

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

DEIVID SILVA DE SOUZA

DIFERENTES NÍVEIS DE CARGAS DE GEMA NA PODA DE FRUTIFICAÇÃO DA
VIDEIRA CABERNET SAUVIGNON EM DOIS PORTA-ENXERTOS

LAGES, SC

2023

DEIVID SILVA DE SOUZA

**DIFERENTES NÍVEIS DE CARGAS DE GEMA NA PODA DE FRUTIFICAÇÃO DA
VIDEIRA CABERNET SAUVIGNON EM DOIS PORTA-ENXERTOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, área de concentração em fisiologia e manejo de plantas.

LAGES – SC

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Souza, Deivid Silva de
DIFERENTES NÍVEIS DE CARGAS DE GEMA NA PODA
DE FRUTIFICAÇÃO DA VIDEIRA CABERNET SAUVIGNON
EM DOIS PORTA-ENXERTOS EM REGIÃO DE ALTITUDE DE
SANTA CATARINA / Deivid Silva de Souza. -- 2023.
347 p.

Orientador: Prof. Dr. Leo Rufato
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Produção Vegetal, Lages, 2023.

1. Região de altitude de Santa Catarina. 2. Vitis vinifera L.. 3.
Equilíbrio vegeto-produtivo. 4. Manejo. 5. Perfil fenológico. I. Rufato,
Prof. Dr. Leo. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro
de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal. III. Título.

DEIVID SILVA DE SOUZA

**DIFERENTES NÍVEIS DE CARGAS DE GEMA NA PODA DE FRUTIFICAÇÃO DA
VIDEIRA CABERNET SAUVIGNON EM DOIS PORTA-ENXERTOS EM REGIÃO
DE ALTITUDE DE SANTA CATARINA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, área de concentração em Fisiologia e Manejo de Plantas.

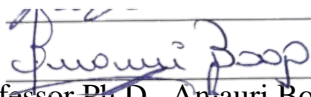
BANCA EXAMINADORA



Professor Dr. Leo Rufato

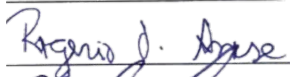
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias

Membros:



Professor Ph.D. Amauri Bogo

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias



Professor Dr. Rogerio Oliveira Anese

Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Urupema/SC



Professor Dr. Vagner Brasil Costa

Universidade Federal de Pelotas/RS – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel



Dr. Henrique Pessoa dos Santos

EMBRAPA Uva e Vinho – Bento Gonçalves/RS



Dr. Alberto Ramos Luz

Teagask Oak Park – Carlow

Lages, 06 de fevereiro de 2023.

Dedico este trabalho a minha mãe e aos meus avós maternos, com amor!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe por todo apoio que me deu durante toda a minha vida, pois sem ela eu não teria chegado aqui. Não existem palavras para descrever minha gratidão e meu amor por ela.

Agradeço ao meu amigo, companheiro de pesquisa e mentor de muitas horas, Alberto Ramos Luz, pela força, ensinamentos, amizade e por sempre estar ao meu lado no caminho da pesquisa, do Karatê e da vida. Conjuntamente agradeço aos meu amigo Antonio Felipe Fagherazzi e Gustavo Theiss, por terem acreditado em mim e terem me estendido a mão no momento que eu mais precisei.

Agradeço a toda equipe do laboratório de Enologia, estagiários e bolsistas, vocês foram como filhos, e são amigos para mim. Em especial a minha amiga e bolsista Carolina Spolti Piana, por me dar suporte durante a pandemia e principalmente por me provar o que há de mais belo na vida, a amizade.

Agradeço a minha colega e amiga Adrielen Canossa, pelo companheirismo e amizade, por estar presente nos bons e maus momentos. Sem a tua contribuição tudo isto não teria acontecido. Que todo o nosso aprendizado seja recompensado.

Agradeço a todos os meus amigos, pelo apoio durante o doutorado. Em especial José Roberto Rodrigues, Lucas Bongioiolo, e Marcelo Formolo, pela parceria para todos os momentos e sempre terem me auxiliado quando precisei.

Agradeço ao meu orientador e amigo, quase um pai, Prof. Dr. Leo Rufato, e em nome dele o grupo da fruticultura CAV-UDESC, pelo companheirismo, aprendizado, experiências e por terem acreditado em mim e contribuído para a minha formação. A fruticultura é uma família e tenho orgulho de fazer parte dela.

Agradeço a ti, Maria Laura Corra Nunes, pois foi peça fundamental no final deste ciclo, e me ajudou a ser um ser humano melhor em diversos aspectos. A ti, meu amor!

Agradeço à UDESC, aos professores do quadro docente dos cursos de pós-graduação em Produção Vegetal pelos valiosos ensinamentos nas disciplinas cursadas. Agradeço a CAPES e a FAPESC pela concessão da bolsa de estudos.

Meu muito obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse concretizar mais esse sonho.

“Nosce te ipsum”

Sócrates

RESUMO

Os vinhos produzidos na região de altitude do estado de Santa Catarina têm sido reconhecidos mundialmente. Entretanto, ainda se trata de uma região nova na viticultura mundial, carecendo de informações sobre o melhor manejo de plantas. Este estudo tem como objetivo avaliar os aspectos vegetativos, produtivos, ecofisiológicos, econômicos e enológicos da cultivar Cabernet Sauvignon, conduzida sob cinco diferentes cargas de gemas na poda invernal. A ‘Cabernet Sauvignon’ foi enxertada nos porta-enxertos 3309 Couderc e Paulsen 1103, em um sistema de condução do tipo ‘manjedoura’. Os experimentos foram realizados na Fazenda Pinheiros Altos - Hiragami, em Paineira – SC, a 937,73 m de altitude, nas coordenadas (27°59’S e 50°08’O, 1.226,3 m de altitude). Os tratamentos das diferentes cargas de gema na poda de inverno são: 50 gemas planta⁻¹; 75 gemas planta⁻¹; 100 gemas planta⁻¹; 125 gemas planta⁻¹; 150 gemas planta⁻¹. O comprimento médio dos ramos diminuiu com as cargas de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹. Estes mesmos níveis aumentaram a área foliar e a interceptação de radiação solar das plantas. A produtividade e o número de cachos por planta tiveram um incremento significativo com os níveis de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹. A utilização de maiores níveis de carga de gemas não resultou em um equilíbrio vegeto-produtivo da videira sobre ambos os porta-enxertos. O nível de 150 gemas planta⁻¹ diminuiu o pH, acidez e teor alcoólico dos vinhos em comparação aos demais níveis de carga de gemas, porém resultou em um aumento no teor de antocianinas livres e polifenóis totais. Observa-se que uma baixa carga de gemas tem um impacto negativo na qualidade enológica bem como o excesso de carga de frutos na planta, porém nas condições do estudo, o principal impacto negativo para a videira é o excesso de crescimento vegetativo, já que não há ganho de composição fenólica, acidez ou teor alcoólico com uma baixa carga de frutos. O aumento do nível de carga de gemas na poda causou incremento significativo no tempo necessário para a realização dos manejos da videira, com exceção a desbrota, que teve o comportamento inverso. Há interação entre os níveis de carga de gemas, o porta-enxerto utilizado e as safras, sendo que a safra tem efeito significativo sobre as diferentes variáveis avaliadas. Analisando de forma multifatorial, níveis de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹ em ambos os porta-enxertos estão associados a características desejadas para a produção vitivinícola. A utilização de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹ na poda de frutificação aumenta a produtividade e o tempo necessário para o manejo, porém não há um incremento significativo sobre os índices de equilíbrio vegeto-produtivo.

Palavras-chave: Região de altitude de Santa Catarina, *Vitis vinifera* L., equilíbrio vegeto-produtivo, manejo, perfil fenológico.

ABSTRACT

The wines produced in the high-altitude region of the state of Santa Catarina have gained worldwide recognition. However, it is still a new region in global viticulture, lacking information on optimal plant management. This study aims to evaluate the vegetative, productive, ecophysiological, economic, and oenological aspects of the Cabernet Sauvignon cultivar, cultivated under five different bud loads in winter pruning. 'Cabernet Sauvignon' was grafted onto 3309 Couderc and Paulsen 1103 rootstocks, using a 'Y' training system. The experiments were conducted at Fazenda Pinheiros Altos - Hiragami, in Paineira - SC, at an altitude of 937.73 m, with coordinates (27°59'S and 50°08'W, 1,226.3 m altitude). The treatments involved different bud loads in winter pruning: 50 buds plant⁻¹; 75 buds plant⁻¹; 100 buds plant⁻¹; 125 buds plant⁻¹; 150 buds plant⁻¹. The average shoot length decreased with bud loads of 100, 125, and 150 buds plant⁻¹. These same levels increased the leaf area and solar radiation interception of the plants. Productivity and the number of clusters per plant significantly increased with bud loads of 100, 125, and 150 buds plant⁻¹. The use of higher bud load levels did not result in a balanced vegetative and productive vine for both rootstocks. The 150 buds plant⁻¹ level decreased the pH, acidity, and alcohol content of the wines compared to other bud load levels, but resulted in an increase in free anthocyanins and total polyphenols content. It is observed that a low bud load has a negative impact on oenological quality, as well as an excess fruit load on the plant. However, under the study conditions, the main negative impact on the vine is excessive vegetative growth, as there is no gain in phenolic composition, acidity, or alcohol content with a low fruit load. The increase in bud load level in pruning caused a significant increase in the time required for vine management, except for shoot thinning, which showed the opposite behavior. There is interaction between bud load levels, the rootstock used, and the vintages, with the vintage having a significant effect on the different evaluated variables. Multifactorial analysis indicates that bud loads of 100, 125, and 150 buds per plant on both rootstocks are associated with desirable characteristics for grape production. The use of 100, 125, and 150 buds per plant in fruiting pruning increases productivity and the time required for management, but there is no significant increase in vegetative and productive balance indices.

Keywords: High-altitude region of Santa Catarina, *Vitis vinifera* L., vegetative-productive balance, plant management, phenolic profile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção, consumo e exportação de vinhos e produção e exportação de uvas frescas no mundo, parcela exportada e seus históricos do ano de 2000 e 2021.	21
Figura 2 - Histórico da produção mundial de uvas e área cultivada do período de 2000 a 2021; discriminação da quantidade de uvas viníferas, uvas de mesa e uvas para processamento e fabricação de uvas passas no ano de 2021.	22
Figura 3 - Histórico da produção, consumo, exportação e importação de vinho no Brasil do ano de 2000 a 2021 e histórico da produção, exportação e importação de uvas viníferas do ano de 2000 a 2021.	23
Figura 4 - Histórico da produção e área cultivada de uvas no Brasil de 2000 a 2021, posição no Ranking mundial de produção de uvas e consumo per capita de vinhos e uvas de mesa.	24
Figura 5 - Regiões de altitude superior a 900 m e distribuição dos vinhedos no estado de Santa Catarina em 2019.	25
Figura 6 - Evolução da área cultivada (ha) de uvas viníferas no estado de Santa Catarina.	25
Figura 7 - Evolução anual da quantidade produzida (t) de uvas viníferas no estado de Santa Catarina.	26
Figura 8 - Evolução anual do rendimento médio (kg ha^{-1}) de uvas viníferas no estado de Santa Catarina.	26
Figura 9 - Vista inferior do sistema de condução em manjedoura ou em 'Y'. Cultivar Cabernet Sauvignon enxertada sobre o porta-enxerto 3309 Couderc próxima ao momento da colheita.	34
Figura 10 - Visão frontal do sistema de condução manjedoura ou sistema em 'Y'. Cultivar Cabernet Sauvignon enxertada sobre diferentes porta-enxertos durante o inverno. ..	35
Figura 11 - Sistema de poda em cordão esporonado no sistema de condução de manjedoura em Y. Cultivar Cabernet Sauvignon.	37
Figura 12 - O sarmento da videira e suas partes.	37
Figura 13 - Conjunto de fatores que interferem de modo direto ou indireto sobre o equilíbrio vegeto-produtivo e microclima do vinhedo, que irão resultar no potencial de qualidade do vinho.	40
Figura 14 - Relações de proporcionalidade entre partes e tecidos na videira, coordenadas pela proporção de fonte e de dreno, que existe entre os diferentes tecidos de uma	

