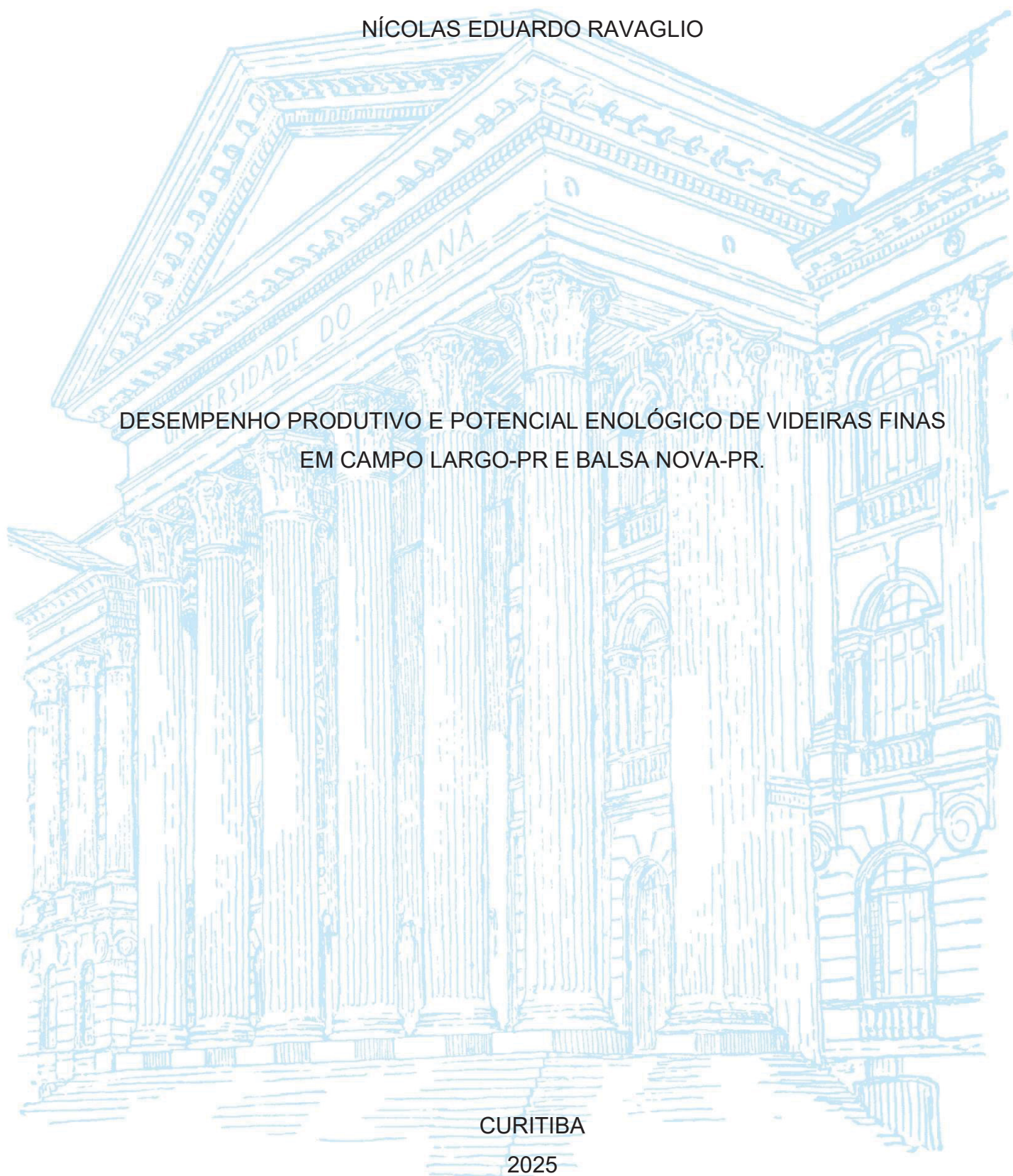
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NÍCOLAS EDUARDO RAVAGLIO

DESEMPENHO PRODUTIVO E POTENCIAL ENOLÓGICO DE VIDEIRAS FINAS
EM CAMPO LARGO-PR E Balsa NOVA-PR.

CURITIBA

2025



NÍCOLAS EDUARDO RAVAGLIO

DESEMPENHO PRODUTIVO E POTENCIAL ENOLÓGICO DE VIDEIRAS FINAS
EM CAMPO LARGO-PR E Balsa Nova-PR.

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli

Coorientadores:

Prof. Dr. Luiz Antônio Biasi

Prof. Dr. Ruy Inacio Neiva de Carvalho

Dr. Jose Luiz Marcon Filho

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Ravaglio, Nicolas Eduardo

Desempenho produtivo e potencial enológico de videiras finas em
Campo Largo-PR e Balsa Nova-PR / Nicolas Eduardo Ravaglio. –
Curitiba, 2025.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia
(Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli

Coorientadores: Prof. Dr. Luiz Antônio Biasi, Prof. Dr. Ruy Inacio
Neiva de Carvalho e Dr. Jose Luiz Marcon Filho

1. Fenologia. 2. Uva - Cultivo - Paraná. 3. Vinho e vinificação. I.
Tofanelli, Mauro Brasil Dias. II. Biasi, Luiz Antônio. III. Carvalho, Ruy
Inacio Neiva de. IV. Marcon Filho, José Luiz. V. Universidade Federal
do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção
Vegetal). VI. Título.

Bibliotecária: Elizabeth de Almeida Licke da Luz CRB-9/1434



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **NICOLAS EDUARDO RAVAGLIO**, intitulada: **DESEMPENHO PRODUTIVO E POTENCIAL ENOLÓGICO DE VIDEIRAS FINAS EM CAMPO LARGO-PR E Balsa NOVA-PR**, sob orientação do Prof. Dr. MAURO BRASIL DIAS TOFANELLI, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 30 de Julho de 2025.

MAURO BRASIL DIAS TOFANELLI

Presidente da Banca Examinadora

RUY INACIO NEIVA DE CARVALHO

Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ)

LUIZ ANTÔNIO BIASI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico este trabalho aos meus avós (Ivone, Affonso, Leondina e Ivo) que sempre me incentivaram a buscar conhecimento e a nunca desistir dos meus sonhos. Suas histórias de vida, marcadas por força e determinação, são a minha maior inspiração.

Que esta pequena contribuição para a ciência possa honrar suas memórias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de sabedoria, força e inspiração, por me guiar em todos os momentos dessa jornada.

A minha esposa, por ser minha companheira, meu porto seguro e minha maior incentivadora. Sua paciência, amor e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar a esta etapa da minha vida.

A minha filha, cuja alegria e amor incondicional iluminam meus dias e me lembram do que realmente importa. Você é uma grande fonte de motivação e inspiração para seguir em frente.

A minha família, por serem companheiros de vida, sempre prontos a apoiar e compartilhar momentos de alegria e desafios. Sou grato pelo laço que nos une e por tudo que aprendi com vocês. Sou profundamente grato por terem sido minha base e fonte de inspiração.

Aos meus sogros, por seu carinho, apoio e palavras de incentivo ao longo dessa jornada. Sou profundamente grato por tê-los ao meu lado, compartilhando e celebrando este momento.

Aos meus orientadores, pela dedicação, paciência e atenção ao longo desta trajetória acadêmica. Suas orientações foram indispensáveis para a realização deste trabalho, e sua confiança em mim foi uma fonte de motivação para superar os desafios.

Agradeço aos meus amigos e colegas, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando incondicionalmente e me proporcionando momentos de descontração. Por suas palavras de incentivo e amizade, que foram fundamentais para superar os desafios deste trabalho.

Aos proprietários das vinícolas e equipe por disponibilizarem os vinhedos para a realização dos experimentos.

A todos vocês, minha sincera gratidão.

**"O VINHO É A EXPRESSÃO DO TERROIR, A ASSINATURA DA TERRA."
(MICHEL ROLLAND, 1947)**

RESUMO

A viticultura brasileira tem avançado para novas fronteiras, especialmente em regiões de maior altitude do Sul do Brasil, onde as condições edafoclimáticas favorecem a produção de uvas viníferas. Cidades da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), como Balsa Nova e Campo Largo, apresentam características únicas, entre as quais destacam-se: altitudes superiores a 800 m, associadas a amplitudes térmicas definidas pela diferença entre as temperaturas máximas diurnas e mínimas noturnas, e a verões amenos, favorecem a lenta maturação das uvas e asseguram o equilíbrio desejável entre açúcares, acidez e demais fatores determinantes para a elaboração de vinhos finos de qualidade. Diante desse cenário, o trabalho objetivou caracterizar os estádios fenológicos para a região de altitude na RMC e avaliar o desempenho produtivo de diferentes cultivares de videiras finas (*Vitis vinifera* L.) buscando identificar as variedades mais adaptadas e com melhor potencial enológico. O experimento foi conduzido em dois vinhedos comerciais por duas safras. Treze cultivares foram avaliadas sendo nove tintas ('Ancellotta', 'Cabernet Franc', 'Marselan', 'Merlot', 'Pinot Noir', 'Rebo', 'Sangiovese Grosso', 'Syrah' e 'Tannat') e quatro brancas ('Alvarinho', 'Chardonnay', 'Gewurztraminer' e 'Sauvignon Blanc'). Os parâmetros analisados incluíram fases fenológicas, índices de Ravaz e fertilidade de gemas, produtividade, morfologia de cachos e bagas, composição físico-química e conteúdo fenólico do mosto. As análises estatísticas foram realizadas via teste F ($p \leq 0,05$) e as medias agrupadas pelos testes de Tukey e Scott-Knott ($p \leq 0,05$). O ciclo fenológico variou entre 132 e 169 dias, com destaque para Marselan e Tannat, que apresentaram maior acúmulo térmico e potencial enológico. A Marselan demonstrou o melhor equilíbrio vegetativo e reprodutivo (Ravaz com valor de 6,3), associando alta produtividade (próximo a $10,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) e bom teor fenólico (IPT = 80,38). Tannat e Ancellotta destacaram-se pela elevada concentração de taninos e antocianinas, enquanto Alvarinho e Chardonnay apresentaram acidez equilibrada e perfil aromático promissor. Conclui-se que as condições de altitude da RMC são altamente favoráveis à viticultura de qualidade, permitindo o cultivo de *Vitis vinifera* com maturação adequada e potencial enológico comparável a regiões de altitude do Sul do país. Os resultados evidenciaram forte influência do clima de altitude sobre o desempenho das videiras e os resultados reforçam o papel emergente do Paraná na vitivinicultura brasileira e revelam a cultivar Marselan como a cultivar mais recomendada para o desenvolvimento de vinhos finos na região.

Palavras-chave: Desempenho Agrônômico; Fenologia; Terroir; Vitivinicultura subtropical.

ABSTRACT

Brazilian viticulture has advanced into new frontiers, especially in high-altitude regions of southern Brazil, where soil and climate conditions favor the production of wine grapes. Cities in the Metropolitan Region of Curitiba (RMC), such as Balsa Nova and Campo Largo, present unique characteristics, including altitudes above 800 m, significant thermal amplitude (the difference between daytime maximum and nighttime minimum temperatures), and mild summers. These factors promote slow grape ripening and ensure a desirable balance between sugars, acidity, and other key components for producing high-quality fine wines. Given this context, the study aimed to characterize the phenological stages of grapevines in the high-altitude region of the RMC and to evaluate the productive performance of different fine grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.) in order to identify the most adapted varieties with the best enological potential. The experiment was conducted in two commercial vineyards over two harvest seasons. Thirteen cultivars were evaluated, including nine red varieties ('Ancellotta', 'Cabernet Franc', 'Marselan', 'Merlot', 'Pinot Noir', 'Rebo', 'Sangiovese Grosso', 'Syrah', and 'Tannat') and four white varieties ('Alvarinho', 'Chardonnay', 'Gewurztraminer', and 'Sauvignon Blanc'). The parameters analyzed included phenological phases, Ravaz index and bud fertility, yield, cluster and berry morphology, physicochemical composition, and phenolic content of the must. Statistical analyses were performed using the F-test ($p \leq 0.05$), and means were grouped using the Tukey and Scott-Knott tests ($p \leq 0.05$). The phenological cycle ranged from 132 to 169 days, with Marselan and Tannat showing higher heat accumulation and greater enological potential. Marselan demonstrated the best vegetative and reproductive balance (Ravaz index of 6.3), combining high productivity (around $10.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) with good phenolic content (TPI = 80.38). Tannat and Ancellotta stood out for their high tannin and anthocyanin concentrations, while Alvarinho and Chardonnay exhibited balanced acidity and promising aromatic profiles. It was concluded that the high-altitude conditions of the RMC are highly favorable for quality viticulture, allowing *Vitis vinifera* cultivation with proper ripening and enological potential comparable to other high-altitude regions in southern Brazil. The results demonstrated a strong influence of altitude-related climate on vine performance and reinforced Paraná's emerging role in Brazilian winemaking, highlighting Marselan as the most recommended cultivar for fine wine production in the region.

Keywords: Agronomic Performance; Phenology; Terroir; Subtropical Vitiviniculture.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Cultivares de uvas tintas: A – ‘Ancellota’; B – ‘Cabernet Franc’; C – ‘Marselan’; D – ‘Merlot’; E – ‘Pinot Noir’; F – ‘Rebo’; G – ‘Sangiovese Groso’; H – ‘Syrah’; I – ‘Tannat’.	30
FIGURA 2 - Cultivares de uvas brancas: A – ‘Alvarinho’; B – ‘Chardonnay’; C – ‘Gewürztraminer’; D – ‘Sauvignon Blanc’.	42
FIGURA 3 - Imagem aérea da área experimental em Balsa Nova, Paraná. Brasil	50
FIGURA 4 - Poda das cultivares tintas em cordão esporonado duplo (A), e na branca o Guyot bilateral (B).	51
FIGURA 5 - Estação Meteorológica instalada junto ao vinhedo. Balsa Nova, PR. Brasil	52
FIGURA 6 - Médias mensais de temperatura máxima, mínima e pluviosidade da safra 2023/2024 em Balsa Nova, PR, Brasil.	53
FIGURA 7 - Médias mensais de umidade e número de horas de frio durante a safra 2023/2024 em Balsa Nova, PR, Brasil.	53
FIGURA 8 - Médias mensais de temperatura máxima, mínima e pluviosidade da safra 2024/2025 em Balsa Nova, PR, Brasil.	54
FIGURA 9 - Médias mensais de umidade e número de horas de frio durante a safra 2024/2025 em Balsa Nova, PR, Brasil	54
FIGURA 10 - Avaliação e monitoramento dos estádios fenológicos: A – planta após o inverno; B – poda; C – ponta verde (BBCH 07); D - cinco folhas expandidas (BBCH 15); E - inflorescência visível (BBCH 53); F - floração plena (BBCH 65); G - estágio de grão ervilha (BBCH 75); H - <i>veraison</i> (BBCH 81); I - colheita (BBCH 89).	56
FIGURA 11 - Determinação do comprimento do cacho de uva ‘Marselan’ com paquímetro. Balsa Nova, PR 2025.	59
FIGURA 12 - Etapas do processamento de 100 bagas para determinação da massa dos sólidos (casca + sementes): Letra A: disposição das bagas por cultivar antes do esmagamento; Letra B: esmagamento e prensagem manual para separação do mosto; Letra C: sólidos (cascas e sementes) após a extração do mosto; Letra D: pesagem dos sólidos em balança analítica com precisão de $\pm 0,01$ g.	59

FIGURA 13 - Preparação dos extratos para avaliação dos compostos fenólicos, Curitiba, PR, 2025.....	61
FIGURA 14 - Cronograma das feno fases das cultivares avaliadas durante a safra 2023/2024 e 2024/2025 em Balsa Nova, PR, Brasil.	64
FIGURA 15 - Imagem aérea da área experimental.	97
FIGURA 16 - Poda das cultivares tintas em cordão esporonado duplo (A) e das cultivares brancas Guyot bilateral (B).	98
FIGURA 17 - Estação Meteorológica instalada ao lado do vinhedo. Campo largo, PR. Brasil	99
FIGURA 18 - Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e pluviosidade da safra 2024/2025 em Campo Largo, PR, Brasil.....	100
FIGURA 19 - Médias mensais de umidade e número de horas de frio durante a safra 2024/2025 em Capo Largo, PR, Brasil.....	100
FIGURA 20 - Avaliação e monitoramento dos estádios fenológicos: A – planta após o inverno; B – poda; C – ponta verde (BBCH 07); D - cinco folhas expandidas (BBCH 15); E - inflorescência visível (BBCH 53); F - floração plena (BBCH 65); G - estágio de grão ervilha (BBCH 75); H - <i>veraison</i> (BBCH 81); I - colheita (BBCH 89).....	102
FIGURA 21 - Determinação do comprimento de cacho da cultivar ‘Marselan’. Campo Largo, Pr. Brasil	105
FIGURA 22 - Etapas do processamento de 100 bagas para determinação da massa dos sólidos (casca + sementes): Letra A: disposição das bagas por cultivar antes do esmagamento; Letra B: esmagamento e prensagem manual para separação do mosto; Letra C: sólidos (cascas e e sementes) após a extração do mosto; Letra D: pesagem dos sólidos em balança analítica com precisão de $\pm 0,01$ g.	105
FIGURA 23 - Preparação dos extratos para avaliação dos compostos fenólicos, Curitiba, PR, 2025.....	107
FIGURA 24 - Cronograma das feno fases das cultivares tintas avaliadas durante a safra 2024/2025 em Campo Largo, PR, Brasil.....	112
FIGURA 25 - Cronograma das feno fases das cultivares brancas durante a safra 2024/2025. Campo Largo, PR. Brasil.....	116

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Valores de referência para as características agronômicas das cultivares viníferas (tintas).....	40
TABELA 2 - Valores de referência para as características agronômicas das cultivares viníferas (brancas).	46
TABELA 3 - Média dos índices de frio noturno, amplitude térmica e radiação solar nos meses de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024. Balsa Nova, PR. Brasil.	55
TABELA 4 - Médias e coeficientes de variação (%) de produção por planta, produtividade estimada, número de cacho e massa média dos cachos das cultivares Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc nas safras 2023/2024 e 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.	67
TABELA 5 - Médias e coeficiente de variação (%) do comprimento do cacho, números de bagas, massa da ráquis das cultivares Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc durante as safras 2023/2024 e 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.....	69
TABELA 6 - Valores médios e coeficiente de variação (%) da massa da baga, massa da casca e índice de compactação das cultivares avaliadas durante as safras 2023/2024 e 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.	71
TABELA 7 - Valores médios e coeficiente de variação (%) da massa da poda, número de sarmentos, índice de Ravaz e índice de fertilidade das cultivares avaliadas durante as safras 2023/2024 e 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.	73
TABELA 8 - Valores médios e coeficiente de variação (%) para os teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (ATT) e pH das cultivares avaliadas durante as safras 2023/2024 E 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil. .	75
TABELA 9 - Valores médios e coeficiente de variação (%) dos índices de polifenóis totais (IPT280), flavonoides (FLA), fenóis não flavonoides (FNF), polifenóis totais (PT), teor antocianinas totais (TTA) e taninos totais (TT) das cultivares avaliadas durante as safras 2023/2024 E 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.....	77

TABELA 10 - Média dos índices de frio noturno, amplitude térmica e radiação solar nos meses de dezembro (2024) a fevereiro (2025). Campo Largo, PR, Brasil.	101
TABELA 11 - Médias e coeficientes de variação (%) de produção por planta, produtividade estimada, número de cacho e massa média dos cachos das cultivares tintas e brancas na safra 2024/2025. Campo Largo, PR, Brasil.	118
TABELA 12 - Médias e coeficiente de variação (%) do comprimento do cacho, números de bagas, massa da ráquis das cultivares tintas e brancas durante a safra 2024/2025. Campo Largo, PR, Brasil.....	120
TABELA 13 - Valores médios e coeficiente de variação (%) da massa da baga, massa da casca e semente e índice de compactação das cultivares avaliadas durante a safra 2024/2025. Campo Largo, PR, Brasil.....	122
TABELA 14 - Valores médios e coeficiente de variação (%) do número de sarmentos e índice de fertilidade das cultivares tintas e brancas durante a safra 2024/2024. Campo Largo, PR, Brasil.....	124
TABELA 15 - Valores médios e coeficiente de variação (%) para os teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (ATT) e pH das cultivares tintas e brancas durante a safra 2024/2024. Campo Largo, PR, Brasil.....	126
TABELA 16 - Valores médios e coeficiente de variação (%) dos índices de polifenóis totais (IPT280), flavonoides (FLA), fenóis não flavonoides (FNF), polifenóis totais (PT), teor antocianinas totais (TTA) e taninos totais (TT) das cultivares tintas e brancas durante a safra 2024/2025. Campo Largo, PR, Brasil.	128

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA - Análise de variância

ATT – Acidez titulável total.

BBCH – Escala fenológica utilizada na viticultura

°Brix – Grau Brix, unidade para medir sólidos solúveis.

meq L⁻¹ – miliequivalente por litro, usado para acidez titulável.

pH – Potencial hidrogeniônico.

GD – Graus-dia de crescimento.

ha – hectare.

IPT280 – Índice de polifenóis totais por absorbância a 280 nm.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDR - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná

Kg ha⁻¹ – quilograma por hectare.

NAPI - Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação Inova Vitis

OIV - Organização Internacional da Vinha e do Vinho

PT – Polifenóis totais.

R – Programação estatística para análise de dados

REVITIS - Programa de Revitalização da Viticultura Paranaense

SS – Sólidos solúveis.

SEAB - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento

TTA – Teor de antocianinas totais.

TT – Taninos totais.

t ha⁻¹ – tonelada por hectare.

VINOPAR - Associação de Viticultores do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E ORIGEM DA VIDEIRA	19
2.2 A VITICULTURA BRASILEIRA	21
2.3 A VITICULTURA PARANAENSE	23
2.4 A VITICULTURA NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	26
2.5 CULTIVARES.....	29
2.5.1 Cultivares tintas	31
2.5.1.1 ‘Ancellotta’	31
2.5.1.2 ‘Cabernet Franc’	32
2.5.1.3 ‘Marselan’	33
2.5.1.4 ‘Merlot’	34
2.5.1.5 ‘Pinot Noir’	35
2.5.1.6 ‘Rebo’	36
2.5.1.7 ‘Sangiovese Grosso’.....	37
2.5.1.8 ‘Syrah’.....	38
2.5.1.9 ‘Tannat’.....	39
2.5.2 Cultivares brancas	41
2.5.2.1 ‘Alvarinho’	42
2.5.2.2 ‘Chardonnay’	43
2.5.2.3 ‘Gewürztraminer’.....	44
2.5.2.4 ‘Sauvignon Blanc’	44
3 - CAPÍTULO 1 – DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE FÍSICO QUÍMICA DE VIDEIRAS FINAS CULTIVADAS EM ALTITUDE.....	47
3.1 INTRODUÇÃO	48
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	49
3.2.1 Área experimental	49
3.2.2 Variáveis analisadas.....	51
3.2.2.1 Indicadores climáticos e fenológicos	51
3.2.2.2 Desempenho produtivo.....	56
3.2.2.3 Análise físico-química.....	59
3.2.2.4 Delineamento experimental e análise estatística.....	62

3.3 RESULTADOS	63
3.4 DISCUSSÃO	78
3.5 CONCLUSÃO.....	87
3.6 REFERÊNCIAS.....	88
4 - CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA E QUALIDADE DE TREZE CULTIVARES DE UVAS PRODUZIDAS EM ALTITUDE.....	94
4.1 INTRODUÇÃO	95
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	96
4.2.1 Área Experimental.....	96
4.2.2 Variáveis analisadas.....	98
4.2.3 Indicadores climáticos e fenológicos	98
4.2.3.1 Desempenho produtivo.....	102
4.2.3.2 Análise físico-química.....	105
4.2.3.3 Delineamento Experimental e Análise Estatística	108
4.3 RESULTADOS	109
4.4 DISCUSSÃO	130
4.5 CONCLUSÃO.....	142
4.6 REFERÊNCIAS.....	143
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	148
6 REFERÊNCIAS GERAIS	150

1 INTRODUÇÃO GERAL

A viticultura no Brasil é sustentada, em grande parte, por duas espécies principais de videiras: *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera*, em que a primeira tem origem americana e a segunda europeia. *V. labrusca* é bastante empregada na produção de sucos e vinhos de mesa, devido à sua maior rusticidade e produtividade, de relativa fácil adaptação a diferentes tipos de clima. Já *V. vinifera* é mais utilizada na fabricação de vinhos finos, responsável por algumas das uvas mais apreciadas no mercado global, como ‘Merlot’, ‘Chardonnay’ e ‘Cabernet Sauvignon’. No cenário brasileiro, o cultivo dessa espécie tem ganhado espaço, especialmente em áreas de clima ameno e maior altitude, como na região Sul, onde o ambiente favorece seu desenvolvimento e qualidade dos produtos derivados.

Apesar dos avanços, a produção de vinhos finos no Brasil ainda enfrenta diversos desafios, entre eles o aprimoramento técnico, a expansão para novas áreas com aptidão vitícola e o desenvolvimento de tecnologias. Nesse cenário, o cultivo de uvas finas surge como um dos segmentos mais promissores da viticultura nacional, com expansão para além do tradicional polo gaúcho e consolidação de novas fronteiras vitícolas.

No estado do Paraná, essa expansão tem sido notável, sobretudo em regiões de altitude e clima favorável à viticultura de qualidade. Apesar do avanço, ainda são escassas as pesquisas relacionadas ao manejo, à adaptabilidade e ao desempenho produtivo das cultivares viníferas no território paranaense. Em 2023, o estado ocupou a sexta posição nacional em volume de produção, com aproximadamente 43 mil toneladas de uvas e uma área cultivada de 3,2 mil hectares (IBGE, 2025). Esses dados evidenciam o potencial da viticultura paranaense, especialmente quando aliada à pesquisa científica e à caracterização de seus diferentes “*terroirs*”.

Na Região Metropolitana de Curitiba, em especial nos municípios de Balsa Nova e Campo Largo, observam-se condições edafoclimáticas e socioprodutivas favoráveis ao desenvolvimento da vitivinicultura de qualidade. A combinação entre clima subtropical, altitude elevada, topografia acidentada e solos bem drenados confere singularidade à produção local. Nessa perspectiva, o conceito de *terroir* torna-se central para a valorização e identidade dos vinhos produzidos na região,

influenciando diretamente a composição química e sensorial das uvas (VINOPAR, 2025).

As uvas cultivadas nessa região destacam-se pela maturação lenta, proporcionada por verões amenos e noites frias, o que favorece o acúmulo de compostos fenólicos e a preservação da acidez, atributos fundamentais para a elaboração de vinhos equilibrados e elegantes. Tais características reforçam o potencial da Região Metropolitana de Curitiba como produtora de vinhos de identidade própria e elevada qualidade.

Visando impulsionar a vitivinicultura no estado, o Governo do Paraná lançou, em 2019, o programa Revitis, com foco na produção de vinhos de alta qualidade e no fortalecimento do setor como vetor de desenvolvimento regional, cultural e turístico. Mais recentemente, em 2024, foi instituído o Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação (NAPI) Inova Vitis, com apoio da Fundação Araucária, reunindo universidades, centros de pesquisa e representantes do setor produtivo para fomentar a viticultura sustentável e a valorização dos produtos locais.

Diante da crescente valorização dos vinhos diferenciados e da importância estratégica da vitivinicultura para o desenvolvimento regional, neste estudo avaliou o ciclo fenológico, o desempenho agrônomo e os parâmetros de maturação tecnológica e fenólica de treze cultivares, cultivadas nos municípios de Balsa Nova e Campo Largo, no Estado do Paraná, visando identificar as cultivares com maior potencial para a produção de vinhos finos, contribuindo para o aprimoramento técnico e para a valorização da vitivinicultura local.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E ORIGEM DA VIDEIRA

A videira (*Vitis* spp.) é uma planta perene, lenhosa, caducifolia e provida de gavinhas, que são órgãos de sustentação, pertencente à família Vitaceae, cuja relevância econômica está amplamente associada à produção de uvas destinadas ao consumo in natura e à vinificação. A família Vitaceae inclui 16 gêneros e cerca de 950 espécies que são distribuídas principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, com alguns gêneros se estendendo às regiões temperadas (Wen et al., 2018). Dentro dessa família, o gênero *Vitis* é o mais relevante economicamente, abrangendo todas as videiras cultivadas e silvestres distribuídas na Europa, América e Ásia (Miller et al., 2020).

O gênero *Vitis* abrange todas as videiras originárias da Europa, América e Ásia. Dentre estas, as uvas comercialmente cultivadas são as espécies *Vitis labrusca* (americanas) e *Vitis vinifera* (europeias), sendo a primeira amplamente utilizada como uva de mesa e para a preparação de sucos e vinhos comuns, e a segunda para elaboração de vinhos finos e como uva de mesa (Camargo et al., 2011).

A *V. vinifera*, originária da região do Cáucaso, é a base da vitivinicultura mundial, responsável por cerca de 90% da produção global de vinhos (Chen et al., 2018; OIV, 2023). Por sua vez, *V. labrusca* e híbridos interespecies apresentam maior rusticidade e resistência a doenças, sendo predominantes na produção de uvas de mesa e sucos, especialmente em ambientes tropicais e subtropicais (Camargo; Leão; Souza, 2020).

A *V. vinifera* foi uma das primeiras espécies frutíferas domesticadas pelo ser humano. Estudos genômicos recentes indicam que sua domesticação ocorreu há cerca de 8.000 anos, na região do Crescente Fértil, entre o sul do Cáucaso e o Oriente Próximo, envolvendo múltiplos eventos de hibridização entre populações selvagens e formas cultivadas (Marrano et al., 2023; Rivera-Núñez et al., 2021). Pesquisas arqueobotânicas também revelam vestígios de cultivo e fermentação de uvas datados de 6.000 a.C., em sítios localizados na atual Geórgia (Mccovern, 2019).

O processo de dispersão da videira para a bacia do Mediterrâneo foi impulsionado por civilizações como fenícios, gregos e romanos, que disseminaram

técnicas de cultivo e vinificação, moldando a base da viticultura moderna (Anderson; Pinilla, 2020). A partir da Idade Média, a videira expandiu-se para novas regiões da Europa e, posteriormente, para as Américas, durante o período das grandes navegações e colonizações (Henríquez et al., 2022).

A cultura da videira está disseminada globalmente, sendo cultivada com sucesso tanto em regiões de clima temperado quanto tropical. Atualmente, é considerada uma das frutíferas mais importantes do mundo, com uso predominante na indústria vinícola, mas também com aplicação relevante na produção de frutas frescas, sucos e passas (This et al., 2006; LI et al., 2018). Entretanto, para a obtenção de vinhos finos, recomenda-se o uso de cultivares de *V. vinifera*, pois seus frutos apresentam características físico-químicas superiores para a vinificação. Estima-se que aproximadamente 90% do vinho mundial seja elaborado a partir dessa espécie (Chen et al., 2018).

Estudos recentes sugerem que a domesticação da videira envolveu múltiplos eventos de hibridização entre populações silvestres e cultivares domesticadas, especialmente na região do Mediterrâneo ocidental. Evidências apontam para a presença de vinhedos domesticados já durante a Idade do Bronze (Breglia et al., 2023). McGovern (2003) relatou que os primeiros registros do uso da videira para produção de vinho remontam às culturas neolíticas do Crescente Fértil, destacando o papel fundamental de civilizações como os fenícios, gregos e romanos na disseminação da viticultura por toda a bacia do Mediterrâneo.

No contexto atual, o cultivo da videira estende-se entre as latitudes 50°N e 30°S, com áreas produtivas inclusive em regiões tropicais de altitude, onde técnicas como dupla poda, controle de irrigação e uso de porta-enxertos adaptados permitem a obtenção de frutos de alta qualidade enológica (Tonietto; Camargo; Regina, 2021). Essa ampla distribuição geográfica demonstra a notável plasticidade da espécie e a importância da interação genótipo × ambiente na determinação das características físico-químicas das uvas e, consequentemente, na qualidade dos vinhos (Dawson et al., 2023).

Atualmente, a vitivinicultura global passa por intensos processos de adaptação frente às mudanças climáticas, com pesquisas voltadas à seleção de cultivares mais tolerantes ao calor, à seca e a novas pressões fitossanitárias (Santos et al., 2022). Além disso, avanços na genômica e biotecnologia têm permitido compreender os

mecanismos fisiológicos de adaptação e aprimorar o melhoramento genético da *V. vinifera* e de seus híbridos (Zhu et al., 2023).

2.2 A VITICULTURA BRASILEIRA

A introdução da videira no Brasil remonta ao período colonial. Registros históricos indicam que Martim Afonso de Sousa introduziu as primeiras mudas em 1532, na Capitania de São Vicente, atual estado de São Paulo (Ferreira; Ferreira, 2016). Entretanto, as condições tropicais e as restrições econômicas impostas pela Coroa Portuguesa limitaram o sucesso inicial do cultivo. Somente com a chegada de imigrantes europeus, especialmente italianos, alemães e portugueses, no século XIX, a vitivinicultura começou a se consolidar como atividade produtiva no país (Camargo; Maia; Ritschel, 2011; Protas; Camargo; Mello, 2002).

Durante esse período, o Rio Grande do Sul tornou-se o principal polo vitivinícola nacional, favorecido por condições climáticas temperadas e pela adoção de cultivares americanas, mais adaptadas e resistentes às doenças fúngicas. Entre as variedades de maior destaque estão as cultivares 'Isabel', 'Niágara' e 'Concord', amplamente utilizadas para a produção de sucos e vinhos de mesa (Botelho; Pires, 2009; Leão et al., 2019).

O cultivo de espécies europeias foi dificultado no início pela presença da filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*), praga originária da América do Norte, que devastou vinhedos em várias regiões. A solução veio com o uso de porta-enxertos resistentes, possibilitando o avanço das cultivares viníferas em áreas de clima subtropical (Botton; Colleta; Fallavena, 2010). Essa inovação marcou o início da modernização da viticultura brasileira.

A partir da década de 1970, a vitivinicultura passou por um processo de transformação tecnológica, impulsionado pela Embrapa Uva e Vinho, criada em 1975. Pesquisas voltadas à adaptação de cultivares finas, manejo de vinhedos e zoneamento agroclimático permitiram a expansão da atividade para novas fronteiras, como Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Pernambuco (Camargo; Tonietto; Hoffmann, 2011; Tonietto; Zanús, 2015).

Nas últimas duas décadas, o setor passou por forte diversificação. Regiões tropicais, como o Vale do São Francisco, introduziram tecnologias de dupla poda e

irrigação controlada, permitindo duas safras anuais e viabilizando a produção de vinhos finos em latitudes baixas (Leão; Regina, 2008; Tonietto; Carbonneau, 2004; Camargo; Leão; Souza, 2020). Simultaneamente, as regiões de altitude do Sul do Brasil (especialmente em Santa Catarina e Paraná) ganharam relevância pela qualidade de seus vinhos finos e espumantes (Brighenti et al., 2014; Costa et al., 2023).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o Brasil possui aproximadamente 77 mil hectares cultivados com videiras, com produção superior a 1,7 milhão de toneladas de uvas por ano. Deste total, cerca de 55% correspondem a uvas de mesa e 45% a uvas destinadas à vinificação e produção de derivados. As principais regiões produtoras são Rio Grande do Sul, Pernambuco, São Paulo, Bahia, Santa Catarina, Minas Gerais e Paraná.

O avanço tecnológico recente também tem sido impulsionado por práticas sustentáveis e pela valorização das Indicações Geográficas (IG's), que associam o vinho à sua origem territorial e cultural. Atualmente, o país conta com mais de doze IG's reconhecidas, incluindo o Vale dos Vinhedos (RS), Pinto Bandeira (RS), Altos Montes (RS), Farroupilha (RS) e a recém-certificada Campanha Gaúcha (RS), além de indicações em expansão em Santa Catarina, Minas Gerais e Paraná (Tonietto; Flores; Zanús, 2015; Würz et al., 2017).

A vitivinicultura brasileira vem se consolidando como um setor estratégico dentro da agricultura nacional, com impactos diretos sobre o turismo rural, geração de renda e desenvolvimento regional (Dardeau, 2020; Gabardo; Valduga, 2017). O fortalecimento da imagem dos vinhos brasileiros no mercado interno e externo, aliado à melhoria na qualidade sensorial e tecnológica dos produtos, tem ampliado o reconhecimento internacional da produção nacional (Freitas et al., 2020; OIV, 2023).

Em síntese, a viticultura brasileira caracteriza-se por sua diversidade de sistemas produtivos e condições edafoclimáticas, combinando desde o cultivo tropical irrigado até vinhedos de altitude com clima temperado. Essa pluralidade representa tanto um desafio quanto uma vantagem competitiva, reforçando o potencial do país para o desenvolvimento de vinhos com identidade própria e crescente valor agregado.

2.3 A VITICULTURA PARANAENSE

A viticultura no estado do Paraná possui uma trajetória marcada por ciclos de adaptação e reestruturação. Introduzida por imigrantes europeus no final do século XIX, a cultura da videira inicialmente concentrou-se nas regiões de Curitiba, Colombo e São José dos Pinhais, com predomínio de variedades americanas, como Isabel e Niágara Branca (De Conti, 2009; Giovannini, 2013). Esses primeiros cultivos tinham como principal finalidade o consumo *in natura* e a produção artesanal de vinhos de mesa, elementos que se integraram profundamente à identidade cultural da colônia italiana (Silva, 2015; Gabardo; Valduga, 2017).

A videira no Paraná foi inicialmente cultivada em pequenas áreas familiares para consumo doméstico e produção artesanal de vinho, vinho de mesa e suco. O vinho de mesa o mais comum e popular no Brasil, se caracteriza por apresentar teor alcoólico entre 8,6% e 14% em volume a 20 °C, obtido exclusivamente da fermentação natural da uva. Normalmente é elaborado com cultivares americanas (*V. labrusca*) e híbridas, e se destina ao consumo cotidiano, sem exigência de maior tipicidade ou complexidade sensorial (Protas; Camargo, 2011).

Por outro lado, os vinhos finos são aqueles produzidos exclusivamente com cultivares de *V. vinífera*, tradicionalmente ligadas à vitivinicultura europeia e com maior potencial enológico (Camargo; Mandelli, 2014).

Durante o início do século XX, a viticultura paranaense passou por um período de consolidação, sobretudo com o incremento da produção voltada ao consumo interno e à produção artesanal de vinhos. No entanto, como destacou De Conti (2009), o setor enfrentou desafios significativos relacionados à baixa qualidade genética das videiras, ao uso de práticas agronômicas inadequadas e à ausência de políticas públicas específicas de incentivo.

A expansão da atividade vitícola foi lenta, condicionada ao clima subtropical úmido da região, que impõe desafios como alta umidade e risco de doenças fúngicas, além de baixas temperaturas em altitude (Ricca et al., 2018).

O auge da produção vitivinícola no Paraná ocorreu entre as décadas de 1940 e 1960, quando o estado chegou a figurar entre os principais produtores de vinho do Brasil. Contudo, a partir da década de 1970, houve um declínio acentuado da atividade, provocado por fatores como a perda da mão de obra agrícola, a competição

com produtos de outras regiões e a dificuldade de modernização tecnológica por parte de pequenos produtores (Kalbusch; Klein, 2011). Esse processo resultou em uma significativa redução da área cultivada com videiras e no fechamento de diversas vinícolas tradicionais.

A partir da década de 1980, a viticultura paranaense passou por declínio, em função da urbanização crescente na Região Metropolitana de Curitiba e da migração de viticultores para culturas de maior retorno econômico. A partir dos anos 2000, o setor vitivinícola passou por um processo de revitalização, impulsionado por políticas públicas de incentivo, como o Programa de Fruticultura do Paraná, coordenado pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (SEAB) e pelo então Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), atual Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IDR-Paraná (IDR-PARANÁ, 2022).

Observa-se um movimento de revalorização da vitivinicultura na RMC, impulsionado por iniciativas locais de resgate cultural, programas de incentivo ao enoturismo e pela crescente demanda por vinhos de qualidade produzidos em “*terroirs*” diferenciados. Essa retomada tem promovido a integração entre agricultura, turismo e identidade cultural, reposicionando a região no cenário vitivinícola brasileiro (Gabardo; Valduga, 2017; Dardeau, 2022).

Esse movimento foi fortalecido pela adoção de cultivares viníferas europeias, especialmente em regiões de altitude moderada e clima subtropical úmido, como os Campos Gerais, o Norte Pioneiro e a Região Metropolitana de Curitiba (Oliveira et al., 2021; Bonin, 2023). As condições edafoclimáticas paranaenses, caracterizadas por verões amenos e elevada pluviosidade, impuseram desafios fitossanitários significativos, demandando manejo técnico avançado e o uso de porta-enxertos adaptados (Kalbusch; Klein, 2011; Botton et al., 2010).

Estudos conduzidos por Oliveira et al., (2021) e Ricce et al., (2018) demonstram o potencial enológico de cultivares como Cabernet Franc, Chardonnay, Sauvignon Blanc e Pinot Noir em microclimas do Sul e Sudeste do estado, com vinhos de acidez equilibrada e boa estrutura fenólica. Além disso, a introdução de práticas de colheita diferenciada e de poda dupla invertida, adaptadas às condições climáticas locais, tem possibilitado ganhos significativos de qualidade (Pereira, 2020; IDR-PARANÁ, 2022).

Outro fator de destaque é o crescimento do enoturismo paranaense, com iniciativas que associam produção vitivinícola e identidade territorial. Municípios como

Colombo, São José dos Pinhais, Campo Largo, Palmeira e Bituruna vêm estruturando rotas turísticas integradas, valorizando o patrimônio cultural e a paisagem rural (Dardeau, 2020; Pagangrizo, 2019). Nesse contexto, surge o VINOPAR – Associação dos Produtores de Vinhos do Paraná, que tem atuado na promoção e certificação de vinhos regionais (Vinopar, 2023).

A pesquisa e a assistência técnica oferecidas por instituições como a Emater-PR e o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) têm sido fundamentais para a capacitação dos viticultores e para a modernização dos sistemas de cultivo. Além disso, o fortalecimento de cooperativas e associações de produtores tem permitido maior organização do setor e o acesso a novos mercados (Oliveira et al., 2021).

O cultivo de uvas finas vem se expandindo em várias regiões do Paraná, beneficiado por características climáticas propícias. Algumas áreas do estado possuem grupos climáticos semelhantes aos encontrados em regiões vitivinícolas tradicionais no mundo, com significativa variação térmica que permite o cultivo de diversas cultivares adaptadas a diferentes microclimas (Ricca et al., 2018).

Nesse contexto, criação do programa REVITIS, em 2019, representou um marco na reestruturação e no fortalecimento da vitivinicultura paranaense. A iniciativa, liderada pelo Governo do Estado em parceria com o IDR-Paraná e outras instituições de pesquisa, como a Fundação Araucária, objetiva ampliar a produção e a qualidade dos produtos vitivinícolas, fortalecer a cadeia produtiva e aumentar a competitividade do setor nos âmbitos nacional e internacional (Bonin, 2023).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a área plantada no Paraná em 2023, com videiras, foi de 3.296 hectares, com rendimento médio de 13.133 kg/ha⁻¹, abaixo da média nacional que era de 22.824 kg/ha⁻¹. O Censo Agropecuário de 2017 mostra que, no Paraná existiam 1.584 propriedades rurais que possuíam mais de 50 pés de videiras plantadas para serem destinadas ao consumo como uva de mesa, e 702 unidades com produção destinada a transformação da uva em suco ou vinho.

Estudos recentes, como os de Souza et al., (2020), apontaram que a vitivinicultura paranaense ainda está em desenvolvimento, mas com forte potencial, sobretudo em áreas de maior altitude, como a Região Metropolitana de Curitiba, onde as condições climáticas favorecem a produção de uvas finas para vinhos de melhor

qualidade. A introdução de cultivares finas europeias, adaptadas ao *terroir* local, vem sendo incentivada, conforme destacou Pereira (2020), que ressaltou a importância do melhoramento genético e manejo adequado para a expansão sustentável da viticultura no estado. Esse panorama possibilita o cultivo de ampla gama de cultivares, com elevado potencial enológico (Ricce et al., 2018). Além disso, o enoturismo vem se consolidando como estratégia de valorização territorial (Gabardo; Valduga, 2017; Trindade et al., 2022; Alves et al., 2024).

Atualmente, o Paraná se consolida como um dos polos emergentes da vitivinicultura de qualidade no Brasil apresentando diversificação varietal, viticultura de altitude e forte vínculo territorial, com perspectivas de obtenção de Indicações Geográficas (IGs) em regiões como Bituruna e Campos Gerais (Bonin, 2023; IDR-Paraná, 2024). Essas iniciativas apontam para uma nova etapa de valorização da vitivinicultura paranaense, marcada pela integração entre inovação tecnológica, sustentabilidade e identidade regional.

2.4 A VITICULTURA NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

A Região Metropolitana de Curitiba (RMC) foi oficialmente instituída em 1974, inicialmente com 14 municípios, e, ao longo das décadas, expandiu-se para 29 integrantes. Trata-se da quinta região mais relevante do Brasil em termos econômicos e do terceiro maior polo automotivo do país. Quatro dos dez maiores Produtos Internos Brutos (PIB) do Paraná pertencem a municípios da RMC, com destaque para Curitiba, capital do estado, e São José dos Pinhais, sede de importantes montadoras e infraestrutura logística (Lima, 2020).

Geograficamente, a região está situada no Primeiro Planalto Paranaense, com altitude média de aproximadamente 934 metros. É banhada por nascentes importantes do rio Iguaçu e limitada ao leste pela Serra do Mar, que a separa do litoral; a oeste, pela Escarpa Devoniana, que marca a transição para o Segundo Planalto; e ao norte e sul, por divisas interestaduais com os estados de São Paulo e Santa Catarina, respectivamente. Esses elementos contribuem para um microclima peculiar, caracterizado por temperaturas amenas, elevada umidade relativa do ar e chuvas bem distribuídas ao longo do ano, fatores que impactam diretamente o cultivo da videira (Alvares et al., 2013).

Historicamente, os primeiros registros da vitivinicultura na RMC remontam ao final do século XIX, com a chegada de imigrantes europeus. Esses grupos dedicaram-se ao cultivo de uvas da espécie *V. labrusca* e à produção de vinhos artesanais, conhecidos como vinhos coloniais, voltados predominantemente ao consumo familiar e local (Brandenburg, 2018).

Entretanto, a disseminação de doenças e pragas do solo nas décadas seguintes comprometeu significativamente a produtividade dos vinhedos. Um dos principais fatores foi a infestação pela pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*), uma cochonilha subterrânea que ataca as raízes das videiras, sugando a seiva e injetando toxinas, o que causa o definhamento progressivo da planta, redução da produtividade e, em casos severos, a morte do vegetal. Essa praga é considerada uma das mais relevantes da viticultura brasileira, estando diretamente associada ao declínio de vinhedos em diversas regiões (Botton et al., 2010). Como consequência, muitos produtores abandonaram a atividade e passaram a adquirir vinhos oriundos de outras regiões do Sul do Brasil.

A retomada da vitivinicultura na RMC teve início no começo do século XXI, impulsionada por novas estratégias de manejo, pela introdução de cultivares de *Vitis vinífera* com maior potencial enológico e por investimentos em infraestrutura voltada ao enoturismo. Essa revitalização tem ocorrido de maneira gradual, porém consistente, ancorada em tecnologias modernas, práticas agrônômicas adaptadas às condições microclimáticas locais e no incentivo de políticas públicas (Pasos, 2020).

A RMC, em particular, destaca-se pelo cultivo de uvas viníferas de alta qualidade, beneficiada por uma combinação de altitude elevada, amplitude térmica expressiva e solos bem drenados, fatores que contribuem para a formação de um *terroir* singular. Contudo, o excesso de chuvas e a alta fertilidade dos solos exigem um manejo técnico rigoroso, que inclui práticas como poda verde, controle fitossanitário intensivo, adubação equilibrada e irrigação criteriosa (Vinopar, 2025).

As regiões produtoras diferem amplamente quanto à área cultivada, volume de produção e tipo de produto elaborado, abrangendo desde vinhos finos, vinhos de mesa e espumantes até sucos e uvas de mesa para consumo in natura (Tonietto et al., 2003).

Nos últimos anos, a vitivinicultura na RMC tem conquistado espaço no cenário nacional, não apenas pela qualidade crescente dos seus vinhos, mas também pelo

reconhecimento em competições nacionais e internacionais. Vinícolas como Franco Italiano, Legado, Araucária e Família Fardo têm desempenhado papel fundamental nesse processo, contribuindo para a consolidação da reputação dos vinhos paranaenses. Segundo a Câmara Técnica da Uva e do Vinho do Paraná, iniciativas como a implantação de roteiros de enoturismo, o resgate de cultivares tradicionais e a adoção de novas tecnologias de manejo têm impulsionado a competitividade do setor e estimulado a permanência das famílias no campo (SEAB, 2020).

A Vinícola Franco Italiano, localizada em Colombo, ganhou notoriedade com o rótulo "Censurato Cabernet Sauvignon", premiado no Concurso Internacional de Vinhos do Brasil (2008) e no Concurso Internacional de Bruxelas (2009). Em 2019, a safra 2011 foi eleita o melhor Cabernet Sauvignon do país. A vinícola também conquistou medalhas de ouro na Grande Prova de Vinhos do Brasil, destacando-se nas categorias Tinto Teroldego e Cabernet Sauvignon (Dardeau, 2020).

A Vinícola Legado, situada em Campo Largo, obteve destaque com seu espumante "Flair Nature", premiado com medalha de ouro no XVI Concours Mondial de Bruxelles, em 2018. Outros rótulos, como "Flair Brut" e "Sapienza Rosé", também receberam premiações em importantes concursos, incluindo a Grande Prova de Vinhos do Brasil (Vinícola Legado, 2023).

Em São José dos Pinhais, a Vinícola Araucária tem se destacado por elaborar rótulos que valorizam a cultura local, como "Gralha Azul" e "Manacá", ambos reconhecidos em concursos nacionais com diversas premiações (Gabardo; Valduga, 2017).

A Vinícola Família Fardo, localizada em Quatro Barras, também tem alcançado reconhecimento. Seu vinho "Harmonia", um corte das cultivares Tannat, Merlot e Cabernet Sauvignon, foi destaque em eventos enogastronômicos (Pagangrizzo, 2019). Estudos recentes reforçam que o enoturismo sustentável é um vetor estratégico para a região, promovendo desenvolvimento rural e valorização cultural (Trindade et al., 2022; Alves et al., 2024).

Dessa forma, a vitivinicultura na Região Metropolitana de Curitiba evidencia um processo dinâmico de ressignificação produtiva, marcado pela superação de limitações históricas, pela adoção de inovações tecnológicas e pela valorização do patrimônio cultural local. A conjugação entre condições edafoclimáticas favoráveis, o fortalecimento do enoturismo e o reconhecimento em premiações nacionais e

internacionais demonstra o potencial competitivo da região no cenário vitivinícola brasileiro. Nesse contexto, a RMC se consolida não apenas como produtora de vinhos de qualidade, mas também como um território em que a viticultura assume papel estratégico para o desenvolvimento rural sustentável, a diversificação econômica e a construção de uma identidade regional vinculada à cultura do vinho.

2.5 CULTIVARES

As cultivares destinadas à elaboração de vinhos finos pertencem à espécie *V. vinifera*, que também inclui cultivares voltadas para o consumo in natura (uvas de mesa) e para a produção de uvas passas. No contexto brasileiro, essas cultivares são denominadas "uvas finas", e, conforme a Instrução Normativa nº 55, de 27 de outubro de 2004, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), somente os vinhos produzidos a partir dessa espécie podem ser classificados como vinhos finos (Giovannini, 1999).

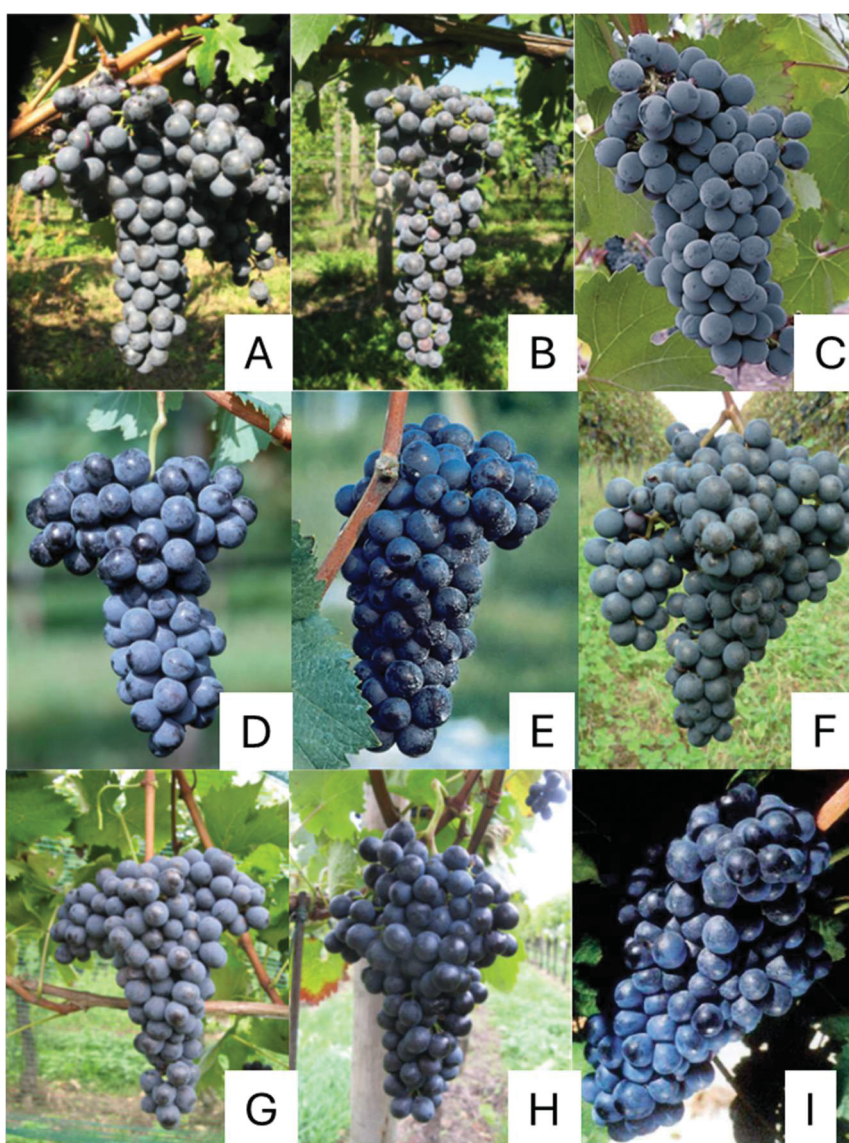
Diante da complexidade que caracteriza a produção vitivinícola em um país de ampla diversidade climática como o Brasil, torna-se imprescindível adotar uma abordagem técnica e científica integrada que considere as particularidades de cada território vitícola. O êxito na produção de vinhos de qualidade está intrinsecamente ligado ao conhecimento aprofundado das características agrônômicas e fenológicas das cultivares, bem como à sua interação com fatores edafoclimáticos e práticas de manejo (Tonietto; Zanús, 2015). Nesse sentido, a seleção de cultivares adaptadas às condições locais, o monitoramento fitossanitário e o uso de tecnologias vitícolas emergentes são elementos-chave para a consolidação de sistemas produtivos sustentáveis e competitivos (Freitas et al., 2020).

No estado do Paraná, em especial na Região Metropolitana de Curitiba, a vitivinicultura tem se apresentado como uma atividade promissora, impulsionada por iniciativas voltadas à inovação tecnológica e ao resgate de tradições locais. Entre as cultivares viníferas avaliadas na região, destacam-se diversas variedades tintas, como 'Ancellotta', 'Cabernet Franc', 'Marselan', 'Merlot', 'Pinot Noir', 'Rebo', 'Sangiovese Grosso', 'Syrah' e 'Tannat', que apresentam potencial para a produção de vinhos estruturados e aromáticos. Essas cultivares estão representadas na Figura 1,

permitindo a identificação visual de cada variedade e suas características vegetativas e produtivas, fundamentais para análises agronômicas e enológicas.

Investir em programas de pesquisa e extensão voltados à adaptabilidade da cultivar, ao comportamento enológico e à valorização da identidade territorial é estratégico para fortalecer a produção regional e posicioná-la de forma qualificada no cenário nacional e internacional (EMBRAPA UVA E VINHO, 2021).

FIGURA 1 - Cultivares de uvas tintas: A – ‘Ancellota’; B – ‘Cabernet Franc’; C – ‘Marselan’; D – ‘Merlot’; E – ‘Pinot Noir’; F – ‘Rebo’; G – ‘Sangiovese Grosso’; H – ‘Syrah’; I – ‘Tannat’.



Fonte: autor e Vivai Rauscedo, 2025.

2.5.1 Cultivares tintas

2.5.1.1 'Ancellotta'

A cultivar Ancellotta (Figura 1A) tem origem na região da Emília-Romanha, no norte da Itália. Tradicionalmente utilizada na produção de vinhos tintos encorpados e de cortes, destaca-se por sua intensa coloração e elevada concentração de antocianinas, sendo empregada para conferir cor e estrutura a vinhos de outras cultivares (Teixeira et al.,2007; Falcão et al.,2008).

Introduzida no Brasil nas últimas décadas do século XX, a 'Ancellotta' tem se adaptado bem a diversas regiões vitivinícolas do país, especialmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. De acordo com Falcão et al., (2008), a cultivar apresenta boa adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, mantendo características enológicas desejáveis.

A 'Ancellotta' é caracterizada por cachos compactos e bagas pequenas, de coloração roxa intensa e polpa firme. Apresenta elevado teor de sólidos solúveis (18–21 °Brix) e acidez equilibrada, o que a torna ideal para o corte de vinhos, conferindo estrutura, cor e longevidade (Brighenti et al.,2014; Bonin, 2023). Estudos recentes conduzidos pela Embrapa Uva e Vinho confirmam que a cultivar apresenta boa estabilidade de cor e taninos polimerizados, mesmo em condições subtropicais (Venturini et al.,2020).

A cultivar apresenta ciclo médio a tardio. Em regiões de altitude, como o Planalto Catarinense, o ciclo da brotação até a colheita varia entre 130 a 150 dias, com início da brotação no final de agosto, floração em novembro e colheita entre fevereiro e março (Leão et al.,2019).

A produtividade da cultivar Ancellotta varia de acordo com o manejo adotado e as condições climáticas anuais, e seus frutos atingem níveis de açúcar de 20 a 22 °Brix. Em estudos conduzidos por Venturini et al., (2020), a produtividade variou entre 0,5 e 3,0 kg por planta, sendo considerada uma cultivar de produção média, mas com alta qualidade enológica.

A 'Ancellotta' apresenta moderada resistência a doenças fúngicas, exigindo monitoramento fitossanitário rigoroso, principalmente para míldio e oídio em regiões úmidas (EMBRAPA, 2021).

2.5.1.2 'Cabernet Franc'

A cultivar Cabernet Franc (Figura 1 B) é uma das variedades tintas mais antigas da França, possivelmente originária da região do Loire. É progenitora direta das cultivares Cabernet Sauvignon e Merlot, amplamente utilizadas na vitivinicultura mundial (Marrano et al.,2023).

Segundo Camargo (2008), sua introdução no Brasil ocorreu por volta de 1900 pela Estação Agronômica de Porto Alegre, sendo utilizada comercialmente a partir da década de 1920 pelos irmãos maristas em Garibaldi, RS. A partir das décadas de 1970 e 1980, teve ampla difusão no Rio Grande do Sul, sendo base para muitos vinhos tintos finos da época.

A 'Cabernet Franc' é uma cultivar de ciclo médio a tardio, com início de brotação ocorrendo geralmente entre o fim de agosto e o início de setembro, e colheita no mês de fevereiro. Apresenta porte vigoroso, cachos médios e bagas pequenas, com maturação precoce e teores moderados de açúcares (17 a 20 °Brix). Produz vinhos com taninos suaves e aromas de frutas vermelhas, pimentão e ervas, característicos da pirazina (Jones et al.,2022).

No Brasil, a 'Cabernet Franc' foi uma das primeiras cultivares finas implantadas no Rio Grande do Sul e, mais recentemente, tem mostrado expressivo potencial em regiões de altitude de Santa Catarina e Paraná, onde as temperaturas mais amenas durante a maturação favorecem a acumulação de compostos fenólicos e antocianinas (Brighenti et al.,2014; Oliveira et al.,2021).

Pesquisas realizadas no Norte Pioneiro e na Região Metropolitana de Curitiba indicam boa adaptação da Cabernet Franc às condições locais, com vinhos de coloração intensa, acidez equilibrada e perfil aromático elegante, reforçando seu potencial para produção de vinhos finos regionais (Ricce et al.,2018; Bonin, 2023). Zarth (2011) destacou que a casta tem sido cultivada com sucesso em municípios como Pato Branco e Campo Largo, aproveitando as características climáticas favoráveis, como grande amplitude térmica, o que contribui para a maturação mais equilibrada das uvas.

Em relação à produtividade, a cultivar apresenta desempenho moderado, variando entre 10 a 20 t ha⁻¹, dependendo das condições edafoclimáticas e do manejo

adotado (Rizzon; Miele, 2002). Camargo (2008) observou que, na Serra Gaúcha, a brotação inicia no final de agosto, com floração em meados de outubro e colheita entre fevereiro e março.

2.5.1.3 'Marselan'

A 'Marselan' (Figura 1 C) é uma cultivar desenvolvida em 1961 na França, por Paul Truel, no *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA), em colaboração com a *École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier* (ENSAM). Trata-se de um híbrido obtido a partir do cruzamento entre as cultivares 'Cabernet Sauvignon' e 'Grenache Noir', com o objetivo de combinar a qualidade enológica da primeira com a rusticidade e elevada produtividade da segunda (Robinson et al., 2012).

Destaca-se por unir alta qualidade enológica a boa produtividade e resistência sanitária, características que justificam seu crescente cultivo em diferentes regiões vitícolas do mundo (Fidelibus, 2021; Quincozes et al., 2024).

Os cachos são longos e compactos, com bagas pequenas, casca espessa e polpa suculenta. Produz vinhos com intensa coloração rubi, corpo médio e aromas complexos de frutas negras, ameixa, especiarias e leve toque floral (Zhu et al., 2023).

No Brasil, a 'Marselan' tem se consolidado como uma das variedades mais promissoras da nova vitivinicultura, apresentando excelente desempenho em regiões como a Campanha Gaúcha, o Planalto Catarinense e o Paraná (Bonin, 2023). Ensaios realizados em Campo Largo e Colombo demonstraram maturação fenólica adequada, mesmo sob clima úmido, resultando em vinhos de boa estrutura e equilíbrio (Oliveira et al., 2021).

O ciclo fenológico da 'Marselan' é considerado médio a tardio. Estudos conduzidos em Bagé (RS), na região da Campanha Gaúcha, indicaram entre 170 e 190 dias (Quincozes et al., 2024).

Em termos de produtividade, essa cultivar apresenta rendimento moderado. Em condições experimentais na Califórnia, obteve-se média de 99 cachos por planta e rendimento de até 34,6 t ha⁻¹ (Fidelibus, 2021).

Estudos realizados por Fernandes et al., (2019) indicara que a cultivar Marselan apresenta valores de sólidos solúveis em torno de 21,8 a 22,6 °Brix no ponto de colheita, o que é considerado adequado para vinificação.

Do ponto de vista enológico, a cultivar produz vinhos de coloração intensa, com aromas de frutas negras, especiarias e taninos suaves, sendo apropriada tanto para vinhos varietais quanto para cortes (ROBINSON et al.,2012).

2.5.1.4 'Merlot'

A cultivar Merlot (Figura 1 D) é uma das uvas tintas mais cultivadas globalmente e figura entre as principais variedades francesas utilizadas na elaboração de vinhos finos. Derivada geneticamente da Cabernet Franc e da *Magdeleine Noire des Charentes*, apresenta maturação precoce e excelente adaptação a climas temperados e subtropicais (Marrano et al.,2023; Jones et al.,2022).

O nome Merlot deriva da palavra francesa *merle* (melro), referindo-se a uma ave negra comum na Europa, que se alimenta da fruta madura, sugerindo a precocidade e a doçura da cultivar (Rizzon; Miele, 2002).

A 'Merlot' possui cachos médios e bagas arredondadas, com teor de sólidos solúveis variando entre 19 e 23 °Brix e acidez moderada. Seus vinhos são conhecidos pela maciez, aromas de frutas vermelhas e notas de ameixa e chocolate, com taninos suaves e elegantes (Camargo; Leão; Souza, 2020).

Estudos realizados na região de Campo Largo, no Paraná, indicam um ciclo médio de aproximadamente 160 dias da brotação até a colheita (Margoti, 2016). A 'Merlot' tende a brotar precocemente e amadurece um pouco antes da Cabernet Sauvignon, o que é uma vantagem em regiões com risco de chuvas tardias (Rizzon; Miele, 2006).

Segundo Freitas et al., (2020) e Bonin (2023), a 'Merlot' paranaense tem apresentado vinhos com acidez natural equilibrada e boa expressão aromática, comparável a exemplares produzidos em zonas temperadas. Essa adaptabilidade reforça seu potencial como uma das bases para a consolidação da viticultura de qualidade no estado.

A produtividade da 'Merlot' varia de acordo com o manejo da poda e condições climáticas. Estudos realizados por Marcon Filho (2013) indicara que podas realizadas mais tarde (agosto) podem resultar em maior massa de cachos e produção por planta, comparadas às podas de inverno (junho). Em geral, a produção por planta pode variar entre 2 e 4 kg.

Quanto à qualidade da uva, a cultivar Merlot se destaca pelo equilíbrio entre açúcares e acidez. Os teores de sólidos solúveis totais no mosto situam-se em torno de 18 a 22 °Brix, com acidez titulável variando de 6,0 a 9,0 g/L, dependendo do *terroir* (Giovannini; Manfroí, 2013). Tais características fazem da ‘Merlot’ uma das uvas preferidas para vinhos tintos finos, sendo amplamente utilizada tanto em vinhos varietais quanto em cortes.

As condições edafoclimáticas da região Sul do Brasil, notadamente do estado do Paraná, mostram-se propícias ao cultivo da ‘Merlot’, desde que manejos apropriados sejam adotados. A amplitude térmica, a luminosidade e os regimes de chuva contribuem para a síntese de compostos fenólicos e para a maturação adequada das uvas, o que impacta positivamente na qualidade dos vinhos produzidos apontando o potencial vitivinícola da ‘Merlot’ em regiões de maior altitude do estado (Margoti, 2016).

2.5.1.5 ‘Pinot Noir’

A cultivar Pinot Noir (Figura 1 E) é uma das mais antigas da viticultura mundial, originária da Borgonha, França, e reconhecida por sua sensibilidade às condições ambientais. É considerada uma variedade de alta plasticidade fenotípica, o que explica sua variabilidade de desempenho em diferentes *terroir* (Van Leeuwen et al., 2019).

A ‘Pinot Noir’ é cultivada há mais de dois mil anos e teve papel central no desenvolvimento da vitivinicultura francesa. Conforme Robinson et al., (2012), a cultivar é particularmente sensível às condições edafoclimáticas, o que explica sua elevada variabilidade em desempenho produtivo e qualitativo em diferentes “*terroirs*”. No Brasil, ela se adaptou às regiões de clima temperado, como a Serra Gaúcha (RS) e os planaltos de Santa Catarina, onde são registradas altitudes superiores a 900 metros (Brighenti et al., 2018).

A cultivar é conhecida por apresentar brotação precoce, o que aumenta sua sensibilidade a geadas tardias (PONI et al., 2018). O ciclo completo, da brotação à colheita, costuma variar entre 150 e 170 dias, dependendo da região. Na Serra Gaúcha, estudos conduzidos por Brighenti et al., (2018) demonstraram que a ‘Pinot Noir’ inicia a brotação em meados de agosto e atinge a maturação comercial no final

de janeiro ou início de fevereiro. Em experimentos realizados no município de Campo Largo, Paraná, o ciclo médio observado foi de 123 dias entre a brotação e a maturação (Bonin, 2023).

A produtividade da 'Pinot Noir' é moderada, com valores médios que variam conforme o manejo e as condições edafoclimáticas. Em estudos conduzidos no Paraná, os rendimentos por planta oscilaram entre 1,5 kg e 2,5 kg (Bonin, 2023). A cultivar é sensível a doenças fúngicas, exigindo manejo fitossanitário rigoroso, mas apresenta elevada qualidade tecnológica dos frutos. Os teores de sólidos solúveis totais médios alcançaram 20 °Brix, com acidez titulável entre 5,5 e 7,0 g L⁻¹, favorecendo sua utilização tanto para vinhos tranquilos, categoria que abrange os vinhos não gaseificados, como tintos, brancos e rosés, quanto para espumantes (Bonin, 2023; Pereira, 2020; Brasil, 2004).

Estudos recentes realizados por Oliveira et al., (2021) evidenciam o potencial enológico da 'Pinot Noir' em Campo Largo e Palmeira, com vinhos equilibrados, de acidez fresca e complexidade aromática, características desejáveis para a elaboração de espumantes de método tradicional.

2.5.1.6 'Rebo'

A cultivar 'Rebo' (Figura 1 F) foi desenvolvida em 1948, na Itália, pelo cruzamento entre *Merlot* e *Teroldego*. É uma variedade relativamente nova na vitivinicultura brasileira, introduzida para experimentação em regiões de altitude do Sul, incluindo o Paraná (Venturini et al., 2020).

No Brasil, especialmente em regiões de clima temperado a 'Rebo' tem despertado interesse entre viticultores devido ao seu potencial de adaptação e ao desempenho agrônômico favorável (Nardello et al., 2022).

Segundo Cipriani (2018), a cultivar apresenta um ciclo que se estende por cerca de 180 dias, com a brotação ocorrendo em meados de setembro e a maturação das uvas se dando em fevereiro, em regiões de altitude como o Planalto Catarinense e o Sudoeste do Paraná.

Em sua pesquisa, Nardello et al., (2022) observaram que a produção da 'Rebo' em regiões de elevada altitude, como em Santa Catarina, pode variar entre 1,3 kg por planta em condições mais adversas a até 7,1 kg por planta em locais com clima mais

favorável. Essas variações refletem o impacto das condições climáticas e dos manejos agrônômicos, como o tipo de poda e o sistema de plantio.

A cultivar se destaca por sua elevada coloração, bom teor de antocianinas e taninos estruturados, produzindo vinhos encorpados e de aroma intenso, com notas de frutas escuras e especiarias. Sua resistência a doenças fúngicas e boa regularidade produtiva tornam-na uma alternativa interessante para regiões úmidas (Bonin, 2023).

De acordo com a pesquisa de Cipriani (2018), os cachos são médios a grandes, com peso médio entre 150 a 250 g, dependendo das práticas de manejo e condições edafoclimáticas podendo ser ajustado conforme a densidade de plantio e o sistema de poda adotado, sendo esse um fator determinante para a qualidade final do vinho. Brighenti et al., (2014), em estudo na região de São Joaquim, SC, a 'Rebo' atingiu teores de sólidos solúveis médios de 22,3 °Brix no momento da colheita.

2.5.1.7 'Sangiovese Grosso'

O 'Sangiovese Grosso' (Figura 1 G) principal variedade da região da Toscana, Itália, é a uva base dos vinhos "Brunello di Montalcino" e "Chianti Classico". Possui porte vigoroso, cachos médios e bagas de casca espessa, o que contribui para sua resistência a doenças e à oxidação (Tonietto; Camargo; Regina, 2021).

A principal característica da 'Sangiovese Grosso' é sua versatilidade na produção de vinhos tintos de boa estrutura tânica e boa capacidade de envelhecimento. Além disso, essa cultivar é conhecida por sua resistência a algumas doenças, o que contribui para a sustentabilidade do cultivo (Mondovi et al., 2017).

De forma geral, a brotação ocorre entre 8 e 10 dias após a poda, e a floração se dá em um período de 9 a 16 dias após a poda (Almeida et al., 2018). O ciclo de maturação das uvas é classificado como médio a longo, com a maturação das bagas acontecendo entre 32 e 58 dias após a floração, variando de acordo com o clima local. Em regiões subtropicais como o Paraná, a maturação completa da 'Sangiovese Grosso' ocorre entre 104 e 134 dias após a poda (Embrapa, 2017).

A 'Sangiovese Grosso' apresenta maturação tardia e requer condições de boa insolação para atingir plena maturidade fenólica. Seus vinhos são conhecidos pela

acidez marcante, taninos firmes e aromas de cereja, couro e ervas secas, conferindo elegância e longevidade (Marrano et al.,2023).

Do ponto de vista produtivo, a Sangiovese Grosso apresenta rendimentos que variam entre 5 a 6 toneladas por hectare, dependendo das condições edafoclimáticas e do manejo cultural empregado (Souza et al.,2015; Almeida et al.,2018). Trata-se de uma produtividade moderada, condizente com a filosofia de qualidade que orienta o cultivo dessa cultivar.

Os cachos da 'Sangiovese Grosso' variam entre 200 a 300 gramas, e apresentam morfologia medianamente compacta (Mondovi et al.,2017; Robinson et al.,2012). Essa característica favorece uma boa aeração dos bagos, o que pode contribuir para a sanidade da fruta até o período de colheita.

No que diz respeito ao teor de sólidos solúveis (°Brix), a cultivar demonstra valores entre 18 e 22 °Brix, o que está dentro do intervalo desejável para a elaboração de vinhos tintos estruturados e com potencial de guarda (EMBRAPA, 2017; Souza et al.,2015). Essa faixa de maturação tecnológica proporciona um equilíbrio adequado entre açúcares e acidez, favorecendo a qualidade sensorial dos vinhos produzidos.

2.5.1.8 'Syrah'

A cultivar Syrah (ou 'Shiraz') (Figura 1 H), originária do vale do Ródano, França, é uma das variedades mais difundidas no mundo e destaca-se por sua versatilidade e adaptação a diferentes condições climáticas (Camargo; Leão; Souza, 2020).

No Brasil, especialmente em regiões de clima subtropical como o estado do Paraná, a 'Syrah' tem se destacado como uma alternativa promissora para a produção de vinhos finos. De acordo com Sato (2011), em estudo realizado na região de Londrina (PR), a videira 'Syrah' demonstrou bom comportamento fenológico, com ciclo médio de 132,5 dias entre a poda e a colheita. O mesmo autor observou que a cultivar apresenta brotação uniforme e adaptação satisfatória ao manejo fora de época, favorecendo a qualidade enológica das uvas.

Com relação às características morfológicas, os cachos da 'Syrah' apresentam massa média de 126,58 g, comprimento de 11,98 cm e largura de 6,21 cm. As bagas possuem, em média, 2,19 g, com comprimento de 1,48 cm e diâmetro de 1,4 cm

(RODRIGUES et al.,2013). Esses parâmetros são considerados adequados para a vinificação, favorecendo o equilíbrio entre compostos fenólicos e teor de açúcares.

Em termos produtivos, Tecchio et al., (2019) relataram que a produtividade média da 'Syrah' foi de 3,17 kg por planta, resultando em cerca de 8,45 toneladas por hectare, considerando uma densidade de 2.666 plantas. ha⁻¹. Outro estudo realizado por Sato (2011) apontou produtividade ainda superior, atingindo 11,4 t ha⁻¹, com teores médios de sólidos solúveis de 14,5 °Brix, acidez titulável de 2,9% (ácido tartárico) e índice de polifenóis totais de 487,7 mg g⁻¹, o que reforça o potencial qualitativo da cultivar.

2.5.1.9 'Tannat'

A cultivar Tannat (Figura 1 I) de origem no sudoeste da França, foi amplamente difundida no Uruguai e na América do Sul, tornando-se símbolo de vinhos estruturados e intensos. Caracteriza-se por alta concentração de taninos, cor profunda e acidez pronunciada, características que conferem grande potencial de guarda (Camargo; Leão; Souza, 2020).

Na região norte do Paraná, a 'Tannat' apresenta um ciclo fenológico de aproximadamente 131 dias, desde a poda até a colheita. Esse ciclo é considerado médio indicando boa adaptação ao clima subtropical da região (Santos et al.,2007). A produção média por planta da cultivar 'Tannat' no norte do Paraná é de 7,3 kg, com uma produtividade estimada em 12,1 t ha⁻¹, superando a 'Cabernet Sauvignon', que apresentou valores de 4,5 kg planta⁻¹ e 8,9 t ha⁻¹, respectivamente (Sato et al.,2011).

Em relação à morfologia, os cachos da 'Tannat' possuem massa média de 200 g, comprimento de 12,1 cm e uma média de 29,9 cachos por planta (SATO et al.,2011). As bagas apresentam massa média de 1,5 g e diâmetro de 12,1 mm, características que contribuem para o elevado rendimento em mosto e concentração de compostos fenólicos, favorecendo sua aplicação enológica (Santos et al.,2007).

A composição química do mosto da 'Tannat' indica sua aptidão para vinificação de tintos estruturados. Os teores médios de sólidos solúveis totais (SST) são de 17,7 °Brix, com acidez titulável de 1,1% (ácido tartárico) e pH de 3,3, parâmetros que demonstram equilíbrio entre acidez e açúcar, fundamentais para a fermentação e perfil sensorial do vinho (Sato et al.,2011).

TABELA 1 - Valores de referência para as características agronômicas das cultivares viníferas (tintas).

Cultivar	Ciclo (em dias)	Produtividade	Cacho (g)	°Brix	Referência
Ancellotta	130 a 150	3,0 kg planta ⁻¹	250 a 400	20 a 22	1,2,3,4,5
Cabernet Franc	130 a 160	3,8 kg planta ⁻¹	70 a 150	18 a 20	6,7,8,9,10.
Marselan	130 a 160	2,5 kg planta ⁻¹	160	21,8 a 22,6	11,12,13,14,15
Merlot	160 a 200	2 a 4 kg planta ⁻¹	160	18 a 22	7,16,17,18,19
Pinot Noir	123 a 170	1,5 a 2,5 kg planta ⁻¹	Menor que 100	20	11,20,21,22
Rebo	180	1,3 a 7,0 kg planta ⁻¹	150 a 250	22,3	23,14,25,26
Syrah	132,5	3,0 a 4,0 kg planta ⁻¹	126,58	14,5	27, 28,29,30
Tannat	131	7,3 kg planta ⁻¹	200	17,7	31,32,33
Sangiovese	104 a 134	2,0 a 3,0 kg planta ⁻¹	200 a 300	18 a 22	34,35,36
Grosso					

1 - Teixeira et al., (2007); 2 - Falcão et al., (2008); 3 - Brighenti et al., (2014); 4 - Venturini et al., (2020); 5 - Bonin (2023); 6 - Camargo (2008); 7 - Rizzon; Miele (2002, 2006); 8 - Brighenti et al., (2014); 9 - Oliveira et al., (2021); 10 - Ricce et al., (2018); 11 - Robinson et al., (2012); 12 - Fidelibus (2021); 13 - Quincozes et al., (2024); 14 - Fernandes et al., (2019); 15 - Bonin (2023); 16 - Margoti (2016); 17 - Giovannini; Manfro (2013); 18 - Freitas et al., (2020); 19 - Bonin (2023); 20 - Brighenti et al., (2018); 21 - Pereira (2020); 22 - Bonin (2023); 23 - Cipriani (2018); 24 - Nardello et al., (2022); 25 - Brighenti et al., (2014); 26 - Bonin (2023); 27 - Tonietto; Camargo; Regina (2021); 28 - Almeida et al., (2018); 29 - Souza et al., (2015); 30 - Robinson et al., (2012); 31 - Sato (2011); 32 - Rodrigues et al., (2013); 33 - Tecchio et al., (2019); 34 - Santos et al., (2007); 35 - Sato et al., (2011); 36 - Camargo; Leão; Souza (2020)

2.5.2 Cultivares brancas

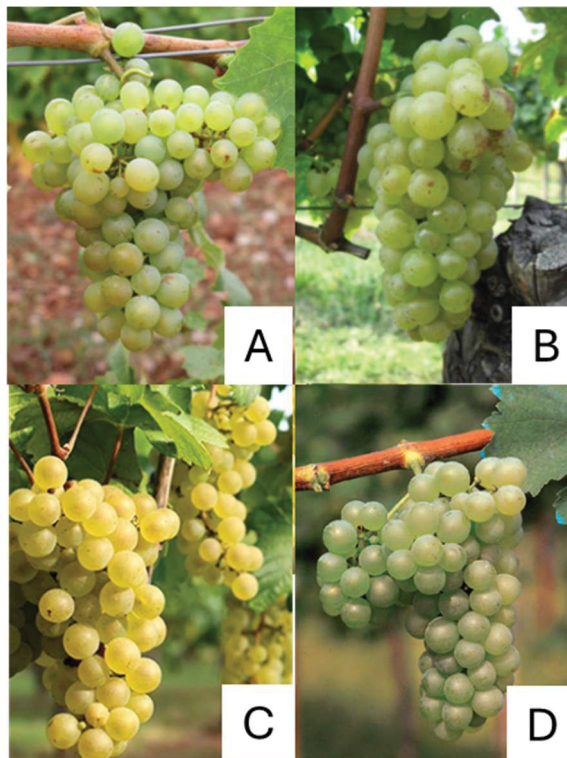
A vitivinicultura brasileira tem apresentado avanços significativos nas últimas décadas, sobretudo nas regiões de clima subtropical de altitude, como o Planalto Catarinense e o Sul do Paraná. Nesses ambientes, a combinação de altitude elevada, amplitude térmica diária e solos bem drenados favorece a produção de uvas brancas de elevada qualidade, com equilíbrio entre açúcares, acidez e compostos aromáticos. A escolha de cultivares adaptadas e o manejo vitícola adequado são determinantes para a expressão do *terroir* e para a competitividade da vitivinicultura regional, permitindo a elaboração de vinhos com identidade própria e potencial de inserção no mercado nacional e internacional (Tonietto; Zanus, 2015; Freitas et al., 2020; EMBRAPA UVA E VINHO, 2021).

No Paraná, estudos de zoneamento agroclimático demonstram que as regiões de maior aptidão para uvas viníferas de qualidade localizam-se nos Campos Gerais, Região Metropolitana de Curitiba e Sul do estado, onde a altitude e o clima ameno reduzem riscos de excesso térmico e favorecem a preservação da acidez (Ricce, 2012). Além disso, levantamentos regionais apontam que, embora a viticultura paranaense seja historicamente marcada pela produção de uvas de mesa no norte do estado, há crescente interesse no cultivo de variedades viníferas brancas em áreas de altitude próximas a Curitiba e nos Campos Gerais (Sato; Roberto, 2020).

Na Região Metropolitana de Curitiba (PR), as cultivares brancas avaliadas incluem Alvarinho, Chardonnay, Gewürztraminer e Sauvignon Blanc, que se destacam pelo potencial de produzir vinhos frescos, aromáticos e equilibrados em acidez e açúcares. A adoção de práticas vitícolas baseadas em conhecimento científico, aliada à seleção de cultivares bem adaptadas ao clima subtropical de altitude, constitui estratégia fundamental para o fortalecimento da vitivinicultura regional.

Essas variedades estão representadas na Figura 2, permitindo a identificação visual de cada cultivar e a análise comparativa de suas características vegetativas e produtivas na região.

FIGURA 2 - Cultivares de uvas brancas: A – ‘Alvarinho’; B – ‘Chardonnay’; C – ‘Gewürztraminer’; D – ‘Sauvignon Blanc’.



Fonte: autor e Vivai Rauscedo, 2025.

2.5.2.1 ‘Alvarinho’

A cultivar Alvarinho (Figura 2 A) também conhecida como Albariño na Galícia (Espanha), é autóctone do Noroeste Ibérico, especialmente da sub-região de Monção e Melgaço, em Portugal, e da denominação de origem Rías Baixas, na Espanha (IVV, 2023). Historicamente, ganhou notoriedade entre os séculos XII e XV, consolidando-se no século XX como símbolo da viticultura atlântica (ROSA et al., 2018).

No Brasil, em regiões de clima subtropical úmido, a ‘Alvarinho’ apresenta ciclo fenológico de 150 a 170 dias (EMBRAPA, 2021). A produtividade média de 8 a 10 t/ha, cachos de 80 a 120 g e os teores médios de sólidos solúveis totais situam-se entre 19 e 22 °Brix, refletindo sua elevada acidez natural e equilíbrio (Jackson, 2014).

A videira apresenta vigor moderado, ciclo relativamente curto, bagos pequenos de casca espessa e boa tolerância a ambientes úmidos. Os vinhos são marcados por acidez vibrante, aromas cítricos, de frutas de caroço e minerais, com corpo médio e frescor persistente (OIV, 2022). A vinificação em inox é predominante, preservando

os aromas primários, mas técnicas como batonnage e estágio parcial em carvalho podem conferir maior complexidade (Rosa et al., 2018).

Culturalmente, a casta representa patrimônio enogastronômico do Noroeste Ibérico, associada a festivais e ao enoturismo, além de desempenhar papel econômico relevante na exportação de vinhos premium (Ivv, 2023).

2.5.2.2 'Chardonnay'

A 'Chardonnay' (Figura 2 B) originária da Borgonha, França, é considerada a variedade branca mais difundida e versátil do mundo. Resultante do cruzamento natural entre Pinot Noir e Gouais Blanc, consolidou-se historicamente em denominações como Puligny-Montrachet e Meursault, além de desempenhar papel central na elaboração dos espumantes de Champagne (Robinson, 2015; Lacombe et al., 2012).

No Brasil, em regiões de clima subtropical como a Serra Gaúcha, a 'Chardonnay' apresenta ciclo fenológico médio de aproximadamente 165 a 180 dias da poda à colheita, o que indica boa adaptação a áreas de altitude (EMBRAPA, 2021). A produtividade de 9 a 12 t/ha, cachos de 100 a 150 g e sólidos solúveis entre 18 e 22 °Brix dependendo do manejo e da região (MAPA, 2020).

Morfologicamente, apresenta vigor médio, brotação precoce, cachos pequenos a médios e bagos de casca fina, suscetíveis a doenças fúngicas como oídio e podridão cinzenta (Jackson, 2014). Os vinhos elaborados podem variar de frescos e minerais em climas frios a tropicais em regiões quentes, com complexidade adicional quando submetidos à fermentação malolática, estágio em carvalho e batonnage (Robinson, 2015).

Sua ampla adaptabilidade e relevância econômica a tornam uma das castas mais importantes do mercado internacional, presente tanto em vinhos de consumo rápido quanto em rótulos de guarda, além de desempenhar papel central na produção de espumantes de método clássico (MAPA, 2020).

2.5.2.3 ‘Gewürztraminer’

A ‘Gewürztraminer’ (Figura 2 C) de origem associada ao Alto Adige, no norte da Itália, consolidou-se como emblemática na Alsácia, França, a partir do século XIX (Hidalgo, 2010; Robinson, 2015). Estudos de DNA indicam que pertence à família Traminer, sendo resultado de mutações que conferiram seu perfil aromático singular (OIV, 2023).

Em regiões de clima subtropical de altitude no Brasil, a ‘Gewürztraminer’ apresenta ciclo fenológico de 160 a 175 dias, com produtividade média de 7 a 9 t/ha, cachos de 90 a 130 g (EMBRAPA, 2021). Os teores médios de sólidos solúveis totais variam entre 19 e 23 °Brix, o que favorece a produção de vinhos aromáticos e, em alguns casos, de colheita tardia (Robinson, 2015).

A videira apresenta vigor moderado, bagos rosados de casca relativamente espessa e sensibilidade a doenças fúngicas. Os vinhos são intensamente aromáticos, com notas de lichia, pétalas de rosa e especiarias, podendo ser secos, semissecos ou de colheita tardia, frequentemente com elevado teor alcoólico (Jackson, 2014).

Embora menos difundida que Chardonnay ou Sauvignon Blanc, ocupa nichos de alta qualidade, valorizados por consumidores que buscam perfis exóticos e diferenciados, reforçando sua importância cultural e mercadológica (EMBRAPA, 2021).

2.5.2.4 ‘Sauvignon Blanc’

A ‘Sauvignon Blanc’ (Figura 2 D) originária do Vale do Loire e de Bordeaux, na França, consolidou-se como uma das variedades brancas mais cosmopolitas. Tradicionalmente utilizada em cortes com Sémillon e Muscadelle em Bordeaux, destacou-se como varietal em regiões como Sancerre e Pouilly-Fumé (Robinson, 2015). A partir do século XX, expandiu-se para a América, Oceania e América do Sul, com destaque para a Nova Zelândia, que ganhou renome mundial a partir dos anos 1980 (OIV, 2023).

No Brasil, apresenta ciclo fenológico de 145 a 160 dias apresenta ciclo fenológico de 145 a 160 dias, produtividade de 8 a 11 t/ha, cachos de 80 a 120 g e sólidos solúveis entre 18 e 21 °Brix (EMBRAPA, 2021; Ivv, 2022; Roberto et al., 2007).

Morfológicamente, apresenta vigor moderado, cachos compactos e bagos pequenos de casca fina. Os vinhos são caracterizados por acidez marcante e aromas herbáceos (grama cortada, aspargos) e frutados (maracujá, lima, maçã verde), variando de estilos frescos e minerais a exemplares mais encorpados com uso de carvalho (Jackson, 2014).

Sua relevância econômica é expressiva, pois atende tanto ao mercado de consumo jovem quanto a segmentos de maior sofisticação, consolidando-se como uma das castas mais importantes do cenário vitivinícola global (Embrapa, 2021).

TABELA 2 - Valores de referência para as características agronômicas das cultivares viníferas (brancas).

Cultivar	Ciclo (em dias)	Produtividade	Cacho (g)	°Brix	Referências
Alvarinho	150 a 170	8 a 10 t ha ⁻¹	80 a 120	20 a 23	1,2,3,4
Chardonnay	180 a 210	1,5 a 2,5 t ha ⁻¹	120 a 150	21 a 24	1,5,6,3
Gewürztraminer	150 a 170	2,5 a 4,0 t ha ⁻¹	130 a 160	22 a 25	1,7,8,3
Sauvignon Blanc	135	3,0 a 4,0 t ha ⁻¹	140 e 180	20 a 23	1,9,6,3

1 - Embrapa (2021); 2 - RICCE (2012); 3 - JACKSON (2014); 4 - ROSA et al., (2018); 5 - MAPA (2020); 6 - ROBERTO et al., (2007); 7 - ROBINSON (2015); 8 - FREITAS et al., (2020). 9 - IVV (2022).

3 - CAPÍTULO 1 – DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE FÍSICO QUÍMICA DE VIDEIRAS FINAS CULTIVADAS EM ALTITUDE.

RESUMO

A viticultura de altitude tem se destacado como alternativa promissora para o cultivo de uvas viníferas no Estado do Paraná, especialmente em municípios da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), onde as condições climáticas favorecem a produção de uvas com elevada qualidade tecnológica e enológica. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento fenológico, o desempenho produtivo, as características físico-químicas e a composição fenólica de três cultivares de videira *Vitis vinífera*: 'Marselan', 'Tannat' e 'Sauvignon Blanc' cultivadas em vinhedo comercial no município de Balsa Nova-PR, a 1.086 m de altitude, sobre solo classificado como Cambissolo Háplico Distrófico, conduzido em espaldeira e enxertado sobre porta-enxerto Paulsen 1103 durante as safras 2023/2024 e 2024/2025. As plantas foram conduzidas no sistema espaldeira, com espaçamento de 1,5 m entre plantas e 2,7 m entre linhas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições e quatro plantas por parcela. Foram registradas as variáveis climáticas, acompanhadas as fases fenológicas segundo a escala BBCH, e avaliados parâmetros de produção, morfologia de cachos e bagas, índices de equilíbrio vegetativo (Ravaz e fertilidade), e indicadores físico-químicos (°Brix, ATT, pH) e fenólicos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Verificou-se que as cultivares tintas Marselan e Tannat apresentaram melhor adaptação e desempenho agrônomo e enológico, destacando-se pela produtividade, equilíbrio vegetativo-reprodutivo e composição fenólica, especialmente sob condições de maior amplitude térmica. Já a cultivar branca Sauvignon Blanc demonstrou maior sensibilidade às variações climáticas, com menor rendimento e estabilidade, indicando a necessidade de estratégias de manejo mais específicas. Assim, o estudo contribui com informações relevantes para a seleção varietal e o desenvolvimento sustentável da vitivinicultura de altitude na RMC.