planta. A raiz apresenta-se como fonte de água e nutrientes, enquanto exerce um dreno de fotoassimilados que são produzidos na parte aérea. Contudo, a relação entre crescimento vegetativo e produtivo torna-os concorrentes pelos mesmos recursos, tais como água, nutrientes e fotoassimilados.	43
Figura 15 - Capacidade competitiva por fotoassimilados entre os órgãos vegetais da videira.	45
Figura 16 - Principais fatores reguladores da força da biomassa vegetal e do vigor da parte aérea da videira <i>Vitis vinífera</i> L.....	46
Figura 17 - Fluxograma da vinificação em tinto.	51
Figura 18 - Fermentação: Biossíntese de metabólitos do metabolismo do carbono central (verde), compostos de aroma (roxo) e vias associadas (cinza). As reações de redução estão em laranja e rosa, as reações de oxidação estão em azul.	54
Figura 19 - Descarboxilação do ácido Málico a ácido Lático promovida pela Bactéria do Ácido Lático <i>Oenococcus oeni</i> , tendo como metabólitos secundários dióxido de carbono, diacetil, ésteres e ácido acético.....	55
Figura 20 - Esquema da via de síntese dos compostos fenólicos.....	59
Figura 21 - Alterações nos compostos fenólicos das películas durante o desenvolvimento das bagas (acima) e evolução dos taninos e antocianinas nas películas e nas sementes durante a maturação das bagas (abaixo).	62
Figura 22 - Estrutura comum dos ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos, e seus derivados.....	64
Figura 23 - Estrutura comum dos estilbenos e seus derivados, tirosol, hidrotirosol e cumarina.	72
Figura 24 - Estrutura do esqueleto básico dos flavonoides.	74
Figura 25 - Principais grupos de flavonoides.....	74
Figura 26 - Estrutura dos seis principais flavonóis agliconas.	75
Figura 27 - Formas monoméricas de flavanol (flavan-3-ol).	79
Figura 28 - Estrutura básica de taninos condensados.....	80
Figura 29 - Principais estruturas químicas das antocianinas.	85
Figura 30 - Formas estáveis coloridas e incolores de cianidina em diferentes valores de pH.	88
Figura 31 - Posição da área experimental na Fazenda Pinheiros Altos – Hiragami. .	90
Figura 32 - Área experimental no vinhedo pertencente a Fazenda Pinheiros Altos – Hiragami, Painei-SC.....	90

Figura 33 - Visualização do vinhedo experimental durante a execução da poda de frutificação de acordo com os diferentes níveis de cargas de gema.	93
Figura 34 - Referência gráfica aproximada (2D) dos tratamentos avaliados. Os esporões e varas foram dispostos de maneira equidistante na face Nordeste e Sudoeste do cordão.	93
Figura 35 - Esporão contendo duas gemas e visualização de uma gema no estágio fenológico BBCH 01.	94
Figura 36 - Mensuração do comprimento dos sarmentos.	96
Figura 37 - Mensuração do índice de clorofila (SPAD) em folha do terço médio do sarmento.	98
Figura 38 - Posições onde foram realizadas as mensurações da Radiação Fotossinteticamente Ativa utilizando o Sensor Quântico de linha LI-191R, que mede o PAR integrado em seu comprimento de 1 metro. A – Paralelo ao cordão esporonado; B – Transversalmente ao cordão esporonado; C – Paralelo ao dossel vegetativo, na altura do primeiro arame.	99
Figura 39 - Leitura da Radiação Fotossinteticamente Ativa sendo realizada paralelamente ao cordão esporonado.	100
Figura 40 - Realização da última colheita do experimento e separação das amostras de cachos das parcelas (A); Análises físico-químicas dos cachos coletados no laboratório (B); Casca sendo separada da polpa e colocada em papel toalha para retirada do excesso de umidade (C).	102
Figura 41 - Altura da desfolha e disposição da condução dos sarmentos da videira Cabernet Sauvignon.	104
Figura 42 - Desengace realizado por máquina das uvas coletadas para a microvinificação (A); Realização do pé de cuba dos vinhos, sendo realizado de acordo com as instruções do fabricante e individualmente para cada fermentador (B); fermentadores das diferentes parcelas em estágio de fermentação malolática (C).	106
Figura 43 - A) Mensuração de sólidos solúveis; B) Titulação das amostras de mosto; C) Mensuração do potencial hidrogênico.	108
Figura 44 - Realização das leituras de amostras e realização da leitura em branco utilizando o espectrofotômetro.	109
Figura 45 - A) Destilação da amostra de vinho; B) Aferição da massa da amostra no picnômetro em balança analítica.	111

Figura 46 - A) Tubos de ensaio com amostra acidificada e amostra tamponada para análise de antocianinas livres; B) Tubos de ensaio contendo as diferentes concentrações do padrão de ácido gálico para construção da curva de calibração da análise de polifenóis totais.

..... 112

Figura 47 - Análise do perfil fenólico dos vinhos sendo realizada no aparelho de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) (A); Extração dos compostos fenólicos do vinho para posterior análise do perfil fenólico (B)..... 113

Figura 48 - Precipitação acumulada quinzenal (mm), temperatura média (°C), temperatura mínima(°C) e temperatura máxima (°C) durante a safra de 2019 (de 1º de agosto a 16 de abril). A precipitação acumulada de toda a safra e a soma térmica (Graus-Dia) no mesmo período são apresentados no gráfico..... 114

Figura 49 - Precipitação acumulada quinzenal (mm), temperatura média (°C), temperatura mínima(°C) e temperatura máxima (°C) durante a safra de 2020 (de 1º de agosto a 31 de março). A precipitação acumulada de toda a safra e a soma térmica (Graus-Dia) no mesmo período são apresentados no gráfico..... 115

Figura 50 - Precipitação acumulada quinzenal (mm), temperatura média (°C), temperatura mínima(°C) e temperatura máxima (°C) durante a safra de 2021 (de 1º de agosto a 29 de março). A precipitação acumulada de toda a safra e a soma térmica (Graus-Dia) no mesmo período são apresentados no gráfico..... 115

Figura 51 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2019. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.

..... 118

Figura 52 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2019. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Data (Modelo misto generalizado, $p = 0,031$). As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 119

Figura 53 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2020. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$) e B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 120

Figura 54 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2020. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Data (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 121

Figura 55 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2021. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 122

Figura 56 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2021. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Data (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 123

Figura 57 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito do fator Safra (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pelo teste de Dunn, com correção de Bonferroni. Lages, 2023. 125

Figura 58 - Comprimento médio do entrenó (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,377$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 126

Figura 59 - Comprimento médio do entrenó (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,023$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes

pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 127

Figura 60 - Diâmetro médio do 1º nó do ramo (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,135$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 128

Figura 61 - Diâmetro médio do 1º nó do ramo (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,220$). As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 129

Figura 62 - Diâmetro médio do 10º nó do ramo (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p = 0,007$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 130

Figura 63 - Diâmetro médio do 10º nó do ramo (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear misto, $p = 0,251$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 131

Figura 64 - Número médio de ramos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 132

Figura 65 - Número médio de ramos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores

médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 133

Figura 66 - Área foliar da planta ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 134

Figura 67 - Área foliar da planta ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,006$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 135

Figura 68 - Intercepção de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição perpendicular ao cordão da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra. Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 137

Figura 69 - Intercepção de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição perpendicular ao cordão da planta em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio Fenológico * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). A) Safra 2019, B) Safra 2020 e C) Safra 2021. Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 138

Figura 70 - Intercepção de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição transversal ao cordão da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 139

Figura 71 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição transversal ao cordão da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear misto, $p = 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 141

Figura 72 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição perpendicular ao dossel da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p = 0,003$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 142

Figura 73 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição perpendicular ao dossel da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 144

Figura 74 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2019. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 145

Figura 75 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2019. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio Fenológico (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 147

Figura 76 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2020. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto

(Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 148

Figura 77 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2020. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio fenológico (Modelo misto generalizado, $p = 0,020$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 149

Figura 78 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2021. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,111$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 150

Figura 79 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2021. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio Fenológico (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 151

Figura 80 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito do fator Safra (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pelo teste de Dunn, com correção de Bonferroni. Lages, 2023. 152

Figura 81 - Fertilidade das gemas dos ramos (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), C) Efeito do fator Posição (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e D) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 153

Figura 82 - Fertilidade das gemas dos ramos (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado,

$p < 0,001$). A) Gemas basais, B) Gemas medianas e C) Gemas apicais. Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023 154

Figura 83 - Número de cachos por gema em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p = 0,001$), C) Efeito do fator Posição (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e D) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 156

Figura 84 - Número de cachos por gema em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,358$). A) Gemas basais, B) Gemas medianas e C) Gemas apicais. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 157

Figura 85 - Produtividade ($t\ ha^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 159

Figura 86 - Produtividade ($t\ ha^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023 160

Figura 87 - Número de cachos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 162

Figura 88 – Número de cachos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da

interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 163

Figura 89 - Massa de cacho (g) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 164

Figura 90 - Massa de cacho (g) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 165

Figura 91 - Índice de fertilidade de ramos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 166

Figura 92 - Índice de fertilidade dos ramos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 167

Figura 93 - Índice de Ravaz em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,002$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,100$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 168

Figura 94 - Índice de Ravaz em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,057$). Valores

médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 169

Figura 95 – Relação Área foliar/Produção ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,398$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 171

Figura 96 - Relação Área foliar/Produção ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,083$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 172

Figura 97 - Comprimento de cacho (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 173

Figura 98 - Comprimento de cacho (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 174

Figura 99 - Número de bagas do cacho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,011$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 175

Figura 100 - Número de bagas do cacho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 176

Figura 101 - Índice de compactação dos cachos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,046$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 177

Figura 102 - Índice de compactação dos cachos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,004$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 178

Figura 103 - Massa da ráquis (g) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 179

Figura 104 - Massa da ráquis (g) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 180

Figura 105 - Relação ráquis cacho⁻¹ (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,111$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 181

Figura 106 - Relação ráquis cacho⁻¹ (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,033$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.182

Figura 107 - Relação casca polpa⁻¹ (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,484$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,247$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 183

Figura 108 - Relação casca polpa⁻¹ (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,061$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.184

Figura 109 - pH do mosto em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 185

Figura 110 - pH do mosto em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,351$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 186

Figura 111 - Sólidos solúveis (°Brix) do mosto em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p = 0,003$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 187

Figura 112 - Sólidos solúveis (°Brix) do mosto em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,052$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.188

Figura 113 - Acidez titulável do mosto (meq L⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 189

Figura 114 - Acidez titulável do mosto (meq L⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,031$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 190

Figura 115 - pH do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 192

Figura 116 - pH do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 193

Figura 117 - Acidez titulável (meq L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 194

Figura 118 - Acidez titulável (meq L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado,

$p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 195

Figura 119 - Teor alcoólico do vinho (% v v⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear geral, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear geral, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear geral, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 197

Figura 120 - Teor alcoólico do vinho (% v v⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear geral, $p = 0,411$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023. 198

Figura 121 - Intensidade da cor do vinho (A. U.) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023..... 199

Figura 122 - Intensidade da cor do vinho (A. U.) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023..... 200

Figura 123 - Tonalidade da cor do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023. 201

Figura 124 - Tonalidade da cor do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito

da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.202

Figura 125 - Extrato seco (g L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,005$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.203

Figura 126 - Extrato seco (g L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,017$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.204

Figura 127 - Cinzas (g L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.205

Figura 128 - Cinzas (g L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.206

Figura 129 - Antocianinas totais (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.208

Figura 130 - Antocianinas totais (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado,

$p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.....209

Figura 131 - Polifenóis totais (mg EAG L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,501$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....210

Figura 132 - Polifenóis totais (mg EAG L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.....211

Figura 133 - Teor de Ácidos hidroxicinâmicos (mg L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.212

Figura 134 - Teor de Ácidos hidroxicinâmicos (mg L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos da interação dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.215

Figura 135 - Teor de Ácidos hidrobenzóicos (mg L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....218

Figura 136 - Teor de Ácidos hidroxibenzóicos (mg L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos da interação dos fatores analisados (Modelo linear

generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....220

Figura 137 - Teor de Dihidrochalcona, Estilbenóide e Flavonol glicosídeo (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....222

Figura 138 - Teor de Dihidrochalcona, Estilbenóide e Flavonol glicosídeo (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos da interação dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....224

Figura 139 - Teor de Flavonóides (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....225

Figura 140 - Teor de Flavonóides (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos da interação dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....228

Figura 141 - Tempo de poda (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....231

Figura 142 - Tempo de poda (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.232

Figura 143 - Tempo de desbrota (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,116$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.233

Figura 144 - Tempo de desbrota (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.234

Figura 145 - Tempo de desfolha (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.236

Figura 146 - Tempo de desfolha (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,048$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.237