Palavras chaves: Desempenho agrônomo; Potencial enológico; Terroir.

3.1 INTRODUÇÃO

A viticultura de altitude tem se consolidado como uma abordagem estratégica e inovadora no contexto da vitivinicultura brasileira contemporânea, em razão das características singulares de *terroir* proporcionadas pelas regiões elevadas. Em áreas montanhosas ou de planalto, a combinação de temperaturas amenas, elevada amplitude térmica diária e maior incidência de radiação solar favorece a maturação lenta e equilibrada das bagas. Esse processo resulta em uvas com maior acúmulo de compostos fenólicos, preservação da acidez natural e amplificação do potencial aromático, atributos essenciais para a produção de vinhos finos com elevada complexidade sensorial, frescor e aptidão para guarda (Garramone et al., 2019).

No Brasil, diversas regiões têm investido no cultivo de *Vitis vinifera* em altitudes elevadas, com destaque para os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e, mais recentemente, o Paraná. Neste último, o cultivo tem sido favorecido por condições geoclimáticas que se mostram propícias à produção de uvas destinadas à vinificação de qualidade (Mello; Rizzon, 2010). Dentro do Estado, a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) se destaca por apresentar altitudes entre 800 e 1.200 metros, clima subtropical úmido e solos bem drenados, características que conferem elevado potencial vitícola (Camargo; Tonietto; Hoffmann, 2011).

Historicamente, a viticultura no Paraná concentrou-se na produção de uvas de mesa e para processamento industrial. No entanto, nas últimas décadas, observa-se uma transição gradual para a viticultura de precisão voltada à produção de vinhos finos. Esse movimento tem sido impulsionado pela introdução de novas cultivares viníferas, avanços tecnológicos, melhoria no manejo agrônomo e crescente valorização dos produtos de origem local (Embrapa Uva E Vinho, 2018).

A adaptação das cultivares às condições edafoclimáticas locais constitui um fator determinante para o êxito do cultivo em regiões de altitude. Variáveis como amplitude térmica diurna, temperatura média durante o ciclo vegetativo, estrutura física e química do solo, além do manejo técnico das videiras, exercem influência direta sobre a fisiologia da planta, a composição das uvas e a qualidade final dos vinhos (Garramone et al., 2019).

A caracterização de novos “*terroirs*” com vocação para a produção de vinhos finos é fundamental para o avanço da vitivinicultura regional. Para tanto, é necessária

uma abordagem multidimensional, que envolva o estudo detalhado do clima, da fenologia, da composição físico-química e do perfil organoléptico das uvas, bem como da qualidade dos vinhos elaborados (Malinovski et al., 2016).

Nesse contexto, a análise da interação entre cultivares viníferas e as condições ambientais específicas da RMC é indispensável para o desenvolvimento de estratégias agronômicas eficazes, que promovam a sustentabilidade e a competitividade da vitivinicultura local. Avaliações fenológicas, morfofisiológicas e enológicas permitem identificar áreas com potencial produtivo e orientam a escolha varietal e o manejo adequado para cada ambiente.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo analisar a adaptação agronômica e a qualidade enológica de três cultivares viníferas, Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc, sob condições de altitude na Região Metropolitana de Curitiba, com ênfase na caracterização fenológica, morfofisiológica e físico-química ao longo das safras de 2023/2024 e 2024/2025.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em vinhedo comercial localizado no município de Balsa Nova, Estado do Paraná, situado na Estrada da Lage, às coordenadas geográficas 25°25'18.65" S e 49°43'23.64" O, a uma altitude de 1.086 metros (Figura 3). O pomar foi implantado no ano de 2020, possuindo cinco anos de idade, e está conduzido sobre o porta-enxerto Paulsen 1103. O solo da área foi classificado como Cambissolos Háplicos Distróficos, caracterizados por boa drenagem e fertilidade média, condições que favorecem o desenvolvimento equilibrado da videira. Esses solos, embora de origem jovem e com limitações de profundidade, apresentam potencial para a viticultura quando bem manejados. Como componente essencial do *terroir*, o solo influencia diretamente a disponibilidade de água e nutrientes, interagindo com as condições edafoclimáticas locais e impactando a qualidade final das uvas e, consequentemente, do vinho (Embrapa, 2021).

FIGURA 3 - Imagem aérea da área experimental em Balsa Nova, Paraná. Brasil

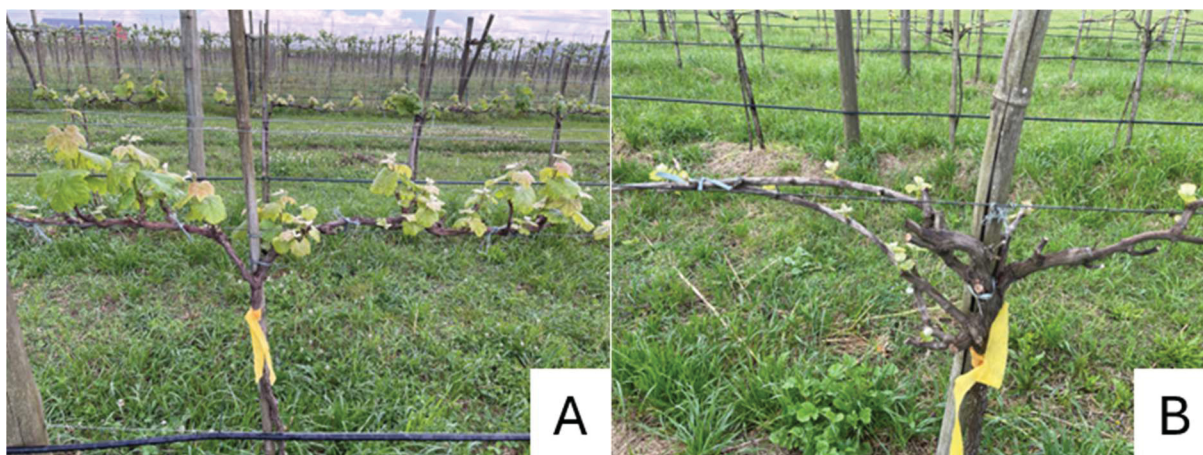


Fonte: o autor, 2025.

O vinhedo foi conduzido no sistema de espaldeira simples, com o primeiro fio de arame instalado a 1,0 metro do solo, com três arames. O espaçamento adotado foi de 2,7 metros entre linhas e 1,5 metro entre plantas, resultando em uma densidade de 2.469 plantas por hectare.

Para as cultivares tintas (Marselan e Tannat), foi empregado o sistema de poda do tipo cordão esporonado duplo, com manutenção de duas gemas por esporão (Figura 4A). Para a cultivar branca (Sauvignon Blanc), utilizou-se o sistema Guyot bilateral, com três a quatro varas contendo oito gemas arqueadas (Figura 4B). A aplicação de cianamida hidrogenada a 4% foi realizada imediatamente após a poda, nos dias 18 e 21 de agosto para a safra 2023/2024, e no dia 21 de agosto para a safra 2024/2025, de acordo com a indicação e recomendação técnica, com o objetivo de uniformizar e antecipar a brotação.

FIGURA 4 - Poda das cultivares tintas em cordão esporonado duplo (A), e na branca o Guyot bilateral (B).



Fonte: o autor, 2025.

As entrelinhas foram mantidas com cobertura vegetal espontânea, roçada periodicamente para controle do crescimento. As linhas de plantio (faixa sob as videiras) permaneceram limpas, por meio de controle químico, visando à redução da competição por água e nutrientes, à facilitação dos tratos culturais e à prevenção de doenças.

A adubação foi realizada de forma combinada, com cama de frango como fonte orgânica e adubação química baseada em análise de solo, buscando suprir os elementos essenciais para o desenvolvimento equilibrado da videira. As demais práticas de manejo vitícola, como poda, desbrota e controle fitossanitário foram realizadas conforme recomendações técnicas específicas para a cultura da videira.

3.2.2 Variáveis analisadas

3.2.2.1 Indicadores climáticos e fenológicos

A caracterização climática foi realizada com base em dados coletados por estação meteorológica automática instalada junto ao vinhedo (Figura 5). A classificação climática da região, segundo Köppen-Geiger, corresponde ao tipo Cfb, definido como subtropical úmido, sem estação seca marcada e com verões de temperaturas amenas (Alvares et al., 2013).

FIGURA 5 - Estação Meteorológica instalada junto ao vinhedo. Balsa Nova, PR. Brasil



Fonte: o autor, 2025.

Os dados monitorados incluíram: as médias das temperaturas máximas e mínimas mensais ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar global (MJ.m^{-2}). As horas de frio acumuladas (HF), definidas como o número de horas com temperaturas iguais ou inferiores a $7,2^{\circ}\text{C}$, foram contabilizadas entre maio e outubro (2023/2024) e entre maio e agosto (2024/2025), totalizando 63 e 130 horas, respectivamente.

As Figuras 6, 7, 8 e 9 apresentam os dados climáticos nas safras 2023/2024 e 2024/2025 no município de Balsa Nova – PR.

FIGURA 6 - Médias mensais de temperatura máxima, mínima e pluviosidade da safra 2023/2024 em Balsa Nova, PR, Brasil.

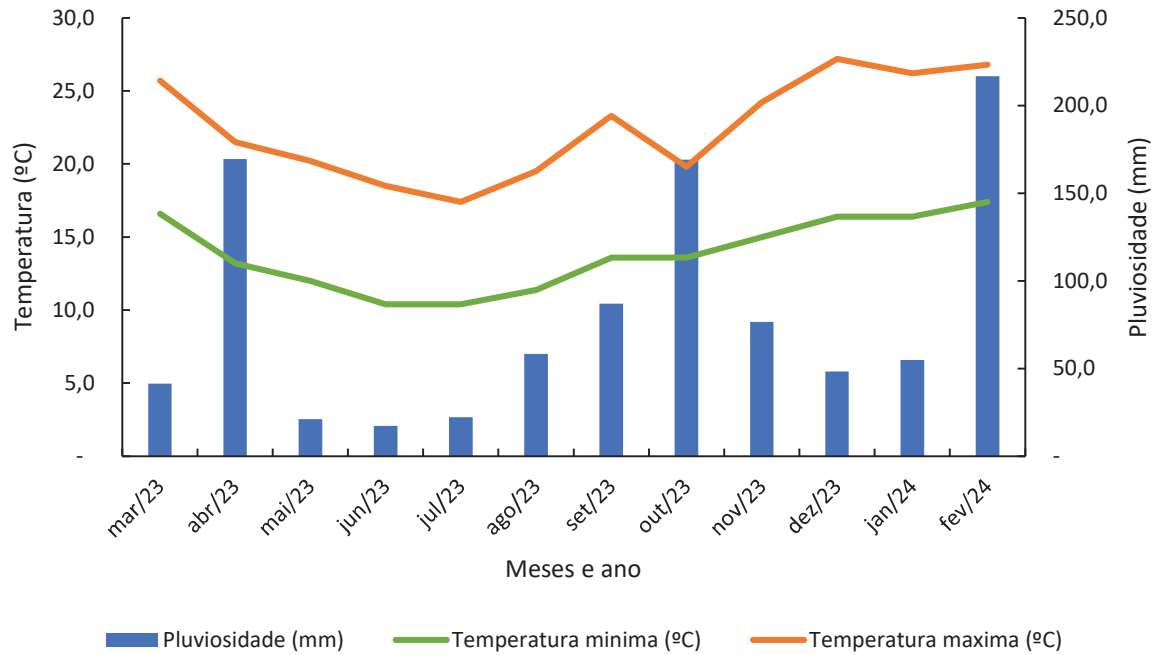


FIGURA 7 - Médias mensais de umidade e número de horas de frio durante a safra 2023/2024 em Balsa Nova, PR, Brasil.

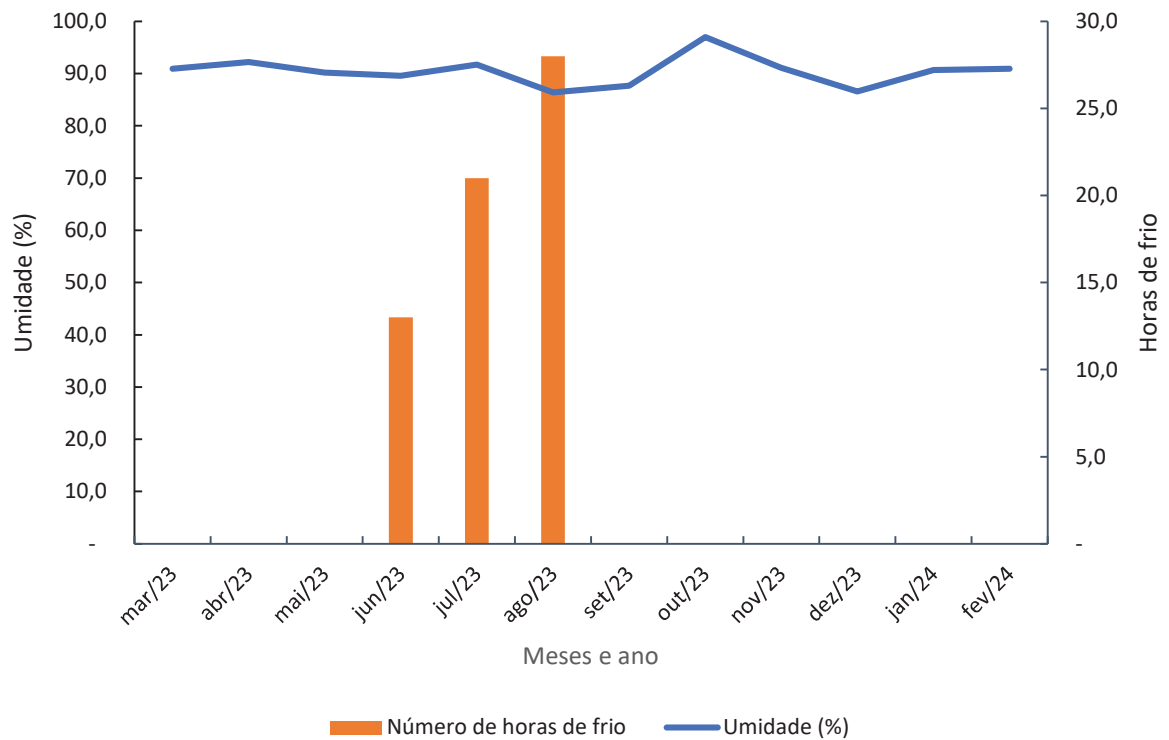


FIGURA 8 - Médias mensais de temperatura máxima, mínima e pluviosidade da safra 2024/2025 em Balsa Nova, PR, Brasil.

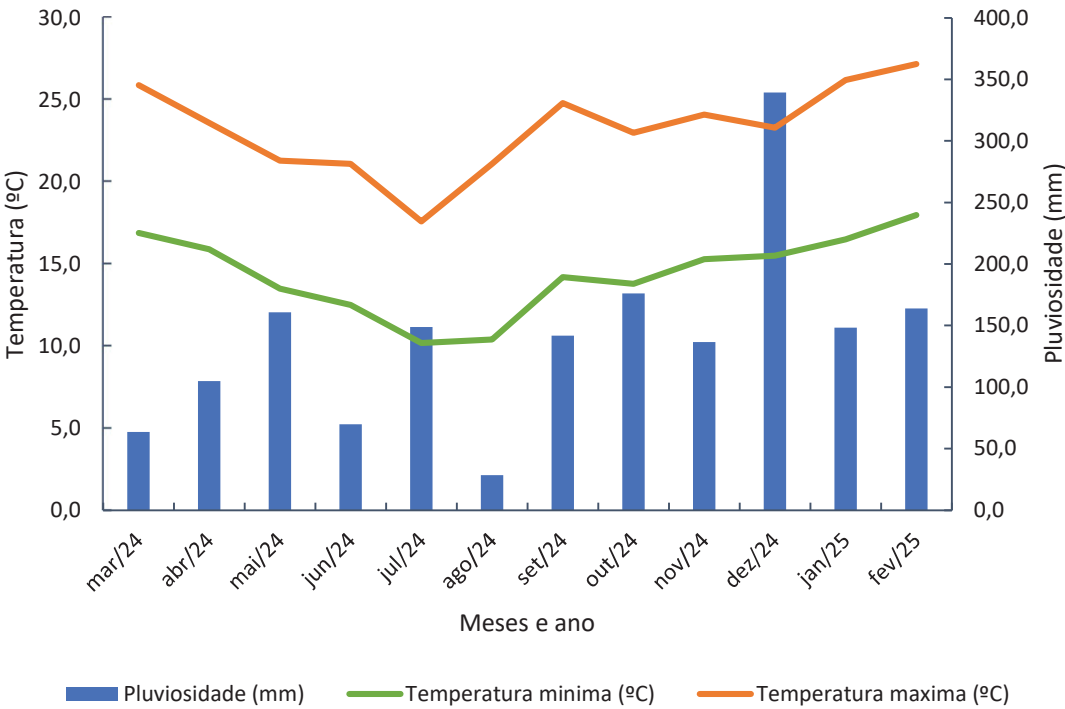
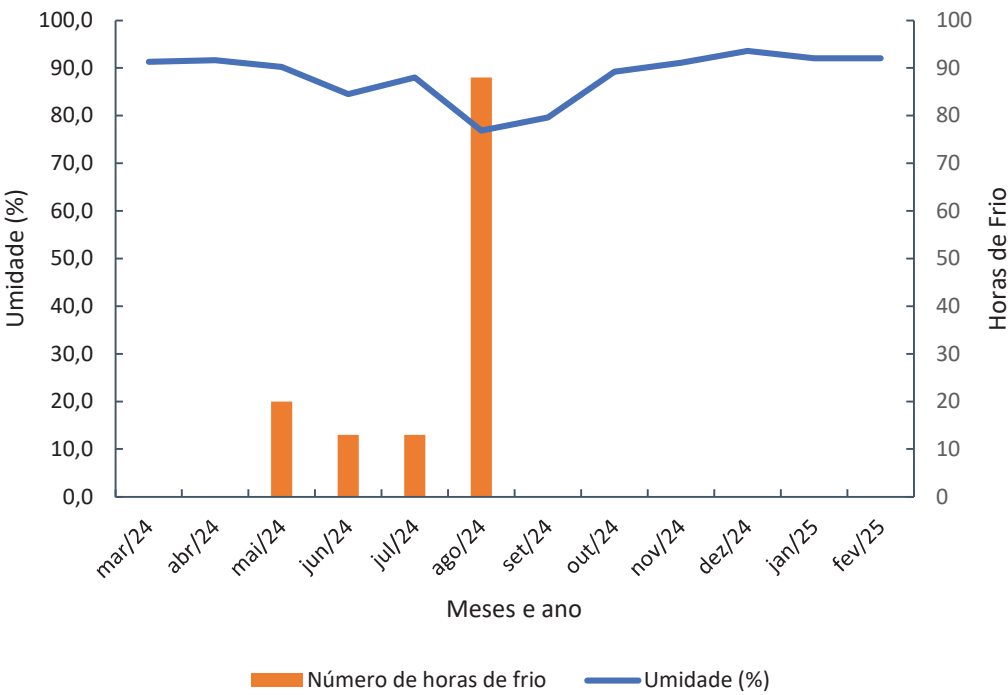


FIGURA 9 - Médias mensais de umidade e número de horas de frio durante a safra 2024/2025 em Balsa Nova, PR, Brasil



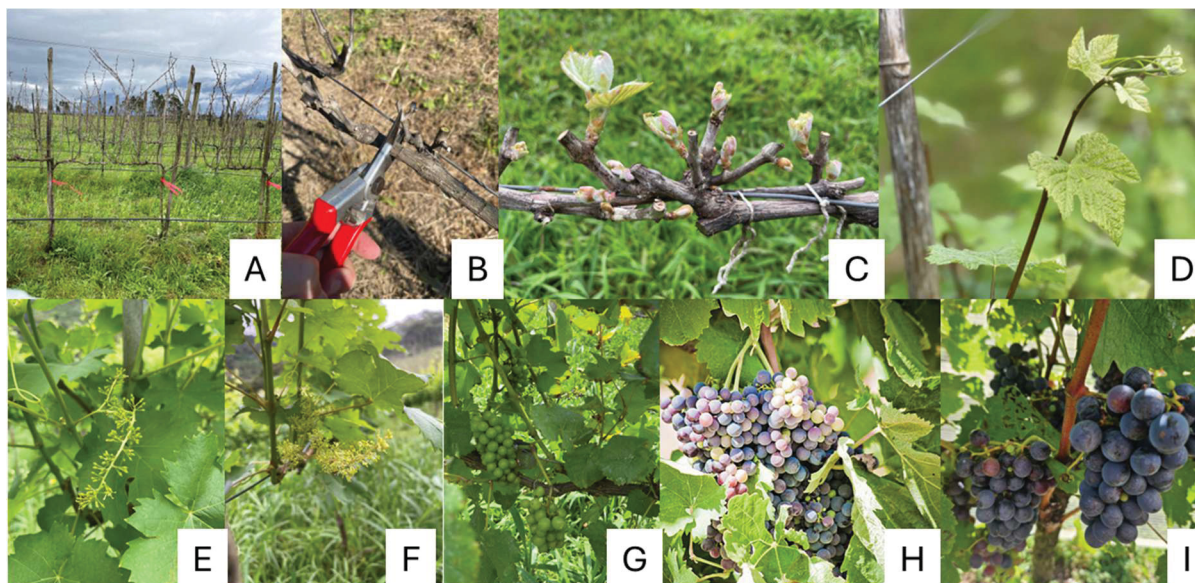
As médias dos índices de frio noturno, da amplitude térmica e da radiação solar são determinantes para a qualidade da uva e do vinho. O frio noturno contribui para a preservação da acidez, a amplitude térmica favorece a síntese de compostos fenólicos e a radiação solar intensifica a fotossíntese e o acúmulo de açúcares. Esses fatores edafoclimáticos, em conjunto, definem o equilíbrio fisiológico da videira e a tipicidade do *terroir* (Granja, 2020; Oliveira, 2023). A Tabela 3 apresenta as médias dos índices de frio noturno, da amplitude térmica e da radiação solar nos meses de dezembro a fevereiro, referentes às safras 2023/2024 e 2024/2025, no município de Balsa Nova – PR.

TABELA 3 - Média dos índices de frio noturno, amplitude térmica e radiação solar nos meses de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024. Balsa Nova, PR. Brasil.

Meses e ano	Índice de frio noturno (° C)	Amplitude térmica (° C)	Radiação solar MJ.m ⁻²
Dezembro de 2023	16,4	7,8	366,1
Janeiro de 2024	16,4	9,8	349,8
Fevereiro de 2024	17,4	9,4	350,3
Dezembro de 2024	15,5	7,8	272,0
Janeiro de 2025	16,5	9,7	340,8
Fevereiro de 2025	18,0	9,2	353,4

A caracterização fenológica das videiras foi conduzida com base na escala BBCH (*Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie*), conforme proposta por Lorenz et al., (1995). Foram monitorados os principais estádios fenológicos, incluindo: brotação (BBCH 07), considerada quando 50% das gemas apresentavam a ponta verde visível; formação de cinco folhas expandidas (BBCH 15); inflorescência visível (BBCH 53); floração plena (BBCH 65), caracterizada pela abertura completa de 50% das flores; estágio de grão ervilha (BBCH 75); início da maturação ou *veraison* (BBCH 81), determinado pela mudança de coloração em 50% das bagas; e maturação completa (BBCH 89), ponto no qual a colheita foi efetuada com base na composição química e no estado sanitário das uvas (Figura 10). O número de dias transcorridos entre os estádios fenológicos foi registrado e analisado segundo a metodologia descrita por Bock et al., (2011).

FIGURA 10 - Avaliação e monitoramento dos estádios fenológicos: A – planta após o inverno; B – poda; C – ponta verde (BBCH 07); D - cinco folhas expandidas (BBCH 15); E - inflorescência visível (BBCH 53); F - floração plena (BBCH 65); G - estágio de grão ervilha (BBCH 75); H - *veraison* (BBCH 81); I - colheita (BBCH 89).



Fonte: o autor, 2025.

3.2.2.2 Desempenho produtivo

A avaliação do desempenho produtivo das videiras incluiu a contagem do número de ramos e cachos por planta, bem como a determinação da massa total dos cachos (kg.planta^{-1}). A produção foi estimada por meio da pesagem direta dos cachos de cada planta, utilizando balança digital de precisão. Os parâmetros produtivos avaliados foram: massa de cachos por planta; número de cachos por planta; massa média dos cachos e produtividade estimada por hectare. Para a caracterização morfológica dos cachos, foram determinados: comprimento e largura do cacho; número médio de bagas por cacho; massa média das bagas; massa média do engaço por cacho; e o índice de compacidade dos cachos, calculado segundo a fórmula proposta por Tello e Ibáñez (2014).

$$\text{IC} = [(\text{massa do cacho}) / (\text{comprimento do cacho}^2)].$$

O índice de compacidade dos cachos, desenvolvido por Tello e Ibáñez (2014), permite mensurar de forma objetiva a densidade dos bagos em cada cacho. A utilização desse parâmetro é fundamental para compreender a relação entre características estruturais da videira e fatores de qualidade, uma vez que a compacidade influencia diretamente a suscetibilidade a doenças fúngicas em ambientes úmidos, a uniformidade da maturação dos frutos e, por consequência, a qualidade tecnológica da uva destinada à vinificação.

A mensuração do equilíbrio entre o crescimento vegetativo e produtivo foi obtido através do índice de Ravaz (IR). O índice foi calculado pela divisão da produção de uvas (kg) obtida numa safra, pela massa de ramos (kg) podados no inverno seguinte.

O índice de Ravaz, amplamente utilizado em estudos recentes de viticultura no Brasil (Mota et al., 2010; Brighenti et al., 2014), expressa a relação entre produção e vigor vegetativo. Tanto o índice de fertilidade quanto o índice de Ravaz constituem parâmetros importantes na viticultura, empregados para avaliar, respectivamente, o potencial produtivo e o equilíbrio fisiológico da videira.

O índice de fertilidade é obtido a partir da razão entre o número de cachos e o número de ramos por planta, refletindo a capacidade da videira em transformar gemas em estruturas reprodutivas (Brighenti, 2014). Esse parâmetro é importante porque permite estimar o potencial de produção futura do vinhedo já a partir da contagem de ramos férteis, além de indicar o efeito das condições ambientais, do manejo e da genética da cultivar sobre a diferenciação floral. Valores mais altos estão associados a maior eficiência reprodutiva da planta, enquanto valores baixos podem sinalizar limitações fisiológicas ou ambientais que afetam a fertilidade das gemas.

Já o índice de Ravaz é calculado pela relação entre a produção de frutos por planta e a massa de material podado, representando o balanço entre vigor vegetativo e produção reprodutiva (Brighenti et al., 2011). Esse índice é considerado um dos principais indicadores do equilíbrio da videira, pois relaciona diretamente a capacidade produtiva com a energia acumulada na parte vegetativa da planta. Valores adequados (em torno de 5 a 10) indicam que a videira está equilibrada: produz de forma eficiente sem comprometer o acúmulo de reservas ou a maturação das uvas. Valores abaixo de 5 indicam subprodução, em que o vigor não é acompanhado por produção proporcional, ao passo que valores acima de 10 sugerem sobrecarga produtiva, que

pode levar ao esgotamento da planta e comprometimento da qualidade enológica das uvas.

Dessa forma, a utilização conjunta do índice de fertilidade e do índice de Ravaz fornece uma visão abrangente do desempenho da videira: enquanto o primeiro avalia a eficiência reprodutiva da planta em termos de cachos formados por ramo, o segundo expressa a relação entre vigor e produção, fundamental para garantir o equilíbrio fisiológico e a sustentabilidade produtiva do vinhedo ao longo dos ciclos.

Para as medições, foi selecionado um cacho com massa próxima à média da parcela, representando um exemplar típico para análise morfológica (Figura 11). O comprimento e a largura do cacho foram medidos com paquímetro digital, considerando a distância da extremidade superior do engajo (onde o pedúnculo se conecta ao ramo da videira) até a extremidade inferior da última baga do cacho. Em seguida, as bagas foram destacadas individualmente e medidas com paquímetro digital IP54 (Vonder, Curitiba, Brasil). A massa das bagas foi determinada por pesagem direta, e o peso médio calculado como a razão entre a massa total das bagas e o número de bagas por cacho.

A caracterização física dos cachos e das bagas incluiu a medição do comprimento e da largura dos cachos (em centímetros), bem como do comprimento e da largura das bagas (em milímetros), além da contagem do número de bagas por cacho, realizada no início e no final da colheita em cada parcela experimental (Figura 11).

FIGURA 11 - Determinação do comprimento do cacho de uva 'Marselan' com paquímetro. Balsa Nova, PR 2025.



Fonte: o autor, 2025.

3.2.2.3 Análise físico-química

As amostras com 100 (cem) bagas foram inicialmente esmagadas e prensadas manualmente para a separação dos componentes sólidos (casca e sementes) do mosto. Em seguida, os sólidos (casca + sementes) foram coletados, secos com papel absorvente e pesados em balança sem analítica com precisão de $\pm 0,01$ g (Figura 12).

FIGURA 12 - Etapas do processamento de 100 bagas para determinação da massa dos sólidos (casca + sementes): Letra A: disposição das bagas por cultivar antes do esmagamento; Letra B: esmagamento e prensagem manual para separação do mosto; Letra C: sólidos (casca e sementes) após a extração do mosto; Letra D: pesagem dos sólidos em balança analítica com precisão de $\pm 0,01$ g.



Fonte: o autor, 2025.

A extração dos compostos fenólicos presentes nas cascas foi realizada com base na metodologia adaptada de Carbonneau e Champagnol (1993), a qual simula condições enológicas de vinificação. Essa abordagem é amplamente empregada em estudos de avaliação do potencial fenólico de cultivares viníferas, por permitir uma estimativa representativa da extração dos compostos durante a maceração (Figura 12).

O processo consistiu na maceração das cascas em solução de etanol 96% mais um tampão com pH 3,2 durante 24 horas, com posterior centrifugação a 3.500 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi separado do resíduo sólido e utilizado como extrato para as análises.

A análise físico-química do mosto obtido pela maceração das bagas incluiu a determinação dos sólidos solúveis totais (SST), expressos em graus °Brix, do potencial hidrogeniônico (pH) e da acidez total titulável (ATT). O volume de NaOH (0,1 N) consumido numa amostra de 10 mL de mosto foi utilizado para determinar a ATT em (mEq L⁻¹), conforme os protocolos analíticos estabelecidos pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho – OIV (2024), empregando a seguinte fórmula:

$$\text{ATT em mEq L}^{-1} = 10 \, n;$$

Onde:

n = volume em mL de solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação.

O índice de polifenóis totais (IPT 280) foi determinado diluindo o extrato, na proporção de 1% para as cultivares tintas e 5% para as cultivares brancas, com água destilada e com o auxílio de um balão volumétrico de 100 mL (Figura 13). Foi determinada a absorbância no espectrofotômetro a 280 nm, com cubetas de quartzo de 1 cm de percurso ótico, zerando o aparelho com água destilada entre as amostras. O índice de polifenóis foi obtido pela equação:

$$\text{IPT (280)} = \text{valor de absorbância} \times \text{fator de diluição}.$$

FIGURA 13 - Preparação dos extratos para avaliação dos compostos fenólicos, Curitiba, PR, 2025



Fonte: o autor, 2025.

No caso das cultivares brancas, foram realizadas diluições a 5% com o propósito de minimizar a interferência de compostos não fenólicos na leitura a 280 nm. Essa etapa é necessária porque matrizes claras tendem a apresentar maior contribuição de substâncias que absorvem na mesma faixa espectral, o que poderia superestimar o teor de polifenóis. Os valores de IPT 280 corrigidos foram então submetidos à curva padrão de ácido gálico, utilizado como referência por ser um composto representativo da fração fenólica total. A relação entre concentração e absorbância foi descrita pela equação, cuja elevada linearidade confere robustez ao método. Os resultados foram expressos em mg L^{-1} de equivalentes de ácido gálico:

$$y = 0.0364x + 0.0009, r = 0.9989;$$

sendo o valor de PT expresso em mg. L^{-1} de ácido gálico.

Para avaliação das antocianinas foram adicionados em um tubo de ensaio 1 mL do extrato, 1 mL de etanol e 20 mL de ácido clorídrico a 0,7%. Em dois tubos fechados foram adicionados 5 mL da mistura e no primeiro tubo adicionados 2 mL de água destilada. Num segundo tubo de ensaio, foram adicionados 5 mL da mistura e 2 mL de NaHSO_3 a 0,7%. Após agitação de 10 minutos foi efetuada a leitura da absorção das amostras dos dois tubos a 520 nm, utilizando cubetas de 1 cm de

percurso ótico, o aparelho foi calibrado com água destilada. A concentração de antocianinas totais (TA), foi expressa de acordo com a equação:

$$TA = (A1-A2) \times 875;$$

sendo 875 o coeficiente de extinção molar da malvidina corrigido para expressar o resultado diretamente em mg L^{-1} .

As concentrações de antocianinas totais (AT) foram quantificadas por espectrofotometria a 520 nm, empregando o método da descoloração com bissulfito de sódio, sendo os resultados expressos em mg.L^{-1} . Os taninos totais (TT), por sua vez, foram determinados por espectrofotometria a 550 nm, utilizando o método de hidrólise ácida, também conforme Zamorra (2003), com os valores expressos em gramas por litro (g L^{-1}).

Para a avaliação dos taninos (TT) em tubos de ensaio fechados, foram adicionados nos tubos I e II, 2 mL do extrato diluído 1:50, 1 mL de água destilada e 6 mL de HCL 12N. O tubo I, fechado e protegido da luz foi submetido a banho-maria por 30 minutos. O tubo II foi mantido em temperatura ambiente. Após 30 minutos de ebulição, o tubo I foi retirado. Na sequência, nos tubos I e II foi adicionado 1 mL de etanol e homogeneizados. Após foi medida a absorbância a 550 nm. A concentração de taninos (TT) é dada pela expressão:

$$TT = (A1 - A2) \times 19,33;$$

sendo 19,33 o coeficiente de extinção molar de cianidina, obtido por hidrólise ácida dos taninos condensados, corrigido para expressar o resultado em g.L^{-1} .

3.2.2.4 Delineamento experimental e análise estatística

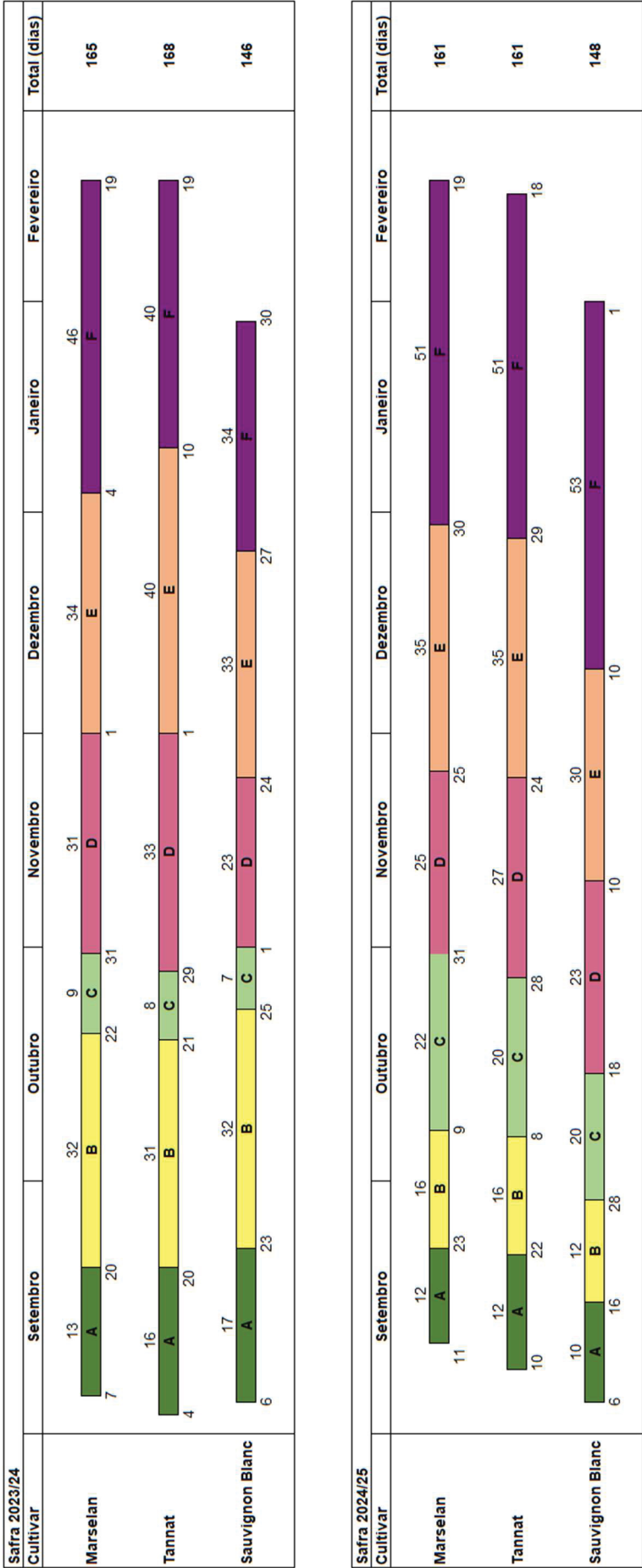
O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e quatro plantas por parcela. A colheita dos frutos foi realizada no estágio fenológico de maturação completa (BBCH 89), durante as safras de 2023/2024 e 2024/2025. As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA), e em seguida, as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$), utilizando-se o software R®.

3.3 RESULTADOS

A relação entre o desenvolvimento fenológico das videiras e as condições climáticas locais constitui fator determinante para o êxito da vitivinicultura, sobretudo em regiões de altitude, como o município de Balsa Nova–PR. A análise conjunta das condições climáticas, apresentadas nas Figuras 6, 7, 8 e 9, evidencia a influência de variáveis ambientais, especialmente temperatura do ar, precipitação, umidade relativa e radiação solar, sobre a duração e o andamento das fases fenológicas das cultivares Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc, refletindo-se em parâmetros como produção por planta, produtividade estimada, número de cachos e massa média dos cachos em associação com os dados das média dos índices de frio noturno, amplitude térmica e radiação solar nos meses de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024 (Tabela 3).

A Figura 14 destaca as variações temporais entre os estágios fenológicos, contribuindo para a análise dos efeitos interanuais das condições climáticas sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das cultivares. Essa avaliação é fundamental para embasar decisões técnicas voltadas à maximização da qualidade enológica e ao planejamento estratégico da colheita.

FIGURA 14 - Cronograma das feno fases das cultivares avaliadas durante a safra 2023/2024 e 2024/2025 em Balsa Nova, PR, Brasil.



Legenda: letras A (Brotação BBCH 07 até Brotação com 10 cm BBCH 15), B (Brotação com 10 cm BBCH 15 até Inflorescência BBCH 53), C (Inflorescência BBCH 53 até Pleno florescimento BBCH 65), D (Pleno florescimento BBCH 65 até Desenvolvimento de frutos BBCH 75), E (Desenvolvimento de frutos BBCH 75 até Maturação BBCH 81) e F (Maturação BBCH 81 até colheita). Os números acima dos estádios representam o tempo em dias de duração de cada estágio fenológicos e os números abaixo representam o dia do mês que ocorreu o início de cada estágio fenológico. Fonte: O autor (2025).

A temperatura do ar nos meses de setembro (23,3°C) e outubro (19,8° C) na safra 2024/2025 (Figura 8), prolongou o tempo de duração do ciclo fenológico nas fases da brotação até surgimento das inflorescências nas três cultivares (Figura 14). Isto colaborou para aumentar o ciclo nas cultivares Marselan e Tannat, que foi de 165 dias e 168 dias (2023/2024), enquanto na safra 2024/2025 foi de 161 dias.

Já a cultivar Sauvignon Blanc apresentou um comportamento ligeiramente distinto em relação às demais. Na safra 2024/2025, mesmo com o aumento das temperaturas, observou-se um discreto acréscimo na duração total do ciclo, passando de 146 para 148 dias. Esse prolongamento esteve associado, principalmente, ao aumento da duração da fase C (inflorescência até o início do pleno florescimento) e da fase F (maturação até a colheita), conforme evidenciado na sequência temporal dos estádios fenológicos representados na Figura 14. Tal comportamento pode estar relacionado à redução significativa da radiação solar e a temperatura em dezembro de 2024 (272,0 MJ.m⁻², contra 366,1 MJ.m⁻² no mesmo mês da safra anterior) o que pode ter limitado a taxa fotossintética e, conseqüentemente, retardou o acúmulo de açúcares e a maturação das bagas.

Nas fases iniciais do ciclo vegetativo (A e B), correspondentes à brotação e crescimento dos ramos, ambas as safras apresentaram temperaturas favoráveis, com mínimas acima de 10 °C e ausência de geadas. Na safra 2024/2025, a brotação ocorreu de forma mais tardia em relação à safra anterior, especialmente em ‘Marselan’ e ‘Tannat’, iniciando entre os dias 10 e 12 de setembro, alguns dias após a ‘Sauvignon Blanc’ (06/09). As menores amplitudes térmicas durante esse período, com valores entre 7,8 °C e 9,8 °C, contribuíram para um crescimento vegetativo mais uniforme, em função das temperaturas mais baixas e do menor acúmulo de radiação solar no início do ciclo. Essa condição inicial influenciou a sequência fenológica, resultando em um encurtamento do estágio B (brotação com 10 cm até inflorescência) e, em contrapartida, no prolongamento do estágio C (inflorescência até o início do pleno florescimento). O estágio D (pleno florescimento até o desenvolvimento de frutos) apresentou pouca variação entre as safras, o que permitiu que o pleno florescimento ocorresse em períodos muito próximos nos dois ciclos.

Do ponto de vista climático, dezembro de 2024 apresentou radiação solar de apenas 272,0 MJ.m⁻² (contra 366,1 MJ.m⁻² em dezembro de 2023), índice de frio noturno ligeiramente inferior (15,5 °C frente a 16,4 °C) e elevada pluviosidade (acima

de 350 mm). Esses fatores podem ter limitado a fotossíntese e retardado o acúmulo de açúcares, prolongando a fase de maturação (estádio F). Em janeiro e fevereiro de 2025, a radiação solar se recuperou parcialmente (340,8 e 353,4 MJ.m⁻², respectivamente), acompanhada de amplitudes térmicas moderadas (9,7 °C e 9,2 °C), o que favoreceu a conclusão da maturação, mas manteve o ciclo ligeiramente mais longo em comparação à safra anterior.

Já nas fases finais do ciclo (correspondidos pelas letras E e F), as condições excessivamente úmidas de dezembro, janeiro e fevereiro e a elevada umidade relativa (acima de 90%) podem aumentar a suscetibilidade a doenças fúngicas, especialmente podridões.

O índice de frio noturno, que influencia a preservação da acidez e a síntese de compostos fenólicos, apresentou comportamento oscilante entre os anos. Embora tenha sido levemente inferior em dezembro de 2024 (15,5 °C frente a 16,4 °C em 2023), o valor aumentou até fevereiro (18,0 °C), sugerindo noites mais quentes na fase final do ciclo, o que pode ter acelerado a degradação da acidez e comprometido a tipicidade das cultivares, sobretudo na ‘Sauvignon Blanc’.

Esses dados indicam que as condições climáticas atuam de maneira diferenciada sobre as fases fenológicas e entre as cultivares, demandando estratégias específicas de manejo para cada ciclo. Em especial, ‘Sauvignon Blanc’ mostrou maior sensibilidade a variações de radiação solar e pluviosidade, enquanto ‘Marselan’ e ‘Tannat’ responderam mais diretamente às variações térmicas e ao acúmulo de calor. A compreensão dessa interação é essencial para o planejamento da viticultura de altitude e para a obtenção de uvas com qualidade tecnológica e enológica adequada.

A interação entre os fatores climáticos observados durante os ciclos 2023/2024 (Figuras 6 e 7) e 2024/2025 (Figuras 8 e 9) e o desempenho fenológico (Figura 16) das cultivares Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc refletiu-se diretamente nas variáveis produtivas registradas (Tabela 4).

TABELA 4 - Médias e coeficientes de variação (%) de produção por planta, produtividade estimada, número de cacho e massa média dos cachos das cultivares Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc nas safras 2023/2024 e 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.

Safra	Cultivar	Produção (kg planta ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Nº de cachos	Massa média dos cachos (g)
2023/2024	Marselan	4,36 aA	10.764,84 aA	33,5 aA	195,0 aA
	Tannat	2,46 bB	6.069,13 bB	18,65 bA	195,8 aA
	Sauvignon	0,45 cA	1.119,07 cA	8,5 cA	63,9 bA
	Blanc				
2024/2025	Marselan	4,17 aA	10.295,73 aA	29,2 aB	210,0 aA
	Tannat	3,37 bA	8.334,57 bA	20,45 bA	204,0 aA
	Sauvignon	0,57 cA	1.408,56 cA	9,95 cA	65,9 bA
	Blanc				
CV (%)		12,76	12,78	11,87	16,6

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes dentro da mesma cultivar em safras distintas diferem entre si. Tukey ($p \leq 0,05$).

Na safra 2023/2024, a cultivar Marselan apresentou os melhores resultados produtivos entre as três avaliadas, com produção média de 4,36 kg por planta, produtividade estimada de 10.764,84 kg ha⁻¹ e número médio de 33,5 cachos por planta. A massa média dos cachos foi de 195,0 g, caracterizando um bom equilíbrio entre o número de cachos e o seu tamanho individual. Essa performance evidencia a boa adaptação da cultivar às condições da safra, caracterizada por uma distribuição térmica e hídrica relativamente equilibrada.

A cultivar Tannat, embora apresente produtividade inferior à ‘Marselan’ (2,46 kg por planta e 6.069,13 kg ha⁻¹), demonstrou cachos com massa média semelhante (195,8 g), o que sugere que a diferença produtiva esteve relacionada, principalmente, ao menor número de cachos emitidos (18,65 por planta). Este comportamento indica que a produtividade da Tannat pode estar mais condicionada à emissão reprodutiva do que ao tamanho dos cachos propriamente dito.

Já a ‘Sauvignon Blanc’ apresentou os menores valores para todos os parâmetros avaliados: produção por planta de 0,45 kg, produtividade estimada de 1.119,07 kg ha⁻¹, número médio de 8,5 cachos e massa de 63,9 g por cacho. Esses dados refletem a menor adaptabilidade da cultivar às condições ambientais

observadas durante a safra, possivelmente em função de limitações fenológicas associadas ao seu ciclo precoce.

Na safra 2024/2025, a 'Marselan' apresentou leve redução na produção por planta (4,17 kg) e no número de cachos (29,2), embora a produtividade estimada ($10.295,73 \text{ kg ha}^{-1}$) tenha se mantido estatisticamente semelhante à safra anterior. Em contrapartida, houve aumento significativo na massa média dos cachos (210,0 g), o que sugere um mecanismo compensatório fisiológico frente à menor emissão de inflorescências, possivelmente favorecido por maior disponibilidade térmica e hídrica no período de crescimento dos frutos.

A 'Tannat' demonstrou evolução produtiva notável entre as safras, com incremento de 37% na produção por planta (3,37 kg) e de 37% na produtividade estimada ($8.334,57 \text{ kg ha}^{-1}$). O aumento no número de cachos por planta (20,45) e na massa média (204,0 g) indica que as condições ambientais mais quentes e úmidas da safra 2024/2025 favoreceram tanto a fecundação quanto o crescimento das bagas, resultando em cachos mais desenvolvidos e produtivos.

A 'Sauvignon Blanc' também apresentou aumento nos parâmetros produtivos, embora em menor magnitude. A produção por planta subiu de 0,45 kg para 0,57 kg, com produtividade de $1.408,56 \text{ kg ha}^{-1}$. O número de cachos aumentou de 8,5 para 9,95 e a massa média dos cachos passou para 65,9 g. Apesar de manter os menores valores absolutos entre as cultivares, os incrementos observados sugerem uma leve melhora em sua adaptação às condições da safra, possivelmente relacionada à maior temperatura noturna registrada no final do ciclo.

De forma geral, as cultivares tintas Marselan e Tannat apresentaram desempenho produtivo superior em ambas as safras (Tabela 4), com maior estabilidade e resiliência frente às variações interanuais. A 'Marselan' manteve produtividade elevada mesmo com redução no número de cachos, enquanto a 'Tannat' respondeu positivamente à maior disponibilidade hídrica e térmica.

A 'Sauvignon Blanc', por sua vez, revelou, limitação produtiva associada a fatores morfofisiológicos da própria cultivar (como porte vegetativo, arquitetura da planta, fertilidade dos ramos e eficiência fotossintética) e à sua maior sensibilidade a variações climáticas (temperatura, insolação, chuvas, vento e estresse hídrico), que afetam diretamente a produtividade e a qualidade dos vinhos). Essa combinação de características estruturais e funcionais, somada à maior suscetibilidade a condições

climáticas adversas, contribui para a maior variabilidade produtiva observada entre safras.

TABELA 5 - Médias e coeficiente de variação (%) do comprimento do cacho, números de bagas, massa da ráquis das cultivares Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc durante as safras 2023/2024 e 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.

Safra	Cultivar	Comprimento do cacho (cm)	Número de bagas por cacho ⁻¹	Massa da ráquis ⁻¹
2023/2024	Marselan	15,24 aB	147,23 aA	7,23 aB
	Tannat	13,44 bA	149,24 aB	7,46 aA
	Sauvignon Blanc	6,92 cA	50,42 bA	4,04 bA
2024/2025	Marselan	19,01 aA	179,06 aA	8,66 aA
	Tannat	14,76 bA	160,65 bA	8,67 aA
	Sauvignon Blanc	7,43 cA	53,28 bA	4,06 bA
CV (%)		8,19	23,79	15,18

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si . Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes dentro da mesma cultivar diferem entre si . Tukey ($p \leq 0,05$).

A avaliação morfológica dos cachos, expressa pelo comprimento do cacho, número de bagas e massa da ráquis, evidencia diferenças significativas entre as cultivares e entre os anos agrícolas avaliados. Esses parâmetros refletem tanto as características genéticas de cada cultivar, quanto os efeitos ambientais durante os estádios de florescimento e frutificação.

Na safra 2023/2024, a cultivar Marselan apresentou comprimento médio de cacho de 15,24 cm, número médio de 147,2 bagas por cacho e massa de ráquis de 7,2 g. Esses valores indicam cachos moderadamente compactos, com boa fecundação e estrutura reprodutiva adequada. A cultivar Tannat apresentou comprimento inferior (13,44 cm), mas número ligeiramente superior de bagas (149,2) e maior massa da ráquis (7,4 g), o que pode indicar maior densidade de bagas e estrutura mais robusta, compatível com sua maior capacidade de sustentação reprodutiva.

A ‘Sauvignon Blanc’ apresentou, na mesma safra, os menores valores para todos os atributos avaliados: comprimento médio de 6,92 cm, 50,4 bagas por cacho e

4,0 g de massa da ráquis. Esses resultados indicam cachos menores, pouco compactos e com menor desenvolvimento estrutural, em razão de sua precocidade, o que pode ser explicado por características morfofisiológicas próprias da cultivar, como arquitetura de copa mais ereta e entrenós curtos, menor área foliar específica e menor fertilidade das gemas, resultando em menos inflorescências por ramo. Além disso, a ‘Sauvignon Blanc’ apresenta cachos naturalmente menores e menos compactos, eficiência fotossintética mais sensível a estresses térmicos e hídricos, e janelas fenológicas mais vulneráveis a oscilações de temperatura, radiação solar e precipitação. Essa combinação de fatores estruturais e funcionais, associada à sua maior sensibilidade a temperaturas elevadas durante o florescimento e a déficits hídricos no solo nesse período, contribui para a limitação produtiva e para a maior variabilidade de rendimento entre safras.

Na safra 2024/2025, observou-se um aumento expressivo no comprimento dos cachos da cultivar Marselan (19,0 cm), no número de bagas (179,0) e na massa da ráquis (8,6 g), indicando condições favoráveis ao florescimento e ao pegamento dos frutos, como temperaturas amenas e boa disponibilidade hídrica nos meses de outubro a dezembro. Esses dados reforçam o desempenho reprodutivo consistente da ‘Marselan’, mesmo frente à variabilidade interanual do clima.

A ‘Tannat’ também apresentou incremento nos três parâmetros, com comprimento médio de 14,76 cm, 160,6 bagas por cacho e ráquis com 8,6 g. Embora o aumento tenha sido menos expressivo do que na ‘Marselan’, os resultados indicam que a cultivar respondeu positivamente às condições climáticas da segunda safra, principalmente no que se refere ao número de flores fecundadas e à sustentação dos cachos formados.

A ‘Sauvignon Blanc’ manteve os menores valores absolutos entre as cultivares, com leve aumento no comprimento do cacho (7,43 cm) e no número de bagas (53,2). A massa da ráquis permaneceu inalterada (4,0 g), sugerindo limitação no desenvolvimento estrutural dos cachos, possivelmente relacionada à baixa radiação solar e ao excesso de chuvas durante a fase de crescimento das bagas. Esses fatores, combinados, tendem a restringir o crescimento celular e a expansão da estrutura do cacho, especialmente em cultivares menos vigorosas.

As diferenças morfológicas observadas entre as cultivares e entre os ciclos reforçam a influência decisiva das condições climáticas, particularmente durante os

estádios D e E (pleno florescimento e desenvolvimento dos frutos), quando ocorre o maior acúmulo de massa e diferenciação estrutural do cacho. A adequada radiação solar, aliada a temperaturas moderadas e distribuição hídrica equilibrada, favorece a formação de cachos mais longos, com maior número de bagas e ráquis mais desenvolvidas.

Em condições mais quentes e úmidas, como na safra 2024/2025, cultivares de maior vigor reprodutivo, a exemplo de Marselan e Tannat, tendem a apresentar aumento no tamanho e número de bagas. Em contraste, cultivares de ciclo precoce e estrutura mais delicada, como a Sauvignon Blanc, mantêm desempenho morfológico restrito, exigindo práticas de manejo específicas, controle de vigor, poda equilibrada, desfolha seletiva, escolha adequada de porta-enxertos, manejo da irrigação e proteção fitossanitária, para compensar seu ciclo curto e fragilidade, assegurando qualidade das uvas e equilíbrio vegetativo-produtivo.

A composição física da baga da uva, expressa pela massa da baga, massa da casca e índice de compactação, resulta da interação entre genótipo, ambiente e manejo agrônomo. A avaliação das cultivares Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc nas safras 2023/2024 e 2024/2025 evidencia variações significativas associadas às condições climáticas, às características fenológicas próprias de cada cultivar e à intensidade produtiva das plantas.

TABELA 6 - Valores médios e coeficiente de variação (%) da massa da baga, massa da casca e índice de compactação das cultivares avaliadas durante as safras 2023/2024 e 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.

Safra	Cultivar	Massa da baga ⁻¹	Massa da semente e casca	Índice de Compactação
2023/2024	Marselan	1,43 aA	0,68 aB	0,84 cA
	Tannat	1,46 aA	0,66 aA	1,08 bA
	Sauvignon Blanc	1,45 aA	0,51 bA	1,32 aA
2024/2025	Marselan	1,45 aA	0,84 aA	0,58 cA
	Tannat	1,54 aA	0,72 bA	0,93 bA
	Sauvignon Blanc	1,29 bB	0,57 cA	1,20 aA
CV (%)		5,25	7,26	26,87

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si . Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes dentro da mesma cultivar diferem entre si . Tukey (p≤0,05).

Na safra 2023/2024, as massas médias das bagas foram bastante semelhantes entre as cultivares Marselan (1,43 g), Tannat (1,46 g) e Sauvignon Blanc (1,45 g), sem diferenças estatisticamente significativas. No entanto, ao se avaliar a proporção de estruturas sólidas, representadas pela massa da casca e sementes, observa-se maior valor em 'Marselan' (0,68 g), seguido por 'Tannat' (0,66 g), enquanto 'Sauvignon Blanc' apresentou valor inferior (0,51 g). Isso sugere que a 'Sauvignon Blanc' forma bagas com menor espessura de casca, o que resulta em maior proporção de polpa e maior suculência, característica comumente associada a cultivares brancas.

O índice de compactação foi mais elevado na 'Sauvignon Blanc' (1,32), o que indica cachos mais densos e potencialmente menos aerados. Essa compactação acentuada pode representar risco fitossanitário, especialmente sob elevada umidade.

Na safra 2024/2025, observou-se incremento na massa da baga para a 'Tannat' (1,54 g), acompanhado de aumento na massa da casca e sementes (0,72 g), indicando maior espessamento da casca em resposta às condições ambientais mais quentes e úmidas. Esse comportamento sugere uma adaptação morfofisiológica voltada à proteção da baga, promovendo maior resistência a rachaduras e perdas por patógenos.

A 'Marselan' manteve a massa da baga praticamente inalterada (1,45 g), mas apresentou acréscimo expressivo na massa da casca e sementes (0,84 g), sugerindo redistribuição de biomassa e aumento da proporção de estruturas sólidas. Esse comportamento pode representar uma vantagem tecnológica, ao contribuir para maior extração de compostos fenólicos durante a vinificação.

Por outro lado, a 'Sauvignon Blanc' apresentou redução significativa na massa da baga (1,29 g), mantendo valores baixos de massa de casca e semente (0,57 g). Esse decréscimo indica possível limitação no desenvolvimento da baga, potencialmente associada à menor radiação solar e à alta pluviosidade durante a fase de maturação, consequentemente prejudicando o acúmulo de sólidos e favorecendo a diluição de compostos internos, comprometendo o potencial enológico da cultivar.

Quanto ao índice de compactação, a 'Marselan' apresentou redução expressiva entre as safras (de 0,84 para 0,58), o que sugere formação de cachos menos densos e com maior espaçamento entre bagas, condição que favorece a ventilação e reduz o risco de doenças. A 'Tannat' manteve valores intermediários (de

1,08 para 0,93), compatíveis com sua estrutura de cacho mais robusta. A ‘Sauvignon Blanc’, mesmo com a queda na massa das bagas, manteve alto índice de compactação (1,20), indicando que o padrão estrutural da cultivar permaneceu pouco alterado, com tendência à compactação excessiva.

Em síntese, as cultivares tintas ‘Marselan’ e ‘Tannat’ apresentaram desempenho físico mais favorável ao processamento enológico, com destaque para o espessamento das cascas em ambiente mais quente e úmido. Já a ‘Sauvignon Blanc’ demonstrou maior vulnerabilidade ambiental, com redução no tamanho das bagas e persistência de cachos densos, o que exige atenção redobrada no manejo da colheita e sanidade.

A análise dos parâmetros de equilíbrio vegetativo e reprodutivo das cultivares Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc evidenciou distintas características morfofisiológicas, refletindo diretamente em sua capacidade produtiva e nas exigências de manejo agrônomo.

TABELA 7 - Valores médios e coeficiente de variação (%) da massa da poda, número de sarmentos, índice de Ravaz e índice de fertilidade das cultivares avaliadas durante as safras 2023/2024 e 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.

Safra	Cultivar	Massa da poda por planta (kg)	Número de sarmentos por planta	Índice de Ravaz	Índice de Fertilidade
2023/2024	Marselan	0,68 aA	31,65 aA	6,44 aA	1,06 aA
	Tannat	0,45 aA	21,15 bB	5,76 aA	0,88 bA
	Sauvignon Blanc	0,20 bB	21,12 bA	2,28 bB	0,58 cB
2024/2025	Marselan	0,66 aA	31,64 aA	6,25 aA	1,02 aA
	Tannat	0,58 aA	28,25 aA	5,57 aA	0,73 bB
	Sauvignon Blanc	0,23 bB	22,74 bA	2,51 bB	0,44 bA
	CV (%)	9,68	8,54	8,28	12,76

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes entre safras e maiúsculas entre cultivares diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A cultivar Marselan apresentou, em ambas as safras, os maiores valores de massa da poda e número de sarmentos por planta, com resultados estáveis entre os anos avaliados (0,68 e 0,66 kg de massa da poda; 31,65 e 31,64 sarmentos planta⁻¹,

respectivamente). Essa estabilidade indica um crescimento vegetativo regular, associado a elevados índices de Ravaz (6,4 e 6,25) e aos maiores índices de fertilidade (1,06 e 1,02). Esses resultados sugerem que o Marselan apresenta adequado equilíbrio entre vigor e produção, além de elevada capacidade reprodutiva, configurando-se como a cultivar mais equilibrada no conjunto analisado.

A cultivar Tannat apresentou incremento na massa da poda entre as safras (0,45 para 0,58 kg), acompanhado pelo aumento no número de sarmentos por planta (21,15 para 28,25). Esse comportamento indica maior vigor vegetativo em 2024/2025, embora o índice de Ravaz tenha se mantido estável (5,7 e 5,57). Por outro lado, o índice de fertilidade apresentou decréscimo (0,88 para 0,73), sugerindo que o aumento no crescimento vegetativo não se refletiu proporcionalmente em maior potencial produtivo.

Já a cultivar Sauvignon Blanc apresentou os menores valores para todos os parâmetros em ambas as safras. A massa da poda foi bastante reduzida (0,20 e 0,23 kg), bem como o número de sarmentos por planta (21,1 e 22,74), indicando baixo vigor vegetativo. O índice de Ravaz manteve-se em níveis inferiores às demais cultivares (2,2 e 2,51), enquanto o índice de fertilidade foi o mais baixo do conjunto (0,58 e 0,44). Esses resultados sugerem limitação produtiva e reprodutiva da cultivar nas condições avaliadas, refletindo menor equilíbrio entre vigor e produção.

A cultivar Marselan apresentou o melhor equilíbrio vegetativo-reprodutivo nos dois ciclos avaliados, demonstrando alto potencial adaptativo e constância produtiva. A Tannat também apresentou comportamento satisfatório, com aumento vegetativo na segunda safra e estabilidade reprodutiva. A Sauvignon Blanc, por outro lado, mostrou desempenho inferior, com vigor limitado e baixa fertilidade, o que pode comprometer sua viabilidade produtiva em longo prazo em regiões com alta variabilidade climática.

Dando sequência às análises dos atributos de qualidade, a Tabela 8 apresenta os valores médios e coeficientes de variação (%) para SS, ATT e pH das cultivares avaliadas nas safras de 2023/2024 e 2024/2025, em Balsa Nova, PR.

TABELA 8 - Valores médios e coeficiente de variação (%) para os teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (ATT) e pH das cultivares avaliadas durante as safras 2023/2024 E 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.

Safra	Cultivar	SS (°Brix)	ATT (mEq.L ⁻¹)	pH
2023/2024	Marselan	18,62 aA	72,4 aB	3,21 aA
	Tannat	19,08 aA	79,8 aA	3,22 aB
	Sauvignon	18,68 aA	77,0 aA	3,13 aA
	Blanc			
2024/2025	Marselan	18,66 aA	89,0 aA	3,15 bA
	Tannat	18,06 aB	84,8 aA	3,67 aA
	Sauvignon	18,54 aA	71,2 bA	3,24 bA
	Blanc			
	CV (%)	2,44	7,14	2,43

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes entre safras e maiúsculas entre cultivares diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na safra 2023/2024, os valores médios de sólidos solúveis variaram entre as cultivares, com valores próximos entre si. A ‘Tannat’ apresentando o maior teor (19,08 °Brix), seguida por ‘Sauvignon Blanc’ (18,68 °Brix) e ‘Marselan’ (18,62 °Brix) indicando bom acúmulo de açúcares nas três cultivares, reflexo de um ciclo fenológico mais longo, aliado a boa disponibilidade de radiação solar e noites relativamente frias, que favorecem a fotossíntese líquida e a concentração de solutos nas bagas.

A acidez titulável (ATT), por sua vez, apresentou variação mais expressiva entre as cultivares. ‘Tannat’ atingiu o valor mais elevado (79,8 mEq.L⁻¹), seguida por ‘Sauvignon Blanc’ (77,0 mEq L⁻¹) e Marselan (72,4 mEq L⁻¹). Esses valores indicam acidez acentuada, típica de regiões de maior altitude, onde a amplitude térmica noturna favorece a preservação dos ácidos orgânicos durante a maturação. A acidez elevada é uma característica positiva para vinhos de guarda, especialmente para os tintos estruturados.

O pH do mosto constitui um importante indicador da acidez do fruto e da qualidade enológica, influenciando parâmetros como estabilidade microbiológica, coloração e potencial de envelhecimento dos vinhos. Para as cultivares avaliadas neste estudo, observa-se diferenciação entre tintas e branca.

As cultivares tintas Marselan e Tannat apresentam pH de mosto tipicamente situados na faixa de 3,3 a 3,6, valores considerados ideais para a elaboração de

vinhos tintos com boa coloração, equilíbrio sensorial e estabilidade microbiológica. Um pH mais elevado pode comprometer a intensidade da cor e favorecer o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, enquanto valores muito baixos podem aumentar a acidez percebida e afetar a suavidade do vinho.

A cultivar branca Sauvignon Blanc, por sua vez, apresenta pH de mosto geralmente mais baixo, entre 3,0 e 3,4, favorecendo vinhos frescos e aromáticos, com boa acidez total e estabilidade microbiológica adequada. Valores de pH fora dessa faixa podem comprometer o frescor e a expressão aromática característica da cultivar.

Dessa forma, os pH de mosto observados refletem tanto a natureza genética das cultivares quanto o manejo cultural e as condições edafoclimáticas, sendo um parâmetro essencial para o planejamento enológico e a definição de estratégias de vinificação.

Na safra 2024/2025, os teores de sólidos solúveis permaneceram estáveis. A ‘Marselan’ manteve-se em 18,66 °Brix, a ‘Sauvignon Blanc’ em 18,54 °Brix e a ‘Tannat’ apresentou uma leve redução em relação à safra 2023/2024 (18,06 °Brix). A estabilidade nos níveis de açúcar, mesmo diante de maior pluviosidade e menor radiação solar em dezembro, sugere que as cultivares conseguiram completar seu processo de maturação, embora sem incremento expressivo no teor de açúcares.

A acidez titulável, por outro lado, aumentou de maneira notável na cultivar Marselan passou para 89,0 mEq L⁻¹ e Tannat para 84,8 mEq L⁻¹. Esse acréscimo pode estar associado à menor degradação dos ácidos orgânicos devido à menor insolação e ao maior volume de chuvas durante o estágio de maturação. Esse comportamento pode resultar em vinhos com maior frescor, porém também com maior necessidade de correções tecnológicas para garantir o equilíbrio gustativo, especialmente no caso de vinhos de perfil mais encorpado.

A Sauvignon Blanc, por sua vez, apresentou redução na acidez (71,2 mEq L⁻¹) em comparação com a safra de 2023/2024, comportamento atípico frente ao observado nas cultivares tintas. Tal padrão pode estar relacionado ao seu ciclo mais curto e à sua colheita antecipada, que limitam o tempo de acúmulo e manutenção dos ácidos.

Com o intuito de caracterizar a variabilidade química das cultivares avaliadas, a Tabela 9 apresenta os valores médios e os coeficientes de variação (%) referentes aos principais índices de compostos fenólicos analisados: polifenóis totais (IPT280),

flavonoides (FLA), fenóis não flavonoides (FNF), polifenóis totais (PT), teor de antocianinas totais (TTA) e taninos totais (TT). A sistematização desses dados permite uma análise comparativa entre cultivares e safras, fornecendo subsídios para a compreensão da dinâmica de acúmulo de metabólitos secundários e sua implicação na qualidade enológica.

TABELA 9 - Valores médios e coeficiente de variação (%) dos índices de polifenóis totais (IPT280), flavonoides (FLA), fenóis não flavonoides (FNF), polifenóis totais (PT), teor antocianinas totais (TTA) e taninos totais (TT) das cultivares avaliadas durante as safras 2023/2024 E 2024/2025. Balsa Nova, PR, Brasil.

Safra	Cultivar	IPT (280)	FLA (mg L ⁻¹)	FNF (mg L ⁻¹)	PT (mg L ⁻¹)	TTA (mg L ⁻¹)	TT (g L ⁻¹)
2023 / 2024	Marselan	63,24 aB	107,55 aA	1.276,54 aA	1.384,89 aA	428,30 bB	1,55 aA
	Tannat	42,95 bA	115,96 aA	1.721,13 aA	1.837,09 aA	449,28 aB	1,44 ab
	Sauvignon Blanc	35,9 bA	59,93 bA	184,16 bA	244,9 bA	NA	0,24 bA
2024 / 2025	Marselan	80,38 aA	114,55 aA	1.127,48 aA	1.242,03 aA	449,9 bA	1,48 aA
	Tannat	43,63 bA	138,92 aA	1.685,53 aA	1.824,03 aA	476,9 aA	1,35 aA
	Sauvignon Blanc	34,66 bA	81,72 bA	196,44 bA	278,16 aA	NA	0,29 bA
CV (%)		16,00	27,16	66,97	63,17	3,35	31,50

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes entre safras e maiúsculas entre cultivares diferem significativamente pelo teste de Tukey. ($p < 0,05$). NA: Não Avaliado

A cultivar Marselan apresentou o maior valor de Índice de Polifenóis Totais (IPT 280) nas duas safras, com 63,24 (2023/2024) e 80,38 (2024/2025).

A ‘Tannat’, reconhecida por sua riqueza fenólica, apresentou valores ligeiramente inferiores de IPT. Na safra 2024/2025, a cultivar alcançou os maiores teores de flavonoides (138,92 mg L⁻¹), fenóis não flavonoides (1.685,53 mg L⁻¹), polifenóis totais (1.824,03 mg L⁻¹), antocianinas totais (476,9 mg L⁻¹) e taninos totais (1,35 g L⁻¹). Esses valores consolidam seu potencial para a elaboração de vinhos estruturados, com elevada complexidade sensorial e aptidão para envelhecimento.

Na comparação entre cultivares e safras, verificou-se que a ‘Tannat’ se destacou consistentemente pelos maiores valores de IPT e TTA, indicando elevado

potencial fenólico e maior acúmulo de taninos totais em relação às demais cultivares, o que reforça sua vocação para a produção de vinhos mais estruturados e de guarda.

A Marselan, apesar de menor teor de antocianinas totais ($449,9 \text{ mg L}^{-1}$), manteve bom desempenho em compostos não pigmentados, com alto conteúdo de fenóis não flavonoides, contribuindo para corpo e persistência em boca.

Por outro lado, embora a Sauvignon Blanc tenha apresentado valores absolutos menores para os parâmetros avaliados, observou-se incremento expressivo na safra 2024/2025, sobretudo em FLA, FNF e PT, evidenciando melhora relativa em seu desempenho. Esse comportamento sugere que a cultivar responde de forma sensível às variações sazonais, especialmente às condições climáticas mais úmidas e quentes, que podem favorecer maior extração de compostos fenólicos e influenciar sua qualidade enológica.

3.4 DISCUSSÃO

A viticultura de altitude no Brasil tem despertado crescente interesse técnico e científico, sobretudo em virtude das vantagens edafoclimáticas que proporcionam maturação lenta, acúmulo equilibrado de açúcares, preservação da acidez e maior complexidade fenólica, aspectos decisivos na qualidade dos vinhos (Tonietto; Carbonneau, 2004; Rufato et al., 2019). Os resultados obtidos neste estudo confirmam a relevância desses fatores na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), evidenciando o potencial produtivo e qualitativo de cultivares viníferas sob condições subtropicais de altitude.

A duração do ciclo fenológico das cultivares avaliadas variou entre 146 e 168 dias, sendo a cultivar Tannat a que apresentou o ciclo mais longo em ambas as safras analisadas. Essa característica está em consonância com estudos prévios que destacam o ciclo tardio da Tannat e seu elevado acúmulo de compostos fenólicos, especialmente em regiões de altitude (Rizzon; Meneguzzo, 2007).

A análise comparativa entre cultivares com distintos ciclos fenológicos e exigências térmicas contribui para a identificação de material genético mais adaptado ao *terroir* local, possibilitando o desenvolvimento de estratégias de manejo específicas e sustentáveis (Tonietto; Carbonneau, 2004). Estudos recentes destacam que a introdução e o monitoramento de cultivares em regiões de altitude são fundamentais

para o avanço da viticultura brasileira, dado o potencial dessas áreas para originar vinhos com elevado frescor, equilíbrio ácido e complexidade aromática (Brighenti et al.,2017).

A cultivar Tannat, amplamente reconhecida por sua elevada exigência térmica e maturação lenta (Santos et al.,2007; Tonietto; Carbonneau, 2004), apresentou ciclos fenológicos de 168 dias na safra 2023/2024 e 161 dias na safra 2024/2025. A ligeira redução observada entre os ciclos pode ser atribuída às diferenças interanuais nas temperaturas médias e na radiação solar, fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento e a fenologia da videira (Jones; Davis, 2000). A maturação mais lenta da Tannat exige estratégias de manejo rigorosas em regiões com verões úmidos, como a RMC, a fim de assegurar a sanidade dos frutos e a adequada maturação fenólica, especialmente porque sua colheita tende a ocorrer em períodos de alta pluviosidade, o que eleva o risco de podridões e perdas qualitativas (Lorenzini et al.,2022).

A cultivar Sauvignon Blanc, por sua vez, demonstrou ciclos mais curtos, com duração de 146 dias em 2023/2024 e 148 dias em 2024/2025, comportamento compatível com sua conhecida precocidade (Bodin; Morlat, 2006; Falcão et al.,2008). Essa característica é particularmente vantajosa para regiões como a RMC, onde os meses finais do verão concentram o maior volume de chuvas. A antecipação da colheita antes do pico de pluviosidade favorece a manutenção da sanidade dos cachos e reduz perdas por doenças fúngicas, além de contribuir para a preservação da acidez natural e do frescor aromático, atributos valorizados nos vinhos brancos de clima fresco (Oliveira et al.,2018).

Já a cultivar Marselan apresentou o ciclo mais longo entre as avaliadas: 169 dias na safra 2023/2024 e 167 dias em 2024/2025. A estabilidade interanual do ciclo sugere boa adaptação fenológica da cultivar às condições da RMC, mesmo diante das oscilações térmicas e hídricas típicas do clima subtropical. Sua maturação tardia, no entanto, exige atenção redobrada ao ponto de colheita e à gestão fitossanitária, dado que sua janela de colheita coincide com o aumento da pluviosidade no final do verão. Apesar dos riscos associados, Marselan é valorizada pelo seu elevado potencial enológico, especialmente na elaboração de vinhos tintos de guarda, com boa intensidade de cor e riqueza em compostos fenólicos (Arenhart et al.,2022). Sua resposta fenológica relativamente constante reforça sua viabilidade para cultivos em

altitudes, onde a amplitude térmica e a insolação são favoráveis à síntese de compostos de qualidade (Tonietto; Carbonneau, 2004).

Esses resultados são compatíveis com os relatados por Serpa et al., (2021), que observou média de 36 cachos por planta, embora com menor massa média (140 g). De forma semelhante, Barros et al., (2019) reportaram massas de cacho entre 150 e 200 g e comprimento médio de 13 cm, valores inferiores aos obtidos neste estudo, o que reforça o bom desempenho da cultivar nas condições edafoclimáticas da Região Metropolitana de Curitiba.

Assim, a presente abordagem fornece subsídios técnicos para a adequação varietal e para a diversificação da produção vitivinícola na RMC, contribuindo para o fortalecimento da viticultura de altitude na região Sul do Brasil e para a valorização de novas fronteiras produtivas (Rufato et al., 2021; Goulart Junior et al., 2019).

A cultivar Marselan beneficiou-se especialmente dessas condições, apresentando elevada atividade fotossintética e excelente acúmulo de compostos fenólicos, indicando bom potencial para vinhos de guarda. Já Tannat, com ciclo fenológico mais longo, teve parte de seu potencial comprometido pelas chuvas intensas nos meses de janeiro e fevereiro, período próximo à colheita. O excesso de umidade (maiores que 150 mm mensais) pode ter provocado diluição dos solutos, redução no teor de açúcares e aumento da incidência de doenças fúngicas, afetando negativamente a sanidade e o rendimento produtivo (Lorenzini et al., 2022).

A análise fisiológica demonstra que o prolongamento da fase F (maturação à colheita) na Sauvignon Blanc pode ter limitado o acúmulo de compostos solúveis, devido à menor atividade fotossintética em função da baixa radiação (272 MJ m^{-2} em dezembro/2024) e à elevada umidade (acima de 90%), que favorece a diluição dos solutos nas bagas. Além disso, o aumento das chuvas em dezembro de 2024 (acima de 350 mm) pode ter interferido na translocação de fotoassimilados e estimulado o metabolismo de estresse, resultando em cachos mais compactos e com maior risco fitossanitário. Tais condições impactam diretamente a relação fonte-dreno da videira e ajudam a explicar a baixa performance da Sauvignon Blanc (Keller, 2010).

A amplitude térmica diária revelou-se um fator climático determinante para a qualidade da uva destinada à vinificação, superando 9°C nos meses de janeiro nas duas safras avaliadas, característica típica de regiões de altitude. Esse padrão térmico influencia diretamente o metabolismo secundário das videiras, contribuindo para o

equilíbrio entre acúmulo de açúcares e preservação da acidez, fatores essenciais para a qualidade enológica (Jackson, 2014) ao passo que inibe sua degradação durante as noites mais frias, contribuindo assim para a qualidade das uvas tintas (Tonietto; Carbonneau, 2004).

No presente estudo, esses efeitos foram particularmente evidentes nas cultivares tintas Marselan e Tannat, que exibiram elevados teores de TTA e IPT, principalmente na safra 2024/2025, mesmo em condições de maior pluviosidade. Para a cultivar Marselan, foram observados valores de IPT de 80,38 e TTA de 449,9 mg·L⁻¹, indicando intensa atividade fenólica vinculada às condições climáticas de maturação, o que sugere que a amplitude térmica elevada pode compensar parcialmente efeitos negativos de umidade excessiva e menor radiação solar. De acordo com Tonietto e Carbonneau (2004), a elevada amplitude térmica promove a conservação dos compostos fenólicos e da acidez orgânica, em especial do ácido málico, devido à redução da respiração celular noturna, além de favorecer a fotossíntese e o acúmulo de açúcares durante o dia.

Adicionalmente, essa variação térmica também contribui para a estabilidade das antocianinas, uma vez que temperaturas mais baixas reduzem sua degradação oxidativa, preservando a intensidade e a estabilidade da coloração dos frutos e, por conseguinte, dos vinhos (Spayd et al., 2002). O acúmulo de compostos fenólicos, por sua vez, está relacionado à complexidade sensorial, ao corpo e à longevidade dos vinhos, aspectos enologicamente desejáveis, sobretudo em cultivares tintas como Tannat e Marselan (Ribéreau-Gayon et al., 2006; Kennedy et al., 2006).

Assim, a amplitude térmica noturna emerge como um elemento crucial no *terroir* da Região Metropolitana de Curitiba, exercendo papel fundamental na qualidade enológica das uvas, sobretudo no que concerne à coloração e à estrutura dos vinhos tintos. Esse fator justifica a valorização de regiões de altitude para a viticultura de qualidade, corroborando os achados de Poni et al., (2018), que ressalta sua importância para o cultivo de cultivares tintas em zonas de clima subtropical.

Entretanto, a maior precipitação acumulada durante os estádios de desenvolvimento dos frutos e de maturação na safra 2024/2025, principalmente em dezembro, pode ter contribuído para a redução do teor de sólidos solúveis nas cultivares tintas, em comparação à safra anterior. Essa diluição do teor de açúcares por efeito da alta umidade é amplamente documentada na literatura (Tecchio et

al.,2011). Além disso, a menor radiação solar observada neste período comprometeu parcialmente a síntese de compostos fenólicos, sobretudo nas bagas da Sauvignon Blanc e da Tannat (Miele et al.,2010).

Ao relacionar fenologia e produtividade, observa-se que Marselan manteve alta produtividade em ambas as safras, com bom número de cachos e massa individual equilibrada. No entanto, a produtividade não deve ser avaliada isoladamente. Embora Tannat tenha aumentado significativamente sua produtividade em 2024/2025, esse ganho foi acompanhado por um aumento proporcional nos teores de compostos fenólicos, mantendo a qualidade enológica (Brighenti et al.,2017). Já a Sauvignon Blanc, mesmo com discreto aumento na produção por planta, apresentou redução na massa da baga e baixa concentração de sólidos solúveis, indicando baixa qualidade tecnológica.

O rendimento da planta, incluindo o número de cachos e massa de bagas, influencia a diluição ou concentração dos compostos fenólicos. Como observado anteriormente (Tabela 4 e 5), Marselan apresentou maior número de bagas e cachos na safra 2024/2025, o que, paradoxalmente, não reduziu os teores fenólicos, sugerindo um bom equilíbrio vegetativo-reprodutivo e provável maior exposição das bagas à luz (Smart; Robinson, 1991; Kliewer; Dokoozlian, 2005; Van Leeuwen; Seguin, 2006).

Esses resultados são compatíveis com os relatados por Serpa (2021), que observou média de 36 cachos por planta, embora com menor massa média (140 g). De forma semelhante, Barros et al., (2019) reportaram massas de cacho entre 150 e 200 g e comprimento médio de 13 cm, valores inferiores aos obtidos neste estudo, o que reforça o bom desempenho da cultivar nas condições edafoclimáticas da Região Metropolitana de Curitiba.

Os resultados obtidos neste estudo estão em consonância com levantamentos realizados pela Embrapa Uva e Vinho (Mello, 2018), que destacam o potencial da cultivar Marselan em áreas experimentais e comerciais do Paraná, especialmente na Região Metropolitana de Curitiba e em Londrina, onde a variedade tem apresentado boa adaptação e qualidade enológica. Essa consistência reforça a importância da Marselan como alternativa para diversificação da viticultura paranaense. Além disso, a variação observada entre as safras, ainda que moderada, evidencia a necessidade de monitoramento climático contínuo e de práticas de manejo

adaptadas às condições edafoclimáticas locais, em consonância com o sistema de classificação climática proposto por Tonietto e Carbonneau (2004).

Além disso, segundo Kennedy et al., (2002), cultivares com maior densidade de casca em relação à polpa, como a 'Tannat', concentram mais taninos e antocianinas, dado que esses compostos são sintetizados principalmente na epiderme e semente.

Portanto, ao correlacionar os dados fenológicos com os climáticos e produtivos, verifica-se que a sincronia entre o ciclo fenológico e os eventos climáticos críticos (como picos de pluviosidade ou radiação solar) foi determinante para o desempenho agrônomo de cada cultivar. A análise integrada reforça a importância da adequação da cultivar ao *terroir*, bem como do monitoramento climático contínuo como ferramentas essenciais para a tomada de decisão no manejo da viticultura de altitude da Região Metropolitana de Curitiba.

Os teores de sólidos solúveis permaneceram superiores a 18 °Brix, com pH adequado, acidez titulável moderada, e elevados valores de antocianinas totais e índice de polifenóis totais. Essa combinação de rendimento e potencial enológico indica que a produtividade elevada não comprometeu a qualidade das uvas, corroborando a alta adaptabilidade da cultivar em regiões de altitude (Rufato et al., 2018; Oliveira et al., 2021).

Quanto às características morfológicas, a 'Marselan' apresentou maior comprimento de cacho, número de bagas por cacho e massa da ráquis, atributos que favorecem o rendimento e a estrutura dos vinhos produzidos (Miele, 2003). Em termos de composição fenólica, essa cultivar exibiu os maiores teores de polifenóis totais, antocianinas e taninos, com aumento significativo do IPT na safra 2024/2025, mesmo diante de menor radiação solar, evidenciando sua capacidade de síntese fenólica estável em condições climáticas adversas (Arenhart, 2015; Quincozes, 2022).

A 'Tannat', por sua vez, apresentou ciclo fenológico mais longo (168 dias) e produtividade inferior à 'Marselan', porém manteve desempenho estável e notável conteúdo fenólico, principalmente no teor de taninos totais, o que confirma sua vocação para a produção de vinhos encorpados e de guarda (Miele; Rizzon, 2009; TRICHES et al., 2020). Observou-se ainda aumento significativo da produção por planta na safra 2024/2025, provavelmente associado ao incremento no número de sarmentos e maior índice de fertilidade, conforme apontado por Dias et al., (2012;

2016), que destacam a influência positiva do vigor vegetativo em condições climáticas mais úmidas.

Esses dados corroboram os resultados de Santos et al., (2015), que reportaram produtividade de 10,1 t ha⁻¹ para a 'Tannat' no norte do Paraná, com massas médias dos cachos em torno de 200 g. A estabilidade na massa média entre as safras sugere uma boa adaptação da cultivar às condições locais, embora sua produção por planta ainda se mantenha inferior à da 'Marselan'. Estudos anteriores, como os de Rizzon e Miele (2002), também destacam o desempenho favorável da 'Tannat' em regiões do Sul do Brasil, ainda que a produtividade varie conforme o manejo adotado e os fatores climáticos sazonais.

Em contraste, a 'Sauvignon Blanc' apresentou desempenho inferior nas duas safras, com menor número de cachos, baixa produtividade, e menores valores de sólidos solúveis e IPT. O ciclo fenológico precoce desta cultivar faz com que sua maturação ocorra em dezembro, período marcado por menor radiação solar e elevada pluviosidade, condições que prejudicam o acúmulo de açúcares e promovem a diluição de compostos pela absorção excessiva de água (Borghezan et al., 2011; Tecchio et al., 2011; Brighenti et al., 2013).

A 'Sauvignon Blanc' apresentou decréscimo na massa da baga na segunda safra, possivelmente em função de condições climáticas mais adversas, como temperaturas elevadas ou menor disponibilidade hídrica no período de maturação. Esses fatores são conhecidos por acelerar o processo de desidratação e reduzir o volume celular, culminando em frutos menores (Ojeda et al., 2002; Chaves et al., 2007).

A combinação dos valores de SS, ATT e pH reforça a importância do Índice de Maturação, que reflete o equilíbrio entre acidez e açúcares, para a tomada de decisão sobre o momento ideal da colheita. A 'Marselan', com seu aumento na acidez e manutenção dos sólidos solúveis, apresentou condições favoráveis para a obtenção de vinhos equilibrados em ambas as safras. A 'Tannat', embora com pH elevado na segunda safra, manteve sólidos e acidez em níveis adequados, evidenciando sua adaptação ao *terroir* da região. Já a 'Sauvignon Blanc' apresentou indicadores de desequilíbrio, alinhando-se aos seus baixos índices de Ravaz e menor qualidade fenólica, ressaltando a necessidade de manejo específico para otimizar a maturação (Marcon Filho et al., 2015).

O índice de Ravaz, calculado como a razão entre a produção de frutos e a massa de madeira produzida no ciclo anterior, é amplamente utilizado para avaliar o equilíbrio entre o vigor vegetativo e a produtividade da videira (Smart, Robinson, 1991). Valores ideais do índice situam-se geralmente entre 5 e 10, indicando que a planta mantém um balanço saudável que favorece a qualidade dos frutos sem comprometer a sanidade e longevidade da planta.

Valores baixos, como os observados na ‘Sauvignon Blanc’, sugerem excesso de crescimento vegetativo e/ou baixa produção, o que pode levar a sombreamento excessivo do dossel, reduzindo a fotossíntese nas folhas basais e prejudicando a maturação das bagas (Marcon Filho et al., 2015; Greven et al., 2014). Esse desequilíbrio pode ser corrigido por práticas culturais como a poda verde, desbaste de folhas e controle da carga de frutos para índices acima de 10, essenciais para otimizar a exposição solar e promover a qualidade enológica (Smart, Robinson, 1991). Isso também está refletido em seu menor índice de fertilidade (0,58), evidenciando baixa proporção de ramos frutíferos.

Os valores obtidos para ‘Marselan’ e ‘Tannat’ situam-se dentro da faixa considerada ideal, evidenciando um equilíbrio adequado entre produção e crescimento vegetativo. Isso sugere que ambas as cultivares, sob as condições edafoclimáticas, apresentaram vigor compatível com seu potencial produtivo, sem comprometer a sanidade ou a maturação dos cachos (Keller, 2020).

Os valores de sólidos solúveis, que refletem principalmente o teor de açúcares (glicose e frutose), variaram de 18,06 a 19,08 °Brix. A cultivar Tannat apresentou maior teor de SS na safra 2023/2024 (19,08 °Brix), enquanto apresentou queda significativa na safra 2024/2025 (18,06 °Brix), sugerindo influência climática ou fisiológica. - Condições como menor radiação solar, excesso de precipitação ou colheita antecipada podem explicar essa redução (Radünz et al., 2013; Würz et al., 2018).

As cultivares ‘Marselan’ e ‘Sauvignon Blanc’ mantiveram valores relativamente estáveis entre as safras, o que pode indicar maior resiliência às variações climáticas. De modo geral, valores em torno de 18 e 19 °Brix são considerados adequados para a produção de vinhos finos, embora cultivares tintas como a Tannat geralmente alcancem valores mais altos quando há boa maturação tecnológica (Keller, 2020).

A relação entre pH e acidez titulável também merece destaque. O pH regula a estabilidade microbiológica e química do vinho, influenciando cor, aroma e sabor. A acidez titulável expressa a concentração real de ácidos orgânicos. Na 'Marselan' e 'Tannat', o aumento da acidez acompanhou, paradoxalmente, elevação ou estabilidade do pH, sugerindo interferências do potássio e de ácidos fracos dissociados. Esses ácidos, como málico, láctico, succínico e acético, contribuem para a acidez titulável, mas devido à sua dissociação incompleta não reduzem o pH de forma proporcional. Além disso, o potássio pode neutralizar parte dos ácidos orgânicos, formando sais que elevam o pH, o que explica a aparente contradição entre maior acidez e manutenção ou aumento do pH (Daudt; Fogaça, 2008). A Tannat, em especial, alcançou pH 3,67 em 2024/2025, valor que pode comprometer a estabilidade do vinho, mesmo com acidez elevada.

Vale destacar que, segundo Jackson (2014), valores de pH entre 3,2 e 3,5 são ideais para a produção de vinhos tintos, enquanto valores mais baixos são preferíveis em vinhos brancos e espumantes por favorecerem a estabilidade microbiológica e a expressão de compostos voláteis.

Uvas tintas tendem a apresentar maior acidez em regiões de altitude devido à retenção de ácido málico em noites frias e à maturação mais lenta (Keller, 2010). Além disso, a exposição solar e a amplitude térmica favorecem o acúmulo de taninos condensados e antocianinas, fundamentais para a estrutura do vinho tinto (Teixeira et al., 2013).

Do ponto de vista tecnológico, Marselan e Tannat demonstraram-se superiores em termos de potencial enológico, com composição fenólica adequada e estabilidade interanual. A estabilidade da Marselan, mesmo diante de variações climáticas, confirma sua plasticidade fenotípica e adaptabilidade à viticultura de altitude na Região Metropolitana de Curitiba (Brighenti et al., 2017; Arenhart, 2015).

3.5 CONCLUSÃO

A combinação dos dados climáticos regionais, da fenologia específica e dos resultados produtivos e qualitativos obtidos confirma que a viticultura de altitude na Região Metropolitana de Curitiba favorece cultivares tintas adaptadas ao regime de amplitude térmica elevada, como Marselan e Tannat, que conseguem expressar altos níveis de compostos fenólicos e bons rendimentos mesmo em anos com pluviosidade acentuada.

A Sauvignon Blanc, apesar de sua importância na produção de vinhos brancos, mostrou-se menos adaptada às condições locais, principalmente em anos com menor radiação solar e maior umidade, reforçando a necessidade de estratégias de manejo mais rigorosas para equilibrar o vigor e a produção, ou ainda a avaliação de cultivares alternativas para otimização da qualidade enológica.

3.6 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. ***Meteorologische Zeitschrift***, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ARENHART, M. Caracterização físico-química, fenólica e sensorial da cv. Marselan de diferentes regiões do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

ARENHART, M.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Potencial enológico da cultivar Marselan em regiões de altitude do Sul do Brasil. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 14, p. 45–56, 2022.

BARROS, M. I. L. F.; MELLO, L. L.; FRÖLECH, D. B.; MANICA-BERTO, R.; COSTA, V. B.; MALGARIM, M. B. Características físico-químicas de uva 'Marselan' sob raleio de cachos na Serra do Sudeste-RS. ***Revista Brasileira de Ciências Agrárias***, v. 14, n. 1, e5622, 2019.