Figura 147 - Tempo de condução dos ramos (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear geral, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear geral, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear geral, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.238

Figura 148 - Tempo de condução dos ramos (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear geral, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.240

Figura 149 - Tempo de colheita (min planta⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.241

Figura 150 - Tempo de colheita (min planta⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.242

Figura 151 - Manejo total do vinhedo (dias ha⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.....244

Figura 152 - Manejo total do vinhedo (dias ha⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.....245

Figura 153 - Mão de obra (min/Kg de uva) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p = 0,004$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.246

Figura 154 - Mão de obra (min/Kg de uva) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,229$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.247

Figura 155 - Matriz de correlação das variáveis avaliadas em videiras Cabernet Sauvignon, sobre dois porta-enxertos, submetidas a diferentes níveis de cargas de gema na poda de frutificação. Lages, 2023.	249
Figura 156 - Análise de componentes principais (ACP) de diferentes níveis de cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.....	254
Figura 157 - Ausência de brotação em vara deixada na poda da Cabernet Sauvignon. Lages, 2023.....	326

Lista de tabelas

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos do vinho fino tinto de acordo com a norma brasileira.	50
Tabela 2 - Laudo da Análise de solo da área experimental na Fazenda Pinheiros Altos – Hiragami, realizado no inverno de 2018.	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
ARFA	Radiação fotossinteticamente ativa incidente no vinhedo
EAG	Equivalentes de ácido gálico
GD	Graus-Dia
IC	Índice de compactação dos cachos
IRFA	Interceptação de radiação Fotossinteticamente ativa
PAR	Radiação Fotossinteticamente Ativa
PPFD	Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos
RCP	Relação casca polpa ⁻¹
RRC	Relação ráquis cacho ⁻¹
SPAD	Soil Plant Analysis and Development
TRFA	Radiação fotossinteticamente ativa transmitida pela videira
UV	Ultravioleta
Comp_R	Comprimento de sarmentos
Cep_cperp	IRFA mensurada perpendicular ao cordão da videira
Cep_ctrans	IRFA mensurada transversalmente ao cordão da videira
Cep_dosp	IRFA mensurada perpendicular ao dossel da videira
ISPAD	Índice SPAD
Produt	Produtividade estimada
Nu_cac	Número de cachos por planta
Mas_cac	Massa de cacho
Nu_ram	Número de ramos por planta
In_Fer_ra	Índice de fertilidade dos sarmentos
Ar_fol	Área foliar estimada por planta
Com_ent	Comprimento médio do entrenó do sarmento
D1ge	Diâmetro a altura da 1ª gema do sarmento
D10g	Diâmetro a altura da 10ª gema do sarmento
In_rav	Índice de Ravaz
ReArPro	Relação área foliar/produção
Comp_cac	Comprimento de cacho
Mas_raq	Massa de ráquis

Nu_bag	Número de bagas
Ind_com	Índice de compactação de cacho
Rercac	Relação ráquis cacho ⁻¹
REcpol	Relação casca polpa ⁻¹
pH_cac	pH do mosto
ss_cac	Sólidos solúveis do mosto
At_cac	Acidez titulável do mosto
pHvin	pH do vinho
At_vin	Acidez titulável do vinho
Inten_cor	Intensidade de cor do vinho
Tonal	Tonalidade de cor do vinho
Alcoo	Teor alcoólico
Ext_sec	Extrato seco
Polife	Polifenóis totais
Antoc	Antocianinas totais
Pod_min	Tempo de poda
Desbr_min	Tempo de desbrota
Desf_min	Tempo de desfolha
Con_min	Tempo de condução dos ramos
Col_min	Tempo de colheita
Temp_Man	Manejo total do vinhedo
Mobra	Mão de obra

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Nível de significância (Alfa)
p	Valor p
\bar{x}	Média amostral
M	Mediana amostral
\pm	Mais ou menos
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
Mg	Magnésio
P	Fósforo
N	Nitrogênio
K	Potássio
Ca	Cálcio
Fe	Ferro
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Cu	Cobre
Z	Zinco
H	Hidrogênio
Al	Alumínio
CTC	Capacidade de troca de cátions
M.O.	Matéria orgânica
C.O.	Carbono orgânico
pH	Potencial hidrogeniônico
g	Gramas
Kg	Quilograma
L	Litro
μmol	Micromols
μm	Micrômetro
nm	Nanômetro
mm	Milímetro
cm	Centímetro
m	Metro

t	Tonelada
ha	Hectare
A. U.	Unidades de absorbância
meq	Miliequivalente
min	Minuto
nd	Não detectado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1	Hipóteses	19
1.2	Objetivos.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	ASPECTOS ECONÔMICOS.....	21
2.2	CABERNET SAUVIGNON	27
2.3	PORTA-ENXERTOS	29
2.3.1	Paulsen 1103.....	30
2.3.2	3309 Couderc	31
2.4	SISTEMA DE CONDUÇÃO	32
2.5	PODA	35
2.6	CARGA DE GEMAS	38
2.7	EQUILÍBRIO VEGETO-PRODUTIVO.....	40
2.8	VINHO TINTO	47
2.9	COMPOSTOS FENÓLICOS	57
2.9.1	Compostos não-Flavonoides	62
2.9.1.1	Ácidos fenólicos e Cumarinas	63
2.9.1.2	Estilbenos e Tirosol	68
2.9.2	Compostos Flavonoides.....	73
2.9.2.1	Flavonóis	75
2.9.2.2	Flavanóis.....	78
2.9.2.3	Antocianinas	85
3	MATERIAL E MÉTODOS	89
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	89
3.2	NÍVEIS DE CARGAS DE GEMAS	92
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	94
3.4	VARIÁVEIS AVALIADAS	95
3.4.1	Variáveis Vegetativas	95
3.4.2	Variáveis Ecofisiológicas.....	97

3.4.3	Variáveis Produtivas	100
3.4.4	Variáveis Econômicas	103
3.4.5	Microvinificações	106
3.4.6	Análise físico-química dos mostos e dos vinhos	107
3.4.7	Análise do Perfil Fenólico dos vinhos	112
4	RESULTADOS	114
4.1	Condições climáticas	114
4.2	Crescimento vegetativo e parâmetros ecofisiológicos.....	117
4.3	Componentes de rendimento e índices de equilíbrio VEGETO-PRODUTIVO	
	158	
4.4	Qualidade enológica	191
4.5	Aspectos econômicos	229
4.6	Análises multivariadas.....	248
5	DISCUSSÃO	255
5.1	Crescimento vegetativo e parâmetros ecofisiológicos.....	255
5.2	Componentes de rendimento e índices de equilíbrio VEGETO-PRODUTIVO	
	260	
5.3	Qualidade enológica	264
5.4	Aspectos econômicos	266
6	CONCLUSÃO.....	268

1 INTRODUÇÃO GERAL

A região de altitude localizada no Planalto Sul do Estado de Santa Catarina tem se destacado na produção de vinhos finos (BRIGHENTI; TONIETTO, 2004; BORGHEZAN *et al.*, 2011). Essa região se localiza em altitudes que variam de 900 a 1.400 m acima do nível do mar e se caracteriza por apresentar as maiores altitudes da vitivinicultura brasileira.

Em 1998, os primeiros vinhedos comerciais de *Vitis vinifera* L. foram implantados, sendo que até 2019 as cultivares viníferas somavam 269,3 hectares, tendo as maiores produções no município de São Joaquim e Caçador (VIANNA *et al.*, 2016; NODARI; FRANK, 2019). Das cultivares viníferas cultivadas, 73,5% são tintas e 26,1% brancas (VIANNA *et al.*, 2020).

Com o passar do tempo, a cultivar ‘Cabernet Sauvignon’ se tornou a cultivar de maior área implantada na região de altitude de Santa Catarina, representando aproximadamente 40% da área total de vinhedos da região, devido ao destaque unânime que o setor vitícola conferiu a esta cultivar (BRIGHENTI *et al.*, 2016; VIANNA *et al.*, 2016; LOSSO, 2016).

Entretanto, a elaboração de vinhos finos na região de altitude de Santa Catarina é relativamente recente, quando comparada com outras regiões produtoras do Brasil e do mundo (BRIGHENTI *et al.*, 2013a; WÜRZ *et al.*, 2017). Portanto, a maioria das técnicas de manejo empregadas nos vinhedos são baseadas em manejos aplicados a outras regiões, que divergem das condições edafoclimáticas encontradas na região de altitude de Santa Catarina (MARCON FILHO *et al.*, 2015; WÜRZ *et al.*, 2018a; WÜRZ *et al.*, 2020a).

O manejo inadequado praticado nos vinhedos, somado a fatores como a alta disponibilidade hídrica dos solos, altos teores de matéria orgânica (>3,5%) (BORGHEZAN *et al.*, 2011; ZALAMENA *et al.*, 2013; MARCON FILHO *et al.*, 2015), utilização de porta-enxertos vigorosos (MAFRA *et al.*, 2011; VIANNA *et al.*, 2016), promovem o excessivo crescimento vegetativo em detrimento do desempenho produtivo das videiras (DOS SANTOS, 2006; BORGHEZAN *et al.*, 2011; KYRALEOU *et al.*, 2014; MARCON FILHO *et al.*, 2015; MARCON FILHO *et al.*, 2019).

O vigor vegetativo excessivo resulta em menor incidência de luz no interior do dossel, favorecendo o aparecimento de doenças fúngicas e afetando negativamente a composição da uva e de seu mosto (WÜRZ *et al.*, 2018a; CONIBERTI *et al.*, 2018; ARRILAGA *et al.*, 2021), bem como torna a produção vitícola mais onerosa, devido a maior necessidade de tempo para a realização dos diversos manejos utilizados na cultura da videira (WÜRZ *et al.*, 2018b; WÜRZ *et al.*, 2022).

Devido a competição por carboidrato produzido nas folhas (fonte) entre os pontos de crescimento vegetativo da planta e os cachos (drenos), algumas estratégias de manejos são utilizadas, como a poda de frutificação (poda seca), desponete, desfolha, buscando regular o equilíbrio na relação fonte-dreno da videira, melhorar os índices produtivos, os índices de maturação e qualidade dos frutos, além de atingir uma produção sustentável da videira (HOWELL, 2001; SENTHILKUMAR *et al.*, 2015; ALEM *et al.*, 2021; PUELLES *et al.*, 2022).

Dentre estes manejos, a poda de frutificação é o manejo da videira mais importante, sendo responsável pela produção sustentável do vinhedo, buscando o equilíbrio entre o vigor vegetativo e reprodutivo através da alteração na distribuição de fotoassimilados (ZABADAL *et al.*, 2002; SENTHILKUMAR *et al.*, 2015; MENDONÇA *et al.*, 2016), estando diretamente ligada a produtividade do vinhedo e auxiliando na manutenção da videira, de forma que facilite as operações na planta e proporcionando as melhores condições de microclima para as folhas e cachos (MANDELLI; MIELLI, 2003, WÜRZ *et al.*, 2019).

A carga de gemas deixadas após a poda de frutificação é um dos fatores fundamentais que influencia o número e o crescimento dos ramos, a área foliar, o microclima, o número de cachos e sua massa (DAL MAGRO; FOGAÇA, 2015; WÜRZ *et al.*, 2020). Uma alta carga de gemas na poda de frutificação promove um alto número de sarmentos de baixo vigor e de cachos, podendo resultar numa maturação deficiente. No outro extremo, uma baixa carga de gemas provoca um reduzido número de cachos e sarmentos, conduzindo a um excesso de vigor e grande desenvolvimento de ramos ladrões (GREVEN *et al.*, 2014; DAL MAGRO; FOGAÇA, 2015).

Portanto, estudos que visam avaliar os efeitos de diferentes cargas de gemas nos diversos aspectos da videira se tornam de grande importância, pois auxiliam na escolha de um manejo técnico direcionado para as condições edafoclimáticas do local, condições estas que irão interferir no crescimento vegetativo e produtivo da videira, bem como a interação entre a cultivar copa e o porta-enxerto escolhido, o sistema de condução e os demais manejos.

Um manejo de poda de frutificação diferente do utilizado na região de elevada altitude de Santa Catarina pode ser uma alternativa na busca de uma produção sustentável da videira, no controle do vigor vegetativo excessivo e melhora dos índices produtivos da região, melhorando o equilíbrio da relação fonte-dreno e mantendo a qualidade dos vinhos produzidos na região.

Diante destas informações, este estudo se propõe a avaliar os efeitos de diferentes níveis de cargas na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon, enxertada sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, sobre os aspectos vegetativos, produtivos, eco

fisiológicos, enológicos e econômicos da produção vitivinícola, em região de elevada altitude de Santa Catarina.

1.1 HIPÓTESES

As hipóteses deste trabalho são:

- a) A produtividade da cultivar Cabernet Sauvignon sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc aumentará com a utilização de maiores níveis de carga de gemas na poda de frutificação;
- b) O tempo necessário para os manejos do vinhedo da cultivar Cabernet Sauvignon, sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, aumentará com a utilização de maiores níveis de cargas de gemas na poda de frutificação;
- c) A utilização de maiores níveis de carga de gemas na poda de frutificação irá proporcionar o equilíbrio entre crescimento vegetativo e produtivo, alcançando um balanço da relação fonte-dreno, onde os valores do índice Ravaz estarão dentro dos valores adequados pela literatura (entre 3 e 6);
- d) Maiores níveis da carga de gemas na poda de frutificação da cultivar Cabernet Sauvignon, sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, não irão alterar os índices de maturação tecnológica do mosto;
- e) Maiores níveis da carga de gemas na poda de frutificação da cultivar Cabernet Sauvignon, sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, não afetarão os aspectos químicos e fenólicos dos vinhos produzidos.

1.2 OBJETIVOS

- Objetivo Geral:

Avaliar os aspectos vegetativos, produtivos, ecofisiológicos e enológicos da cultivar Cabernet Sauvignon, sob cinco níveis de cargas de gema na poda de frutificação, enxertada sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, em sistema de condução ‘manjedoura’, nas condições da região de elevada altitude de Santa Catarina.

- Objetivos Específicos:

Os objetivos específicos do trabalho são:

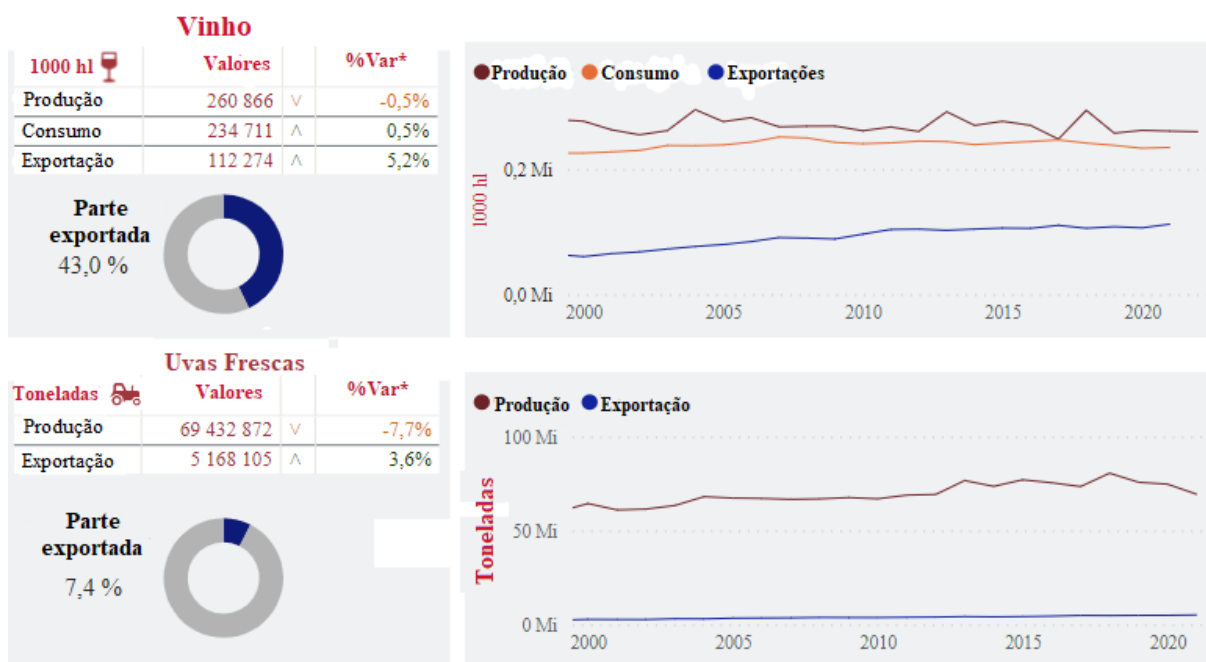
- a) Utilizar níveis de cargas de gemas na poda de frutificação da Cabernet Sauvignon que normalmente não utilizadas nos vinhedos da região de elevada altitude de Santa Catarina;
- b) Caracterizar o efeito de cinco cargas de gema na poda de frutificação da cultivar Cabernet Sauvignon, sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, na produtividade e crescimento vegetativo do vinhedo;
- c) Caracterizar o efeito de cinco cargas de gema na poda de frutificação da cultivar Cabernet Sauvignon, sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, nas características físico-químicas dos cachos e dos vinhos produzidos;
- d) Avaliar o efeito de cinco cargas de gema na poda de frutificação da cultivar Cabernet Sauvignon, sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, no tempo necessário para a realização dos principais manejos da cultura da videira;
- e) Determinar uma carga de gemas na poda de frutificação da Cultivar Cabernet Sauvignon, enxertada sobre o Paulsen 1103 e 3309 Couderc, onde haja equilíbrio entre o crescimento vegetativo da planta e a produção, sem perdas na qualidade química do vinho, e que haja sustentabilidade econômica para a produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS

Na safra 2021 foram produzidos mais de 260 milhões de litros de vinho no mundo (Figura 1). Os dados mais recentes mostram que a produção de uvas viníferas representa 48,8% da produção total de uvas no mundo em 2021 (Figura 2), tendo uma produção de mais de 261 milhões de hectolitros de vinho, onde 43,1% deste montante é destinado a exportação (OIV, 2023).

Figura 1 - Produção, consumo e exportação de vinhos e produção e exportação de uvas frescas no mundo, parcela exportada e seus históricos do ano de 2000 e 2021.

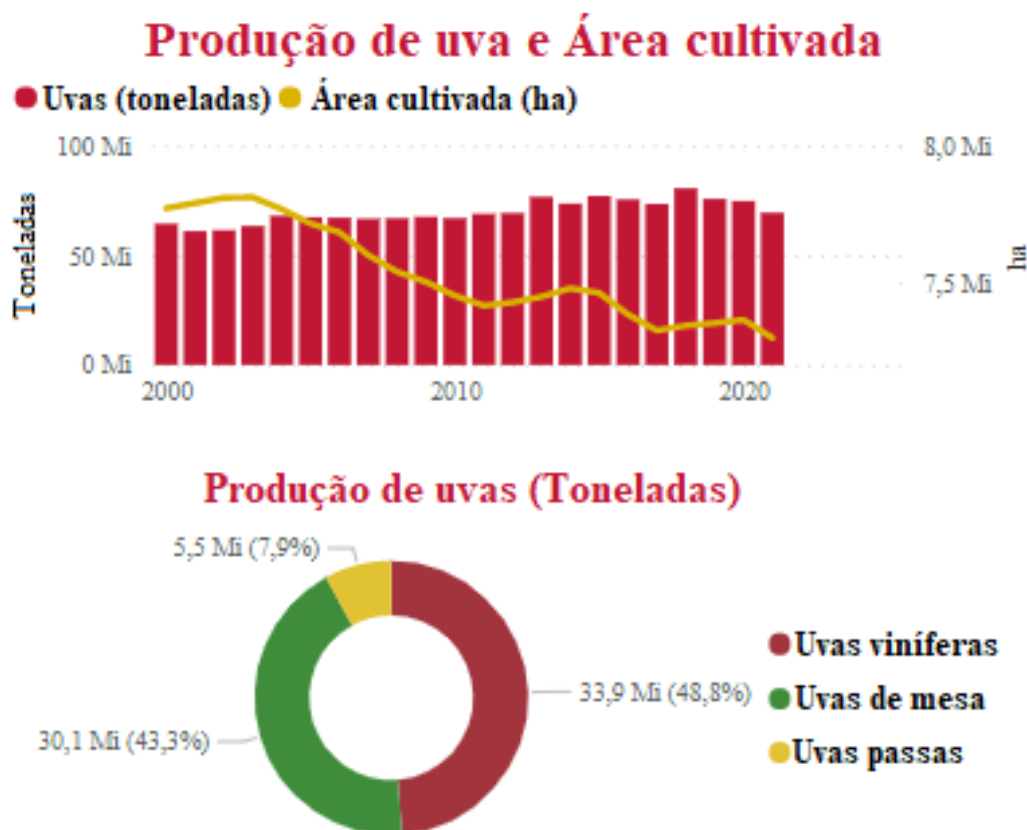


O Brasil teve uma produção de aproximadamente 3 milhões de hectolitros de vinho no ano de 2022 (Figura 3), sendo assim o 15º produtor mundial e o 16º consumidor (OIV, 2023). O país é o 27º exportador e 13º importador de vinhos do mundo (OIV, 2023), sendo que em 2010 foram exportados mais de 8 milhões de litros de vinhos finos (COMEXTAT/MDIC, 2023).

O mercado brasileiro vitivinícola é uma atividade socioeconômica, ligada a sustentabilidade da pequena unidade de produção rural e a grandes empresas, gerando emprego

e renda para os agricultores e ampliando o número de postos de trabalho nos grandes empreendimentos do setor (HOECKEL; FREITAS; FEISTEL, 2017).

Figura 2 - Histórico da produção mundial de uvas e área cultivada do período de 2000 a 2021; discriminação da quantidade de uvas viníferas, uvas de mesa e uvas para processamento e fabricação de uvas passas no ano de 2021.



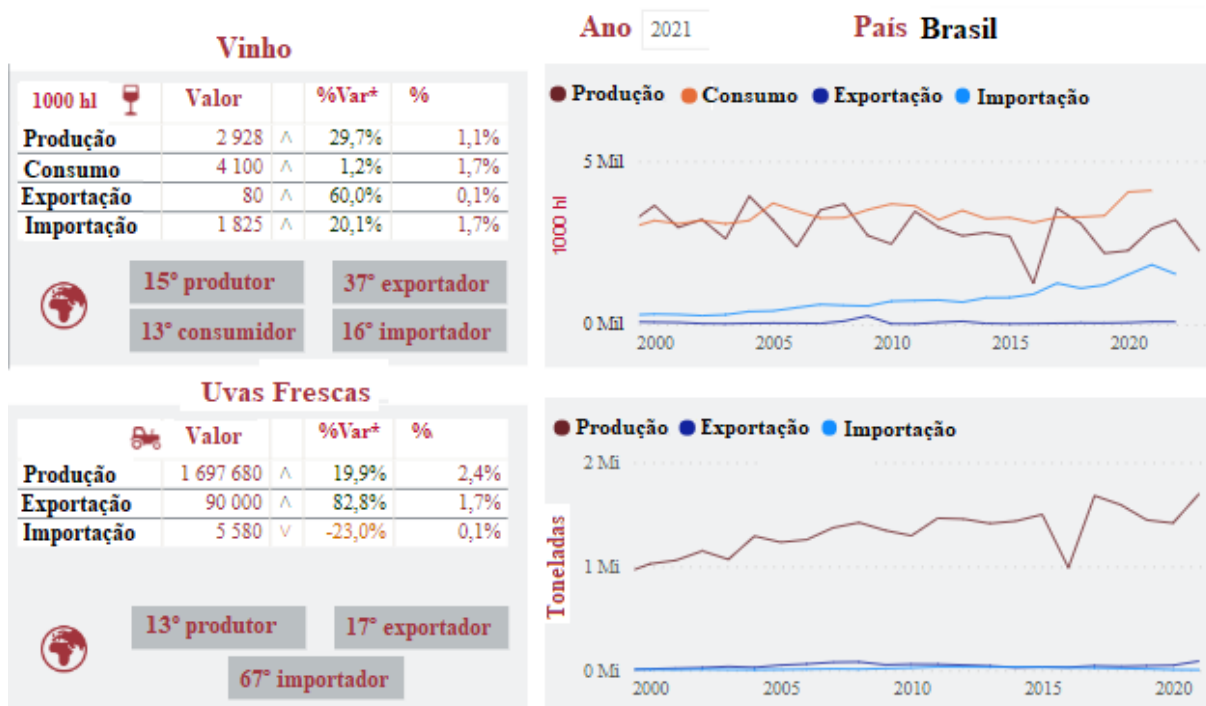
Fonte: adaptado de OIV, 2023.