BOCK, A.; KRAUS, C.; NICK, P. A contribuição dos microtúbulos para o desenvolvimento da coifa lateral da raiz em videira (*Vitis vinifera* L.). ***Protoplasma***, v. 248, n. 3, p. 651–659, 2011.

BODIN, F.; MORLAT, R. Characterization of viticultural “terroirs” using a simple field model based on soil depth – II. Validation of the grape yield and berry quality in the Anjou vineyard (France). ***Plant and Soil***, Dordrecht, v. 281, n. 1/2, p. 55–69, 2006.

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F. A.; SILVA, A. L. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v. 46, n. 4, p. 398–405, 2011.

BRIGHENTI, A. F.; WÜRZ, D. A.; RUFATO, L.; SILVA, A. L.; KRETZSCHMAR, A. A. Fenologia e desempenho de cultivares viníferas em regiões de altitude de Santa Catarina. ***Revista Brasileira de Fruticultura***, v. 39, n. 2, p. 1–10, 2017.

BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L.; BRIGHENTI, E.; PORRO, D.; STEFANINI, M. Desempenho vitícola de variedades autóctones italianas em condição de elevada altitude no Sul do Brasil. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, Brasília, v. 49, n. 6, p. 465–474, 2014.

BRIGHENTI, A. F.; WÜRZ, D. A.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Fenologia e exigência térmica de variedades de videira em regiões de altitude de Santa Catarina. ***Revista Brasileira de Fruticultura***, v. 35, n. 2, p. 361–371, 2013.

BRIGHENTI, A. F. Maior carga de gemas da videira resulta em melhora dos índices produtivos e vegetativos da videira 'Cabernet Franc' cultivada em região de elevada altitude. ***Revista de Ciências Agroveterinárias***, Lages, v. 13, n. 2, p. 162–170, 2014.

BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A.; SCHLEMPER, C. Desempenho vitícola da Cabernet Sauvignon sobre diferentes porta-enxertos em região de altitude de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 96–103, 2011.

BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; GATTI, M.; REGINA, M. A. Viticultura de precisão e qualidade da uva em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 9, n. 1, p. 16–23, 2017.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. esp. 1, p. 144–149, 2011.

CHAVES, M. M.; SANTOS, T. P.; SOUZA, C. R.; ORTUÑO, M. F.; RODRIGUES, M. L.; LOPES, C. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. **Annals of Applied Biology**, v. 150, p. 237–252, 2007.

DAUDT, C. E.; FOGAÇA, A. O. Efeito do ácido tartárico nos valores de potássio, acidez titulável e pH durante a vinificação de uvas Cabernet Sauvignon. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2345–2350, 2008.

DIAS, F. A. N.; REGINA, M. A.; SOUZA, C. R.; MOTA, R. V.; FÁVERO, A. C.; AMORIM, D. A. Fertilidade de gemas e produção da videira ‘Chardonnay’ em região de altitude de Minas Gerais. **Bragantia**, v. 71, n. 3, p. 373–379, 2012.

DIAS, F. A. N.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A.; MOTA, R. V.; FÁVERO, A. C.; AMORIM, D. A. Pruning management of Chardonnay grapevines at high altitude in Brazilian southeast. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p. 72–80, 2016.

DIAS, R. C.; FARIAS, J. M.; SOUZA, L. P. Influência do vigor vegetativo na produtividade de cultivares de videira em condições subtropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1335–1342, 2016.

EMBRAPA UVA E VINHO. **Viticultura no Paraná**: Adaptação das cultivares de uvas finas. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 356 p

FALCÃO, L.D.; MIELE, A.; RIZZON, L.A. Características físico-químicas de cultivares de uvas tintas para elaboração de vinho fino tinto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.96–103, 2008.

GARRAMONE, F. M.; PEREIRA, G. E.; TONIETTO, J.; SANTOS, D. B. dos. O impacto das condições climáticas e do solo na produção de vinhos finos. **Revista Brasileira de Viticultura**, v. 22, n. 1, p. 15–23, 2019.

GRANJA, Kelliane Araujo Silva. Influência dos fatores edafoclimáticos sobre a videira cultivada no semiárido brasileiro. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia

em Viticultura e Enologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, 2020.

GOULART JUNIOR, J. R.; FLORES, S. S.; SANT'ANNA, R. L.; SILVA, L. C.; ESTEVES, P. S. **Vinhos do Cerrado de altitude**: o desenvolvimento de uma nova fronteira vitivinícola em Brasília, DF. *Interações (Campo Grande)*, v. 25, n. 4, p. 1001–1020, 2019.

GREVEN, M.; GREEN, S.; BENNETT, J.; NEAL, S.; WAINES, J.; TREADWELL, L. Effect of crop load on vine performance and fruit composition of Sauvignon Blanc in Marlborough, New Zealand. ***Australian Journal of Grape and Wine Research***, v. 20, p. 91–103, 2014.

JACKSON, R. S. ***Wine Science: Principles and Applications***. 4. ed. San Diego: Academic Press, 2014.

JONES, G. V.; DAVIS, R. E. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. ***American Journal of Enology and Viticulture***, v. 51, n. 3, p. 249–261, 2000.

KELLER, M. ***The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology***. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2010.

KELLER, M. ***The Science of Grapevines***. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2020.

KENNEDY, J. A.; SAUCIER, C.; GLORIES, Y. Grape and wine phenolics: history and perspective. ***American Journal of Enology and Viticulture***, v. 57, n. 3, p. 239–248, 2006.

KENNEDY, J. A.; HAYASAKA, Y.; WATERS, E. J.; WILLIAMS, P. J. Analysis of tannins in seeds and skins of grape berries. ***American Journal of Enology and Viticulture***, v. 53, n. 4, p. 282–289, 2002.

KLIEWER, W. M.; DOKOOZLIAN, N. K. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. ***American Journal of Enology and Viticulture***, v. 56, n. 2, p. 170–181, 2005.

LORENZ, D. H., EICHHORN, K. W., BLEIHOLDER, H., KLOSE, R., MEIER, U. AND WEBER, E. Phenological growth stages of grapevine (*Vitis vinifera* L. spp. *vinifera*): codes and descriptions according to the extended BBCH scale. ***Australia Journal of Grape and Wine Research***, 1, p. 100-110, 1995.

LORENZINI, F.; BORGHEZAN, M.; RUFATO, L.; BRIGHENTI, A. F. Impacto da pluviosidade na sanidade e qualidade de uvas viníferas em regiões úmidas. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 14, p. 77–88, 2022.

MALINOVSKI, L. I., BRIGHENTI, A. F., BORGHEZAN, M., GUERRA, M. P., SILVA, A. L., PORRO, D., STEFANINI, M., & VIEIRA, H. J. Viticultural performance of Italian grapevines in high altitude regions of Santa Catarina State, Brazil. ***Acta Horticulturae***, 1115, p. 203–210, 2016.

MARCON FILHO, J. L.; WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Índices de fertilidade e desempenho agrônomo da videira Sauvignon Blanc em região de altitude de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 2, p. 123–131, 2015.

MELLO, L. M.; RIZZON, L. A. **A viticultura no sul do Brasil**: Perspectivas e desafios. Porto Alegre: Editora Técnica, 2010.

MELLO, L. M. R. de. **A vitivinicultura brasileira**: panorama 2018. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2018. (Comunicado Técnico, 210).

MIELE, A. Características morfológicas de cachos de uvas viníferas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 105–112, 2003.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 223–229, 2009.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Desempenho da cultivar Tannat em regiões do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 10, p. 45–54, 2002.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; MANFROI, V.; ZANUS, M. C. Influência da radiação solar na composição fenólica de uvas viníferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 112–121, 2010.

MOTA, R. V.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A.; FÁVERO, A. C.; AMORIM, D. A. Índice de Ravaz e sua relação com a produção e vigor da videira em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 2, p. 33–40, 2010.

OJEDA, H.; ANDARY, C.; KRAEVA, E.; CARBONNEAU, A.; DARNÉ, G. Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 4, p. 261–267, 2002.

OLIVEIRA, J. B.; RIZZON, L. A.; MIELE, A.; BRIGHENTI, A. F. Qualidade de vinhos brancos em regiões de altitude do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 10, p. 55–66, 2018.

OLIVEIRA, J. B.; RIZZON, L. A.; MIELE, A.; BRIGHENTI, A. F. Composição fenólica e potencial enológico de cultivares viníferas em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, p. 33–44, 2021.

OLIVEIRA, J. B.; PEREIRA, G. E.; PECCIN, E. G.; RISTE, U. S.; DECONTI, G. S.; SANTOS, F. C. dos; SANTANA, D. P.; ALBUQUERQUE F., M. R. de; FIGUEIREDO, A. B. A. de. Caracterização agrônomo de videiras e enológica de uvas e vinhos de inverno no Cerrado brasileiro. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 23. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2023. 34 p.

PONI, S.; GIL, M.; TOMASI, D.; PALLIOTTI, A.; GAIOTTI, F.; PIREZ, F. J.; MERLI, M. C.; BERNIZZONI, F. Sustainable viticulture and climate change: physiology and

management. ***Australian Journal of Grape and Wine Research***, v. 24, p. 1–20, 2018.

QUINCOZES, L. S. Caracterização fenológica e potencial enológico da Marselan produzida na Campanha Gaúcha-RS. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2025.

RADÜNZ, A. L.; BENEDETTI, B. C.; VEDOATO, B. T.; SILVA, J. A.; VEDOATO, B. T.; BENEDETTI, B. C. Curva de maturação e estimativa do teor de sólidos solúveis e acidez total em função de graus-dia: uva IAC 138-22 'Máximo'. ***Bragantia***, Campinas, v. 73, n. 1, p. 82–89, 2014

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. ***Handbook of Enology. Vol. 2: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments***. 2. ed. Chichester: Wiley, 2006.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto. ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Uva e Vinho***, n. 13, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Desempenho da cultivar Tannat em regiões do Sul do Brasil. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 10, p. 45–54, 2002.

RUFATO, L.; BRIGHENTI, A. F.; MARCON FILHO, J. L.; BOGO, A.; KRETZSCHMAR, A. A. Viticultura de altitude no Brasil: avanços e perspectivas. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 11, p. 45–60, 2019.

RUFATO, L.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; BOGO, A.; KRETZSCHMAR, A. A. (orgs.). ***A cultura da videira: vitivinicultura de altitude***. Florianópolis: UDESC, 2021.

SANTOS, H. P.; ZANUS, M. C.; MIELE, A.; RIZZON, L. A. Fenologia e exigência térmica de cultivares viníferas no norte do Paraná. ***Revista Brasileira de Fruticultura***, v. 29, n. 3, p. 448–453, 2007.

SANTOS, H. P.; ZANUS, M. C.; MIELE, A.; RIZZON, L. A. Produtividade e qualidade da uva Tannat no norte do Paraná. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 7, p. 55–63, 2015.

SERPA, I. S.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Desempenho agrônômico de uvas viníferas sob cultivo protegido em região de clima subtropical. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SMART, R.; ROBINSON, M. ***Sunlight into Wine: a handbook for winegrape canopy management***. Adelaide: Winetitles, 1991.

SPAYD, S. E.; TARARA, J. M.; MEE, D. L.; FERGUSON, J. C. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 3, p. 171–182, 2002.

TECCHIO, M. A.; PAIOLI-PIRES, E. J.; TERRA, M. M.; PIRES, R. C. M. Produtividade e qualidade da uva ‘Niagara Rosada’ em diferentes sistemas de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 235–241, 2011.

TEIXEIRA, A.; EIRAS-DIAS, J.; CASTELLARIN, S. D.; GERÓS, H. Anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant activity in grapes and wines. **Food Research International**, v. 53, p. 231–242, 2013.

TELLO, J., IBÁÑEZ, J. Evaluation of indexes for the quantitative and objective estimation of grapevine bunch compactness. **Vitis - Journal of Grapevine Research**, 53, 9-16, 2014.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, p. 81–97, 2004.

TRICHES, W. S.; CHAVES, F. C.; ECKHARDT, D. P.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Physico-chemical characterization of wines produced by different rootstock and *Vitis vinifera* cv. Tannat clones in vineyards of subtropical climate region. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 9, p. 1506–1518, 2020.

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. The concept of terroir in viticulture. **Journal of Wine Research**, London, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2006.

WÜRZ, D. A.; ALLEBRANDT, R.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Época de desfolha e sua influência no desempenho vitícola da uva ‘Sauvignon Blanc’ em região de elevada altitude. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 90–98, 2018.

ZAMORRA, F. Elaboración y crianza del vino tinto: aspectos científicos y prácticos. 1ªed. Madrid: **Ediciones Mundi-Prensa**. 2003.

4 - CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA E QUALIDADE DE TREZE CULTIVARES DE UVAS PRODUZIDAS EM ALTITUDE.

RESUMO

A viticultura de altitude tem se destacado como alternativa promissora para a produção de vinhos finos no Sul do Brasil, especialmente em regiões de clima subtropical e elevada amplitude térmica. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho fenológico, produtivo, morfológico e qualitativo de treze cultivares viníferas (*Vitis vinifera* L.), sendo nove tintas (Ancellotta, Cabernet Franc, Marselan, Merlot, Pinot Noir, Rebo, Sangiovese Grosso, Syrah e Tannat) e quatro brancas (Alvarinho, Chardonnay, Gewurztraminer e Sauvignon Blanc), durante a safra 2024/2025, em Campo Largo-PR. O experimento foi conduzido em vinhedo comercial, a 887 m de altitude, sob delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e quatro plantas por parcela. Foram avaliados as fases fenológicas, parâmetros produtivos e morfológicos, índices de equilíbrio vegetativo (Ravaz e fertilidade), e características físico-químicas e fenólicas das uvas. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Os resultados indicaram ampla variação fenológica, com ciclos entre 132 e 169 dias. Entre as cultivares tintas, Ancellotta, Marselan e Tannat apresentaram os ciclos mais longos, enquanto Pinot Noir e Merlot foram mais precoces. A cultivar Marselan destacou-se pela maior produtividade, equilíbrio vegetativo e boa qualidade tecnológica. Tannat e Ancellotta apresentaram elevado teor de antocianinas (maiores que $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) e taninos (maiores que $2,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), demonstrando potencial para vinhos encorpados. Entre as brancas, Alvarinho e Chardonnay mostraram maturação equilibrada e boa acidez. Os teores médios de sólidos solúveis (16,6–20,0 °Brix), acidez total (77–106 mEq·L⁻¹) e pH (3,1–3,8) indicaram adequada maturação tecnológica. Conclui-se que as condições de Campo Largo são favoráveis à vitivinicultura de altitude, e que Marselan, Tannat, Ancellotta, Alvarinho e Chardonnay apresentam melhor adaptação e potencial enológico, reforçando o papel do Paraná para o cultivo de uvas viníferas de qualidade no Brasil.

Palavras chaves: Fenologia; Enologia, Vitivinicultura, *V. vinifera* L

4.1 INTRODUÇÃO

A viticultura brasileira tem experimentado significativa expansão nas últimas décadas, impulsionada pela busca por regiões com condições edafoclimáticas favoráveis à produção de vinhos finos de qualidade superior (TONIETTO et al., 2020). Nesse contexto, áreas de maior altitude, como a Região Metropolitana de Curitiba (RMC), com destaque para o município de Campo Largo – PR, vêm se consolidando como ambientes promissores para o cultivo de videiras destinadas à elaboração de vinhos finos.

As condições climáticas da RMC, caracterizadas por elevada amplitude térmica, invernos bem definidos e menores índices de precipitação durante o período de maturação das uvas, favorecem a síntese e o acúmulo de compostos fenólicos e aromáticos nos frutos. Esses compostos são essenciais para a qualidade enológica, contribuindo para o perfil sensorial dos vinhos e sua estabilidade (Rizzon; Mello, 2013; Vieira et al., 2007). Tais características climáticas estimulam o metabolismo secundário das videiras, refletindo diretamente na composição dos mostos e, por consequência, na qualidade final dos vinhos elaborados.

Apesar do potencial observado, a adaptação agronômica e o desempenho qualitativo de diferentes cultivares em regiões de altitude ainda representam um desafio técnico e científico. O comportamento fenológico, a produtividade e a composição das uvas variam de forma significativa entre cultivares e entre safras, exigindo estudos regionais detalhados que subsidiem decisões técnicas na escolha e no manejo dos materiais genéticos mais adequados (Martins et al., 2014; Pereira et al., 2022).

A seleção criteriosa de cultivares para implantação em novas regiões vitivinícolas constitui uma das etapas mais estratégicas do planejamento vitícola, pois influencia diretamente o êxito agronômico e a sustentabilidade econômica da atividade (Fregoni, 2017). Além da produtividade, aspectos como a qualidade tecnológica das uvas, sua aptidão para a vinificação e a compatibilidade com o *terroir* local, entendido como a interação entre fatores naturais (clima, solo, topografia) e humanos (manejo e

cultura), são determinantes para o sucesso da produção vitivinícola (Segura et al., 2015; Van Leeuwen; Segura, 2021).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho fenológico, produtivo e qualitativo de treze cultivares de videiras finas, nove tintas e quatro brancas, durante a safra 2024/2025 em vinhedo comercial localizado em Campo Largo – PR. A pesquisa visa contribuir com dados técnico-científicos que orientem a seleção de cultivares mais adaptadas às condições da RMC e com maior potencial enológico, colaborando para o desenvolvimento sustentável da vitivinicultura de altitude na região.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido em vinhedo comercial localizado no município de Campo Largo, Estado do Paraná, situado a Estrada da Faxina, às coordenadas geográficas 25°27'28.16"S e 49°41'19.29"O, a uma altitude de 887 metros (Figura 16). O pomar foi implantado no ano de 2020, possuindo cinco anos de idade, e está conduzido sobre o porta-enxerto Paulsen 1103.

O solo da área foi classificado como Cambissolos Háplicos Distróficos, caracterizado por boa drenagem e fertilidade média, condições favoráveis ao desenvolvimento da videira. Nesse contexto, o conceito de *terroir* é essencial, pois representa a interação entre solo, clima, relevo e práticas humanas, determinando a tipicidade e a qualidade do vinho produzido (MACIEL et al., 2025).

FIGURA 15 - Imagem aérea da área experimental.



Fonte: o autor, 2025.

O vinhedo foi conduzido no sistema de espaldeira simples, com o primeiro fio de arame instalado a 1,0 metro do solo, com dois arames. O espaçamento adotado foi de 2,7 metros entre linhas e 1,5 metro entre plantas, resultando em uma densidade de 2.469 plantas por hectare.

Foram avaliadas treze cultivares de videiras finas, sendo nove tintas ('Pinot Noir', 'Tannat', 'Merlot', 'Rebo', 'Cabernet Franc', 'Syrah', 'Ancellotta', 'Marselan' e 'Sangiovese') e quatro brancas ('Chardonnay', 'Alvarinho', 'Sauvignon Blanc' e 'Gewürztraminer'). Para as cultivares tintas, utilizou-se o sistema de poda do tipo cordão esporonado duplo (Figura 17 A), mantendo-se duas gemas por esporão. Para as cultivares brancas, adotou-se o sistema Guyot bilateral arqueado, com três a quatro varas contendo oito gemas cada (Figura 17 B).

FIGURA 16 - Poda das cultivares tintas em cordão esporonado duplo (A) e das cultivares brancas Guyot bilateral (B).



Fonte: o autor, 2025.

A indução e uniformização da brotação foram promovidas com a aplicação de cianamida hidrogenada a 4% imediatamente após a poda que foi realizada nas datas de 23 e 30 de agosto de 2024. As linhas de plantio (faixa sob as videiras) permaneceram limpas, por meio de capina manual e controle químico, visando à redução da competição por água e nutrientes, à facilitação dos tratos culturais e à prevenção de doenças.

A adubação foi realizada de forma combinada, com cama de frango como fonte orgânica e adubação química baseada em análise de solo, buscando suprir os elementos essenciais para o desenvolvimento equilibrado da videira. As demais práticas de manejo vitícola, como poda, desbrota e controle fitossanitário foram realizadas conforme recomendações técnicas específicas para a cultura da videira (MANDELLI e MIELE, 2008; RUFATO et al., 2021).

4.2.2 Variáveis analisadas

4.2.3 Indicadores climáticos e fenológicos

A caracterização climática foi realizada com base em dados coletados por estação meteorológica automática instalada junto ao vinhedo (Figura 18). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a área experimental enquadra-se no

tipo Cfb, caracterizado como clima subtropical úmido, com ausência de estação seca e verões amenos (ALVARES et al., 2013).

Os dados monitorados incluíram: média da temperatura máxima e mínima mensal ($^{\circ}\text{C}$), amplitude térmica ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar global (MJ/m^{-2}). Quanto ao acúmulo de horas de frio, fundamentais para a superação da dormência, registraram-se 212 horas de frio dos meses de abril a agosto do ano/safra 2024.

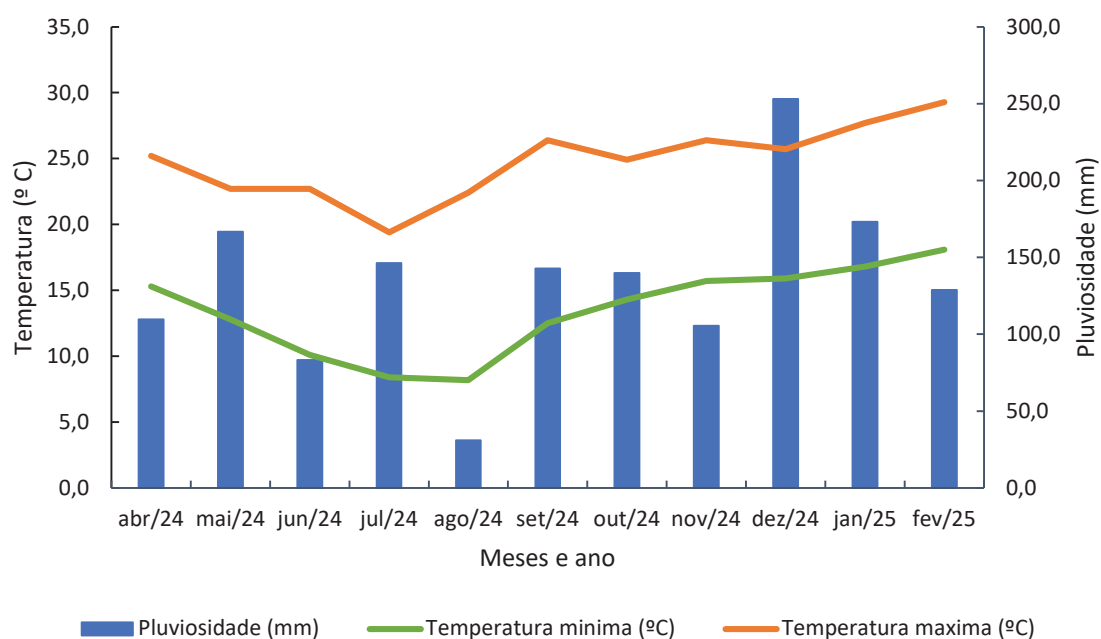
FIGURA 17 - Estação Meteorológica instalada ao lado do vinhedo. Campo largo, PR. Brasil



Fonte: o autor, 2025.

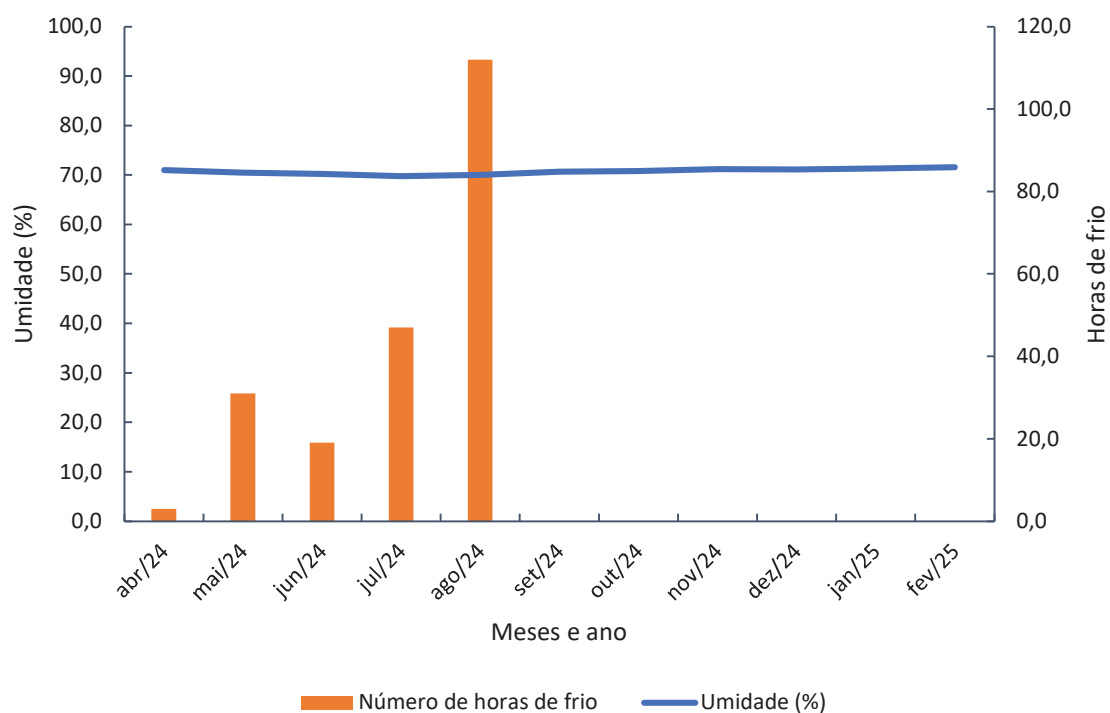
A Figura 18 apresenta os dados médios mensais de temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar, pluviosidade e número de horas de frio acumuladas (menor que $7,2^{\circ}\text{C}$), no município de Campo Largo – PR.

FIGURA 18 - Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e pluviosidade da safra 2024/2025 em Campo Largo, PR, Brasil.



Os dados médios de número de horas de frio e umidade são descritos na Figura 19 na safra 2024/2025 no município de Campo Largo – PR.

FIGURA 19 - Médias mensais de umidade e número de horas de frio durante a safra 2024/2025 em Campo Largo, PR, Brasil



Entre os meses de dezembro e fevereiro, período crítico para a maturação das uvas, variáveis climáticas como o frio noturno, a amplitude térmica e a radiação solar exercem influência determinante sobre a qualidade enológica. O frio noturno contribui para a preservação da acidez, enquanto a amplitude térmica favorece a síntese de compostos fenólicos, e a radiação solar intensifica a fotossíntese, promovendo maior acúmulo de açúcares. A interação desses fatores assegura o equilíbrio fisiológico da videira e confere tipicidade ao *terroir* (Tonietto e Carbonneau, 2004; Oliveira, 2023).

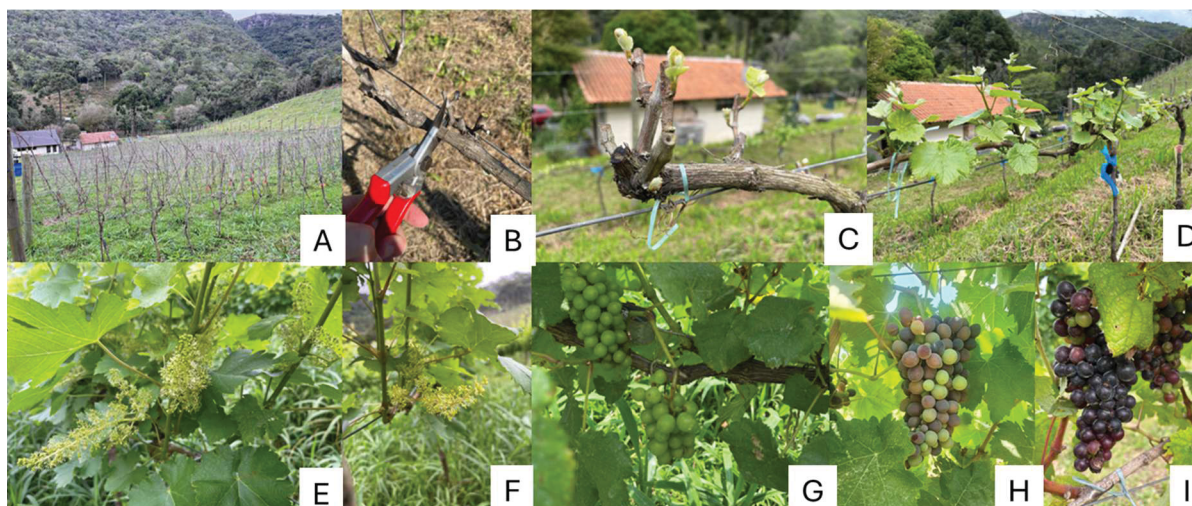
A Tabela 10 apresenta as médias dos índices de frio noturno, da amplitude térmica e da radiação solar nos meses de dezembro a fevereiro, referentes à safra 2024/2025, no município de Campo Largo – PR.

TABELA 10 - Média dos índices de frio noturno, amplitude térmica e radiação solar nos meses de dezembro (2024) a fevereiro (2025). Campo Largo, PR. Brasil.

Meses e ano	Índice de Frio Noturno (° C)	Amplitude térmica (° C)	Radiação Solar MJ.m ⁻²
Dezembro de 2024	15,9	9,8	335,5
Janeiro de 2025	16,8	10,9	380,2
Fevereiro de 2025	18,1	11,2	383,2

A caracterização fenológica das videiras foi conduzida com base na escala BBCH (*Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie*), conforme proposta por Lorenz et al., (1995). Foram monitorados os principais estádios fenológicos, incluindo: brotação (BBCH 07), considerada quando 50% das gemas apresentavam a ponta verde visível; desenvolvimento de cinco folhas expandidas (BBCH 15); inflorescência visível (BBCH 53); floração plena (BBCH 65), caracterizada pela abertura completa de 50% das flores; estágio de grão ervilha (BBCH 75); início da maturação ou *veraison* (BBCH 81), determinado pela mudança de coloração em 50% das bagas; e maturação completa (BBCH 89), ponto no qual a colheita foi efetuada com base na composição química e no estado sanitário das uvas (Figura 20). O número de dias transcorridos entre os estádios fenológicos foi registrado e analisado segundo a metodologia descrita por Bock et al., (2011).

FIGURA 20 - Avaliação e monitoramento dos estádios fenológicos: A – planta após o inverno; B – poda; C – ponta verde (BBCH 07); D - cinco folhas expandidas (BBCH 15); E - inflorescência visível (BBCH 53); F - floração plena (BBCH 65); G - estágio de grão ervilha (BBCH 75); H - *veraison* (BBCH 81); I - colheita (BBCH 89).



Fonte: o autor, 2025.

4.2.3.1 Desempenho produtivo

A avaliação do desempenho produtivo das videiras incluiu a contagem do número de ramos e cachos por planta, bem como a determinação da massa total dos cachos (kg. planta^{-1}). A produção foi estimada por meio da pesagem direta dos cachos de cada planta, utilizando balança digital de precisão. Os parâmetros produtivos avaliados foram: massa de cachos por planta; número de cachos por planta; massa média dos cachos e produtividade estimada por hectare. Para a caracterização morfológica dos cachos, foram determinados: comprimento e largura do cacho; número médio de bagas por cacho; massa média das bagas; massa média do engaço por cacho; e o índice de compacidade dos cachos, calculado segundo a fórmula proposta por Tello e Ibáñez (2014).

$$\text{IC} = [(\text{massa do cacho}) / (\text{comprimento do cacho}^2)].$$

O índice de compacidade dos cachos, desenvolvido por Tello e Ibáñez (2014), permite mensurar de forma objetiva a densidade dos bagos em cada cacho. A utilização desse parâmetro é fundamental para compreender a relação entre

características estruturais da videira e fatores de qualidade, uma vez que a compacidade influencia diretamente a suscetibilidade a doenças fúngicas em ambientes úmidos, a uniformidade da maturação dos frutos e, por consequência, a qualidade tecnológica da uva destinada à vinificação.

A mensuração do equilíbrio entre o crescimento vegetativo e produtivo foi obtido através do índice de Ravaz (IR). O índice foi calculado pela divisão da produção de uvas (kg) obtida numa safra, pela massa de ramos (kg) podados no inverno seguinte.

O índice de Ravaz, amplamente utilizado em estudos recentes de viticultura no Brasil (MOTA et al., 2010; BRIGHENTI et al., 2014), expressa a relação entre produção e vigor vegetativo. Tanto o índice de fertilidade quanto o índice de Ravaz constituem parâmetros importantes na viticultura, empregados para avaliar, respectivamente, o potencial produtivo e o equilíbrio fisiológico da videira.

O índice de fertilidade é obtido a partir da razão entre o número de cachos e o número de ramos por planta, refletindo a capacidade da videira em transformar gemas em estruturas reprodutivas (Brighenti, 2014). Esse parâmetro é importante porque permite estimar o potencial de produção futura do vinhedo já a partir da contagem de ramos férteis, além de indicar o efeito das condições ambientais, do manejo e da genética da cultivar sobre a diferenciação floral. Valores mais altos estão associados a maior eficiência reprodutiva da planta, enquanto valores baixos podem sinalizar limitações fisiológicas ou ambientais que afetam a fertilidade das gemas.

Já o índice de Ravaz é calculado pela relação entre a produção de frutos por planta e a massa de material podado, representando o balanço entre vigor vegetativo e produção reprodutiva (Brighenti et al., 2011). Esse índice é considerado um dos principais indicadores do equilíbrio da videira, pois relaciona diretamente a capacidade produtiva com a energia acumulada na parte vegetativa da planta. Valores adequados (em torno de 5 a 10) indicam que a videira está equilibrada: produz de forma eficiente sem comprometer o acúmulo de reservas ou a maturação das uvas. Valores abaixo de 5 indicam subprodução, em que o vigor não é acompanhado por produção proporcional, ao passo que valores acima de 10 sugerem sobrecarga produtiva, que pode levar ao esgotamento da planta e comprometimento da qualidade enológica das uvas.

Dessa forma, a utilização conjunta do índice de fertilidade e do índice de Ravaz fornece uma visão abrangente do desempenho da videira: enquanto o primeiro avalia a eficiência reprodutiva da planta em termos de cachos formados por ramo, o segundo expressa a relação entre vigor e produção, fundamental para garantir o equilíbrio fisiológico e a sustentabilidade produtiva do vinhedo ao longo dos ciclos.

Para as medições, foi selecionado um cacho com massa próxima à média da parcela, representando um exemplar típico para análise morfológica (Figura 21). O comprimento e a largura do cacho foram medidos com paquímetro digital, considerando a distância da extremidade superior do engaço (onde o pedúnculo se conecta ao ramo da videira) até a extremidade inferior da última baga do cacho. Em seguida, as bagas foram destacadas individualmente e medidas com paquímetro digital IP54 (Vonder, Curitiba, Brasil). A massa das bagas foi determinada por pesagem direta, e o peso médio calculado como a razão entre a massa total das bagas e o número de bagas por cacho.

A caracterização física dos cachos e das bagas incluiu a medição do comprimento e da largura dos cachos (em centímetros), bem como do comprimento e da largura das bagas (em milímetros), além da contagem do número de bagas por cacho, realizada no início e no final da colheita em cada parcela experimental

FIGURA 21 - Determinação do comprimento de cacho da cultivar 'Marselan'. Campo Largo, Pr. Brasil



Fonte: o autor (2025).

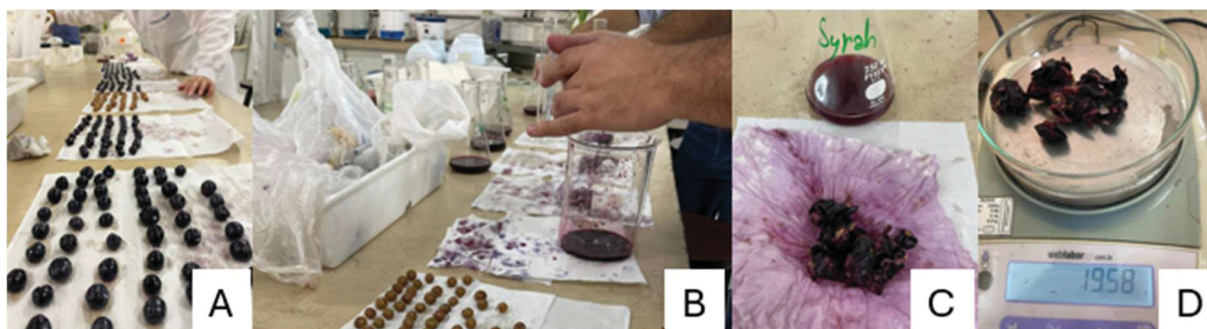
4.2.3.2 Análise físico-química

As amostras com 100 (cem) bagas foram inicialmente esmagadas e prensadas manualmente para a separação dos componentes sólidos (cascas e sementes) do mosto. Em seguida, os sólidos (casca + sementes) foram coletados, secos com papel absorvente e pesados em balança semi analítica com precisão de $\pm 0,01$ g.

A extração dos compostos fenólicos presentes nas cascas foi realizada com base na metodologia adaptada de Carbonneau e Champagnol (1993), a qual simula condições enológicas de vinificação. Essa abordagem é amplamente empregada em estudos de avaliação do potencial fenólico de cultivares viníferas, por permitir uma estimativa representativa da extração dos compostos durante a maceração (Figura 22).

FIGURA 22 - Etapas do processamento de 100 bagas para determinação da massa dos sólidos (casca + sementes): Letra A: disposição das bagas por cultivar antes do esmagamento; Letra B: esmagamento

e prensagem manual para separação do mosto; Letra C: sólidos (cascas e sementes) após a extração do mosto; Letra D: pesagem dos sólidos em balança analítica com precisão de $\pm 0,01$ g.



Fonte: o autor, 2025.

O processo consistiu na maceração das cascas em solução de etanol 96% mais um tampão com pH 3,2 durante 24 horas, com posterior centrifugação a 3.500 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi separado do resíduo sólido e utilizado como extrato para as análises.

A análise físico-química do mosto obtido pela maceração das bagas incluiu a determinação dos sólidos solúveis totais (SST), expressos em graus °Brix, do potencial hidrogeniônico (pH) e da acidez total titulável (ATT). O volume de NaOH (0,1 N) consumido numa amostra de 10 mL de mosto foi utilizado para determinar a ATT em (mEq L^{-1}), conforme os protocolos analíticos estabelecidos pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho – OIV (2024), empregando a seguinte fórmula:

$$\text{ATT em mEq L}^{-1} = 10 n;$$

Onde:

n = volume em mL de solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação.

O índice de polifenóis totais (IPT 280) foi determinado diluindo o extrato, na proporção de 1% para as cultivares tintas e 5% para as cultivares brancas, com água destilada e com o auxílio de um balão volumétrico de 100 mL (Figura 23). Foi determinada a absorbância no espectrofotômetro a 280 nm, com cubetas de quartzo de 1 cm de percurso ótico, zerando o aparelho com água destilada entre as amostras. O índice de polifenóis foi obtido pela equação:

$$\text{IPT (280)} = \text{valor de absorbância} \times \text{fator de diluição}.$$

FIGURA 23 - Preparação dos extratos para avaliação dos compostos fenólicos, Curitiba, PR, 2025



Fonte: o autor, 2025.

No caso das cultivares brancas, foram realizadas diluições a 5% com o propósito de minimizar a interferência de compostos não fenólicos na leitura a 280 nm. Essa etapa é necessária porque matrizes claras tendem a apresentar maior contribuição de substâncias que absorvem na mesma faixa espectral, o que poderia superestimar o teor de polifenóis. Os valores de IPT 280 corrigidos foram então submetidos à curva padrão de ácido gálico, utilizado como referência por ser um composto representativo da fração fenólica total. A relação entre concentração e absorbância foi descrita pela equação, cuja elevada linearidade confere robustez ao método. Os resultados foram expressos em mg L^{-1} de equivalentes de ácido gálico:

$y = 0.0364x + 0.0009$, $r = 0.9989$; sendo o valor de PT expresso em mg. L^{-1} de ácido gálico.

Para avaliação das antocianinas foram adicionados em um tubo de ensaio 1 mL do extrato, 1 mL de etanol e 20 mL de ácido clorídrico a 0,7%. Em dois tubos fechados foram adicionados 5 mL da mistura e no primeiro tudo adicionados 2 mL de

água destilada. Num segundo tubo de ensaio, foram adicionados 5 mL da mistura e 2 mL de NaHSO₃ a 0,7%. Após agitação de 10 minutos foi efetuada a leitura da absorção das amostras dos dois tubos a 520 nm, utilizando cubetas de 1 cm de percurso ótico, o aparelho foi calibrado com água destilada. A concentração de antocianinas totais (TA), foi expressa de acordo com a equação:

$$TA = (A1-A2) \times 875;$$

sendo 875 o coeficiente de extinção molar da malvidina corrigido para expressar o resultado diretamente em mg L⁻¹.

As concentrações de antocianinas totais (AT) foram quantificadas por espectrofotometria a 520 nm, empregando o método da descoloração com bissulfito de sódio, sendo os resultados expressos em mg.L⁻¹. Os taninos totais (TT), por sua vez, foram determinados por espectrofotometria a 550 nm, utilizando o método de hidrólise ácida, também conforme Zamorra (2003), com os valores expressos em gramas por litro (g L⁻¹).

Para a avaliação dos taninos (TT) em tubos de ensaio fechados, foram adicionados nos tubos I e II, 2 mL do extrato diluído 1:50, 1 mL de água destilada e 6 mL de HCL 12N. O tubo I, fechado e protegido da luz foi submetido a banho maria por 30 minutos. O tubo II foi mantido em temperatura ambiente. Após 30 minutos de ebulição, o tubo I foi retirado. Na sequência, nos tubos I e II foi adicionado 1 mL de etanol e homogeneizados. Após foi medida a absorbância a 550 nm. A concentração de taninos (TT) é dada pela expressão:

$$TT = (A1 - A2) \times 19,33;$$

sendo 19,33 o coeficiente de extinção molar de cianidina, obtido por hidrólise ácida dos taninos condensados, corrigido para expressar o resultado em g.L⁻¹.

4.2.3.3 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e quatro plantas por parcela experimental. A colheita dos frutos foi realizada no estágio fenológico de maturação completa (BBCH 89), durante

a safra de 2024/2025. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Scott- Knott, com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R®.

4.3 RESULTADOS

A interação entre variáveis climáticas e as respostas fenológicas e agrônômicas das videiras constitui um aspecto fundamental para a determinação da aptidão vitícola de uma região. No presente estudo, foram analisadas treze cultivares de *Vitis vinifera* durante a safra de 2024/2025, no município de Campo Largo, Paraná. A interpretação dos resultados baseou-se na integração de dados meteorológicos, no acompanhamento das fases fenológicas e na avaliação dos atributos produtivos e qualitativos dos frutos.

As condições climáticas registradas entre abril de 2024 e fevereiro de 2025 apresentaram oscilações marcantes, tanto em termos de temperatura quanto de precipitação, refletindo a variabilidade típica de regiões de altitude sob clima subtropical úmido. As temperaturas máximas, inicialmente em torno de 25 °C, reduziram-se gradativamente até julho, atingindo valores próximos de 20 °C, e, posteriormente, elevaram-se continuamente, alcançando aproximadamente 30 °C em fevereiro de 2025. As temperaturas mínimas seguiram comportamento semelhante, passando de 15 °C em abril para valores próximos de 8 °C em julho e agosto, com incremento progressivo até fevereiro, quando atingiram cerca de 18 °C. Esse padrão térmico, caracterizado por invernos frios e verões quentes, é considerado adequado para a viticultura de qualidade, pois favorece tanto a superação da dormência quanto a maturação dos frutos.

A pluviosidade apresentou forte irregularidade ao longo do ciclo, com picos expressivos nos meses de maio, setembro, dezembro e janeiro. Destacou-se o mês de dezembro, que superou 250 mm, enquanto agosto registrou o menor índice pluviométrico do período, inferior a 30 mm. Essa distribuição irregular da chuva representa um desafio para o manejo vitícola, uma vez que volumes elevados próximos à colheita podem comprometer a sanidade dos frutos, enquanto períodos de menor precipitação no inverno favorecem o florescimento e o vingamento das bagas.

As temperaturas mínimas médias atingiram seu menor valor em agosto (8,2 °C), favorecendo o acúmulo de horas de frio necessárias para a superação da dormência das gemas. Nesse período, foram contabilizadas 47 horas de frio em julho e 112 horas em agosto, valores considerados suficientes para cultivares de baixa a média exigência em frio. Para potencializar a quebra da dormência e sincronizar a brotação, foi aplicada cianamida hidrogenada, prática que promoveu maior uniformidade no desenvolvimento inicial das videiras. Esse manejo é amplamente utilizado em regiões de clima subtropical, onde a disponibilidade de frio hibernal pode ser irregular.

O acúmulo de horas de frio, concentrado entre maio e agosto, atingiu pico em agosto (110 horas abaixo de 7,2 °C), confirmando a adequação climática da região para a indução de brotação homogênea. Esse fator é particularmente relevante para cultivares de ciclo precoce, que necessitam de frio suficiente para garantir uniformidade fenológica e evitar falhas de brotação.