O Brasil possui cerca de 75 mil hectares de área cultivada com a cultura da videira, tendo mais de 53 mil hectares produzidos na região Sul do país, e Santa Catarina possuindo 3.937 hectares cultivados desta cultura, com uma produção de cerca de 59,7 mil toneladas de uva ($15,2 \text{ t ha}^{-1}$ de produtividade média), ocupando a quinta colocação entre os estados produtores do Brasil no ano de 2021 (IBGE, 2023). A área cultivada teve uma queda, pois no ano de 2021 estava acima dos 80 mil hectares (Figura 4) (OIV, 2023).

Embora o estado do Rio Grande do Sul seja o principal produtor vitícola brasileiro (46.350 hectares de área cultivada), a vitivinicultura catarinense também vem conquistando forte espaço no cenário nacional, principalmente, nas regiões acima de 900 metros ao nível do mar (regiões de elevada altitude no Estado de Santa Catarina), pelas suas características

enológicas, visto que viníferas têm apresentado características sensoriais notáveis (MALINOVSKI *et al.*, 2016; CALIARI; ZANUS, 2020; IBGE, 2023).

Figura 3 - Histórico da produção, consumo, exportação e importação de vinho no Brasil do ano de 2000 a 2021 e histórico da produção, exportação e importação de uvas viníferas do ano de 2000 a 2021.



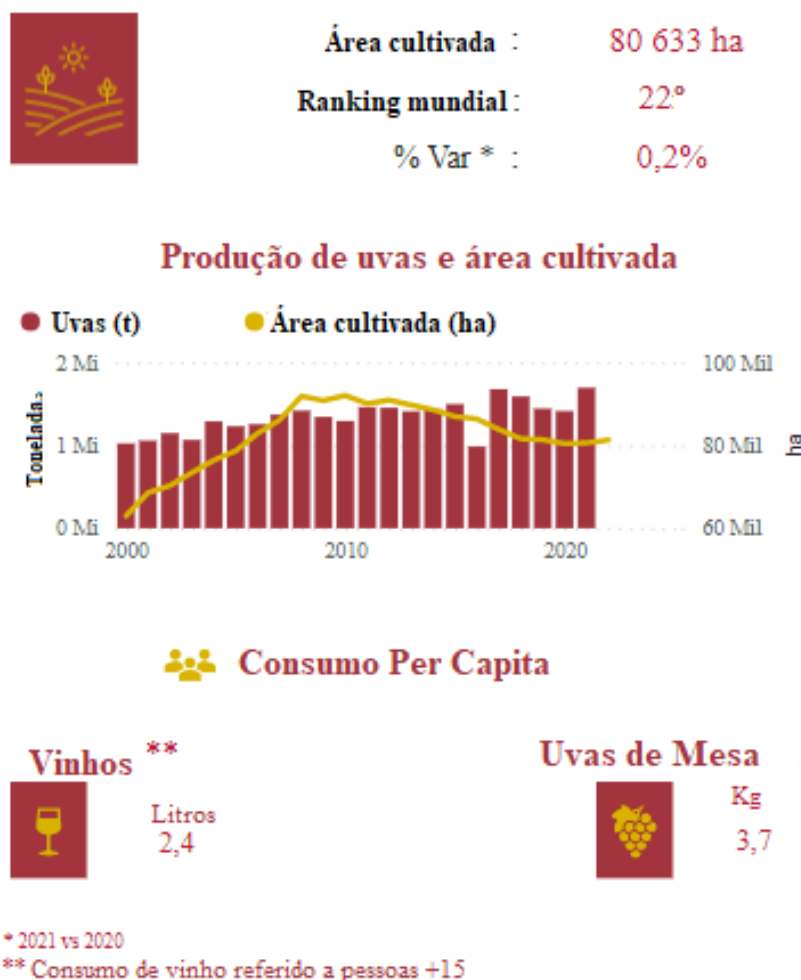
Fonte: adaptado de OIV, 2023.

Santa Catarina produziu mais de 20 milhões de litros de vinho no ano de 2020 (EPAGRI, 2020). Entre as regiões produtoras do estado de Santa Catarina, citam-se o Vale do Rio do Peixe (municípios de Videira, Tangará, Pinheiro Preto) e a região Carbonífera (Urussanga, Pedras Grandes, Braço do Norte) onde predomina a produção de vinhos de mesa (LOSSO; PEREIRA, 2014) e a nova região dos Vinhos de Altitude de Santa Catarina (CALIARI *et al.*, 2016).

Na região vinícola de elevada altitude na Serra Catarinense (abrangidas pelas cidades de São Joaquim, Urupema, Urubici, Bom Retiro, Painsel e Campo Belo do Sul), o diferencial é não estar relacionada com a colonização italiana, como ocorre em regiões tradicionais (BRIGHENTI, *et al.*, 2016; NODARI; FRANK, 2019). O início da vitivinicultura de altitude em Santa Catarina foi com os primeiros experimentos com uvas da espécie *Vitis vinifera* L. na região serrana realizados pela Epagri e que despertaram o interesse empresarial (ZANELLA, 2021).

Segundo o cadastro vitícola, em 2019 Santa Catarina possuía 527 vinhedos de altitude, que somavam 269,3 hectares. Dessa área, 81% correspondiam à soma das áreas dos vinhedos dos municípios de São Joaquim (51,7%), Água Doce (12%), Bom Retiro (11,4%) e Urupema (6,9%) (VIANNA *et al.*, 2020).

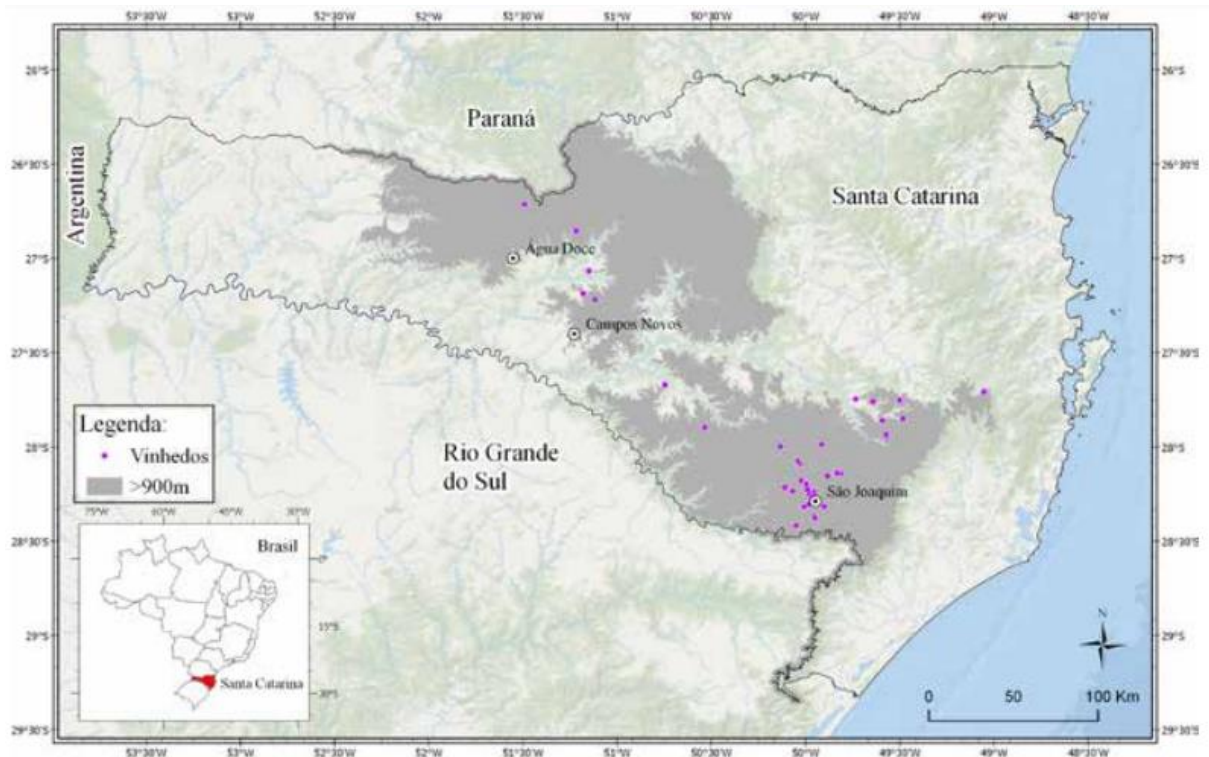
Figura 4 - Histórico da produção e área cultivada de uvas no Brasil de 2000 a 2021, posição no Ranking mundial de produção de uvas e consumo per capita de vinhos e uvas de mesa.



Fonte: adaptado de OIV, 2023.

A Associação Vinho de Altitude - Produtores & Associados solicitou em 2020, tendo reconhecimento publicado pelo INPI em 2021, de nova indicação geográfica de vinhos do Brasil, a Indicação de Procedência Vinhos de Altitude de Santa Catarina. A área geográfica da IP Vinhos de Altitude de Santa Catarina abrange 29 municípios (Figura 5) que correspondem a 20% da área do estado catarinense (ZANELLA, 2021).

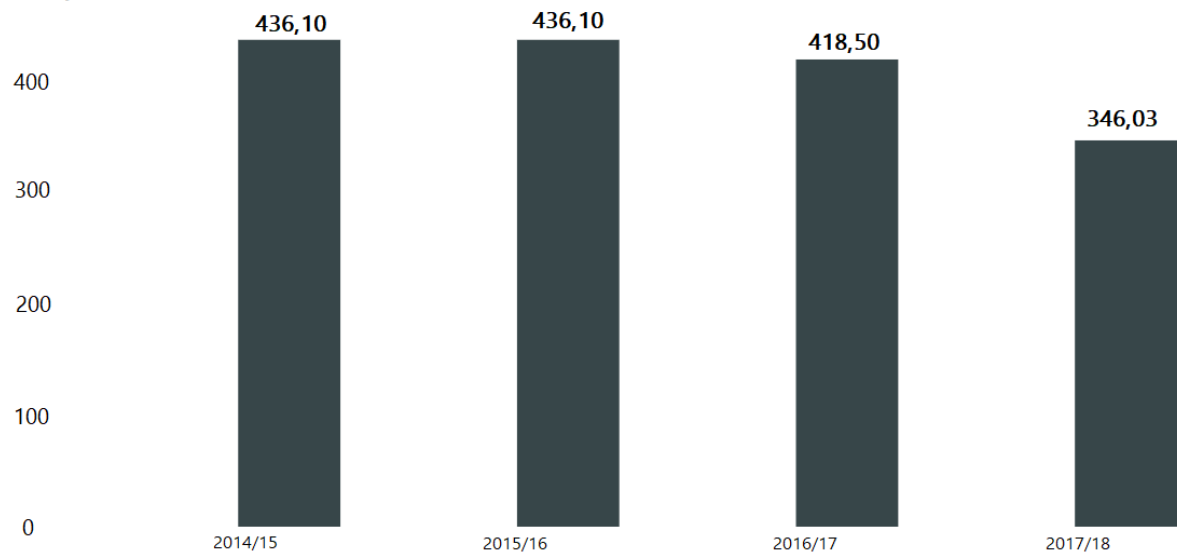
Figura 5 - Regiões de altitude superior a 900 m e distribuição dos vinhedos no estado de Santa Catarina em 2019.



Fonte: VIANNA *et al.*, 2020.

Figura 6 - Evolução da área cultivada (ha) de uvas viníferas no estado de Santa Catarina.

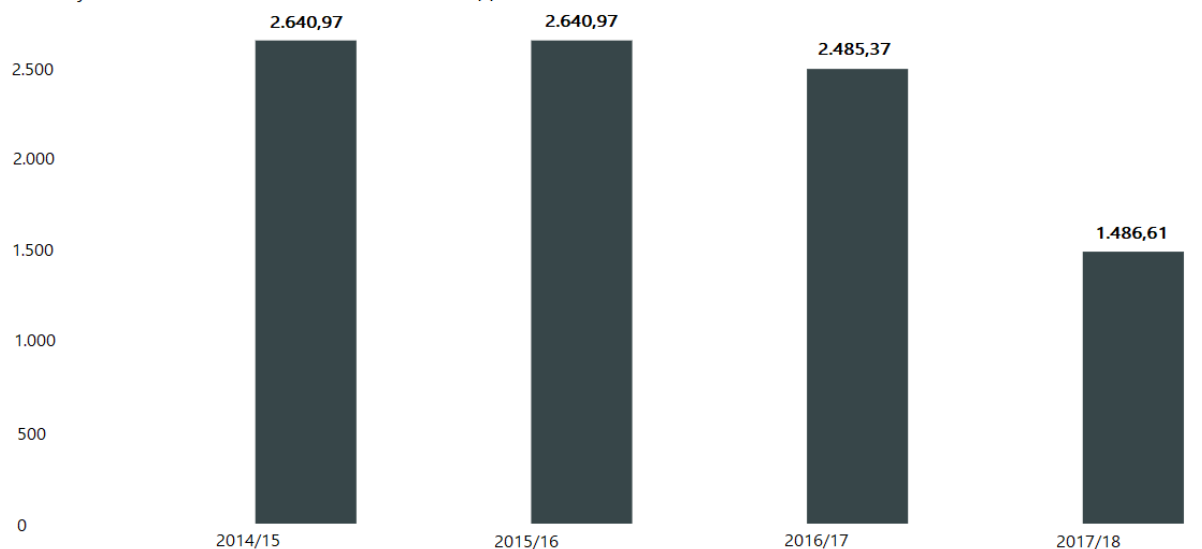
Evolução Anual - Área Plantada (ha)



Fonte: EPAGRI/CEPA, 2023.

Figura 7 - Evolução anual da quantidade produzida (t) de uvas viníferas no estado de Santa Catarina.

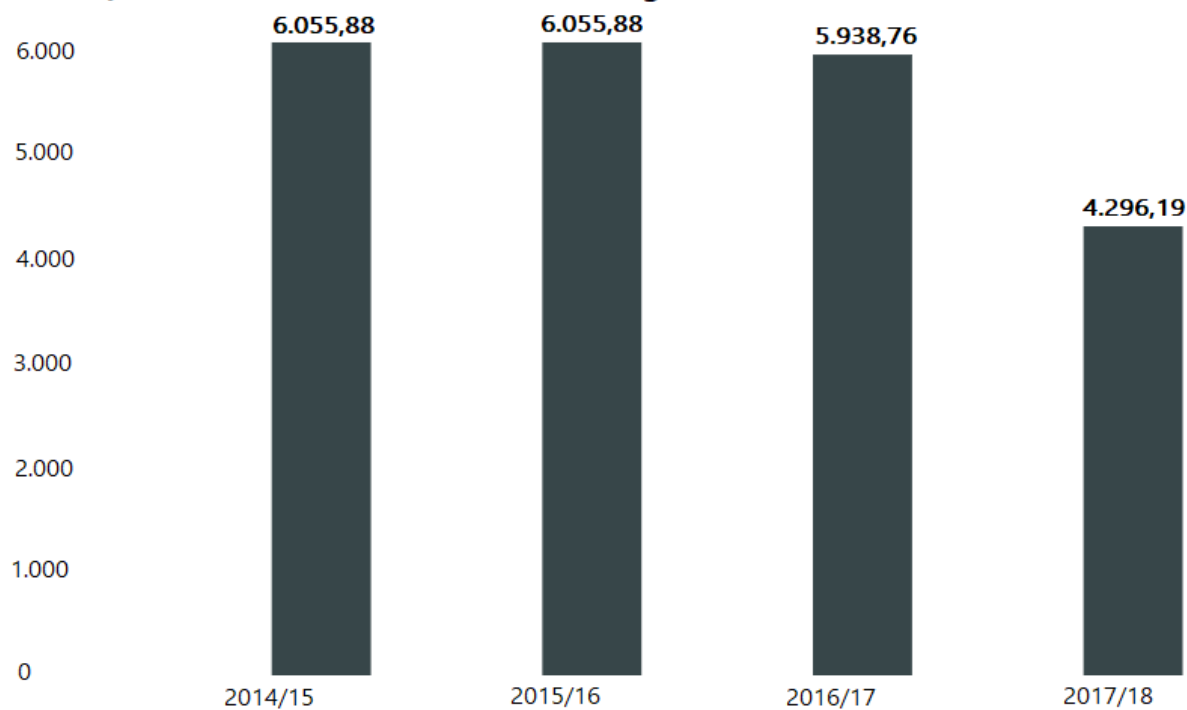
Evolução Anual - Quantidade Produzida (t)



Fonte: EPAGRI/CEPA, 2023.

Figura 8 - Evolução anual do rendimento médio (kg ha^{-1}) de uvas viníferas no estado de Santa Catarina

Evolução anual - Rendimento Médio (kg/ha)



Fonte: EPAGRI/CEPA, 2023.

A produção de uvas viníferas teve uma queda da safra de 2015 para 2018 na área cultivada de 20,65% (Figura 6), na produção de 43,70% (Figura 7) e na sua produtividade de 29,05% (Figura 8) no estado de Santa Catarina (EPAGRI/CEPA, 2023).

Os vinhedos de elevada altitude de Santa Catarina têm as cultivares tintas Cabernet Sauvignon e Merlot com a maior área plantada, seguindo uma tradição observada também no Rio Grande do Sul, sendo que a Cabernet Sauvignon é a cultivar com maior área plantada (29,4%) (VIANNA *et al.*, 2016; CALIARI; ZANUS, 2020; MELLO; MACHADO, 2020).

2.2 CABERNET SAUVIGNON

A cultivar Cabernet Sauvignon tem origem na região de Bordeaux, França, tendo como progenitores as cultivares Cabernet Franc e Sauvignon Blanc. Difundiu-se pela maioria das regiões vitícolas de todo mundo, tendo um grande apelo de mercado, sendo a uva vinífera mais cultivada em nível mundial (ORLANDO *et al.*, 2007; BRIGHENTI *et al.*, 2021; OIV, 2023).

Introduzida no Brasil em 1921, foi somente depois de 1980 que houve incremento de seu plantio na Serra Gaúcha e na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, substituindo os primeiros vinhedos varietais com cultivares viníferas implantados na região sul do Brasil (RIZZON; MIELLE, 2002; CAMARGO *et al.*, 2011).

A Cabernet Sauvignon foi indicada como uma cultivar de enorme potencial para o cultivo em regiões acima de 900 m de altitude, após avaliações realizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI), tendo o setor vitivinícola da região unânime na sua indicação quando questionados sobre a especificidade dos vinhos produzidos na região além de possuir um grande apelo mercadológico, sendo a uva vinífera mais cultivada no mundo (LOSSO, 2016; OIV, 2023).

Os plantios da cultivar iniciaram no ano de 2000, e atualmente é a cultivar vinífera com a maior área plantada em Santa Catarina, com aproximadamente 40% da área total de vinhedos implantados na região de altitude de Santa Catarina, (BRIGHENTI *et al.* 2016; VIANNA *et al.* 2016),

A tipicidade dos vinhos produzidos é dependente do solo e das condições climáticas, do manejo, da produção e da vinificação (WARMLING *et al.*, 2018). Portanto, devido a sua importância, tem sido alvo de diferentes estudos na região, com trabalhos sobre a combinação de diferentes porta-enxertos e clones (MARCON FILHO *et al.*, 2019), utilização de fitormônios (WÜRZ *et al.*, 2017), desfolha (WÜRZ *et al.*, 2017), comportamento vegetativo

(BORGHEZAN *et al.*, 2011; BORGHEZAN *et al.*, 2010), sistemas de condução (WÜRZ *et al.*, 2018), entre outros trabalhos de pesquisa.

É uma cultivar de brotação e de maturação tardia (brotação no final do mês de setembro, colheita no final dos meses de março e abril), tendo um requerimento superior a 600 horas de frio e de 1.430 graus-dias e um ciclo médio de 214 dias na região de altitude de Santa Catarina (BRIGHENTI *et al.*, 2013a; MALINOVSKI *et al.*, 2016; MARCON FILHO *et al.*, 2019; MIELE, 2019; ORTEGA-FARIAS; RIVEROS-BURGOS, 2019).

Trata-se de uma cultivar vigorosa, sarmentos eretos, longos e de grande diâmetro em condições de solo férteis (WÜRZ *et al.*, 2020b; BRIGHENTI *et al.*, 2021; FOGAÇA, 2022). Possui o ramo jovem com ápice expandido, lanuginoso, amarelo-verde-esbranquiçado com nuances rosa. Folha de tamanho médio, pentagonal, quinquelobada com bordas sobrepostas desenhando um particular furo quase circular; face superior de cor verde escura, opaca; inferior aracnoide e de cor verde-clara. Apresenta uma acrotonia marcante, que faz brotar com dificuldades as gemas centrais dos elementos longos da poda. Suas gemas apresentam fertilidade variável, dependendo das condições climáticas onde é cultivada (BRIGHENTI *et al.*, 2021; PORRO; STEFANINI; VOLTOLINI, 2021).

Possui cacho pequeno, cilíndrico piramidal, levemente compacto e frequentemente com uma asa bem pronunciada. Baga média, esférica, regular, casca muito pruinosa, de cor negro-azulada, espessa, consistente (PORRO; STEFANINI; VOLTOLINI, 2021).

Sua produtividade depende do porta-enxerto utilizado, das condições edafoclimáticas, sistema de condução e dos manejos realizados (BORGHEZAN *et al.*, 2011; BRIGHENTI *et al.*, 2011; MIELE; RIZZO, 2013; WÜRZ *et al.*, 2019c; WÜRZ *et al.*, 2020b), porém os estudos na região de altitude de Santa Catarina demonstram que a cultivar possui uma alta qualidade de cachos na colheita, que refletem esta qualidade nos vinhos produzidos, entretanto esta qualidade é igualmente afetada pelas condições edafoclimáticas e de manejo (FELIPPETO; ALLEBRANDT; CIOTTA, 2016; ALLEBRANDT *et al.*, 2020; WÜRZ *et al.*, 2020c; BRIGHENTI *et al.*, 2021).

Apta para a elaboração de vinhos tintos varietais, seus vinhos são frutados, gerando aromas frutados como groselha, porém, em condições menos favoráveis de manejo, seu vinho resulta em intenso aroma de pimentão. Adequada à produção de vinho de guarda, obtém-se um vinho vermelho-rubi muito intenso com reflexos violáceos que se atenuam com o passar do tempo. Ao nariz se destaca a típica nota herbácea acompanhada de aromas de cereja. Ao paladar se apresenta com notas tânicas facilmente detectáveis (PORRO; STEFANINI; VOLTOLINI, 2021).

Como as demais cultivares viníferas na maioria das regiões vitícolas, a produção da Cabernet Sauvignon só é possível mediante a utilização de porta-enxertos obtidos a partir de espécies de videiras americanas (*Vitis riparia*, *Vitis rupestris* e *V. berlandieri*), ou a partir da hibridação entre elas, sendo estes um fator chave na implantação do vinhedo devido a influência na ecofisiologia da planta e no mosto (BRIGHENTI *et al.*, 2011; ALLEBRANDT *et al.*, 2020).

2.3 PORTA-ENXERTOS

Os porta-enxertos têm sido usados em vinhedos desde a segunda do século XIX como uma consequência da invasão da filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*), mas também desempenham papel importante na adaptação a fatores ambientais, como a disponibilidade de nutrientes ou características do solo, e a resistência a estresses bióticos e abióticos, pois são a ligação entre o solo e a variedade copa (CORSO *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2019b; BRIGHENTI *et al.*, 2021).

Os porta-enxertos podem ser espécies individuais do gênero *Vitis* ou híbridos resultantes de duas ou mais espécies. O cruzamento artificial de espécies americanas de *Vitis* foi necessária para a produção de porta-enxertos resistente a pragas e doenças que afetavam a cultura, fazendo com que poucos porta-enxertos que provenham de apenas uma espécie, pois a maioria é resultado da hibridação a partir de três espécies: *V. riparia*, *V. rupestris* e *V. berlandieri* (CHITARRA *et al.*, 2017; ARNOLD; SCHNITZLER, 2020),

Os porta-enxertos exercem função importante no crescimento vegetativo, na frutificação e produtividade das cultivares, no amadurecimento dos cachos, na composição química e sensorial dos vinhos, devido a sua capacidade de exploração do solo, a absorção de água e nutrientes, e interação entre o genótipo do porta-enxerto e da cultivar copa (KIDMAN *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2019b; ZIEGLER *et al.*, 2020; BLANK, SAMMER; STOLL, 2022).

As raízes fixam as plantas no solo, adquirem água e nutrientes do solo, servem de armazenamento órgãos, e são a principal zona de contato com organismos do solo (WARSCHEFSKY *et al.*, 2016). Além disto, tem papel importante no transporte de hormônios vegetais (NIKOLAOU *et al.*, 2000).

As principais características a serem observadas na escolha de um porta-enxerto para as videiras são a resistência a filoxera, a nematoides, as doenças fúngicas, adaptação aos solos, à seca ou à umidade excessiva do solo tolerância à deficiência nutricional, boa compatibilidade com a cultivar produtora e compatibilidade, facilidade de enraizamento e de pegamento na

enxertia (SERRA *et al.*, 2013; KÖSE; KARABULUT; CEYLAN, 2014; PETERSON; WALKER, 2017).