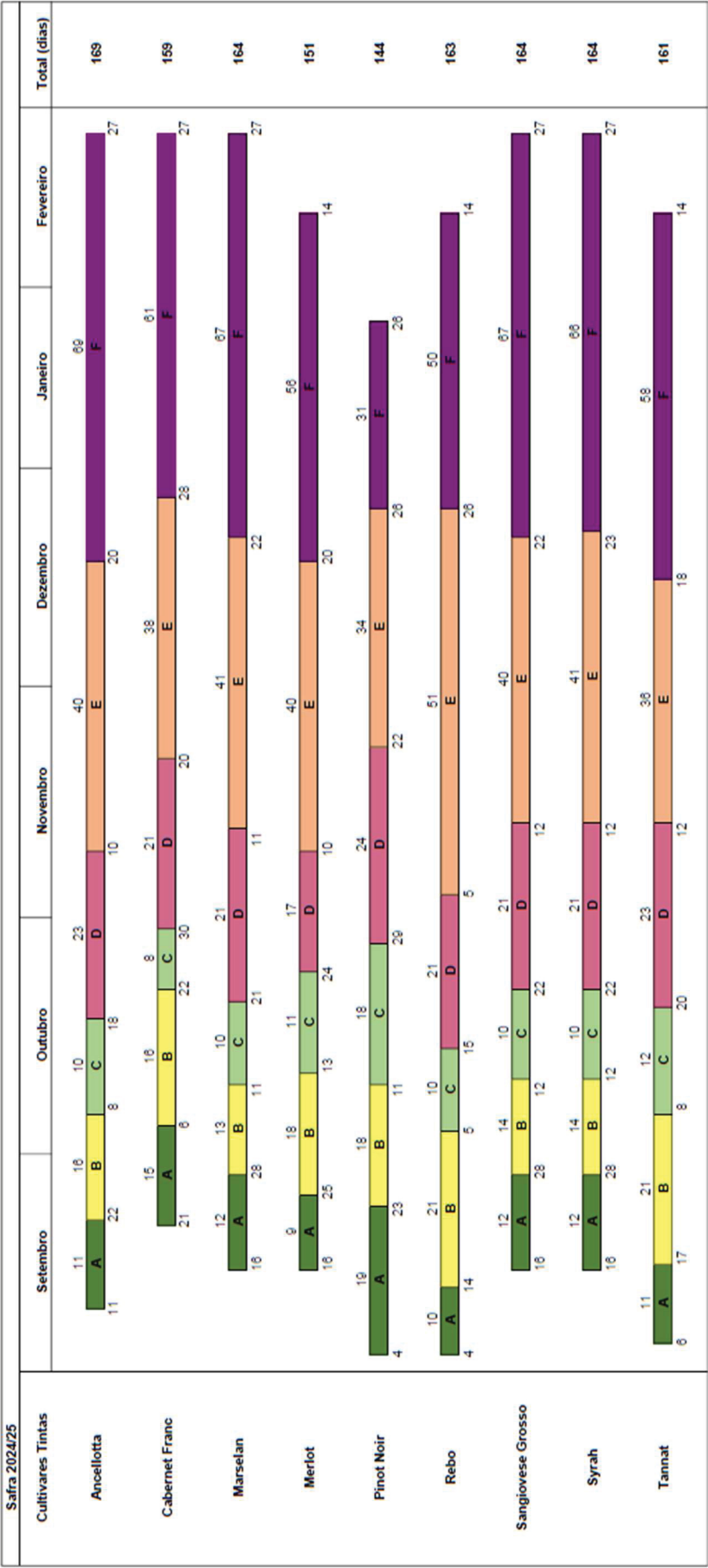
As temperaturas máximas médias oscilaram de 19,4 °C em julho a 27,7 °C em janeiro, refletindo boa acumulação térmica nos meses de verão, condição essencial para a síntese de açúcares durante a maturação dos frutos. A amplitude térmica diária, especialmente entre dezembro e fevereiro (9,8 °C a 11,2 °C), foi benéfica para a síntese de compostos fenólicos, como antocianinas e taninos, aumentando a complexidade aromática e a intensidade de cor das uvas tintas. Além disso, a elevada radiação solar registrada nesse período, com pico de 383,2 MJ·m⁻² em fevereiro, contribuiu para a fotossíntese eficiente, ampliando o acúmulo de sólidos solúveis totais (SST) e potencializando a qualidade enológica dos frutos.

A precipitação, entretanto, apresentou volumes significativos em dezembro (253 mm) e janeiro (173,2 mm), coincidindo com os estágios finais da maturação. Esse excesso hídrico elevou o risco de diluição dos açúcares e de ocorrência de doenças fúngicas, exigindo manejo fitossanitário criterioso. Por outro lado, os meses de inverno, com menores volumes (como os 30,9 mm de agosto), favoreceram a floração e o vingamento, etapas críticas para a definição do potencial produtivo.

Durante a safra de 2024/2025, foram acompanhadas as fases do ciclo fenológico de nove cultivares tintas, sob as condições climáticas locais (Figura 24). Essa amplitude temporal reforça a importância de compreender as interações entre genótipo e ambiente, uma vez que cada cultivar responde de forma distinta às

oscilações térmicas e pluviométricas, o que pode impactar diretamente o equilíbrio entre maturação tecnológica e fenólica das uvas.

FIGURA 24 - Cronograma das feno fases das cultivares tintas avaliadas durante a safra 2024/2025 em Campo Largo, PR, Brasil.



Legenda: letras A (Brotação BBCH 07 até Brotação com 10 cm BBCH 15), B (Brotação com 10 cm BBCH 15 até Inflorescência BBCH 53), C (Inflorescência BBCH 53 até Pleno florescimento BBCH 65), D (Pleno florescimento BBCH 65 até Desenvolvimento de frutos BBCH 75), E (Desenvolvimento de frutos BBCH 75 até Maturação BBCH 81) e F (Maturação BBCH 81 até colheita). Os números acima dos estádios representam o tempo de duração de cada estágio fenológico e os números abaixo representam o dia do mês que ocorreu o início de cada estágio fenológico. Fonte: O autor (2025).

As análises fenológicas evidenciaram ampla variação entre as cultivares avaliadas, com ciclos completos variando entre 132 e 169 dias, o que reflete a diversidade genética e a plasticidade fenotípica das videiras frente às condições edafoclimáticas de Campo Largo-PR. Entre as cultivares tintas, a ‘Ancellotta’ apresentou o ciclo mais longo (169 dias), enquanto a ‘Pinot Noir’ destacou-se pela precocidade, completando o ciclo em apenas 144 dias. As demais cultivares, como ‘Marselan’, ‘Syrah’, ‘Rebo’, ‘Sangiovese Grosso’ e ‘Tannat’, apresentaram ciclos prolongados, em torno de 164 dias, enquanto a ‘Cabernet Franc’ e a ‘Merlot’ completaram seus ciclos em 159 e 151 dias, respectivamente.

A cultivar ‘Ancellotta’ apresentou o ciclo mais longo (169 dias), com brotação iniciada no início de setembro e colheita estendida até o final de fevereiro. A longa duração do estágio F (69 dias), associada à sua maturação tardia, indica elevada exigência térmica, o que pode ter sido favorecido pelas condições climáticas observadas no verão, como elevada radiação solar e ampla amplitude térmica, como elevada radiação solar e ampla amplitude térmica, que também potencializaram o acúmulo de açúcares nos frutos.

A ‘Cabernet Franc’ (159 dias) apresentou ciclo intermediário-tardio, com transições fenológicas equilibradas e colheita na segunda quinzena de fevereiro. Essa regularidade sugere boa adaptação às condições locais, favorecendo o equilíbrio entre maturação tecnológica e fenológica. A amplitude térmica do verão contribuiu para a preservação da acidez e a síntese de compostos fenólicos, reforçando o potencial enológico da cultivar. Contudo, a exposição às chuvas de janeiro e fevereiro exigiu manejo fitossanitário criterioso para evitar comprometimentos na sanidade e na concentração dos frutos.

A ‘Marselan’ (164 dias) também apresentou ciclo prolongado, com colheita realizada na segunda quinzena de fevereiro. Destacou-se pelo estágio F prolongado (67 dias), o que reforça sua boa plasticidade fenológica e capacidade de manter maturação prolongada, favorecendo a qualidade enológica sob as condições locais.

A ‘Merlot’ apresentou um ciclo fenológico de 151 dias, com colheita concentrada em meados de fevereiro. Destaca-se a duração reduzida do estágio A (9 dias), indicando brotação antecipada em relação às demais cultivares. Embora essa característica favoreça o desenvolvimento inicial, pode aumentar o risco de geadas tardias, exigindo manejo preventivo. Apesar disso, seu período de maturação (58 dias)

foi suficiente para o pleno desenvolvimento dos frutos, beneficiado pelas condições climáticas favoráveis do verão.

A ‘Pinot Noir’ foi a cultivar de menor ciclo (144 dias), iniciando a brotação no início de setembro e sendo colhida ainda no final de janeiro. A curta duração dos estádios D (24 dias) e E (31 dias) reflete sua característica de ciclo precoce, o que, embora favoreça a antecipação da colheita e a redução do risco climático, pode comprometer a complexidade fenólica, sobretudo se associada a noites quentes e radiação excessiva. Nessas condições, recomenda-se manejo de dossel para mitigar a incidência solar direta.

A ‘Rebo’ (163 dias), assim como a Marselan e a Sangiovese Grosso, evidenciou maior equilíbrio entre as fases, com brotação precoce e longo período de maturação (50 dias). Essa característica pode favorecer o acúmulo de compostos fenólicos e aromáticos, demonstrando boa resposta à elevada radiação solar registrada nos meses de dezembro e janeiro.

A ‘Sangiovese Grosso’ e a ‘Syrah’, ambas com 164 dias de ciclo, apresentaram fenologia semelhante, com brotação na primeira quinzena de setembro, floração no final de outubro e colheita no final de fevereiro. A ampla duração do estágio E (41 dias para Syrah e 40 dias para Sangiovese) e do estágio F (67–68 dias) reforça o perfil de maturação tardia, adaptado a regiões de altitude e com ampla amplitude térmica. Os dados de SST e acidez titulável indicam que a maturação prolongada contribuiu para o equilíbrio entre açúcares e acidez, fortalecendo o potencial enológico dessas cultivares.

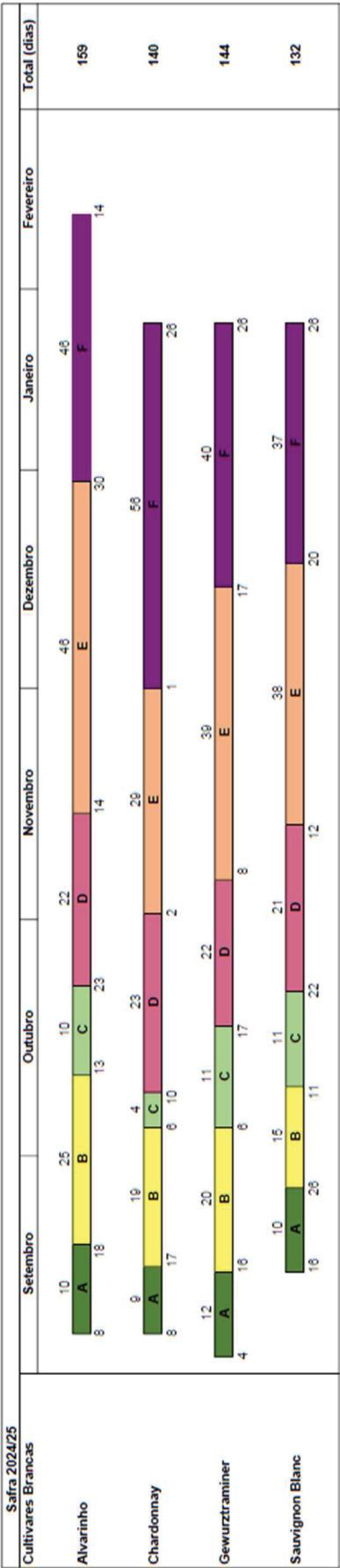
Por fim, a ‘Tannat’, com 161 dias, também demonstrou bom desempenho fenológico, com desenvolvimento vegetativo e reprodutivo contínuo, culminando em colheita no final de fevereiro. O estágio F, com 58 dias, indica um bom período para acúmulo de açúcares e polifenóis, resultando em taninos maduros e estruturados, característica desejável para esta cultivar de reconhecida aptidão enológica.

A comparação entre os ciclos das cultivares evidencia que aquelas com ciclos mais longos, como ‘Ancellotta’, ‘Marselan’ e ‘Tannat’, demandam planejamento criterioso do manejo, principalmente no que se refere ao controle da maturação em períodos com alta temperatura e baixa umidade relativa. Por outro lado, cultivares de ciclo curto, como ‘Pinot Noir’ e ‘Merlot’, são estratégias interessantes para escapar de riscos climáticos tardios, permitindo colheitas mais precoces e redução na exposição

a estresses abióticos. Essa diversidade fenológica é vantajosa sob o ponto de vista da vitivinicultura, pois possibilita o escalonamento da colheita, a melhor distribuição da demanda de mão de obra e maior controle durante o processo de vinificação.

As fases fenológicas das quatro cultivares brancas: ‘Alvarinho’, ‘Chardonnay’, ‘Gewurztraminer’ e ‘Sauvignon Blanc’, foram acompanhadas desde o início do brotamento até a maturação dos frutos (Figura 25), evidenciando diferenças no tempo de ciclo completo e confirmando a plasticidade dessas cultivares frente às condições edafoclimáticas regionais.

FIGURA 25 - Cronograma das feno fases das cultivares brancas durante a safra 2024/2025. Campo Largo, PR. Brasil.



Legenda: letras A (Brotação BBCH 07 até Brotação com 10 cm BBCH 15), B (Brotação com 10 cm BBCH 15 até Inflorescência BBCH 53), C (Inflorescência BBCH 53 até Pleno florescimento BBCH 65), D (Pleno florescimento BBCH 65 até Desenvolvimento de frutos BBCH 75), E (Desenvolvimento de frutos BBCH 75 até Maturação BBCH 81) e F (Maturação BBCH 81 até colheita). Os números acima dos estádios representam o tempo de duração de cada estadio fenológicos e os números abaixo representam o dia do mês que ocorreu o início de cada estadio fenológico. Fonte: O autor (2025).

As cultivares brancas apresentaram ciclos fenológicos relativamente mais curtos em comparação às cultivares tintas, o que é coerente com suas características genéticas e exigências térmicas. A duração total dos ciclos variou de 132 a 159 dias, iniciando-se entre o início e a segunda quinzena de setembro e finalizando majoritariamente no mês de janeiro, com exceção da cultivar 'Alvarinho', cuja maturação fisiológica se estendeu até fevereiro indicando maior exigência térmica e plasticidade fenológica.

A 'Alvarinho' apresentou o ciclo mais longo entre as brancas (159 dias), com brotação precoce (início de setembro) e longa permanência nos estádios E (48 dias) e F (48 dias), sugerindo maturação prolongada. Esse padrão evidencia boa adaptação ao ambiente de altitude e à disponibilidade térmica do verão, favorecendo acúmulo de açúcares e desenvolvimento aromático sem prejuízo do equilíbrio ácido, especialmente sob amplitude térmica adequada.

A 'Chardonnay' teve ciclo total de 140 dias, com brotação no início de setembro e colheita no final de janeiro. Destaca-se a rapidez do reinício vegetativo (A–C: 27 dias), indicando boa resposta ao acúmulo de frio e sincronização de brotação. O estágio E foi breve (29 dias), mas o F prolongado (58 dias) favoreceu o acúmulo de açúcares. As temperaturas noturnas elevadas em janeiro, contudo, podem ter reduzido a acidez final, recomendando manejo de dossel e colheita no ponto para preservar frescor.

Com ciclo intermediário (144 dias) e transições nítidas, a 'Gewurztraminer' apresentou durações moderadas em B (20 dias), C (11 dias) e D (22 dias), compondo um desenvolvimento equilibrado. A maturação ($E + F = 79$ dias) foi suficiente para expressar tipicidade aromática, potencializada pela elevada radiação solar entre dezembro e janeiro, desde que se mitigue calor excessivo para preservar acidez.

A 'Sauvignon Blanc' apresentou o ciclo mais curto (132 dias), iniciando na segunda quinzena de setembro e colhida no final de janeiro. O desenvolvimento vegetativo foi acelerado (A–D: 50 dias), e o estágio F foi relativamente breve (28 dias), potencialmente afetado por temperaturas noturnas elevadas em janeiro. A menor amplitude térmica prejudica a manutenção da acidez málica e limita a síntese de precursores aromáticos, reduzindo frescor e intensidade varietal. Em condições como as da safra, recomenda-se manejo de dossel para reduzir carga térmica, colheita antecipada em janelas secas e seleção rigorosa para preservar expressão aromática.

A curta duração do ciclo, associada ao estresse térmico durante a maturação, provavelmente restringiu o acúmulo de compostos fenólicos e comprometeu o equilíbrio entre açúcares e acidez, resultando em vinhos com menor frescor e expressão aromática reduzida. Assim, embora a precocidade da Sauvignon Blanc represente uma vantagem em regiões úmidas, as condições climáticas adversas registradas na safra de 2024/2025 comprometeram parcialmente sua qualidade enológica final.

A avaliação da produtividade e de seus componentes relacionados ao rendimento das videiras constitui etapa fundamental para o planejamento vitícola e para a seleção de cultivares mais adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Nesse contexto, foram analisadas a produtividade ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), o número de cachos por planta, bem como a massa média por planta e por cacho (Tabela 11).

TABELA 11 - Médias e coeficientes de variação (%) de produção por planta, produtividade estimada, número de cacho e massa média dos cachos das cultivares tintas e brancas na safra 2024/2025. Campo Largo, PR, Brasil.

Cultivar	Produção. planta⁻¹ (g)	Produtividade (Kg ha⁻¹)	Nº de cachos	Massa média dos cachos (g)
Ancellotta	144,04 e	355,54 f	2,52 e	62,75 e
Cabernet Franc	275,56 c	680,21 c	5,96 c	48,44 e
Marselan	791,54 a	1.954,21 a	15,81 a	51,33 e
Merlot	25,03 d	617,25 d	5,87 c	17,07 f
Pinot Noir	149,04 e	367,88 f	7,26 b	120,66 b
Rebo	216,56 d	534,54 d	3,65 d	87,44 c
Sangiovese Grosso	228,02 d	562,93 d	3,56 d	68,56 d
Syrah	20,36 g	50,12 h	1,54 e	17,07 f
Tannat	415,54 b	1.025,87 b	5,83 c	148,83 a
Alvarinho	301,03 c	743,17 c	4,97 c	122,87 b
Chardonnay	94,44 f	233,16 g	1,66 e	58,56 e
Gewurztraminer	234,07 d	579,84 d	3,44 d	68,54 d
Sauvignon Blanc	313,56 c	774,03 c	7,56 b	49,64 e
CV (%)	13,9	13,9	18,26	15,03

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si pelo teste de agrupamento. Scott- Knott ($p < 0,05$).

As cultivares viníferas avaliadas apresentaram ampla variação no desempenho produtivo, refletindo diferenças genéticas, adaptações às condições edafoclimáticas locais e interações entre vigor, frutificação e condições meteorológicas durante o ciclo.

A cultivar Marselan destacou-se em todos os parâmetros, com a maior produção por planta (791,5 g) e produtividade estimada ($1.954,21 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Registrou ainda o maior número de cachos por planta (15,8), embora com massa média relativamente baixa (51,3 g), caracterizando perfil de alta frutificação com cachos menores. Esse padrão sugere elevada fertilidade basal e bom desempenho sob as condições climáticas locais.

A ‘Tannat’ apresentou a segunda maior produtividade ($1.025,87 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) e a maior massa média de cacho entre todas as cultivares (148,8 g). Com 5,8 cachos por planta e produção média de 415,5 g, evidencia uma estratégia produtiva baseada em menor número de infrutescências volumosas, o que pode favorecer a concentração de açúcares e compostos fenólicos, especialmente em safras com boa radiação solar.

Entre as cultivares brancas, a ‘Sauvignon Blanc’ apresentou a maior produtividade ($774,03 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), associada a elevado número de cachos por planta (7,5), mas com massa média reduzida (49,6 g). Esse perfil indica boa fertilidade das gemas, mas também maior suscetibilidade à formação de frutos menores, possivelmente influenciada pelas temperaturas elevadas durante a maturação. A cultivar Alvarinho apresentou desempenho semelhante ($743,17 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), mas com cachos de maior porte (122,8 g), sugerindo melhor equilíbrio entre fertilidade e desenvolvimento de bagas. Já a Chardonnay registrou o menor rendimento entre as brancas ($233,16 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), com apenas 1,6 cachos por planta, o que pode indicar menor adaptação às condições locais.

A ‘Pinot Noir’ apresentou produtividade intermediária ($367,88 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), mas destacou-se pela elevada massa média dos cachos (120,6 g). Esse perfil pode ser vantajoso em cultivares precoces, permitindo boa concentração fenólica mesmo com menor número de infrutescências.

Em contraste, ‘Syrah’ e ‘Merlot’ apresentaram os piores desempenhos. A Syrah registrou apenas 20,3 g por planta e produtividade de $50,12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, com número e massa de cachos extremamente reduzidos, sugerindo baixa adaptação às condições locais ou falhas em fases críticas como brotação e vingamento,

possivelmente afetadas por insuficiência de frio hibernar ou temperaturas elevadas no florescimento. A 'Merlot', embora com produtividade superior ($617,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), apresentou cachos de massa muito reduzida (17,0 g), o que pode comprometer sua viabilidade econômica na região.

As cultivares Rebo, Sangiovese Grosso e Gewurztraminer apresentaram desempenhos intermediários, com produtividades entre $534,54$ e $579,84 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Todas registraram baixo número de cachos (3,4 a 3,6), mas massas médias moderadas (68,5–87,4 g). Esse perfil sugere menor frutificação, porém com infrutescências de bom desenvolvimento, o que pode favorecer a qualidade enológica, especialmente em cultivares de apelo aromático, como a Gewurztraminer.

A Tabela 12 apresenta os valores médios de comprimento do cacho, número de bagas por cacho e massa da ráquis das cultivares tintas e brancas, avaliadas em Campo Largo–PR, durante a safra 2024/2025. Esses parâmetros complementam a análise produtiva, permitindo compreender melhor a morfologia dos cachos e suas implicações na qualidade final das uvas e dos vinhos.

TABELA 12 - Médias e coeficiente de variação (%) do comprimento do cacho, números de bagas, massa da ráquis das cultivares tintas e brancas durante a safra 2024/2025. Campo Largo, PR, Brasil.

Cultivar	Comprimento do cacho (cm)	Número de bagas cacho ⁻¹	Massa da ráquis ⁻¹
Ancellotta	12,36 c	60,07 d	3,66 c
Cabernet Franc	13,24 b	70,86 c	3,87 c
Marselan	7,85 f	59,47 d	5,23 b
Merlot	12,56 c	46,06 e	5,87 b
Rebo	13,98 b	80,88 c	5,24 b
Sangiovese Grosso	10,66 d	83,66 c	5,46 b
Syrah	12,57 c	46,07 e	5,88 b
Tannat	16,26 a	125,86 a	6,26 a
Alvarinho	15,14 a	108,07 b	6,88 a
CV (%)	7,27	15,18	16,53

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si pelo teste de agrupamento. Scott- Knott ($p < 0,05$).

As características morfológicas dos cachos apresentaram variações significativas entre as cultivares tintas e brancas, refletindo diferenças genotípicas quanto à arquitetura, densidade de bagas e massa da ráquis. Esses atributos são

relevantes não apenas do ponto de vista produtivo, mas também qualitativo, pois influenciam a aeração dos cachos, a suscetibilidade a doenças e o potencial enológico dos frutos.

A ‘Tannat’ destacou-se amplamente nos três parâmetros avaliados, apresentando o maior comprimento de cacho (16,2 cm), o maior número de bagas por cacho (125,8) e elevada massa de ráquis (6,2 g). Esse perfil morfológico indica cachos longos, compactos e com grande número de bagas, o que favorece altos rendimentos. Entretanto, a maior compactação pode aumentar o risco de podridões, exigindo manejo fitossanitário rigoroso e ventilação adequada da copa.

A ‘Alvarinho’, entre as brancas, também apresentou características marcantes, com comprimento médio de 15,1 cm, 108 bagas por cacho e a maior massa de ráquis entre todas as cultivares (6,8 g). A elevada massa da ráquis sugere robustez estrutural, enquanto o elevado número de bagas reflete boa fertilidade e vingamento. Esses atributos favorecem o rendimento por planta e podem contribuir para o equilíbrio entre produtividade e qualidade, desde que acompanhados de práticas de manejo para controle do vigor.

As cultivares ‘Rebo’, ‘Cabernet Franc’ e ‘Sangiovese Grosso’ apresentaram características intermediárias. A ‘Rebo’ destacou-se pelo comprimento de cacho (13,9 cm) e número de bagas (80,8), enquanto a Cabernet Franc apresentou valores próximos (13,2 cm e 70,8 bagas), ambas com ráquis relativamente leves (3,8–5,2 g). Já a ‘Sangiovese Grosso’ exibiu cachos mais curtos (10,6 cm), mas com maior densidade de bagas (83,6), indicando estrutura mais compacta e potencialmente mais suscetível a problemas sanitários.

Por outro lado, cultivares como ‘Marselan’, ‘Merlot’ e ‘Syrah’ apresentaram cachos de menor porte e menor número de bagas. A Marselan registrou o menor comprimento (7,8 cm), embora com número de bagas próximo ao de Ancellotta e Rebo (59,4). Apesar disso, apresentou ráquis relativamente pesada (5,2 g), sugerindo maior densidade estrutural. Já Merlot e Syrah exibiram morfologia semelhante, com 12,5 cm de comprimento, apenas 46 bagas por cacho e ráquis de 5,8 g, indicando estrutura compacta, baixa frutificação e limitação de rendimento. Esses atributos, somados ao baixo desempenho produtivo observado, reforçam restrições agronômicas para o cultivo dessas cultivares em regiões de altitude como Campo Largo–PR.

A ‘Ancellotta’, embora tenha apresentado cachos curtos (12,3 cm) e menor número de bagas (60), manteve ráquis mais leve (3,6 g), sugerindo cachos mais soltos e arejados. Essa conformação pode ser benéfica para a sanidade dos frutos, especialmente em condições de maior umidade relativa, reduzindo a incidência de doenças fúngicas.

A Tabela 13 apresenta os valores médios de massa da baga, massa da casca e sementes e índice de compactação das cultivares avaliadas em Campo Largo–PR, durante a safra 2024/2025. A análise desses parâmetros é fundamental para a caracterização morfológica dos frutos, fornecendo subsídios para a avaliação qualitativa e tecnológica, especialmente no que se refere ao potencial enológico e à adequação das cultivares às condições locais.

TABELA 13 - Valores médios e coeficiente de variação (%) da massa da baga, massa da casca e semente e índice de compactação das cultivares avaliadas durante a safra 2024/2025. Campo Largo, PR, Brasil.

Cultivar	Massa baga ⁻¹	Massa da Casca e sementes (g ⁻¹)	Índice de Compactação
Ancellotta	0,72 d	0,23 e	0,41 c
Cabernet Franc	1,58 b	0,33 b	0,28 d
Marselan	1,66 b	0,39 a	0,85 a
Merlot	1,86 a	0,38 a	0,10 e
Rebo	1,52 b	0,31 b	0,45 c
Sangiovese Grosso	0,95 c	0,28 d	0,61 b
Syrah	1,86 a	0,28 a	0,10 e
Tannat	1,76 a	0,39 a	0,56 b
Alvarinho	0,79 d	0,26 e	0,53 b
CV (%)	24,55	12,47	51,39

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si pelo teste de agrupamento. Scott- Knott ($p < 0,05$).

Os atributos morfológicos das bagas são determinantes para a caracterização do potencial enológico das cultivares, influenciando diretamente a extração de compostos fenólicos, a proporção de sólidos solúveis totais e o rendimento de mosto. Na safra de 2024/2025, observou-se ampla variabilidade entre as cultivares quanto à massa média das bagas, à massa de casca e sementes por baga e ao índice de compactação dos cachos.

A massa média das bagas variou de 0,72 g ('Ancellotta') a 1,86 g ('Merlot' e 'Syrah'), refletindo diferenças genéticas marcantes no tamanho do fruto. As cultivares 'Merlot', 'Syrah' e 'Tannat' apresentaram as maiores massas (acima de 1,75 g), o que pode favorecer o rendimento em mosto, mas também implica maior proporção de polpa em relação à casca e sementes, reduzindo a concentração de compostos fenólicos. Em contraste, 'Ancellotta' (0,72 g) e 'Alvarinho' (0,79 g) exibiram bagas menores, com maior relação casca/semente/polpa, favorecendo extrações mais intensas de compostos fenólicos em vinificações tintas e brancas estruturadas, respectivamente.

A massa de casca e sementes por baga variou de 0,235 g ('Ancellotta') a 0,39 g ('Marselan' e 'Tannat'). Este parâmetro é especialmente relevante para cultivares tintas, nas quais a casca representa a principal fonte de antocianinas, taninos e compostos aromáticos. 'Marselan', 'Tannat' e 'Merlot' destacaram-se com as maiores proporções, reforçando seu potencial para vinhos estruturados e de maior longevidade. Já 'Cabernet Franc', 'Rebo' e 'Sangiovese Grosso' apresentaram valores intermediários (valores de 0,28 a 0,33 g), enquanto 'Ancellotta' e 'Alvarinho' exibiram os menores (0,27 g), o que pode limitar a estrutura tânica em vinificações convencionais.

O índice de compactação variou amplamente entre os genótipos, de 0,10 ('Merlot' e 'Syrah') a 0,85 ('Marselan'). A 'Marselan' apresentou o maior valor, evidenciando cachos curtos e densos, o que favorece altos rendimentos, mas aumenta o risco de podridões em condições úmidas. 'Sangiovese Grosso' (0,61), 'Tannat' (0,56) e 'Alvarinho' (0,53) também exibiram compactação moderada, exigindo manejo de dossel para garantir boa aeração. Por outro lado, 'Merlot', 'Syrah' e 'Cabernet Franc' registraram os menores índices (menor que 0,30), caracterizando cachos soltos e arejados, menos suscetíveis a doenças, embora com menor rendimento por área.

A análise conjunta desses parâmetros evidencia como a morfologia dos frutos influencia diretamente o equilíbrio entre rendimento e qualidade enológica. Para complementar essa avaliação, a Tabela 14 apresenta indicadores vegetativos: número de sarmentos por planta e índice de fertilidade das gemas, que são fundamentais para compreender o potencial produtivo e as estratégias de adaptação

das cultivares às condições de altitude e clima subtropical úmido de Campo Largo–PR.

TABELA 14 - Valores médios e coeficiente de variação (%) do número de sarmentos e índice de fertilidade das cultivares tintas e brancas durante a safra 2024/2024. Campo Largo, PR. Brasil

Cultivar	Massa da poda por planta (kg)	Número de sarmentos por planta ⁻¹	Índice de Ravaz	Índice de Fertilidade
Ancellotta	0,19 c	18,0 b	3,36 b	0,14 f
Cabernet Franc	0,28 b	15,7 c	2,72 b	0,38 c
Marselan	0,35 a	23,9 a	1,53 c	0,66 a
Merlot	0,35 a	16,1 c	2,82 b	0,36 c
Pinot Noir	0,17 c	14,4 c	2,35 b	0,49 b
Rebo	0,21 c	11,8 d	3,42 b	0,31 d
Sangiovese	0,19 c	16,2 c	4,85 b	0,21 e
Grosso	0,33 b	14,9 c	0,57 d	0,10 f
Syrah	0,32 b	15,4 c	0,48 d	0,38 c
Tannat	0,17 c	14,9 c	1,65 c	0,33 d
Alvarinho	0,14 c	18,1 b	4,16 a	0,087 f
Chardonnay	0,43 a	18,5 b	1,60 c	0,18 e
Gewurztraminer	0,27 b	18,3 b	1,83 c	0,41 c
Sauvignon Blanc				
CV (%)	33,63	7,04	52,3	16,75

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si pelo teste de agrupamento. Scott- Knott ($p < 0,05$).

O número de sarmentos por planta é um indicativo do vigor vegetativo e da capacidade de emissão de ramos produtivos ao longo do ciclo. Aliado a isso, o índice de fertilidade (definido pelo número de cachos emitidos por sarmento) expressa o potencial produtivo das gemas frutíferas e a eficiência reprodutiva da videira, sendo uma variável determinante na formação da carga de frutos e no planejamento do manejo da poda.

A massa da poda por planta, parâmetro diretamente associado ao vigor vegetativo, apresentou variação de 0,142 kg na cultivar Chardonnay a 0,43 kg na ‘Gewurztraminer’. Valores entre 0,2 e 0,4 kg por planta são geralmente considerados adequados para vinhedos conduzidos em regiões de altitude, pois indicam vigor moderado, suficiente para sustentar a produção sem comprometer a qualidade dos

frutos. Nesse sentido, cultivares como ‘Marselan’, ‘Merlot’ e ‘Gewurztraminer’ apresentaram vigor elevado, enquanto ‘Chardonnay’, ‘Pinot Noir’ e ‘Alvarinho’ exibiram valores abaixo do intervalo ideal, sugerindo menor acúmulo de biomassa vegetativa. Esse desempenho indica uma combinação ideal entre vigor e produtividade, com alta emissão de ramos e grande proporção de gemas frutíferas.

O número de sarmentos por planta, que expressa a capacidade de emissão de ramos produtivos, variou de 11,8 (‘Rebo’) a 23,9 (‘Marselan’). Em condições de equilíbrio, recomenda-se que as videiras apresentem entre 15 e 20 sarmentos por planta, garantindo boa distribuição da carga produtiva e adequada interceptação de luz. Assim, cultivares como ‘Cabernet Franc’, ‘Merlot’, ‘Tannat’ e ‘Sauvignon Blanc’ situaram-se dentro da faixa ideal, enquanto Marselan superou esse intervalo, evidenciando elevado vigor e potencial produtivo. Já ‘Rebo’ apresentou número de sarmentos abaixo do recomendado, o que pode limitar sua capacidade de frutificação. Esse desbalanceamento entre crescimento e frutificação pode indicar falhas na indução ou diferenciação floral, ou mesmo uma inadequação dessas cultivares ao ambiente local, especialmente no que se refere à disponibilidade de frio no período de dormência ou ao estresse térmico durante a brotação e o florescimento.

O índice de Ravaz, que relaciona produção e vigor vegetativo, é considerado adequado quando se encontra entre 5 e 10 em vinhedos equilibrados. No presente estudo, os valores variaram de 0,48 (‘Tannat’) a 4,85 (‘Sangiovese Grosso’), todos abaixo da faixa ideal, o que indica que, de modo geral, as cultivares apresentaram maior vigor em relação à produção efetiva. Esse resultado reforça a necessidade de ajustes de manejo, como poda de produção mais equilibrada, uso de porta-enxertos menos vigorosos ou técnicas de desfolha para estimular a frutificação.

O índice de fertilidade, que expressa a proporção de gemas frutíferas, apresentou grande variação, de 0,087 (‘Chardonnay’) a 0,66 (‘Marselan’). Valores próximos ou superiores a 0,5 cachos por sarmento são considerados desejáveis para cultivares de uvas viníferas, pois indicam boa eficiência reprodutiva. Nesse contexto, apenas ‘Marselan’ (0,66) e ‘Pinot Noir’ (0,49) se aproximaram do intervalo ideal, enquanto a maioria das cultivares apresentou índices inferiores, destacando-se negativamente ‘Chardonnay’, ‘Syrah’ e ‘Ancellotta’, com valores muito baixos.

De forma geral, os resultados evidenciam que a ‘Marselan’ reúne características altamente desejáveis, combinando vigor, elevado número de

sarmentos e alta fertilidade, o que a posiciona como a cultivar mais adaptada às condições de Campo Largo. A ‘Pinot Noir’, embora apresente baixo vigor, destacou-se pela eficiência reprodutiva, reforçando seu potencial como cultivar precoce. Em contrapartida, ‘Chardonnay’, ‘Syrah’ e ‘Ancellotta’ apresentaram limitações importantes em fertilidade, enquanto ‘Cabernet Franc’, ‘Merlot’, ‘Tannat’ e ‘Sauvignon Blanc’ mostraram desempenho intermediário, passível de otimização por meio de práticas de manejo. Já ‘Rebo’, ‘Sangiovese Grosso’ e ‘Gewurztraminer’ apresentaram baixa emissão de sarmentos e baixos índices de fertilidade, sugerindo necessidade de intervenções agronômicas específicas, como o uso de porta-enxertos vigorosos e ajustes nutricionais.

A maturação ideal das uvas depende do equilíbrio entre açúcares e ácidos, fator decisivo para a qualidade do vinho, especialmente em regiões de altitude e clima subtropical, como é o caso de Campo Largo–PR. Nesse contexto, foram avaliados os teores de sólidos solúveis totais (°Brix), a acidez total titulável (ATT) e o pH das diferentes cultivares de uvas viníferas, parâmetros determinantes para a definição do ponto de colheita e para a caracterização enológica das cultivares (Tabela 15).

TABELA 15 - Valores médios e coeficiente de variação (%) para os teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (ATT) e pH das cultivares tintas e brancas durante a safra 2024/2024. Campo Largo, PR, Brasil.

Cultivar	Sólidos Solúveis (°Brix)	Acidez Total (mEq L ⁻¹)	pH
Ancellotta	18,24 e	98,86 b	3,55 b
Cabernet Franc	16,66 g	80,47 d	3,64 b
Marselan	19,07 c	90,68 c	3,72 a
Merlot	17,78 f	77,66 d	3,56 b
Pinot Noir	19,26 b	NA	3,35 d
Rebo	19,38 b	77,24 d	3,72 a
Sangiovese Grosso	18,77 d	105,66 a	3,61 b
Syrah	17,76 f	77,68 d	3,59 b
Tannat	17,73 f	89,68 c	3,46 c
Alvarinho	20,07 a	80,03 d	3,34 d
Chardonnay	20,00 a	NA	3,78 a
Gewurztraminer	20,00 a	NA	3,35 d
Sauvignon Blanc	17,84 f	NA	3,12 e
CV (%)	0,94	2,24	1,36

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si pelo teste de agrupamento. Scott- Knott ($p < 0,05$). NA: Não avaliado

Os sólidos solúveis totais variaram de 16,6 °Brix (Cabernet Franc) a 20,0 °Brix ('Alvarinho', 'Chardonnay' e 'Gewurztraminer'). Valores acima de 18 °Brix são considerados adequados para a colheita de uvas destinadas à vinificação, garantindo concentração mínima de açúcares para fermentação alcoólica. Nesse contexto, cultivares como 'Alvarinho', 'Chardonnay', 'Gewurztraminer', 'Rebo' e 'Pinot Noir' apresentaram teores superiores a 19 °Brix, indicando bom acúmulo de açúcares e potencial para vinhos equilibrados. Em contrapartida, 'Cabernet Franc' (16,6 °Brix), 'Merlot', 'Syrah' e 'Sauvignon Blanc' (17,7 e 17,8 °Brix) apresentaram valores abaixo do ideal, sugerindo maturação incompleta ou menor acúmulo de açúcares sob as condições locais.

A acidez total titulável variou de 77,2 mEq.L⁻¹ ('Rebo') a 105,6 mEq.L⁻¹ ('Sangiovese Grosso'), valores que correspondem a aproximadamente 5,8–8,0 g.L⁻¹ de ácido tartárico, intervalo considerado adequado para vinificação. A 'Sangiovese Grosso' destacou-se pelo maior valor (105,6 mEq.L⁻¹), indicando elevada acidez, característica que pode favorecer a longevidade e frescor dos vinhos, mas que exige equilíbrio com o teor de açúcares. Já cultivares como 'Merlot', 'Syrah' e 'Rebo' apresentaram acidez mais baixa (77,2–77,6 mEq.L⁻¹), o que pode comprometer a estrutura e frescor dos vinhos em safras mais quentes.

O pH variou de 3,12 ('Sauvignon Blanc') a 3,78 ('Chardonnay'). Valores entre 3,1 e 3,6 são considerados ideais, pois garantem estabilidade microbiológica e equilíbrio sensorial. Nesse sentido, 'Sauvignon Blanc' (3,12), 'Alvarinho' (3,34), 'Gewurztraminer' (3,35) e 'Pinot Noir' (3,35) apresentaram pH baixo, o que favorece frescor e acidez perceptível, características desejáveis em vinhos brancos e espumantes. Já 'Chardonnay' (3,78), 'Marselan' e 'Rebo' (3,72) apresentaram pH elevado, o que pode comprometer a estabilidade e aumentar a suscetibilidade a oxidações, exigindo maior cuidado tecnológico na vinificação.

De forma geral, os resultados indicam que a 'Alvarinho', 'Chardonnay' e 'Gewurztraminer' apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis (20,0 °Brix), reforçando seu potencial para vinhos brancos estruturados e aromáticos. A 'Marselan' e o 'Rebo' combinaram teores adequados de açúcares (19,0 e 19,3 °Brix) com pH elevado, o que pode favorecer vinhos tintos de maior corpo, mas requer atenção ao

equilíbrio ácido. A ‘Pinot Noir’, com 19,2 °Brix e pH de 3,35, apresentou perfil tecnológico adequado para vinhos de ciclo precoce, com boa acidez e frescor. Em contrapartida, ‘Cabernet Franc’, ‘Merlot’, ‘Syrah’ e ‘Sauvignon Blanc’ apresentaram teores de sólidos solúveis abaixo do ideal, o que pode limitar seu potencial enológico sob as condições de Campo Largo. A ‘Sangiovese Grosso’, embora tenha apresentado acidez elevada (105,6 mEq·L⁻¹), registrou sólidos solúveis intermediários (18,7 °Brix), sugerindo maturação incompleta em termos de açúcares, mas com potencial para vinhos de maior frescor e longevidade.

A Tabela 16 apresenta os valores médios dos parâmetros fenólicos determinados para as diferentes cultivares tintas e brancas avaliadas durante a safra 2024/2025, no município de Campo Largo–PR. Observa-se ampla variabilidade entre os genótipos, refletindo tanto o potencial genético intrínseco de cada cultivar quanto a interação com as condições edafoclimáticas locais, especialmente a altitude e o clima subtropical úmido característicos da região.

TABELA 16 - Valores médios e coeficiente de variação (%) dos índices de polifenóis totais (IPT280), flavonoides (FLA), fenóis não flavonoides (FNF), polifenóis totais (PT), teor antocianinas totais (TTA) e taninos totais (TT) das cultivares tintas e brancas durante a safra 2024/2025. Campo Largo, PR, Brasil.

Cultivar	IPT (280)	FLA (mg L ⁻¹)	FNF (mg L ⁻¹)	PT (mg L ⁻¹)	TTA (mg L ⁻¹)	TT (g L ⁻¹)
Ancellotta	113,95 a	103,91 b	1.377,13 b	1.481,04 b	426,4 a	2,31 a
Cabernet Franc	146,16 a	136,12 a	1.054,81 c	1.190,93 c	377,7 c	2,00 a
Marselan	114,85 a	104,75 b	1.253,77 b	1.358,52 b	388,5 b	1,73 a
Merlot	121,96 a	112,03 b	1.860,77 a	1.977,75 a	364,5 c	1,76 a
Rebo	155,35 a	145,37 a	1.832,38 a	1.209,06 c	391,7 b	1,90 a
Sangiovese Grosso	116,69 a	106,71 b	1.231,48 b	1.134,34 c	321,5 d	1,3 a
Syrah	123,42 a	113,43 b	1.842,34 a	1.955,77 a	373,5 c	2,08 a
Tannat	100,89 a	114,55 b	1.415,39 b	1.529,94 b	370,3 c	2,12 a
Alvarinho	81,61 a	63,57 c	220,91 d	257,96 d	NA	0,31 b
CV (%)	24,69	19,87	31,90	36,59	2,93	32,66

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes dentro da mesma safra diferem entre si pelo teste de agrupamento. Scott- Knott (p<0,05).

O conteúdo de polifenóis totais (PT) variou de 257,96 mg L⁻¹ (‘Alvarinho’) a 1.977,75 mg L⁻¹ (‘Merlot’), indicando alta sensibilidade dos compostos fenólicos às

características varietais e ambientais. Entre as cultivares tintas, 'Merlot', 'Syrah' e 'Rebo' apresentaram os maiores teores de PT (acima de 1.800 mg L^{-1}), reforçando seu potencial para elaboração de vinhos tintos encorpados e estruturados. Esses altos valores também se refletiram nos conteúdos de flavonoides não flavonoides (FNF), com destaque para 'Merlot' ($1.860,77 \text{ mg L}^{-1}$), 'Rebo' ($1.832,38 \text{ mg L}^{-1}$) e 'Syrah' ($1.842,34 \text{ mg L}^{-1}$), todos estatisticamente superiores às demais cultivares.

A cultivar Cabernet Franc apresentou teores menores de PT ($1.190,93 \text{ mg L}^{-1}$) e FNF ($1.054,81 \text{ mg L}^{-1}$), mas exibiu valores significativamente altos de flavonoides totais (FLA $136,12 \text{ mg L}^{-1}$), equivalentes aos da cultivar Rebo, indicando que, embora o conteúdo total seja inferior, a proporção de compostos pode ser expressiva, favorecendo a cor e o potencial antioxidante do vinho.

Entre as cultivares brancas, 'Alvarinho' apresentou os menores valores absolutos, como esperado para uvas brancas. Ainda assim, os valores observados são considerados satisfatórios para vinhos brancos mais estruturados, principalmente se submetidos a técnicas de vinificação que favoreçam a extração fenólica, como prensagem suave e maceração pré fermentativa.

O índice de polifenóis totais (IPT 280) variou de 81,61 ('Alvarinho') a 155,35 ('Rebo'), com destaque também para 'Cabernet Franc' (146,16) e 'Merlot' (121,96). O IPT é um parâmetro amplamente utilizado na avaliação da intensidade e complexidade fenólica dos mostos e vinhos, estando diretamente associado ao corpo, estrutura e potencial de envelhecimento. Os resultados indicam que 'Rebo', 'Cabernet Franc' e 'Merlot' possuem elevada concentração de compostos fenólicos totais, o que reforça sua aptidão para produção de vinhos tintos de guarda.

O teor de antocianinas totais (TTA), por sua vez, variou entre $321,5 \text{ mg L}^{-1}$ ('Sangiovese Grosso') e $426,4 \text{ mg L}^{-1}$ ('Ancellotta'), sendo este último particularmente relevante para a coloração e a estrutura do vinho. A 'Ancellotta', apesar de não apresentar os maiores valores de polifenóis, destacou-se com o maior teor de taninos, o que pode justificar seu uso como uva de corte para agregar cor e estrutura a vinhos de menor intensidade fenólica.

O teor de taninos (TT em g L^{-1}) reforça essa tendência, apresentando os maiores valores em 'Ancellotta' ($2,31 \text{ g L}^{-1}$), 'Tannat' ($2,12 \text{ g L}^{-1}$) e 'Syrah' ($2,08 \text{ g L}^{-1}$), condizentes com o perfil dessas cultivares, tradicionalmente associadas a vinhos encorpados, com alta carga tânica e boa longevidade. Por outro lado, a 'Alvarinho'

apresentou teor de taninos significativamente menor ($0,31 \text{ g L}^{-1}$), reforçando seu caráter mais leve e delicado. A 'Tannat', especificamente, é conhecida por sua adstringência marcante, e os valores observados nesta safra confirmam esse comportamento.

4.4 DISCUSSÃO

O ciclo fenológico das videiras é altamente dependente das condições térmicas acumuladas durante o ciclo vegetativo, especialmente da soma térmica e do número de horas de frio abaixo de $7,2^\circ\text{C}$ durante o período de dormência (Pereira et al., 2015; Keller, 2020). Esses fatores determinam o ritmo de desenvolvimento das fases fenológicas, afetando diretamente a brotação, a floração, o vingamento e a maturação das uvas (Jones et al., 2022; Tonietto; Carbonneau, 2004).

Em Campo Largo, o inverno de 2024 caracterizou-se por temperaturas mínimas inferiores a $8,5^\circ\text{C}$ nos meses de julho e agosto, totalizando entre 140 e 158 horas de frio mensais. Essa condição térmica mostrou-se adequada para a quebra de dormência em cultivares de baixa a média exigência de frio, como 'Pinot Noir', 'Sauvignon Blanc' e 'Merlot'. Esses dados corroboram os limites mínimos apontados por Leão e Regina (2008) e Londo e Johnson (2020), segundo os quais as cultivares necessitam de, ao menos, 100 horas abaixo de $7,2^\circ\text{C}$ para uma brotação eficiente e homogênea, segundo os quais citam que as brotações vigorosas e uniformes observadas nessas cultivares refletem, portanto, a adequada superação da dormência fisiológica, condição essencial para o equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo (Pommer, 2003; Keller, 2020).

Resultados semelhantes já haviam sido relatados por Sato e Roberto (2020), que destacam a importância do acúmulo de frio invernal para a adaptação de cultivares viníferas em regiões de altitude intermediária do Paraná. De forma complementar, o zoneamento agroclimático da videira elaborado por Ricce (2017) confirma que áreas como Campo Largo apresentam aptidão para cultivares de ciclo médio a longo, reforçando a adequação de Marselan e Tannat às condições locais. Além disso, Mariani (2017), ao avaliar cultivares para suco em Dois Vizinhos-PR, também observou forte influência da variabilidade térmica sobre a fenologia e a

qualidade das uvas, o que corrobora a relevância do balanço térmico regional para a viticultura paranaense.

O aumento gradual das temperaturas entre setembro e fevereiro, com máximas próximas de 30 °C e mínimas acima de 18 °C, proporcionou condições favoráveis ao acúmulo térmico requerido para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das videiras. No entanto, cultivares mais sensíveis ao calor noturno como Sauvignon Blanc, podem ter apresentado redução na acidez e no potencial aromático em razão do menor resfriamento noturno durante o período de maturação (dezembro a fevereiro), conforme apontam Zufferey et al., (2017) e Kliewer e Torres (2021).

A amplitude térmica diária, variando entre 9,8 °C e 11,2 °C durante o verão, beneficiou particularmente as cultivares de ciclo médio a longo, como 'Marselan', 'Tannat' e 'Rebo', estimulando a síntese de antocianinas e taninos, conforme observado por Jackson (2020) e Tonietto e Carbonneau (2004). A cultivar Ancellotta, que apresentou o ciclo mais longo (169 dias), também foi favorecida por essas condições, alcançando a maturação fisiológica adequada, ainda que com menor produtividade. Segundo Mori et al., (2005) e Teixeira et al., (2021), amplitudes térmicas mais elevadas e maior radiação solar durante a maturação favorecem a fotossíntese, estimulam a síntese de compostos fenólicos e precursores aromáticos e resultam em vinhos de maior complexidade.

A variação observada no ciclo fenológico entre as cultivares tintas (144 a 169 dias) e brancas (132 a 159 dias) evidencia a plasticidade adaptativa dos materiais genéticos avaliados. Cultivares de ciclo mais longo, como 'Ancellotta', demandam maior radiação e acúmulo térmico para expressarem plenamente o seu potencial fenólico, corroborando as observações de Jones et al., (2022) e Costa et al., (2023). Essa diferenciação fenológica também destaca a importância de considerar o balanço térmico regional na seleção de cultivares para regiões de altitude intermediária, como Campo Largo, onde o clima subtropical úmido, combinado à amplitude térmica moderada, exerce papel determinante sobre a maturação e a composição final das uvas (Souza et al., 2024).

A 'Marselan', com 164 dias, e a 'Tannat', com 161 dias, apresentaram desempenho satisfatório sob as condições de verão quente e seco de Campo Largo, que registrou temperaturas máximas de 27,7 °C em janeiro e radiação de 383,2 MJ.m⁻² em fevereiro. Esse cenário favoreceu o acúmulo de açúcares e compostos

fenólicos, conforme já observado em estudos de Miele et al., (2019) em regiões de altitude no Brasil. Resultados semelhantes foram relatados por Roberto et al., (2019), que destacaram a boa adaptação dessas cultivares em regiões de altitude no Paraná, com equilíbrio entre vigor vegetativo, produtividade e qualidade enológica.

A ‘Merlot’ e a ‘Pinot Noir’ apresentaram os ciclos mais curtos, com 151 e 144 dias, respectivamente. A Merlot, cuja brotação iniciou-se em 9 de setembro, atingiu a maturação no início de fevereiro. Trata-se de uma variedade precoce, amplamente cultivada no Brasil e reconhecida pela suavidade de seus taninos e perfil aromático frutado (Mota et al., 2020). Segundo Sato e Roberto (2015), essas cultivares também apresentaram ciclos precoces em Londrina–PR, sendo favorecidas por colheitas antecipadas que evitam o auge das chuvas de verão, embora com limitações no acúmulo de antocianinas.

A ‘Pinot Noir’, por sua vez, completou seu ciclo em apenas 144 dias, encerrando a maturação ainda em janeiro. De manejo exigente em função de sua sensibilidade a doenças e às variações climáticas, essa cultivar tem apresentado bom desempenho enológico quando conduzida sob práticas adaptadas a climas tropicais de altitude (MOTA et al., 2020). Essa condição condiz com as observações de Sadras et al., (2018), que associam ciclos curtos em climas quentes à limitação no acúmulo de antocianinas, restringindo o potencial fenólico da cultivar. Esses resultados estão em consonância com os relatados por Sato e Roberto (2015), que observaram ciclos mais curtos e elevada sensibilidade de Pinot Noir e Merlot às variações climáticas em Londrina–PR, reforçando a necessidade de manejo adaptado para garantir qualidade enológica

A cultivar Marselan, com produtividade de 1.954 kg. ha⁻¹ e 15,8 cachos por planta, apresentou o melhor desempenho produtivo entre as cultivares avaliadas. Esse resultado está diretamente associado à elevada fertilidade das gemas (0,66) e ao expressivo número de sarmentos por planta (23,9), indicando um adequado equilíbrio entre vigor vegetativo e capacidade reprodutiva. Tal perfil sugere uma adaptação eficiente às condições edafoclimáticas locais, especialmente à combinação de verões secos, alta radiação solar e noites frescas, características da Região Metropolitana de Curitiba. Renaud et al., (2020) apontara que a ‘Marselan’ apresenta estabilidade produtiva satisfatória em regiões com alta incidência solar e clima quente moderado.

Estudos prévios realizados por Falcão et al., (2007), Miele et al., (2019) e Roberto et al., (2019) já haviam destacado a aptidão dessa cultivar para sistemas tropicais de altitude, incluindo áreas do Paraná. Esses resultados estão em consonância com os apontamentos de Sato e Roberto (2011, 2015), que verificaram bom desempenho de cultivares como 'Chardonnay', 'Merlot' e 'Cabernet Sauvignon' em Londrina e região Norte do estado, evidenciando a plasticidade adaptativa das videiras em diferentes microclimas paranaenses.

A cultivar Tannat, reconhecida por sua elevada carga de compostos fenólicos, também demonstrou excelente produtividade ($1.025,87 \text{ kg. ha}^{-1}$), com cachos de massa média de 148,8 g, o maior valor entre todas as cultivares avaliadas. Esses resultados reforçam seu potencial para a elaboração de vinhos encorpados e tânicos, conforme relatado por Rizzon e Miele (2002). No entanto, o alto índice de compactação dos cachos (0,56) representa um possível fator de risco fitossanitário, visto que cachos mais compactos dificultam a ventilação entre as bagas e favorecem a incidência de patógenos, exigindo manejo criterioso, especialmente em regiões com verões úmidos, corroborando principalmente diante do volume elevado de chuvas registrado em dezembro (253 mm), como já alertado por González-Domínguez et al., (2019).

Em contraposição, a cultivar Syrah apresentou a menor produtividade da safra, com apenas 50 kg. ha^{-1} . Esse desempenho inferior pode ser atribuído à baixa fertilidade das gemas (0,10) e ao reduzido número de cachos por planta (1,5), indicando falhas fisiológicas na brotação ou na floração. Segundo Anzanello e Lampugnani (2020), a cultivar Syrah exige aproximadamente 400 horas de frio abaixo de $7,2^\circ\text{C}$ para a superação da dormência e início da brotação. A insuficiência desse período de frio pode comprometer o desenvolvimento vegetativo e produtivo da planta, resultando em baixa produtividade. Além disso, o período de floração coincidiu com temperaturas elevadas e chuvas expressivas, condições que podem ter prejudicado o vingamento das flores (Smart; Robinson, 1991) bem como Fregoni (2013), já haviam indicado que condições climáticas adversas durante a floração afetam significativamente a frutificação em cultivares sensíveis. A baixa produtividade observada pode, ainda, refletir limitações genéticas ou inadequação da cultivar ao

ambiente local, conforme discutido por Tonietto e Carbonneau (2004), que ressaltam a forte influência do clima sobre a expressão fenotípica das videiras.

Entre as cultivares brancas, a Sauvignon Blanc apresentou rendimento satisfatório (774 kg. ha^{-1}), com 7,5 cachos por planta e fertilidade média de 0,41, valores que indicam boa adaptação à região, apesar de seu ciclo curto (132 dias). No entanto, as temperaturas noturnas elevadas durante a fase de maturação podem ter acelerado a degradação de ácidos orgânicos, resultando em pH extremamente baixo (3,12) e acidez desequilibrada, condição já descrita por Blouin e Guimberteau (2000) e Zufferey et al., (2017). Tal condição compromete o frescor varietal e pode impactar negativamente a complexidade aromática dos vinhos brancos, como apontado por Blouin e Guimberteau (2000). Kliewer e Torres (2021) confirmam que noites quentes reduzem o acúmulo de ácido málico, influenciando diretamente a acidez e a estabilidade sensorial em cultivares como 'Sauvignon Blanc'.

Com relação ao comprimento médio dos cachos, a 'Tannat' se destacou com o maior valor (16,2 cm), seguida por 'Alvarinho' (15,1 cm) e 'Rebo' (13,9 cm), demonstrando bom desenvolvimento estrutural das inflorescências. Essa morfologia é vantajosa tanto para a colheita mecânica quanto para a ventilação entre bagas, o que contribui para menor incidência de doenças fúngicas, como salientado por Camargo et al., (2011). Em contraste, 'Marselan' (7,8 cm) e 'Sauvignon Blanc' (8,2 cm) apresentaram os menores comprimentos de cacho, o que pode refletir limitações morfoestruturais adaptativas ao microclima local ou características genéticas próprias (MARTINS et al., 2020). Tais atributos também se relacionam à maior densidade dos cachos, característica frequentemente associada ao maior índice de compostos fenólicos, conforme descrito por Fregoni (1998).

O número de bagas por cacho também variou significativamente entre as cultivares. A 'Tannat' novamente se destacou, com 125,8 bagas por cacho, seguida por 'Alvarinho' (108,0) e 'Sangiovese Grosso' (83,6). Esses valores refletem tanto o bom pegamento de flores quanto a elevada fertilidade das gemas, aspectos desejáveis para cultivares com vocação para maior rendimento por área (RIZZON et al., 2010). Essa característica também é compatível com o estilo de vinhos frescos, aromáticos e com acidez marcante, como relatado por Tecchio et al., (2011).

Por outro lado, as cultivares 'Syrah', 'Merlot' e 'Chardonnay' apresentaram os menores números de bagas por cacho (46,0; 46,0 e 40,2, respectivamente), o que

pode comprometer a produtividade final. Esses resultados estão em conformidade com observações feitas por Tecchio et al., (2011) em experimentos realizados na região Sudeste do Brasil, que apontam limitações reprodutivas associadas a fatores climáticos e genéticos.

Já a Chardonnay, com apenas 1,6 cachos por planta e produtividade de 233 kg ha⁻¹, demonstrou provável inadequação climática, reforçando os relatos de Mota et al., (2020), que indicam alta sensibilidade dessa cultivar ao déficit térmico durante brotação e floração. Essa limitação também foi observada em experimentos conduzidos no Paraná, conforme relatado por Sato e Roberto (2020), que identificaram baixa fertilidade de gemas e irregularidade produtiva da Chardonnay em regiões de primavera chuvosa. De forma semelhante, Mariani (2017) também apontou que cultivares brancas apresentam maior sensibilidade às variações térmicas no Sudoeste do Paraná, reforçando a necessidade de seleção criteriosa de materiais genéticos para cada microclima.

A Sauvignon Blanc, por sua vez, apresentou rendimento satisfatório. Ricce (2017) destacou que essa cultivar encontra aptidão em áreas de altitude intermediária do Paraná, embora apresente sensibilidade ao calor noturno, o que pode comprometer a acidez e o frescor da cultivar.

No que se refere aos aspectos morfológicos dos frutos, as características como massa da baga, massa de casca e sementes, e índice de compactação têm influência direta sobre o rendimento do mosto e a extração de compostos fenólicos, além de impactarem o perfil sensorial dos vinhos (Kennedy et al., 2020; Ribéreau-Gayon et al., 2006).

As cultivares Merlot, Syrah e Tannat destacaram-se com os maiores valores, indicando maior desenvolvimento do fruto e, conseqüentemente, maior rendimento em mosto por baga. Esse resultado é coerente com os dados observados por Camargo et al., (2011) e Martins et al., (2020), que apontara a ‘Merlot’ como uma cultivar de frutos relativamente grandes e de alto potencial de acúmulo de açúcares, características desejáveis para a vinificação de tintos encorpados. Por outro lado, ‘Ancellotta’ e ‘Alvarinho’ apresentaram as menores massas de baga (0,72 g e 0,79 g, respectivamente), indicando um perfil mais compacto e menor rendimento por fruto, o que pode ser vantajoso em vinhos mais concentrados e com maior proporção de compostos fenólicos oriundos da casca.

A cultivar Marselan apresentou o maior índice de compactação (0,85), sugerindo cachos densos com risco aumentado de podridões internas, especialmente em anos com elevada umidade durante o período de maturação, como alertam Intrieri e Filippetti (2000).

Em termos de estrutura fenólica, as maiores massas de casca e sementes foram observadas em 'Marselan' (0,39 g), 'Tannat' (0,39 g) e 'Merlot' (0,38 g), o que indica potencial para vinhos tintos estruturados, ricos em taninos e antocianinas. Já cultivares como 'Ancellotta' (0,235 g) e 'Alvarinho' (0,26 g) apresentaram relação favorável para elaboração de vinhos mais leves e aromáticos, com taninos mais suaves, perfil adequado a vinhos brancos ou tintos jovens (Viana et al., 2021).

Quanto à massa da baga, os maiores valores foram registrados em 'Merlot', 'Syrah' e 'Tannat' (valores acima de 1,75 g), enquanto os menores ocorreram em 'Ancellotta' (0,72 g) e 'Alvarinho' (0,79 g). Essa variação está relacionada tanto à genética das cultivares quanto às condições climáticas da safra, particularmente à elevada disponibilidade hídrica em dezembro e janeiro, que favoreceu o crescimento das bagas em cultivares mais vigorosas (Smart; Robinson, 1991).

Contudo, bagas maiores tendem a apresentar menor relação casca/polpa, o que dilui os compostos fenólicos no mosto, importante na vinificação de tintos. Nesse sentido, cultivares como 'Marselan' e 'Tannat', que combinaram massa intermediária de baga (1,66 a 1,76 g) com elevada massa de casca/semente (acima de 0,38 g), demonstram maior potencial enológico, pois favorecem extração de taninos e antocianinas com menor diluição.

O índice de compactação foi mais elevado em 'Marselan' (0,85) e 'Sangiovese Grosso' (0,61), enquanto 'Merlot', 'Syrah' e 'Cabernet Franc' apresentaram valores baixos (valores abaixo de 0,30), indicando cachos menos densos e, portanto, menor risco fitossanitário. Segundo Kennedy et al., (2020), cachos soltos permitem melhor aeração e reduzem a incidência de doenças fúngicas, sendo desejáveis em regiões com verões úmidos, como é o caso de parte da Região Metropolitana de Curitiba.

O número de sarmentos por planta e o índice de fertilidade das gemas são indicadores-chave do equilíbrio vegetativo-reprodutivo e do potencial produtivo da videira. A cultivar Marselan apresentou o maior número de sarmentos (23,9) e fertilidade (0,66), refletindo uma excelente resposta ao frio invernal e à elevada radiação solar durante a brotação e floração, condições que favorecem a indução

floral e a formação de gemas férteis (Zanus et al., 2019; Leão; Regina, 2008). Esse perfil traduz-se diretamente na alta produtividade observada.

Já a 'Chardonnay', com bom número de sarmentos (18,1) mas baixa fertilidade (0,087), revela um descompasso entre vigor vegetativo e produção reprodutiva. Esse desequilíbrio pode resultar de falhas na diferenciação floral ou da sensibilidade dessa cultivar ao excesso hídrico e à temperatura elevada no florescimento, conforme apontado por Jackson (2020). Em anos com inverno moderado e primavera chuvosa, cultivares como Chardonnay apresentam dificuldades em alcançar boas taxas de frutificação.

A 'Pinot Noir', apesar de apresentar o menor número de sarmentos (14,4), atingiu um dos maiores índices de fertilidade (0,49), o que reforça sua eficiência reprodutiva em condições de ciclos curtos, ideal para regiões de altitude com verões curtos e frescos.

Os parâmetros físico-químicos das uvas, como sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (ATT) e pH, são fortemente influenciados pelas condições ambientais durante o período de maturação, particularmente pela radiação solar, pela temperatura diurna e noturna, e pela disponibilidade hídrica (KELLER, 2020; JACKSON, 2020). As maiores concentrações de SST foram observadas nas cultivares Alvarinho, Gewürztraminer e Chardonnay (20,0 °Brix), refletindo o excelente índice de radiação solar registrado entre dezembro e fevereiro, superior a 380 MJ m⁻². Essa radiação favorece a fotossíntese e, conseqüentemente, o acúmulo de açúcares nos frutos, como demonstrara Kliewer e Torres (2021) e Teixeira et al., (2021).

A radiação solar elevada também contribui para a degradação de ácidos, em conjunto com a amplitude térmica, resultando em valores mais baixos de acidez titulável em cultivares como as cultivares Merlot, Syrah e Sauvignon Blanc (abaixo de 80 mEq L⁻¹). Segundo Smart e Robinson (1991), o equilíbrio entre acúmulo de açúcares e degradação de ácidos é fundamental para a definição do ponto ideal de colheita e influencia diretamente a tipicidade e o frescor dos vinhos.

Entre as cultivares tintas, Rebo (19,3 °Brix), Pinot Noir (19,2 °Brix) e Marselan (19,0 °Brix) destacaram-se com os maiores valores de SS, demonstrando boa aptidão para vinhos com maior teor alcoólico e perfil mais estruturado. Isso está em conformidade com estudos anteriores realizados na Serra Gaúcha e em regiões de

altitude de SC, onde essas cultivares apresentaram desempenho similar (CAMARGO et al., 2011; PEREIRA et al., 2021).

Cultivares como Cabernet Franc (16,6 °Brix), Tannat, Syrah e Merlot (17,7 °Brix) apresentaram níveis mais baixos de SS, possivelmente devido à colheita antecipada ou à menor eficiência na translocação de fotoassimilados, o que pode limitar a graduação alcoólica final do vinho. Em contrapartida, 'Alvarinho', 'Chardonnay' e 'Gewürztraminer' atingiram o valor máximo observado (20,0 °Brix), demonstrando elevada capacidade de acúmulo de açúcares em condições de altitude e noites frias, fato já evidenciado por Miele et al., (2010). Esses teores são considerados ideais para a produção de vinhos brancos secos de qualidade, favorecendo a fermentação completa e o potencial alcoólico (Rizzon; Meneguzzo, 2007). O índice de sólidos solúveis está diretamente relacionado à concentração de açúcares e potencial alcoólico dos vinhos, sendo influenciado por radiação solar e manejo do dossel (Smart e Robinson, 1991).

A 'Sauvignon Blanc', mesmo com sólidos solúveis elevados (17,8 °Brix), apresentou o pH mais baixo da safra (3,12), o que é característico de colheitas precoces associadas à baixa degradação de ácido tartárico e à preservação de ácidos orgânicos em ambientes com noites mais quentes (Zufferey et al., 2015; Blouin; Guimberteau, 2000). Embora essa condição favoreça a preservação da acidez e frescor varietal, pode comprometer a complexidade aromática, especialmente se associada abaixo potencial de envelhecimento.

O valor de pH extremamente baixos observado nesta cultivar sugere uma colheita precoce e uma possível concentração residual de ácido tartárico, com menor degradação do málico, o que pode comprometer a complexidade aromática do vinho (Blouin; Guimberteau, 2000). Segundo Jackson (2020), a acidez total e o pH em brancos como a Sauvignon Blanc são determinantes para o perfil sensorial final, sobretudo em regiões de menor amplitude térmica durante o verão.

A 'Sangiovese Grosso', ao apresentar a maior acidez, pode resultar em vinhos mais frescos e com maior longevidade, embora requeira cuidado na vinificação para evitar excesso de dureza gustativa (Tecchio et al., 2011). Valores elevados também foram observados em Ancellotta (98,8 meq L⁻¹) e Marselan (90,6 meq L⁻¹), o que é positivo para regiões de clima mais quente, mas exige atenção ao ponto de colheita.

Já cultivares como Merlot, Syrah e Rebo, com ATT em torno de 77 meq L⁻¹, tendem a apresentar um perfil sensorial mais macio e redondo, sendo interessantes para o consumo jovem ou composições em cortes. Resultados similares foram relatados por Martins et al., (2020), ao avaliarem essas cultivares em São Joaquim–SC. A elevada acidez é uma característica desejável em regiões quentes, pois contribui para a preservação da frescura do vinho e atua como inibidora de microrganismos indesejáveis (Zoecklein et al., 1995).

A concentração de compostos fenólicos, como antocianinas, flavonoides e taninos, depende de múltiplos fatores, incluindo a exposição solar, a temperatura noturna, a densidade do cacho e o manejo vitícola (Ribéreau-Gayon et al., 2006; KENNEDY et al., 2020). ‘Merlot’ e ‘Syrah’ se destacaram pelos maiores teores de polifenóis totais (acima de 1.950 mg L⁻¹), com destaque para o conteúdo de fenóis não flavonoides (maior que 1.860 mg L⁻¹). Esses resultados estão associados à estrutura de cachos menos compactos, que favorece maior exposição das bagas à luz solar e menor risco de microclimas úmidos no interior do cacho, fatores que, segundo Gómez-Alonso et al., (2007), estimulam a síntese de flavonoides e protegem os tecidos da oxidação.

A ‘Ancellotta’, apesar de menor acúmulo de fenóis não flavonoides (FNF), apresentou os maiores teores de taninos totais (2,31 g L⁻¹) e antocianinas (426,4 mg L⁻¹), evidenciando o alto potencial enológico dessa cultivar, mesmo em condições de baixa produtividade. Segundo Mori et al., (2005), em regiões com alta amplitude térmica e bom escoamento hídrico, como é o caso de Campo Largo, cultivares de ciclo longo podem concentrar compostos fenólicos de forma expressiva, mesmo em safras de menor rendimento.

A ‘Marselan’, embora não tenha registrado os valores mais altos absolutos em fenólicos, apresentou um notável equilíbrio entre sólidos solúveis totais (IPT), flavonoides (FLA), acidez titulável (TTA) e taninos totais (TT), características ideais para vinhos equilibrados, frutados e com potencial de guarda. Esses resultados reforçam a elevada adaptabilidade da cultivar, como já evidenciado por Renaud et al., (2020), que apontam a Marselan como um material promissor para regiões com alta radiação solar e noites frescas, características típicas da viticultura de altitude.

No grupo das cultivares brancas, a ‘Alvarinho’ apresentou os menores índices fenólicos (PT = 257,96 mg.L⁻¹), condizente com seu perfil varietal mais leve e

aromático. Contudo, tal perfil pode ser explorado enologicamente com a adoção de técnicas como a maceração pelicular pré-fermentativa, que favorece a extração de compostos fenólicos e aromáticos em uvas brancas (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Em regiões como Campo Largo, com grande variação térmica entre o dia e a noite, esse tipo de manejo pode ser estratégico para valorizar o perfil sensorial de cultivares brancas com menor carga fenólica natural.

A análise integrada dos dados fenológicos, morfológicos, produtivos e qualitativos obtidos para as diferentes cultivares viníferas avaliadas em Campo Largo durante a safra 2024/2025 evidencia que as condições climáticas locais, especialmente a amplitude térmica moderada, a radiação solar elevada e a ocorrência de invernos com acúmulo térmico suficiente, foram determinantes para o desempenho das videiras. Essa região de altitude intermediária (aproximadamente 950 m), embora represente um desafio em termos de uniformidade térmica, demonstrou-se promissora para cultivares que exigem frio moderado para brotação, longo ciclo de maturação e alta insolação para acúmulo fenólico, conforme apontara Tonietto e Carbonneau (2004) e Jackson (2020).

As cultivares Marselan e Tannat foram as que melhor aliaram desempenho produtivo e qualidade enológica. A ‘Marselan’ apresentou excelente produtividade ($1.954 \text{ kg. ha}^{-1}$), alto número de sarmentos e fertilidade de gemas, além de um perfil qualitativo equilibrado, com SST elevado, boa acidez e composição fenólica robusta. Esses resultados confirmam sua adaptabilidade a regiões com verões secos, alta radiação e noites frescas, como observado por Renaud et al., (2020) e Falcão et al., (2007). Já a ‘Tannat’, embora tenha produtividade menor, mostrou alto teor de taninos e antocianinas, perfil desejado para vinhos estruturados, além de cachos longos e pesados, evidenciando sua aptidão para vinhos de guarda, conforme descrito por Kennedy et al., (2020) e Teixeira et al., (2021).

A cultivar Rebo também apresentou desempenho satisfatório, especialmente na composição fenólica, sendo beneficiada pelo verão ensolarado e seco. Sua resposta positiva confirma as observações de Miele et al., (2010) sobre a boa adaptação dessa cultivar em altitudes médias no Sul do Brasil.

Entre as tintas, a Ancellotta se destacou pela elevada concentração de antocianinas e taninos, mesmo com baixa produtividade, o que evidencia sua vocação

para vinhos intensamente coloridos e com corpo. Segundo Mori et al., (2005), esse padrão é típico de cultivares de ciclo longo cultivadas sob alta amplitude térmica.

A ‘Pinot Noir’, por sua vez, beneficiou-se do ciclo curto, sendo colhida antes do auge das chuvas de verão, o que contribuiu para a sanidade dos cachos. Sua alta fertilidade de gemas, mesmo com baixo número de sarmentos, indica boa eficiência reprodutiva. No entanto, sua menor massa de casca e compactação reduzida podem limitar sua estrutura fenólica, o que é coerente com os apontamentos de Sadras et al., (2017) sobre o comportamento de cultivares precoces em climas quentes.

A ‘Merlot’, de ciclo intermediário, apresentou resultados medianos, com destaque para os teores de sólidos solúveis e casca/semente, reforçando seu potencial para cortes ou vinhos jovens. Já a ‘Syrah’ teve desempenho comprometido, com baixa frutificação, sugerindo inadequação climática, possivelmente relacionada à exigência de frio mais intensa para brotação, conforme discutido por Smart e Robinson (1991) e Fregoni (2013).

No grupo das brancas, a ‘Sauvignon Blanc’ surpreendeu positivamente em rendimento e fertilidade, apesar de apresentar acidez baixa e pH muito ácido, padrão frequentemente observado em regiões de menor resfriamento noturno (ZUFFEREY et al., 2015). Sua precocidade permitiu evitar parte das chuvas de verão, favorecendo a sanidade e o frescor varietal. Por outro lado, a ‘Chardonnay’ demonstrou baixa fertilidade e produtividade, reforçando sua instabilidade em regiões com primaveras chuvosas e verões de baixa amplitude térmica (MOTA et al., 2020; JACKSON, 2020).

A ‘Alvarinho’, embora menos expressiva em compostos fenólicos, demonstrou bom perfil morfológico e rendimento intermediário, revelando potencial para vinhos brancos leves e aromáticos, especialmente se associada a técnicas de manejo enológico como a maceração pré-fermentativa (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006).

Por fim, a avaliação dos componentes físico-químicos e fenólicos das uvas confirma que o verão seco e ensolarado da safra 2024/2025 foi um fator decisivo para o bom acúmulo de açúcares, maturação fenólica e sanidade dos cachos. As maiores amplitudes térmicas favoreceram a concentração de antocianinas e taninos, especialmente nas cultivares tintas de ciclo mais longo, como ‘Marselan’, ‘Tannat’ e ‘Ancellotta’. Por outro lado, as chuvas intensas de dezembro representaram risco

fitossanitário para cachos compactos, exigindo atenção no manejo de cultivares como ‘Sangiovese Grosso’ e ‘Marselan’.

Esses resultados reforçam a necessidade de ajustes no manejo cultural e na escolha de cultivares adaptadas às condições climáticas específicas da Região Metropolitana de Curitiba, valorizando aquelas com maior plasticidade fenológica, boa resposta a verões secos e radiação elevada. O estudo contribui com subsídios técnicos para viticultores e enólogos que buscam consolidar a viticultura de altitude como alternativa produtiva e qualitativa na região Sul do Brasil.

A análise integrada dos dados fenológicos evidência que Campo Largo é promissora para cultivares de ciclo médio a longo. De acordo com Ricce (2017), o zoneamento agroclimático da videira no Paraná confirma a aptidão de regiões de altitude intermediária para cultivares como ‘Marselan’, ‘Tannat’, ‘Sangiovese Grosso’ e ‘Cabernet Franc’, reforçando os resultados obtidos nesta safra

4.5 CONCLUSÃO

De forma integrada, os resultados permitem concluir que a ‘Marselan’ é a cultivar mais consistente e adaptada às condições de Campo Largo, reunindo alta produtividade, vigor equilibrado, fertilidade elevada e perfil tecnológico adequado. A ‘Pinot Noir’ destacou-se pela eficiência reprodutiva e maturação precoce, sendo estratégica para colheitas antecipadas. A ‘Ancellotta’ mostrou-se valiosa para cortes, pela elevada intensidade de cor e taninos. Já ‘Merlot’, ‘Syrah’ e ‘Rebo’ apresentaram forte potencial fenológico, embora com limitações produtivas que exigem manejo criterioso. Em contrapartida, cultivares como ‘Chardonnay’, ‘Syrah’ e ‘Ancellotta’ apresentaram restrições em fertilidade e rendimento, enquanto ‘Cabernet Franc’, ‘Tannat’ e ‘Sauvignon Blanc’ mostraram desempenho intermediário, com possibilidade de ajustes via manejo. Essa diversidade de respostas confirma a importância da seleção varietal e do manejo adaptado às condições edafoclimáticas de Campo Largo, permitindo a produção de vinhos com diferentes perfis sensoriais e tecnológicos.

4.6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. M. de; BASSO, C. J.; ANZANELLO, R.; BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L. da. Ciclo fenológico e produtividade de cultivares de videira no sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. 1–10, 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANZANELLO, R.; LAMPUGNANI, L. Efeito da aplicação de cianamida hidrogenada e da temperatura sobre a brotação de gemas de videiras 'Cabernet Sauvignon' e 'Merlot'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 1, p. e-015, 2020.
- BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. **Maturité et maturations des raisins**. Bordeaux: Féret, 2000. 152 p.
- BRIGHENTI, A. F. Fenologia e produção da videira 'Cabernet Sauvignon' em diferentes épocas de poda na Serra Catarinense. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 6, n. 1, p. 1–7, 2014.
- BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; SILVA, J. M.; PEREIRA, G. E.; TONETTO, J.; ZANUS, M. C.; LIMA, M. A. C.; SOUZA, C. R.; FALCÃO, L. D.; GUERRA, C. C.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, F. L.; ALBUQUERQUE, R. M.; SILVA, A. C.; SILVA, C. M.; SILVA, D. J. Fenologia e produção da videira 'Cabernet Sauvignon' em diferentes épocas de poda na Serra Catarinense. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2011.
- CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. S. Avanços na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. spe1, p. 144–149, 2011.
- CARBONNEAU, A.; CHAMPAGNOL, F. Bases écophysiologiques de l'alimentation hydrique et minérale de la vigne. Bordeaux: **INRA**, 1993.
- COSTA, V. B. da; SILVA, M. A.; SANTOS, F. R.; PEREIRA, L. C.; OLIVEIRA, J. P. Características produtivas, físico-químicas e fenológicas de cultivares de uva em regiões de altitude no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 15, n. 1, p. 33–48, 2023.
- FALCÃO, L. D.; DE REVEL, G.; PERELLO, M. C.; BORDIGNON-LUÍZ, M. T. Influência da altitude no perfil aromático de vinhos Cabernet Sauvignon cultivados em Santa Catarina. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 9, p. 3605–3612, 2007.
- FREGONI, M. **Viticultura di qualità**. Milano: Edagricole, 1998. 448 p.
- FREGONI, M. **Viticultura di qualità**. 2. ed. Milano: Edagricole, 2013. 457 p.
- FREGONI, M. **Viticultura di qualità**. 3. ed. Milano: Edagricole, 2017. 472 p.

GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; FEDELE, G.; CAFFI, T.; DELIÈRE, L.; SAURIS, P.; GRAMAJE, D.; RAMOS-SÁEZ DE OJER, J. L.; DÍAZ-LOSADA, E.; DÍEZ-NAVAJAS, A. M.; BENGIOA, P.; ROSSI, V. A network meta-analysis provides new insight into fungicide scheduling for the control of *Botrytis cinerea* in vineyards. ***Pest Management Science***, v. 75, n. 2, p. 324–332, 2019.

INTRIERI, C.; FILIPPETTI, I. **Vigneto: razionale e gestione**. Bologna: Edagricole, 2000. 394 p.

JACKSON, R. S. **Wine Science: Principles and Applications**. 5. ed. San Diego: Academic Press, 2020. 1036 p.

JONES, G. V.; ALVES, F.; TOMASI, D.; YUSTE, J.; BORDIGONI, M.; GUIMBERT, E.; SCHULTZ, H. R.; MARTÍNEZ, C.; BOSO, S.; LANGELLIER, F.; PERRUCHOT, C. Climate, grapes and wine: structure and suitability in a changing climate. In: REYNOLDS, A. G. (Ed.). **Managing wine quality**. Sawston: Woodhead Publishing, 2022.

KELLER, M. **The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology**. 3. ed. Cambridge: Academic Press, 2020. 552 p.

KENNEDY, J. A.; SAUCIER, C.; GLORIES, Y. Grape and wine phenolics: History and perspective. ***American Journal of Enology and Viticulture***, v. 57, n. 3, p. 239–248, 2006.

KLIEWER, W. M.; TORRES, R. E. Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. ***American Journal of Enology and Viticulture***, v. 72, n. 3, p. 281–289, 2021.

LEÃO, P. C. de S.; REGINA, M. A. Fenologia, produção e qualidade de uvas Syrah e Cabernet Sauvignon em diferentes épocas de poda no Vale do São Francisco. ***Revista Brasileira de Fruticultura***, v. 30, n. 3, p. 599–605, 2008.

LONDO, J. P.; JOHNSON, L. M. Variation in chilling requirement and budburst rate among wild *Vitis* species. ***Environmental and Experimental Botany***, v. 180, 104259, 2020.

MACIEL, R. M.; RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; MAIA, J. D. G.; SILVA, J. M.; PEREIRA, G. E.; TONETTO, J.; ZANUS, M. C.; LIMA, M. A. C.; SOUZA, C. R.; FALCÃO, L. D.; GUERRA, C. C.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, F. L.; ALBUQUERQUE, R. M.; SILVA, A. C.; SILVA, C. M.; SILVA, D. J. Avaliação da qualidade de vinhos tintos elaborados com uvas cultivadas em diferentes altitudes. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, Bento Gonçalves, v. 17, n. 1, p. 45–56, 2025.

MANDELLI, F.; MIELE, A. Influência do porta-enxerto na composição da uva ‘Cabernet Sauvignon’. ***Revista Brasileira de Fruticultura***, v. 30, n. 2, p. 445–450, 2008.

MARTINS, J. P. R.; FAVERO, A. C.; MOTA, R. V. da; LEÃO, P. C. de S.; REGINA, M. A. Fenologia e produção de cultivares de videira em regiões tropicais e subtropicais do Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 41, n. 302, p. 60–72, 2020.

MARIANI, R. Influência da temperatura noturna na biossíntese de antocianinas em uvas tintas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, n. 2, p. 78–85, 2017.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; SCOPPEL, G. Características analíticas de vinhos Chardonnay da Serra Gaúcha. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2555–2558, nov. 2009.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Elaboração de vinho tinto com uvas de mesa 'BRS Rúbea'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1120–1126, 2010.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; MANDELLI, F. Influência do porta-enxerto na composição da uva 'Cabernet Sauvignon'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 445–450, 2019.

MORI, K.; SUGAYA, S.; GEMMA, H. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. **Scientia Horticulturae**, v. 105, n. 3, p. 319–330, 2005.

MOTA, R. V. da; SILVA, C. P. C.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A. Composição físico-química de uvas para vinho em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1127–1137, 2010.

MOTA, R. V. da; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A.; LEÃO, P. C. de S.; TECCHIO, M. A. Produção e qualidade de uvas em diferentes ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 15, n. 1, p. 49–60, 2020.

OLIVEIRA, J. P. Caracterização físico-química de uvas cultivadas em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 17, n. 1, p. 61–72, 2023.

PEREIRA, G. L.; SANTOS, L. A.; OLIVEIRA, M. A.; LIMA, J. R. F.; RENAUD, F. N. R. Desempenho agrônomo da cultivar Marselan em diferentes regiões vitícolas do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 12, n. 1, p. 23–33, 2020.

PEREIRA, L. C.; COSTA, V. B. da; OLIVEIRA, J. P.; SILVA, M. A. Influência do clima na composição fenólica de uvas tintas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 16, n. 2, p. 89–98, 2022.

POMMER, C. V. Uva. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, J. M. C.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. (Org.). Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2003. p. 285–312.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2025.

RENAUD, F. N. R.; SANTOS, L. A.; OLIVEIRA, M. A.; LIMA, J. R. F.; PEREIRA, G. L. Desempenho agrônomo da cultivar Marselan em diferentes regiões vitícolas do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 12, n. 1, p. 23–33, 2020.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology: The Chemistry of Wine, Stabilization and Treatments**. Vol. 2. 2. ed. Chichester: Wiley, 2006. 453 p.

RICCE, W. S. Avaliação da qualidade de vinhos tintos elaborados com uvas cultivadas em diferentes altitudes. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, n. 2, p. 78–85, 2017.

RIZZON, L. A.; MELLO, L. M. Influência do porta-enxerto na composição da uva ‘Cabernet Sauvignon’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 445–450, 2013.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da composição da uva para vinho das principais cultivares *Vitis vinifera* L. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 558–562, 2007.

ROBERTO, S. R.; SATO, A. J.; TECCHIO, M. A.; PEREIRA, F. M. Produção e qualidade de uvas ‘Niagara Rosada’ submetidas a diferentes intensidades de raleio de cachos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 246–251, 2011.

RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; MAIA, J. D. G.; SILVA, J. M.; PEREIRA, G. E.; TONNETTO, J.; ZANUS, M. C.; LIMA, M. A. C.; SOUZA, C. R.; FALCÃO, L. D.; GUERRA, C. C.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, F. L.; ALBUQUERQUE, R. M.; SILVA, A. C.; SILVA, C. M.; SILVA, D. J. Fenologia e produção de cultivares de videira em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 17, n. 1, p. 73–84, 2021.

SADRAS, V. O.; FISCHER, R. A.; DUNSTONE, R. L.; WILLIAMS, J. H.; WRIGHT, G. C.; HERRERA, J. M.; GARCÍA, J. A.; FERRIS, R. S. B. Climate change impacts on wheat yields in South America: A regional study. **Field Crops Research**, v. 218, p. 1–11, 2018.

SATO, A. J.; ROBERTO, S. R. Influência da temperatura noturna na biossíntese de antocianinas em uvas tintas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, n. 2, p. 78–85, 2020.

SEGURA, J.; VAN LEEUWEN, C.; ROBY, J.-P.; GARCÍA DE CORTÁZAR-ATAURI, D.; MARTÍNEZ DE TODA, F.; SCHULTZ, H.; SOTÉS, V.; ZUFFEREY, V.; GÓMEZ-MIGUEL, V.; BAVARESCO, L.; LOVISOLO, C.; PONI, S.; TARDAGUILA, J.; FERRER, M.; PEDROSO, V.; CARBONNEAU, A. terroir and wine typicity: a global perspective. **OENO One**, v. 49, n. 3, p. 123–135, 2015.

SMART, R. E.; ROBINSON, M. Sunlight into Wine: **A Handbook for Winegrape Canopy Management**. Adelaide: Winetitles, 1991. 88 p.

SOUZA, M. J.; PEREIRA, H.; TEIXEIRA, A.; CARVALHO, R. Influência da altitude na composição fenólica de uvas tintas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 17, n. 1, p. 85–94, 2024.

TECCHIO, M. A.; TERRA, M. M.; PEREIRA, F. M.; FERRI, B. G. Produção e qualidade de uvas 'Niagara Rosada' submetidas a diferentes intensidades de raleio de cachos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 246–251, 2011.

TEIXEIRA, A.; SOUSA, M. J.; PEREIRA, H.; CARVALHO, R.; MORATA, A. Chemistry of grape and wine phenolics. In: MORATA, A. (Ed.). **Red Wine Technology**. Cambridge: Academic Press, 2021. p. 69–86.

TELLO, J.; IBÁÑEZ, J. M. Genetic diversity and population structure of grapevine cultivars based on microsatellite markers. **Vitis**, v. 53, n. 1, p. 15–20, 2014.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, n. 1–2, p. 81–97, 2004.

TONIETTO, J.; PEREIRA, G. L.; COSTA, V. B. da. Caracterização agroclimática de regiões vitícolas brasileiras. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 14, n. 1, p. 3–15, 2019.

VIEIRA, R. F.; SANTOS, L. A.; OLIVEIRA, M. A.; LIMA, J. R. F.; PEREIRA, G. L. Desempenho agrônomo da cultivar Marselan em diferentes regiões vitícolas do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 12, n. 1, p. 23–33, 2020.

VIANA, C.; REIS, G. M.; FACCIN, H.; ROSA, M. B.; CARVALHO, L. M. de. Vitis vinifera L. cv. Potencial do bagaço e das borras de Pinot Noir como fontes de compostos bioativos. **Food Research International**, v. 105, p. 148–155, 2018.

ZAMORRA, F. **Manual de viticultura moderna**. Madrid: Mundi-Prensa, 2003. 312 p.

ZANUS, M. C.; MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDOINI, T. L. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 1088–1093, 2011.

ZOECKLEIN, B. W.; FUGELSANG, K. C.; GUMP, B. H.; NURY, F. S. **Wine Analysis and Production**. New York: Springer, 1995. 366 p.

ZUFFEREY, V.; SPRING, J.-L.; VERDENAL, T.; DIENES-NAGY, A.; BELCHER, S.; LORENZINI, F.; KÖSTEL, C.; RÖSTI, J.; GINDRO, K.; SPANGENBERG, J.; VIRET, O. Influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot noir wines in Switzerland. **OENO One**, v. 51, n. 1, p. 17–27, 2017.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O estudo demonstrou que a Região Metropolitana de Curitiba apresenta potencial para a viticultura de altitude voltada à produção de vinhos finos. As condições climáticas e edáficas locais favoreceram o desenvolvimento das videiras, possibilitando ciclos fenológicos completos e boa maturação tecnológica. Dentre as cultivares avaliadas, Marselan, Tannat e Sauvignon Blanc destacaram-se tanto em aspectos produtivos quanto qualitativos, mostrando-se adaptadas às condições locais. As análises físico-químicas e sensoriais dos vinhos confirmaram o potencial enológico dessas cultivares, o que reforça a viabilidade técnica da produção vitícola na região.

A continuidade dos estudos por mais safras, incluindo novas cultivares adaptadas a climas subtropicais de altitude. Além disso, recomenda-se o aprofundamento das análises sensoriais e cromatográficas, visando identificar marcadores químicos relacionados à tipicidade regional dos vinhos. A inserção de práticas sustentáveis de manejo e a utilização de biotecnologias podem contribuir para maior resiliência das videiras e otimização da qualidade dos frutos. Também se destaca a importância de ampliar o envolvimento de produtores locais, promovendo a capacitação técnica e a inserção dos resultados na cadeia produtiva vitivinícola regional.

A avaliação das 13 cultivares revelou diferenças significativas no comportamento fenológico, produtivo e qualitativo das videiras em Campo Largo-PR. As cultivares Marselan e Tannat mantiveram o bom desempenho observado na área anterior, com elevado acúmulo de compostos fenólicos e equilíbrio entre açúcar e acidez. As cultivares brancas, especialmente Sauvignon Blanc e Alvarinho, também apresentaram bons resultados, com perfil sensorial adequado à produção de vinhos frescos e aromáticos. Os dados obtidos reforçam a relevância da adaptação varietal ao microclima local e à condução adequada dos vinhedos.

Durante a safra 2023/2024 em Campo Largo-PR, não foi possível obter resultados conclusivos quanto ao desempenho produtivo de diversas cultivares, devido à ocorrência de condições climáticas favoráveis à proliferação de míldio (*Plasmopara viticola*) no período de florada. A doença comprometeu

significativamente a frutificação e o desenvolvimento dos cachos, especialmente nas cultivares mais sensíveis, inviabilizando parte das avaliações planejadas.