Estudos preliminares indicaram a utilização de porta-enxertos de grupo *V. berlandieri* x *V. rupestris*, como o Paulsen 1103, em função da sua resistência à fusariose. Entretanto, trabalhos posteriores demonstraram a importância da utilização de porta-enxertos menos vigorosos, como o 3309 Couderc, para a obtenção de plantas mais equilibradas e com melhores características químicas dos mostos provenientes (BRIGHENTI *et al.*, 2011; ALLEBRANDT *et al.*, 2020; BRIGHENTI *et al.*, 2021).

2.3.1 Paulsen 1103

Selecionado por Paulsen, na Itália (RIAZ *et al.*, 2019), é o principal porta-enxerto utilizado no sul do Brasil e na região de altitude de Santa Catarina, devido a resistência a fusariose (BRIGHENTI *et al.*, 2013a; BORGHEZAN *et al.*, 2014; BRIGHENTI *et al.*, 2014; ALLEBRANDT *et al.*, 2015). Também está entre os três porta-enxertos mais produzidos na Europa e é o mais cultivado na Itália (ZAVAGLIA *et al.*, 2016).

São porta-enxertos híbridos, caracterizados pelo elevado vigor, boa resistência à seca, mas apresentam dificuldades de enraizamento (CORSO *et al.*, 2016; BRIGHENTI *et al.*, 2021). Em estudos realizados em Santa Catarina, em cambissolos, nota-se que apesar de se tratar de um porta-enxerto vigoroso, não possui o vigor excessivo de porta-enxertos como por exemplo o porta-enxerto IAC 572 (DALBÓ; FELDBERG, 2016; LEÃO; CHAVES, 2020; NARDELLO *et al.*, 2022).

Seu sistema radicular é profundo e altamente desenvolvido, é adaptado a uma ampla gama de condições de solo, com ângulos de 40° a 50° (GIOVANNINI, 2014; CALLILI *et al.*, 2023). É mais tolerante à seca que 99R e 110R, porta-enxertos pertencentes ao mesmo grupo que o Paulsen 1103 (BRIGHENTI *et al.*, 2021).

Possui uma brotação e maturação tardia (CORSO *et al.*, 2016; NARDELLO *et al.*, 2022) quando comparado a porta-enxertos como o 101-14 MGT (ALLEBRANDT *et al.*, 2015). Sua produção é similar à de outros porta-enxertos utilizados no sul do país, sendo inferior ao porta-enxerto Solferino (MIELLE; RIZZON, 2017). Entretanto, a produção e os aspectos físicos de cacho, dependem do local do vinhedo, safra e cultivar copa (BRIGHENTI *et al.*, 2010).

Origina vinhos mais ácidos em comparação a porta-enxertos híbridos de *V. riparia* x *V. rupestris* e de menor teor de sólidos solúveis (MIELLE; RIZZON, 2017; MIELLE; RIZZON,

2019a; MIELLE; RIZZON, 2019c). Entretanto, em estudo realizado na Serra Gaúcha, avaliando 15 porta-enxertos, não foi perceptível diferença sensorial nos vinhos de Cabernet Sauvignon em diferentes porta-enxertos (MIELLE; RIZZON, 2019b).

Apresenta alta tolerância à fusariose da videira, tem resistência a filoxera sendo resistente a *Xiphinema* e a *Meloidogyne*, demonstrando afinidade com diversas cultivares copa tanto de uvas de mesa como para o processamento (ANDZEIEWSKI *et al.*, 2022). Em relação ao solo adapta-se aos de textura arenosa a argilosa (0 a 60% de argila) com pH ideal de 5,5-7 e tolera seca e umidade (BRIGHENTI *et al.*, 2021; JIAO *et al.*, 2023).

2.3.2 3309 Couderc

Porta-enxerto desenvolvido por Couderc em Montpellier, pertence ao grupo *V. riparia* x *V. rupestris*, que apresenta vigor moderado, sistema radicular profundo e bem ramificado adaptados a terrenos de discreta fertilidade, onde se pode obter bons níveis qualitativos (RIAZ *et al.*, 2019; BRIGHENTI *et al.*, 2021).

Este porta-enxerto confere à planta vigor baixo a moderado às videiras enxertadas, amadurecimento precoce dos frutos e alta relação rendimento-poda (GOLDAMMER, 2015; CHITARRA *et al.*, 2017). Tem um ciclo médio, com brotação e maturação intermediária entre o Paulsen 1103 (mais tardio) e o 101-14 Mgt (mais precoce) na região de elevada altitude de Santa Catarina, o que reflete em níveis intermediários de acidez e teor de sólidos solúveis no mosto (ALLEBRANDT *et al.*, 2015). Em estudos realizados no Rio Grande do Sul, teve valores de pH, sólidos solúveis e densidade do mosto maiores que do Paulsen 1103, enquanto a acidez do mosto foi menor (MIELE; RIZZON, 2017b).

Caracteriza-se por altas produtividades e é recomendado para cultivares de baixa frutificação efetiva. Em estudo comparando plantas franqueadas (sem a utilização de enxertia) da cultivar ‘Chambourcin’ e ela enxertada sobre outros porta-enxertos (Couderc 1616, Sélection Oppenheim 4, Millardet et de Grasset 101-14, Kingfisher, Matador e Gloire de Montpellier), o porta-enxerto 3309 Couderc aumentou a produtividade da videira, além de otimizar a qualidade das uvas e absorção dos macronutrientes (BOZZOLO *et al.*, 2023).

Devido a sua influência no vigor e na fenologia da videira, este porta-enxerto aumenta a concentração da maioria dos compostos flavonoides nos vinhos na região de altitude de Santa Catarina, apesar de não alterar os aspectos químicos dos vinhos em relação a outros porta-enxertos utilizados no sul do país (ALLEBRANDT *et al.*, 2015; MIELLE; RIZZON, 2019a; ALLEBRANDT *et al.*, 2020).

Seu desempenho é melhor quando se encontra em solos profundos, bem drenados, com bom suprimento de água e o teor ativo de calcário não exceda 11% (SPRING *et al.*, 2019), ou seja, ele não é adequado para solos secos, rasos e compactados. Possui tolerância à seca, de fraca a moderada, além de ser sensível a solos salinos (LAVRENČIČ; PETERLUNGER; SIVILOTTI, 2005; MARTIN *et al.*, 2020; BRIGHENTI *et al.*, 2021). Como estratégia para evitar a perda excessiva de água pela transpiração nas estações mais quentes, o porta-enxerto restringe a área foliar da copa (BRIGHENTI *et al.*, 2021).

Tem boa tolerância a *Radicalcolae phylloxera*, não é um bom hospedeiro ao *Meloidogyne haplomas*, é suscetível a nematoides, a *Gallicolae phylloxera* e a antracnose, mas apresenta boa resistência ao míldio (ZASADA *et al.*, 2019; TEDESCO *et al.*, 2022). Possui menor tolerância a fatores abióticos e maior a fatores bióticos em relação ao porta-enxerto Paulsen 1103 (ZIEGLER *et al.*, 2020).

Assim como a escolha do porta-enxerto, a escolha de um sistema de condução e sistema de poda irá influenciar os diversos aspectos vitivinícolas da videira, sendo também de extrema importância (DE LIRA *et al.*, 2017; WÜRZ *et al.*, 2019c).

2.4 SISTEMA DE CONDUÇÃO

A distribuição espacial do dossel, do tronco e dos sarmentos, juntamente com o sistema de sustentação, constitui o sistema de condução da videira (MIELE; MANDELLI, 2014). O sistema de condução determina a disposição espacial das folhas e ramos, modificando o microclima do vinhedo, afetando substancialmente o nível de interceptação solar, influenciando na fotossíntese da planta e a sua fisiologia (VALÍN *et al.*, 2019; CHOWANIAK *et al.*, 2020; SANCHEZ-RODRIGUEZ; SPOSIT, 2020).

A orientação do dossel vegetativo é um dos principais fatores para diferenciar os sistemas de condução, sendo estes: vertical (espaldeira), horizontal (latada), oblíqua (lira) ou retombante (tipo cortina ou "Geneva Double Curtain") (PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2007). A escolha do sistema de condução deve estar obrigatoriamente associada ao tipo de produção requerida, levando em consideração a facilidade de manejo, os custos e a capacidade da mão de obra em compreender o sistema (WÜRZ *et al.*, 2019c).

O sistema em espaldeira é largamente utilizado no Brasil devido ao baixo custo de implantação e manutenção, maior densidade de plantio em relação a sistemas como a latada, relativa facilidade de manejo das plantas no ciclo de produção, entre outros fatores (CAPPELLO; SPÓSITO; OSAKI, 2017; HERNANDES; PEDRO JÚNIOR; MOURA, 2021).

A produção de uvas viníferas nas regiões de altitude de Santa Catarina é baseada no sistema de condução espaldeira com sistema de poda em cordão esporonado (FALCÃO *et al.*, 2008).

Entretanto, devido a características edafoclimáticas da região, a utilização do sistema de condução em espaldeira geralmente ocasiona excessivo crescimento vegetativo nos vinhedos da região (WÜRZ *et al.*, 2020c). Outra desvantagem deste sistema é a baixa produtividade das videiras conduzidas (PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2007; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2015; WÜRZ *et al.*, 2019c).

Uma alternativa a esse sistema de condução, é o sistema em ípsilon (Y), também conhecido como manjedoura em algumas regiões (PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2015; KALKAN *et al.*, 2022a). O sistema de condução em Y é uma variação aberta da manjedoura, semelhante ao sistema em V, exceto que o tronco da videira forma a parte vertical da letra Y (Figura 9 e 10). Utilizado para a produção de uvas finas de mesa, mais recentemente utilizado para a produção de uvas viníferas, como alternativa à espaldeira e à latada (FALCÃO *et al.*, 2008; HERNANDES; PEDRO JÚNIOR; MOURA, 2021).

No Brasil, o sistema em Y tem sido utilizado em diferentes regiões vitícolas, como por exemplo, em Santa Catarina (FALCÃO *et al.*, 2008; BEM *et al.*, 2015; MARCON FILHO *et al.*, 2020; DOS SANTO *et al.*, 2022), Rio Grande do Sul (MOTA *et al.*, 2008; CHAVARRIA *et al.*, 2009), São Paulo (PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2015) e Pernambuco (LEÃO; SOARES, 2009; LEÃO; CHAVES, 2020).

O sistema de condução em manjedoura formato Y é recomendado com uma alternativa positiva para a região de altitude de Santa Catarina (BRIGHENTI *et al.*, 2012; MARCON FILHO *et al.*, 2020; MARCON FILHO *et al.*, 2021), devido ao aumento na produtividade dos vinhedos, mantendo a composição química dos cachos e qualidade dos vinhos produzidos, além de ser uma ferramenta para a obtenção de plantas com maior equilíbrio vegeto-produtivo.

Outras vantagens deste sistema são a maior densidade de área foliar exposta a luz solar e maior produtividade em relação ao sistema espaldeira (PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2015; KALKAN *et al.*, 2022a). Em estudo realizado com a cultivar Cabernet Sauvignon sobre o Paulsen 1103, na região de altitude de Santa Catarina, o sistema em manjedoura aumentou a produtividade, massa de bagas e relação casca baga⁻¹, sem alterar o teor de sólidos solúveis, acidez titulável e teor de antocianinas dos cachos (MARCON FILHO *et al.*, 2013).

Na região vitícola de São Paulo, o sistema manjedoura em Y também é indicado pela melhor eficiência do tratamento fitossanitário, devido à melhor exposição de folhas e cachos, além de facilidade de manejo das operações de poda, desbrota, pulverizações, limpeza e colheita, entre outros fatores (HERNANDES; PEDRO JÚNIOR; MOURA, 2021).

Figura 9 - Vista inferior do sistema de condução em manjedoura ou em ‘Y’. Cultivar Cabernet Sauvignon enxertada sobre o porta-enxerto 3309 Couderc próxima ao momento da colheita.



Fonte: O autor, 2023.

Em estudos com a cultivar Niágara Rosada, o sistema de condução em Y aumentou o número de ramos e esporões por planta, o índice de área foliar, número de cachos por planta, massa fresca do cacho e produtividade (HERNANDES *et al.*, 2013; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2011), sem alterar o teor de sólidos solúveis totais (SANCHEZ-RODRIGUEZ *et al.*, 2016).