Diante dos prejuízos causados pelo míldio, destaca-se a necessidade de estratégias mais robustas de manejo fitossanitário preventivo, especialmente nos estádios de maior sensibilidade da videira. Sugere-se a adoção de ferramentas de previsão epidemiológica, seleção de clones com maior resistência e ajustes no calendário de aplicações. Para trabalhos futuros, é recomendada a repetição dos experimentos em safras subsequentes, a fim de se obter dados consistentes de produção e qualidade tecnológica. Também seria oportuno avaliar a resposta das cultivares em sistemas de cultivo protegido ou em regiões próximas com menor pressão de doenças, como forma de mitigar os efeitos adversos do clima úmido típico da região.

Recomenda-se a realização de ensaios com diferentes sistemas de condução e manejo de solo, além de estudos de longo prazo sobre a variabilidade climática e seus impactos na fenologia e na composição das uvas. A integração entre os dados de Campo Largo e Balsa Nova pode subsidiar a criação de um zoneamento vitícola específico para a Região Metropolitana de Curitiba. Também é oportuno investir em parcerias com vinícolas locais para testar a aplicabilidade comercial das cultivares mais promissoras, bem como fortalecer os estudos sobre *terroir* e identidade sensorial dos vinhos da região.

6 REFERÊNCIAS GERAIS

- ALMEIDA, R. M. de; BASSO, C. J.; ANZANELLO, R.; BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L. da. Ciclo fenológico e produtividade de cultivares de videira no sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. 1–10, 2018.
- ALMEIDA, R. M. de; OLIVEIRA, C. M. de; PEREIRA, D. F. Ciclo fenológico e produtividade de cultivares de videira no sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. 1–10, 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDERSON, K.; PINILLA, V. **Wine Globalization: A New Comparative History**. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
- ANZANELLO, R.; LAMPUGNANI, L. Efeito da aplicação de cianamida hidrogenada e da temperatura sobre a brotação de gemas de videiras 'Cabernet Sauvignon' e 'Merlot'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 1, p. e-015, 2020.
- ARENHART, M. Caracterização físico-química, fenólica e sensorial da cv. Marselan de diferentes regiões do Rio Grande do Sul. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- ARENHART, M.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Potencial enológico da cultivar Marselan em regiões de altitude do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 14, p. 45–56, 2022.
- BARROS, M. I. L. F.; MELLO, L. L.; FRÖLECH, D. B.; MANICA-BERTO, R.; COSTA, V. B.; MALGARIM, M. B. Características físico-químicas de uva 'Marselan' sob raleio de cachos na Serra do Sudeste-RS. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, e5622, 2019.
- BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. **Maturité et maturations des raisins**. Bordeaux: Féret, 2000. 152 p.
- BOCK, A.; EICHHORN, K. W.; KÖLLER, W.; WENDLING, J.; HACK, H. Fases de crescimento da videira (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). Códigos e descrições segundo a escala BBCH estendida. **Annals of Applied Biology**, v. 158, p. 87–94, 2011.
- BOCK, A.; KRAUS, C.; NICK, P. The contribution of microtubules to lateral root cap development in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Protoplasma**, v. 248, n. 3, p. 651–659, 2011.
- BODIN, F.; MORLAT, R. Characterization of viticultural “terroirs” using a simple field model based on soil depth – II. Validation of the grape yield and berry quality in the Anjou vineyard (France). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 281, n. 1/2, p. 55–69, 2006.

BONIN, B. F. *Desempenho agrônômico e enológico de uvas finas em Campo Largo – PR*. 2023. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

BONIN, R. ***Paraná: o novo terroir brasileiro***. Curitiba: Vinopar, 2023. 124 p.

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F. A.; SILVA, A. L. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v. 46, n. 4, p. 398–405, 2011.

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P. Viticultura brasileira: panorama e perspectivas. In: FARIA, L. C.; BOTELHO, R. V. (org.). ***Viticultura Brasileira: Avanços e Perspectivas***. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2009. p. 15–34.

BOTTON, M.; COLLETA, V. D.; FALLAVENA, A. P. ***Pérola-da-terra (Eurhizococcus brasiliensis)***: manejo integrado da principal praga da videira no Brasil. Bento Gonçalves: ***Embrapa Uva e Vinho***, 2010. (Circular Técnica, 81).

BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L.; BRIGHENTI, E.; PORRO, D.; STEFANINI, M. Desempenho vitícola de cultivares autóctones italianas em condição de elevada altitude no Sul do Brasil. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v. 49, n. 6, p. 465–474, 2014.

BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L.; BRIGHENTI, E.; PORRO, D.; STEFANINI, M. Índice de Ravaz e seu uso na viticultura brasileira. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 6, p. 45–52, 2014.

BRIGHENTI, A. F. Fenologia e produção da videira ‘Cabernet Sauvignon’ em diferentes épocas de poda na Serra Catarinense. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 6, n. 1, p. 1–7, 2014.

BRIGHENTI, A. F. Maior carga de gemas da videira resulta em melhora dos índices produtivos e vegetativos da videira ‘Cabernet Franc’ cultivada em região de elevada altitude. ***Revista de Ciências Agroveterinárias***, Lages, v. 13, n. 2, p. 162–170, 2014.

BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L.; BRIGHENTI, E.; PORRO, D.; STEFANINI, M. Fenologia e produção da videira ‘Cabernet Sauvignon’ em diferentes épocas de poda na Serra Catarinense. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2011.

BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; BRIGHENTI, E.; SILVA, A. L. da; GONZÁLEZ, M. R. *Desempenho vitícola de cultivares autóctones italianas em condição de elevada altitude no Sul do Brasil*. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, Brasília, v. 49, n. 6, p. 465–474, jun. 2014.

BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; GATTI, M.; REGINA, M. A. Viticultura de precisão e qualidade da uva em regiões de altitude. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, Bento Gonçalves, v. 9, n. 1, p. 16–23, 2017.

BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A.; SCHLEMPER, C. Desempenho vitícola da Cabernet Sauvignon sobre diferentes porta-enxertos em região de altitude de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 96–103, 2011.

BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L.; BRIGHENTI, E.; PORRO, D.; STEFANINI, M. Desempenho vitícola de variedades autóctones italianas em condição de elevada altitude no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 6, p. 465–474, 2014.

BRIGHENTI, A. F.; WÜRZ, D. A.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Fenologia e exigência térmica de variedades de videira em regiões de altitude de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 361–371, 2013.

BRIGHENTI, A. F.; WÜRZ, D. A.; RUFATO, L.; SILVA, A. L.; KRETZSCHMAR, A. A. Fenologia e desempenho de cultivares viníferas em regiões de altitude de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 2, p. 1–10, 2017.

CAMARGO, U. A.; LEÃO, P. C. S.; SOUZA, R. T. **Viticultura Tropical: O cultivo da videira em regiões de clima quente**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2020.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. S. Avanços na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. esp., p. 144–149, 2011.

CARBONNEAU, A.; CHAMPAGNOL, F. Bases écophysiologiques de l'alimentation hydrique et minérale de la vigne. **Bordeaux: INRA**, 1993.

CARBONNEAU, A.; CHAMPAGNOL, F. Évaluation du potentiel phénolique des raisins. **Progrès Agricole et Viticole**, v. 110, p. 281–286, 1993.

CHAVES, M. M.; SANTOS, T. P.; SOUZA, C. R.; ORTUÑO, M. F.; RODRIGUES, M. L.; LOPES, C. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. **Annals of Applied Biology**, v. 150, p. 237–252, 2007.

CIPRIANI, R. *Comportamento produtivo e fotossintético das cultivares Verdicchio, Nebbiolo, Rebo e Chardonnay sob dois sistemas de poda em Água Doce – SC, Brasil*. 2012. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

COSTA, V. B. da; BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L. da; GONZÁLEZ, M. R.; RUFATO, L. Características produtivas, físico-químicas e fenólicas de cultivares de uva em regiões de altitude no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 15, n. 1, p. 33–48, 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/249789/1/Artigo-RBVE-2023.pdf>

COSTA, V. B. da; SILVA, M. A.; SANTOS, F. R.; PEREIRA, L. C.; OLIVEIRA, J. P. Características produtivas, físico-químicas e fenólicas de cultivares de uva em regiões

de altitude no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 15, n. 1, p. 33–48, 2023.

DARDEAU, R. **Gente, lugares e vinhos do Brasil**. Rio de Janeiro: Mauad X, 2020.

DAUDT, C. E.; FOGAÇA, A. O. Efeito do ácido tartárico nos valores de potássio, acidez titulável e pH durante a vinificação de uvas Cabernet Sauvignon. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2345–2350, 2008.

DAWSON, T. E.; COOK, B. I.; SCHULTZ, H. R.; JONES, G. V.; VAN LEEUWEN, C.; KELLER, M. *A influência do genótipo e do ambiente na fisiologia da videira e na composição dos frutos*. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 14, p. 120–135, 2023.

DE CONTI, F. *História da vitivinicultura no Paraná: imigração, cultura e desenvolvimento local*. Curitiba: UFPR, 2009. **Dissertação** (Mestrado em História) – Universidade Federal do Paraná.

DIAS, F. A. N.; REGINA, M. A.; SOUZA, C. R.; MOTA, R. V.; FÁVERO, A. C.; AMORIM, D. A. Fertilidade de gemas e produção da videira ‘Chardonnay’ em região de altitude de Minas Gerais. **Bragantia**, v. 71, n. 3, p. 373–379, 2012.

DIAS, F. A. N.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A.; MOTA, R. V.; FÁVERO, A. C.; AMORIM, D. A. Pruning management of Chardonnay grapevines at high altitude in Brazilian southeast. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p. 72–80, 2016.

DIAS, R. C.; FARIAS, J. M.; SOUZA, L. P. Influência do vigor vegetativo na produtividade de cultivares de videira em condições subtropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1335–1342, 2016.

EMBRAPA UVA E VINHO. **Viticultura no Paraná: adaptação das cultivares de uvas finas**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2021.

EMBRAPA UVA E VINHO. **Viticultura no Paraná: Adaptação das cultivares de uvas finas**. 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Uva e Vinho. Sistema de Produção de Uvas para Processamento. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2021.

Embrapa. **Informações técnicas da viticultura brasileira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: **Embrapa**, 2021. 356 p

FALCÃO, L. D.; BURIN, V. M.; ROSIER, J. P.; REGINA, M. A. Características físico-químicas de cultivares de uvas tintas para elaboração de vinho fino tinto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 96–103, 2008.

FALCÃO, L. D.; DE REVEL, G.; PERELLO, M. C.; BORDIGNON-LUÍZ, M. T. Influência da altitude no perfil aromático de vinhos Cabernet Sauvignon cultivados em Santa Catarina. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 9, p. 3605–3612, 2007.

FALCÃO, L.D.; MIELE, A.; RIZZON, L.A. Características físico-químicas de cultivares de uvas tintas para elaboração de vinho fino tinto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.96–103, 2008.

FERREIRA, A. G.; OLIVEIRA, D. R.; MIELE, A. Avaliação físico-química de uvas viníferas cultivadas em diferentes sistemas de condução no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 35, n. 2, p. 87–96, 2019.

FERREIRA, V. C.; FERREIRA, M. M. (coord.). Vinhos do Brasil: do passado para o futuro. Rio de Janeiro: FGV, 2016.

FIDELIBUS, M. W. *Marselan – Grape Varieties in the USA*. Davis: University of California Agriculture and Natural Resources, 2021.

Fidelibus, M. W. *Marselan – Grape Varieties in the USA*. University of California, 2021.

FREGONI, M. **Viticultura di qualità**. 3. ed. Milano: Edagricole, 2017. 472 p.

FREGONI, M. **Viticultura di qualità**. 2. ed. Milano: Edagricole, 2013. 457 p.

FREGONI, M. **Viticultura di qualità**. Milano: Edagricole, 1998. 448 p.

FREGONI, M. *Viticultura di qualità*. Milano: Edagricole, 2017.

FREITAS, G. R. de; LIMA, M. dos S.; PEREIRA, G. E.; ZANUS, M. C.; MELLO, L. M. R. de. Inovações tecnológicas na viticultura brasileira: avanços e desafios. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 6, p. 1–11, 2020.

FREITAS, G. R. de; RODRIGUES, E.; SOUZA, R. T.; CAMARGO, U. A.; LEÃO, P. C. S. *Inovações tecnológicas na viticultura brasileira: avanços e desafios*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 42, n. 6, e-032, p. 1–11, 2020.

FREITAS, Gerson de Freitas; PEREIRA, Gilmar José; MELLO, Loiva Maria Ribeiro de; MACHADO, Carlos Alberto Ely. Zoneamento vitícola e potencial de produção de vinhos finos no Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 12, n. 2, p. 45-60, 2020.

GABARDO, W. O.; VALDUGA, V. Colher e pisar a uva: encenação da tradição para o enoturismo. In: **Anais do X Congresso Brasileiro de Turismo Rural**. 2017.

GARRAMONE, F. M.; PEREIRA, G. E.; TONIETTO, J.; SANTOS, D. B. dos. O impacto das condições climáticas e do solo na produção de vinhos finos. **Revista Brasileira de Viticultura**, v. 22, n. 1, p. 15–23, 2019.

GIOVANNINI, E. **Viticultura Paranaense: desafios e perspectivas para o futuro**. Curitiba: SEAB/IDR-Paraná, 2013.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia: elaboração de grandes vinhos nos “terroirs” brasileiros**. 2. ed. Bento Gonçalves: Instituto Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; FEDELE, G.; CAFFI, T.; DELIÈRE, L.; SAURIS, P.; GRAMAJE, D.; RAMOS-SÁEZ DE OJER, J. L.; DÍAZ-LOSADA, E.; DÍEZ-NAVAJAS, A. M.; BENGIOA, P.; ROSSI, V. A network meta-analysis provides new insight into fungicide scheduling for the control of Botrytis cinerea in vineyards. **Pest Management Science**, v. 75, n. 2, p. 324–332, 2019.

GOULART JUNIOR, J. R.; FLORES, S. S.; SANT’ANNA, R. L.; SILVA, L. C.; ESTEVES, P. S. **Vinhos do Cerrado de altitude: o desenvolvimento de uma nova fronteira vitivinícola em Brasília, DF**. Interações (Campo Grande), v. 25, n. 4, p. 1001–1020, 2019.

GRANJA, Kelliane Araujo Silva. Influência dos fatores edafoclimáticos sobre a videira cultivada no semiárido brasileiro. 2020. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Tecnologia em Viticultura e Enologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, 2020.

GREVEN, M.; GREEN, S.; BENNETT, J.; NEAL, S.; WAINES, J.; TREADWELL, L. Effect of crop load on vine performance and fruit composition of Sauvignon Blanc in Marlborough, New Zealand. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 20, p. 91–103, 2014.

GUASPARI, J. terroir **brasileiro: identidade e qualidade dos vinhos de altitude**. São Paulo: Senac, 2024.

HENRÍQUEZ, C.; Malfetti, M.; HARUTYUNYAN, M.; TERRA, J. de M. Expansão histórica da viticultura nas regiões mediterrâneas: insights arqueológicos e genéticos. **Journal of Archaeological Science**, v. 143, p. 105669, 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal – Uva (Brasil, 2023). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 out. 2025.

IDR-PARANÁ – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Programa de Incentivo à Vitivinicultura Sustentável no Paraná (ProVitis)**. Curitiba: IDR-Paraná, 2024. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/>

IDR-PARANÁ – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Viticultura Paranaense: diagnóstico e perspectivas**. Curitiba: IDR-Paraná, 2022. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/>

INTRIERI, C.; FILIPPETTI, I. **Vigneto: rationale e gestione**. Bologna: Edagricole, 2000. 394 p.

IVV. **Instituto da Vinha e do Vinho**. Relatório Estatístico da Viticultura Portuguesa. Lisboa: IVV, 2023.

JACKSON, R. S. **Wine Science: Principles and Applications**. 4. ed. San Diego: Academic Press, 2014.

JACKSON, R. S. **Wine Science: Principles and Applications**. 5. ed. San Diego: Academic Press, 2020. 1036 p.

JONES, G. V.; WHITE, M. A.; COOK, K. R.; ZHU, Y.; BASSO, B. **Climate change and global wine quality**. *OENO One*, v. 56, n. 2, p. 249–268, 2022.

JONES, G. V.; ALVES, F.; TOMASI, D.; YUSTE, J.; BORDIGONI, M.; GUIMBERT, E.; SCHULTZ, H. R.; MARTÍNEZ, C.; BOSO, S.; LANGELLIER, F.; PERRUCHOT, C. Climate, grapes and wine: structure and suitability in a changing climate. In: REYNOLDS, A. G. (Ed.). **Managing wine quality**. Sawston: Woodhead Publishing, 2022.

JONES, G. V.; DAVIS, R. E. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 51, n. 3, p. 249–261, 2000.

JONES, G. V.; REYNOLDS, A. G.; LARSON, R. Climate, grapes and wine: structure and suitability in a changing climate. In: REYNOLDS, A. G. (Ed.). **Managing wine quality**. 2. ed. Sawston: Woodhead Publishing, 2022.

KALBUSCH, A.; KLEIN, V. A. Manejo e conservação de solos em vinhedos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. esp., p. 170–180, 2011.

KELLER, M. **A Ciência da Videira**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2020.

KELLER, M. **A Ciência da Videira: Anatomia e Fisiologia**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2010.

KENNEDY, J. A.; HAYASAKA, Y.; WATERS, E. J.; WILLIAMS, P. J. Analysis of tannins in seeds and skins of grape berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 4, p. 282–289, 2002.

KENNEDY, J. A.; SAUCIER, C.; GLORIES, Y. Grape and wine phenolics: history and perspective. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, n. 3, p. 239–248, 2006.

KENNEDY, J. A.; SAUCIER, C.; GLORIES, Y. Grape and wine phenolics: History and perspective. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, n. 3, p. 239–248, 2006.

KLIEWER, W. M.; DOKOOZLIAN, N. K. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 56, n. 2, p. 170–181, 2005.

KLIEWER, W. M.; TORRES, R. E. Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 72, n. 3, p. 281–289, 2021.

LACOMBE, Thierry; BOURSIQUOT, Jean-Michel; THIS, Patrice. Origem genética da casta Chardonnay. **Vitis – Journal of Grapevine Research**, v. 51, n. 4, p. 233-238, 2012.

LEÃO, P. C. de S.; REGINA, M. A. Fenologia, produção e qualidade de uvas Syrah e Cabernet Sauvignon em diferentes épocas de poda no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 599–605, 2008.

LEÃO, P. C. S.; PEREIRA, G. E.; ZANUS, M. C.; MELLO, L. M. R. de; LIMA, M. dos S.; PEREGRINO, I.; TONETTO, J. Vinhos no Brasil: contrastes na geografia e no manejo das videiras nas três viticulturas do país. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2019. (Documentos, 121).

LEÃO, P. C. S.; REGINA, M. A. Fenologia, produção e qualidade de uvas Syrah e Cabernet Sauvignon em diferentes épocas de poda no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 599–605, 2008.

LIMA, Cristina de Araújo. *Região Metropolitana de Curitiba: o planejamento regional e a dimensão sócio-ambiental*. Curitiba: UFPR, 2000.

LONDO, J. P.; JOHNSON, L. M. Variation in chilling requirement and budburst rate among wild Vitis species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 180, 104259, 2020.

LORENZ, D. H, EICHHORN, K. W., BLEIHOLDER, H., KLOSE, R., MEIER, U. AND WEBER, E. Phenological growth stages of grapevine (Vitis vinifera L. spp. vinifera): codes and descriptions according to the extended BBCH scale. **Australia Journal of Grape and Wine Research**, 1, p. 100-110, 1995.

LORENZ, D. H.; EICHHORN, K. W.; BLEIHOLDER, H.; KLOSE, R.; MEIER, U.; WEBER, E. Growth stages of the grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (Vitis vinifera L. ssp. vinifera), Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 1, n. 2, p. 100–103, 1995.

LORENZINI, F.; BORGHEZAN, M.; RUFATO, L.; BRIGHENTI, A. F. Impacto da pluviosidade na sanidade e qualidade de uvas viníferas em regiões úmidas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 14, p. 77–88, 2022.

MACIEL, L. C.; MARTINS, F. P.; BRIGHENTI, A. F.; LEÃO, P. C. S.; ZANUS, M. C.; RUFATO, L.; TONETTO, J.; FREITAS, G. R. de. terroir e viticultura de altitude no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 47, p. 1–15, 2025.

MACIEL, R. M.; MARTINS, F. P.; BRIGHENTI, A. F.; LEÃO, P. C. S.; ZANUS, M. C.; RUFATO, L.; TONETTO, J.; FREITAS, G. R. de. Avaliação da qualidade de vinhos

tintos elaborados com uvas cultivadas em diferentes altitudes. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 17, n. 1, p. 45–56, 2025.

MALINOVSKI, L. I., BRIGHENTI, A. F., BORGHEZAN, M., GUERRA, M. P., SILVA, A. L., PORRO, D., STEFANINI, M., & VIEIRA, H. J. Viticultural performance of Italian grapevines in high altitude regions of Santa Catarina State, Brazil. **Acta Horticulturae**, 1115, p. 203–210, 2016.

MANDELLI, F.; MIELE, A. Influência do porta-enxerto na composição da uva ‘Cabernet Sauvignon’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 445–450, 2008.

MANDELLI, F.; MIELE, A. **Manejo da videira: poda, desbrota e tratos culturais**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa sobre a Produção de Uvas Viníferas no Brasil. Brasília: **MAPA**, 2020.

MARCON FILHO, J. L.; WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Índices de fertilidade e desempenho agrônomo da videira Sauvignon Blanc em região de altitude de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 2, p. 123–131, 2015.

MARGOTI, G. *Controle do crescimento, fenologia e curva de maturação do cacho da videira ‘Merlot’ em Campo Largo – PR*. 2016. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MARIANI, R. Influência da temperatura noturna na biossíntese de antocianinas em uvas tintas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, n. 2, p. 78–85, 2017.

MARRANO, A.; RUIZ-GARCÍA, L.; MARTÍNEZ-ZAPATER, J. M.; CASTRO, J. A.; GARCÍA-BENAVIDES, P.; RODRÍGUEZ, J. I.; GARCÍA, J. L.; MARTÍNEZ, M. J.; MARTÍNEZ, J. L.; MARTÍNEZ, M. J. The genomics of grapevine domestication. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 1123, 2023.

MARRANO, A.; BRASSET, R.; ARADHYA, M. K.; TROGGIO, M.; DOYLE, J. J.; FINKELSTEIN, R. R.; KELLER, M.; REESE, M. G.; CADLE-DAVIDSON, L. **The genomics of grapevine domestication**. Nature Communications, London, v. 14, n. 1, p. 1123, 2023.

MARTINS, F. P.; MACIEL, L. C.; BRIGHENTI, A. F.; LEÃO, P. C. S.; ZANUS, M. C.; RUFATO, L.; TONETTO, J.; FREITAS, G. R. de. Fenologia e produção de cultivares de videira em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 6, p. 23–34, 2014.

MARTINS, J. P. R.; FAVERO, A. C.; MOTA, R. V. da; LEÃO, P. C. de S.; REGINA, M. A. Fenologia e produção de cultivares de videira em regiões tropicais e subtropicais do Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 41, n. 302, p. 60–72, 2020.

MCCOVERN, P. E. **Ancient Wine: The Search for the Origins of Viniculture**. Revised ed. Princeton: Princeton University Press, 2019.

MELLO, L. M. R. de. **A vitivinicultura brasileira: panorama 2018**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2018. (Comunicado Técnico, 210).

MELLO, L. M.; RIZZON, L. A. **A viticultura no sul do Brasil: Perspectivas e desafios**. Porto Alegre: Editora Técnica, 2010.

MIELE, A. Características morfológicas de cachos de uvas viníferas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 105–112, 2003.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 223–229, 2009.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Desempenho da cultivar Tannat em regiões do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 10, p. 45–54, 2002.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; MANDELLI, F. Influência do porta-enxerto na composição da uva ‘Cabernet Sauvignon’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 445–450, 2019.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; MANFROI, V.; ZANUS, M. C. Influência da radiação solar na composição fenólica de uvas viníferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 112–121, 2010.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Elaboração de vinho tinto com uvas de mesa ‘BRS Rúbea’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1120–1126, 2010.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; SCOPPEL, G. Características analíticas de vinhos Chardonnay da Serra Gaúcha. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2555–2558, nov. 2009.

MILLER, A. J.; JONES, C. A.; SMITH, D. R.; WILLIAMS, E. T.; BROWN, F. G. A review of the genus *Vitis*: phylogeny, taxonomy, and biogeography. **American Journal of Botany**, v. 107, n. 8, p. 1171–1191, 2020.

MONDOVI, G.; REGINA, M. A.; MIELE, A. Características fenotípicas e produtivas da cultivar Sangiovese Grosso em diferentes regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 33, n. 1, p. 103–113, 2017.

MORI, K.; SUGAYA, S.; GEMMA, H. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. **Scientia Horticulturae**, v. 105, n. 3, p. 319–330, 2005.

MOTA, R. V. da; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A.; LEÃO, P. C. de S.; TECCHIO, M. A. Produção e qualidade de uvas em diferentes ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 15, n. 1, p. 49–60, 2020.

MOTA, R. V. da; SILVA, C. P. C.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A. Composição físico-química de uvas para vinho em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1127–1137, 2010.

MOTA, R. V.; SILVA, J. F.; PEREIRA, L. M.; COSTA, A. R.; ALMEIDA, M. T. Índice de Ravaz e equilíbrio vegetativo em vinhedos de *Vitis vinifera*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1–8, 2010.

MOTA, R. V.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A.; FÁVERO, A. C.; AMORIM, D. A. Índice de Ravaz e sua relação com a produção e vigor da videira em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 2, p. 33–40, 2010.

NARDELLO, I. C.; MIELE, A.; REGINA, M. A. Desempenho inicial de uvas viníferas Rebo sobre diferentes porta-enxertos e a várias densidades de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 57, e02426, 2022.

OIV – Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. State of the World Vitivinicultural Sector in 2023. Paris: **OIV**, 2023.

OIV. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis. Paris: **OIV**, 2022.

OIV. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. Focus OIV 2023: Distribution of the World's Grapevine Varieties. Paris: **OIV**, 2023.

OJEDA, H.; ANDARY, C.; KRAEVA, E.; CARBONNEAU, A.; DARNÉ, G. Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 4, p. 261–267, 2002.

OLIVEIRA, C. M. de; OLIVEIRA, J. B.; PEREIRA, G. E.; FALCÃO, L. D.; GUERRA, C. C.; TONIETTO, J.; ZANUS, M. C.; LIMA, M. A. C.; SOUZA, C. R.; SILVA, J. M.; SILVA, F. L.; ALBUQUERQUE, R. M.; SILVA, A. C.; SILVA, C. M.; SILVA, D. J. Caracterização química e sensorial de vinhos elaborados no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 13, n. 2, p. 101–115, 2021.

OLIVEIRA, C. M. de; PEREIRA, D. F.; BONIN, B. F.; RICCE, W. S.; BRIGHENTI, A. F. Caracterização química e sensorial de vinhos elaborados no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, n. 2, p. 101–115, 2021. Disponível em: <https://www.enologia.org.br/revista/>

OLIVEIRA, C. M. de; PEREIRA, D. F.; BONIN, B. F.; RICCE, W. S.; BRIGHENTI, A. F. Caracterização química e sensorial de vinhos elaborados no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, n. 2, p. 101–115, 2021.

OLIVEIRA, J. B.; RIZZON, L. A.; MIELE, A.; BRIGHENTI, A. F. Composição fenólica e potencial enológico de cultivares viníferas em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, p. 33–44, 2021.

OLIVEIRA, J. B.; RIZZON, L. A.; MIELE, A.; BRIGHENTI, A. F. Qualidade de vinhos brancos em regiões de altitude do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 10, p. 55–66, 2018.

OLIVEIRA, J. P. Caracterização físico-química de uvas cultivadas em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 17, n. 1, p. 61–72, 2023.

OLIVEIRA, J. B.de; PEREIRA, G. E; PECCIN, E. G.; RISTE, U. da S.; DECONTI, G. S.; SANTOS, F. C. dos; SANTANA, D. P.; ALBUQUERQUE F., M. R. de; FIGUEIREDO, A. B. A. de. Caracterização agrônômica de videiras e enológica de uvas e vinhos de inverno no Cerrado brasileiro. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 23. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2023. 34 p.

OLIVEIRA, R. A. Radiação solar e qualidade enológica em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 15, p. 55–67, 2023.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA VINHA E DO VINHO (OIV). **Compendium of international methods of wine and must analysis**. Paris: OIV, 2024.

PAGANGRIZO, C. *Enoturismo no Paraná: potencialidades e desafios para o desenvolvimento regional*. Curitiba: UTFPR, 2019. **Dissertação** (Mestrado em Turismo) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PEREIRA, D. F. **Adaptação de cultivares viníferas em regiões de altitude do Paraná**. Curitiba: IDR-Paraná, 2020. Relatório técnico.

PEREIRA, G. E.; TONETTO, J.; ZANUS, M. C.; SOUZA, C. R.; LIMA, M. A. C.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, J. M.; FALCÃO, L. D.; GUERRA, C. C.; SILVA, F. L.; ALBUQUERQUE, R. M.; SILVA, A. C.; SILVA, C. M.; SILVA, D. J. Adaptação de cultivares de videira em regiões de altitude no Brasil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 79, p. 1–12, 2022.

PEREIRA, G. L.; SANTOS, L. A.; OLIVEIRA, M. A.; LIMA, J. R. F.; RENAUD, F. N. R. Desempenho agrônômico da cultivar Marselan em diferentes regiões vitícolas do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 12, n. 1, p. 23–33, 2020.

PEREIRA, L. C.; COSTA, V. B. da; OLIVEIRA, J. P.; SILVA, M. A. Influência do clima na composição fenólica de uvas tintas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 16, n. 2, p. 89–98, 2022.

POMMER, C. V. Uva. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, J. M. C.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. (Org.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. p. 285–312.

PONI, S.; GIL, M.; TOMASI, D.; PALLIOTTI, A.; GAIOTTI, F.; PIREZ, F. J.; MERLI, M. C.; BERNIZZONI, F. Sustainable viticulture and climate change: physiology and management. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 24, p. 1–20, 2018.

PROTAS, J. F. S.; CAMARGO, U. A.; MELLO, L. M. R. A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas. **Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, 2002.

QUINCOZES, L.; ALOY, K. G.; JACOBS, S. A.; ECKHARDT, D. P.; MACHADO, W. M. Caracterização fenológica e potencial enológico da uva 'Marselan' produzida na Região da Campanha, Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, 2024.

QUINCOZES, L. S. Caracterização fenológica e potencial enológico da Marselan produzida na Campanha Gaúcha-RS. Dissertação (**Mestrado** em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

QUINCOZES, L.; CASSOL, P.; ZANUS, M. C.; CAMARGO, U. A. Caracterização fenológica e potencial enológico da uva Marselan produzida na Região da Campanha, Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, 2024.

RADÜNZ, A. L.; BENEDETTI, B. C.; VEDOATO, B. T.; SILVA, J. A.; VEDOATO, B. T.; BENEDETTI, B. C. Curva de maturação e estimativa do teor de sólidos solúveis e acidez total em função de graus-dia: uva IAC 138-22 'Máximo'. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p. 82–89, 2014

RENAUD, F. N. R.; SANTOS, L. A.; OLIVEIRA, M. A.; LIMA, J. R. F.; PEREIRA, G. L. Desempenho agrônomo da cultivar Marselan em diferentes regiões vitícolas do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 12, n. 1, p. 23–33, 2020.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology. Vol. 2: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments**. 2. ed. Chichester: Wiley, 2006.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology: The Chemistry of Wine, Stabilization and Treatments**. Vol. 2. 2. ed. Chichester: Wiley, 2006. 453 p.

RICCE, W. S. Avaliação da qualidade de vinhos tintos elaborados com uvas cultivadas em diferentes altitudes. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, n. 2, p. 78–85, 2017.

RICCE, W. S.; COSTA, C. S. D.; CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G. Potencial enológico de uvas viníferas cultivadas na região de Colombo – PR. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 10, n. 1, p. 37–46, 2018. Disponível em: <https://www.enologia.org.br/revista/>

RICCE, W. S.; COSTA, C. S. D.; CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G. Potencial enológico de uvas viníferas cultivadas na região de Colombo – PR. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 10, n. 1, p. 37–46, 2018.

RICCE, Wagner da Silva. **Zoneamento agroclimático da viticultura no Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012.

RIVERA-NÚÑEZ, D.; ZOHARY, D.; WEISS, E.; VIVIER, M. A.; MYLES, S.; MCLAUGHLIN, R.; ARROYO-GARCÍA, R.; MARRANO, A.; MULLINS, M. G.; ARADHYA, M. K. Multiple origins of grapevine domestication revealed by archaeogenomic data. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)**, Washington, D.C., v. 118, n. 42, e2108433118, 2021.

RIZZON, L. A.; MELLO, L. M. Influência do porta-enxerto na composição da uva 'Cabernet Sauvignon'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 445–450, 2013.

RIZZON, L. A.; MELLO, L. M. R. Composição físico-química do vinho tinto brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 33, p. 1–7, 2013.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da composição da uva para vinho das principais cultivares *Vitis vinifera* L. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 558–562, 2007.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Uva e Vinho**, n. 13, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da maturação da uva Cabernet Sauvignon em diferentes regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 192–198, 2002.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Desempenho da cultivar Tannat em regiões do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 10, p. 45–54, 2002.

ROBERTO, S. R.; SATO, A. J.; TECCHIO, M. A.; PEREIRA, F. M. Produção e qualidade de uvas 'Niagara Rosada' submetidas a diferentes intensidades de raleio de cachos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 246–251, 2011.

ROBERTO, Sérgio Ruffo; SATO, Alberto Jun; PIRES, Erasmo José Paioli; MAIA, João Domingos Garcia. Caracterização fenológica e produtiva de cultivares de videira em regiões de altitude no Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 613-620, 2007.

ROBINSON, J.; HARDING, J.; VOUILLAMOZ, J. **Wine Grapes: A complete guide to 1,368 vine varieties, including their origins and flavours**. London: Allen Lane, 2012.

ROBINSON, Jancis. **Wine Grapes: A Complete Guide to 1,368 Vine Varieties, Including Their Origins and Flavours**. Londres: Allen Lane, 2015.

ROSA, Maria da Graça; SOARES, Vítor Manuel; LOPES, Ana Catarina; PEREIRA, Luís Miguel. A casta Alvarinho: história, características e vinhos. **Revista de Viticultura e Enologia**, Lisboa, v. 35, n. 2, p. 55-72, 2018.

RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.; MARODIN, G. A.; SCHREIBER, I.; TORTATO, M.; VAZQUEZ, A. B. **A cultura da videira: vitivinicultura de altitude**. Florianópolis: UDESC, 2021. 577 p.

RUFATO, L.; BRIGHENTI, A. F.; MARCON FILHO, J. L.; BOGO, A.; KRETZSCHMAR, A. A. Viticultura de altitude no Brasil: avanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 11, p. 45–60, 2019.

RUFATO, L.; MARODIN, G. A.; SCHREIBER, I.; TORTATO, M.; VAZQUEZ, A. B. Fenologia e produção de cultivares de videira em regiões de altitude. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 17, n. 1, p. 73–84, 2021.

RUFATO, L.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; BOGO, A.; KRETZSCHMAR, A. A. (orgs.). **A cultura da videira: vitivinicultura de altitude**. Florianópolis: UDESC, 2021.

SADRAS, V. O.; FISCHER, R. A.; DUNSTONE, R. L.; WILLIAMS, J. H.; WRIGHT, G. C.; HERRERA, J. M.; GARCÍA, J. A.; FERRIS, R. S. B. Climate change impacts on wheat yields in South America: A regional study. **Field Crops Research**, v. 218, p. 1–11, 2018.

SANTOS, C. E. dos; MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A.; REGINA, M. A. Caracterização fenológica e exigência térmica das videiras Cabernet Sauvignon e Tannat na região norte do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 311–318, 2007.

SANTOS, H. P.; ZANUS, M. C.; MIELE, A.; RIZZON, L. A. Fenologia e exigência térmica de cultivares viníferas no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 448–453, 2007.

SANTOS, H. P.; ZANUS, M. C.; MIELE, A.; RIZZON, L. A. Produtividade e qualidade da uva Tannat no norte do Paraná. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 7, p. 55–63, 2015.

SANTOS, J. A.; SILVA, E. A.; LIMA, R. A.; PEREIRA, M. J.; COSTA, F. S. Climate change impacts and adaptation strategies in the wine sector: a global review. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 5, 2022.

SATO, A. J. *Produção fora de época das videiras ‘Alicante’ e ‘Syrah’ em condições subtropicais*. 2011. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

SATO, A. J. *Produção fora de época das videiras ‘Alicante’ e ‘Syrah’ em condições subtropicais*. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – UEL, 2011.

SATO, A. J.; ROBERTO, S. R. Influência da temperatura noturna na biossíntese de antocianinas em uvas tintas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 13, n. 2, p. 78–85, 2020.

SATO, Alberto Jun; ROBERTO, Sérgio Ruffo. Potencial da viticultura de altitude no Paraná. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 14, n. 1, p. 33–42, 2020.

SEGURA, J.; VAN LEEUWEN, C.; ROBY, J.-P.; GARCÍA C. A., D.; MARTÍNEZ DE T., F.; SCHULTZ, H.; SOTÉS, V.; ZUFFEREY, V.; et al., terroir and wine typicity: a global perspective. **OENO One**, v. 49, n. 3, p. 123–135, 2015.

SEGURA, L.; GONÇALVES, J. F.; PEREIRA, A. G.; SILVA, M. C.; ALMEIDA, D. P. terroir: conceito e aplicação na viticultura. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 42, p. 181–190, 2015.

SERPA, I. S.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Desempenho agrônomo de uvas viníferas sob cultivo protegido em região de clima subtropical. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SILVA, A. C. *A cultura da uva no Paraná: tradições, práticas e identidades*. Ponta Grossa: UEPG, 2015. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Sociais Aplicadas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

SMART, R. E.; ROBINSON, M. Sunlight into Wine: **A Handbook for Winegrape Canopy Management**. Adelaide: Winetitles, 1991. 88 p.

SOUZA, M. J.; PEREIRA, H.; TEIXEIRA, A.; CARVALHO, R. Influência da altitude na composição fenólica de uvas tintas. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 17, n. 1, p. 85–94, 2024.

SOUZA, M. R.; VENTURINI, V. M.; MIELE, A. O cultivo da Sangiovese Grosso no Brasil: desafios e oportunidades para a produção de vinhos finos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 10, n. 1, p. 90–101, 2015.

SPAYD, S. E.; TARARA, J. M.; MEE, D. L.; FERGUSON, J. C. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 3, p. 171–182, 2002.

TECCHIO, M. A.; PAIOLI-PIRES, E. J.; TERRA, M. M.; PIRES, R. C. M. Produtividade e qualidade da uva ‘Niagara Rosada’ em diferentes sistemas de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 235–241, 2011.

TECCHIO, M. A.; TERRA, M. M.; PEREIRA, F. M.; FERRI, B. G. Produção e qualidade de uvas ‘Niagara Rosada’ submetidas a diferentes intensidades de raleio de cachos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 246–251, 2011.

TEIXEIRA, A.; BRIGHENTI, A. F.; CAMARGO, U. A. Composição fenólica de uvas viníferas e sua influência na qualidade do vinho. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 511–517, 2013.

TEIXEIRA, A.; EIRAS-DIAS, J.; CASTELLARIN, S. D.; GERÓS, H. Anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant activity in grapes and wines. **Food Research International**, v. 53, p. 231–242, 2013.

TEIXEIRA, A.; SOUSA, M. J.; PEREIRA, H.; CARVALHO, R.; MORATA, A. Chemistry of grape and wine phenolics. In: MORATA, A. (Ed.). **Red Wine Technology**. Cambridge: Academic Press, 2021. p. 69–86.

TELLO, J.; IBÁÑEZ, J. Evaluation of indexes for the quantitative and objective estimation of grapevine bunch compactness. ***Vitis - Journal of Grapevine Research***, 53, 9-16, 2014.

TELLO, J.; IBÁÑEZ, J. Evaluation of indices for cluster compactness assessment in grapevine. ***Australian Journal of Grape and Wine Research***, v. 20, p. 1–10, 2014.

TELLO, J.; IBÁÑEZ, J. M. Genetic diversity and population structure of grapevine cultivars based on microsatellite markers. ***Vitis***, v. 53, n. 1, p. 15–20, 2014.

TONIETTO, J.; FALCADE, I.; MARODIN, G. A.; VAZQUEZ, A. B.; SCHREIBER, I.; TORTATO, M.; RUFATO, L. Viticultura de altitude no Brasil: avanços e perspectivas. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 12, p. 9–21, 2020.

TONIETTO, J.; CAMARGO, U. A.; REGINA, M. A. ***Zones and terroir in Viticulture: Advances in Classification and Management***. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2021.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. ***Agricultural and Forest Meteorology***, v. 124, n. 1–2, p. 81–97, 2004.

TONIETTO, J.; FLORES, C. A.; FALCADE, I.; ZANUS, M. C. Zoneamento vitivinícola e o desenvolvimento de indicações geográficas de vinhos. Bento Gonçalves: ***Embrapa Uva e Vinho***, 2015.

TONIETTO, J.; PEREIRA, G. L.; COSTA, V. B. da. Caracterização agroclimática de regiões vitícolas brasileiras. ***Revista Brasileira de Viticultura e Enologia***, v. 14, n. 1, p. 3–15, 2019.

TONIETTO, Jorge; ZANUS, Maria Cristina. Viticultura e Enologia: Bases para a Produção de Vinhos de Qualidade. Bento Gonçalves: ***Embrapa Uva e Vinho***, 2015.

TRICHES, W. S.; CHAVES, F. C.; ECKHARDT, D. P.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Physico-chemical characterization of wines produced by different rootstock and *Vitis vinifera* cv. Tannat clones in vineyards of subtropical climate region. ***Australian Journal of Crop Science***, v. 14, n. 9, p. 1506–1518, 2020.

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. The concept of terroir in viticulture. ***Journal of Wine Research***, London, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2006.

VAN LEEUWEN, C.; SEGURA, L. The concept of terroir in viticulture. ***OENO One***, v. 55, p. 1–14, 2021.

VENTURINI, V. M.; BRIGHENTI, A. F.; SILVA, A. L.; STEFANINI, M.; PORRO, D.; BRIGHENTI, E.; TONIETTO, J. Desempenho agrônômico e qualidade enológica da cultivar Ancellotta em regiões de altitude de Santa Catarina. Bento Gonçalves: ***Embrapa Uva e Vinho***, 2020. 36 p. (Documentos, 111).

VENTURINI, V. M.; MIELE, A.; REGINA, M. A. Desempenho agrônomo e qualidade enológica da cultivar Ancellotta em regiões de altitude de Santa Catarina. **Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, 2020.

VIANA, C.; REIS, G. M.; FACCIN, H.; ROSA, M. B.; CARVALHO, L. M. de. Vitis vinifera L. cv. Pinot noir pomace and lees as potential sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 105, p. 148–155, 2018.

VIEIRA, H. J.; SILVA, D. J.; PEREIRA, L. M.; COSTA, A. R.; ALMEIDA, M. T. Compostos fenólicos e qualidade de vinhos. **Ciência Rural**, v. 37, p. 148–154, 2007.

VIEIRA, R. F.; SANTOS, L. A.; OLIVEIRA, M. A.; LIMA, J. R. F.; PEREIRA, G. L. Desempenho agrônomo da cultivar Marselan em diferentes regiões vitícolas do Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 12, n. 1, p. 23–33, 2020.

VINOPAR – Associação dos Produtores de Vinhos do Paraná. *Relatório Técnico Anual 2023*. Curitiba: **Vinopar**, 2023.

WEN, J.; LI, X.; LIU, Y.; ZHANG, Y.; LIU, J.; LIU, B.; WANG, X.; LI, S.; LI, H.; LI, Y. The evolution of the grape family (Vitaceae): phylogeny, systematics, and biogeography. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 122, p. 60–78, 2018.

WÜRZ, D. A.; ALLEBRANDT, R.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Época de desfolha e sua influência no desempenho vitícola da uva ‘Sauvignon Blanc’ em região de elevada altitude. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 90–98, 2018.

WÜRZ, D. A.; MIELE, A.; TONIETTO, J.; CAMARGO, U. A.; ZANUS, M. C. New wine growing regions of Brazil and their importance in the evolution of Brazilian wine. **BIO Web of Conferences**, Les Ulis, v. 9, 01025, 2017.

ZAMORRA, F. Elaboración y crianza del vino tinto: aspectos científicos y prácticos. 1ªed. Madrid: **Ediciones Mundi-Prensa**. 2003

ZAMORRA, F. J. Métodos espectrofotométricos para determinação de taninos em vinhos. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 37, p. 45–52, 2003.

ZAMORRA, F. **Manual de viticultura moderna**. Madrid: Mundi-Prensa, 2003. 312 p.

ZANUS, M. C.; MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDOINI, T. L. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 1088–1093, 2011.

ZARTH, R. A vitivinicultura no Paraná: potencialidades e desafios. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011.

ZHU, B.; WANG, L.; LI, Y.; ZHANG, X.; ZHENG, T.; LIU, C.; ZHOU, Y.; HUANG, Z.; CHEN, Y.; SUN, L. *Integrating multi-omics approaches to improve grapevine resilience under climate change*. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v. 21, n. 2, p. 205–223, 2023.

ZOECKLEIN, B. W.; FUGELSANG, K. C.; GUMP, B. H.; NURY, F. S. **Wine Analysis and Production**. New York: Springer, 1995. 366 p.

ZUFFEREY, V.; SPRING, J.-L.; VERDENAL, T.; DIENES-NAGY, A.; BELCHER, S.; LORENZINI, F.; KÖSTEL, C.; RÖSTI, J.; GINDRO, K.; SPANGENBERG, J.; VIRET, O. Influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot noir wines in Switzerland. **OENO One**, v. 51, n. 1, p. 17–27, 2017.