No Vale do São Francisco, o sistema em manjedoura no formato Y também é indicado na produção de uvas viníferas (cultivar Syrah), devido aumento do rendimento, número de cachos e índice de Ravaz adequado, favorecendo o desenvolvimento de videiras mais equilibradas, quando comparado ao sistema de condução em espaldeira (LEÃO; CHAVES, 2019).

Como desvantagens, este sistema possui um alto custo de implantação, principalmente quando utilizado em conjunto com proteção plástica (HERNANDES; PEDRO JÚNIOR; MOURA, 2021). Na região de altitude de Santa Catarina, alguns estudos mostram que a

incidência e severidade de doenças é maior neste sistema em relação a espaldeira (DE BEM *et al.*, 2015; WÜRZ *et al.*, 2020c).

Figura 10 - Visão frontal do sistema de condução manjedoura ou sistema em 'Y'. Cultivar Cabernet Sauvignon enxertada sobre diferentes porta-enxertos durante o inverno.



Fonte: O autor, 2023.

Além do sistema de condução, outro fator de extrema importância e influência nos aspectos fisiológicos e produtivos da videira é o sistema de poda utilizado neste sistema de condução (SENTHILKUMAR *et al.*, 2015).

2.5 PODA

A poda consiste na remoção do crescimento vegetativo lignificado da videira, proveniente de safras anteriores, com o intuito de promover um novo crescimento e frutificação (SUN *et al.*, 2022). A poda da videira define o número de gemas do vinhedo e tem como objetivo garantir o equilíbrio entre o vigor vegetativo e reprodutivo através da alteração na distribuição de fotoassimilados entre fonte (área foliar) e dreno (cachos, sarmentos e raízes) (MENDONÇA *et al.*, 2015).

A poda de inverno, também chamada de poda de frutificação ou poda seca, faz a remoção seletiva do crescimento indesejado do ano corrente no inverno, buscando: restringir o

crescimento da videira, mantendo o dossel em um tamanho adequado e manejável; manter uma arquitetura de dossel selecionada e, portanto, facilitar as operações do vinhedo; regular o crescimento vegetativo da videira, manipulando o número e a posição dos sarmentos, otimizando a área foliar, a interceptação luminosa e o controle de pragas; e manter qualidade e quantidade de uvas consistentes (EPEE *et al.*, 2022).

A poda também é definida como a remoção do crescimento excessivo do ramo para a próxima safra, com a seleção de gemas baseada na sua fertilidade e adequação para a frutificação, para a regulação da produtividade e manejo das estruturas da videira (JACKSON, 2008; HOWELL, 2001; ZABADAL *et al.* 2002).

As videiras que não são podadas resultam, de maneira geral, em excesso de vegetação e a produção de um maior número de cachos, sendo estes pequenos e com a qualidade química indesejada para a vinificação (SUN *et al.*, 2020). A condução e a poda da videira devem buscar manter o equilíbrio da planta para favorecer o desenvolvimento vegetativo e produtivo adaptado às condições edafoclimáticas de cada região, a fim de permitir uma colheita com uvas de boa sanidade e com índices de maturação adequados (SENTHILKUMAR *et al.*, 2015; DE BEM *et al.*, 2016; DE LIRA *et al.*, 2017; WÜRZ *et al.*, 2019a).

O tipo de poda a ser adotado para uma determinada cultivar e região depende da fertilidade potencial das gemas latentes da cultivar naquela característica edafoclimática (VASCONCELOS *et al.*, 2009; BRIGHENTI *et al.*, 2013b).

Além do número de gemas deixados na poda, também pode-se modificar a maturação da uva pela utilização de diferentes sistemas de poda, o que altera o rendimento e a relação área foliar/fruto das videiras (ALLEBRANDT *et al.*, 2017). Quando se opta pela poda curta (Figura 11), são deixados apenas esporões contendo uma a três gemas (Figura 12), enquanto na poda longa, mantendo-se esporões e varas (4 gemas ou mais) e a poda mista é a presença da ambas as estruturas (MALGARIM *et al.*, 2009; PANCERI *et al.*, 2018; MIELE; MANDELLI, 2021).

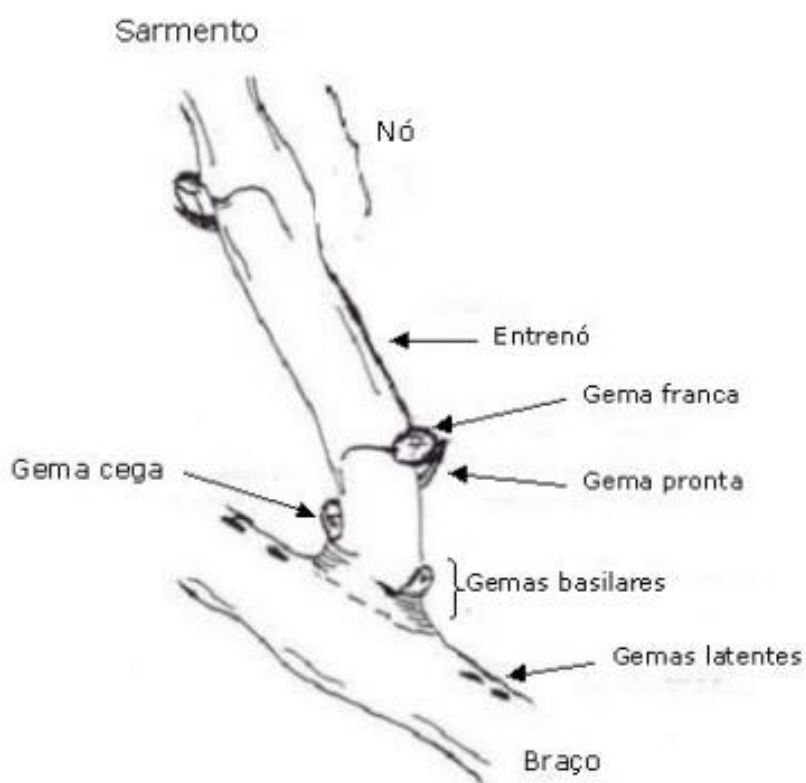
A Região de altitude de Santa Catarina possui vinhedos com baixo índice de fertilidade de gemas e baixa produtividade (BRIGHENTI *et al.*, 2014, WÜRZ *et al.*, 2017). Estudos realizados com as cultivares Cabernet Sauvignon, Coda di Volpe, Greco di Tufo e Nebbiolo (ROSA *et al.*, 2014; Munhoz *et al.*, 2016), na região de altitude de Santa Catarina, mostraram que essas cultivares possuem baixa fertilidade de gemas na região basal dos ramos. Portanto, é necessário a realização de estudos para adaptar o tipo de poda adequado para cada variedade (BRIGHENTI *et al.*, 2017).

Figura 11 - Sistema de poda em cordão esporonado no sistema de condução de manjedoura em Y. Cultivar Cabernet Sauvignon.



Fonte: O autor, 2023.

Figura 12 - O sarmento da videira e suas partes.



Fonte: CHAUVET & RAYNIER, 1979.

Para o aumento da produtividade e melhora do equilíbrio vegeto-produtivo da videira na região de altitude de Santa Catarina, uma das alternativas viáveis para o aumento da produtividade está relacionada com o aumento da carga de gemas na poda de frutificação (WÜRZ *et al.*, 2019a).

2.6 CARGA DE GEMAS

A produtividade do vinhedo se correlaciona positivamente com o número de gemas deixadas por planta, ainda que, em geral, essa relação não seja linear (MIELE; RIZZON, 2013; ÇELEBİ; KAMILOĞLU, 2023). O número de gemas deixados na poda de frutificação determinará principalmente, o número de cachos de uvas (WÜRZ *et al.*, 2020a; DELIĆ *et al.*, 2021).

Os processos adaptativos pelos quais as videiras respondem ao aumento do número de gemas incluem a redução do crescimento vegetativo, redução da fertilidade de gemas, ramos mais curtos com entrenós mais curtos, maior produtividade e maior número de cachos por planta, além de apresentarem cachos mais longos e com bagas menores (CLINGELEFFER, 2009).

Outro aspecto influenciado pela intensidade da poda é o vigor. O aumento do número de gemas pode diminuir o crescimento vegetativo, em relação as plantas podadas com número menor de gemas, devido a competição por fotoassimilados e pelo efeito na taxa de crescimento apical dos sarmentos (TROUGHT; BENNET, 2009; GREVEN *et al.*, 2015).

Estudos pioneiros com diferentes cultivares, avaliando o efeito da carga de gemas deixadas na poda, avaliando um número de 40 a 150 gemas por plantas, em cinco cultivares, observaram um comportamento curvilíneo, dobrando a produção com o aumento de 43 para 86 gemas por planta. No entanto, ao aumentar o número de gemas de 86 para 150 por planta, o aumento da produção foi de apenas 12% (JACKSON; STEANS; HEMMINGS, 1984).

A partir destas evidências, novos estudos foram realizados avaliando os efeitos da carga de gemas deixada na poda de frutificação. Em um estudo realizado por Greven *et al.* (2015), o aumento de 24 para 72 gemas por planta resultou em um aumento da produtividade de 4,8 para 12,7 t ha⁻¹, para a variedade Sauvignon Blanc. Tal diferença teve como consequência um atraso do amadurecimento dos frutos, visto que número abaixo de 36 gemas por planta resultou em maior acúmulo de sólidos solúveis.

Diferentes estudos relataram diferentes impactos distintos da intensidade e tipos de poda sobre o vigor vegetativo e a composição final das bagas de uvas, tanto para consumo in natura (CHRISTENSEN *et al.*, 1994; AHMAD *et al.*, 2004) quanto para vinificação (KURTURAL; DAMI; TAYLOR, 2006; O'DANIEL; ARCHBOLD; KURTURAL, 2012; ALLEBRANDT *et al.* 2017; PANCERI *et al.* 2018; WÜRZ *et al.*, 2019a; WÜRZ *et al.*, 2019b).

Delić *et al.* (2021) não observaram alteração nos parâmetros da qualidade dos cachos das cultivares Merlot e Vranac, mesmo com o aumento de produtividade causado pelo uso de uma maior carga de gemas na poda de frutificação.

Entretanto, a intensidade da poda pode afetar diferentes aspectos da planta, como demonstrado em estudo realizado por Dixon (2009), onde plantas da variedade Sauvignon Blanc, podadas com 24 gemas, florescia mais cedo que videiras podadas com 48 gemas.

Há evidências de que a poda com maior número de gemas pode atrasar a floração e diminuir a taxa de floração (AGNEW *et al.*, 2006; DIXON, 2009). Würz *et al.* (2019b) concluiu que o aumento da carga de gemas aumenta a duração da brotação e da floração na cultivar Cabernet Sauvignon na região de altitude de Santa Catarina, porém sem afetar a duração da data de ‘veraison’ e os atributos físico-químicos dos cachos.

Deve ser considerado ainda que o manejo da copa, em função do tipo e intensidade da poda, exerce efeito sobre a produção no ciclo seguinte, pois interfere no conteúdo de reserva acumulado e na fertilidade das gemas (VASCONCELOS *et al.*, 2009; PELLEGRINO *et al.*, 2014).

Em estudo realizado por Würz *et al.* (2019), observou-se que o aumento da carga de gemas na Cabernet Franc diminuiu a fertilidade das gemas basais, devido à redução na radiação fotossintética ativa no dossel.

Diferentes cargas de gemas na poda de frutificação também irão influenciar no tempo necessário para a realização dos manejos da videira (WÜRZ *et al.*, 2022), na sanidade da videira (WÜRZ *et al.*, 2019; WÜRZ *et al.*, 2021b) na fisiologia da videira (TEKER; SOLTEKIN; ALTINDIŞLI, 2018; WÜRZ *et al.*, 2021c; KALKAN *et al.*, 2022b) e na qualidade dos vinhos (BABEŞ *et al.*, 2020).

A utilização de uma carga excessiva de gemas na poda de frutificação implica na brotação de um número excessivo de sarmentos, formando um dossel denso, enquanto o oposto, uma carga abaixo do ideal, favorece sarmentos vigorosos e um baixo rendimento da videira (Collins *et al.*, 2020).

Para alcançar o equilíbrio entre crescimento vegetativo e produção de uva é essencial determinar uma carga de colheita ideal para cada variedade de videira (Pellegrino *et al.*, 2014). A adequada carga de gemas na poda de frutificação alterará a relação entre a produção de uvas e o peso de poda, ou seja, o crescimento vegetativo da planta, refletindo na obtenção de um adequado Índice de Ravaz, logo, no equilíbrio vegeto-produtivo da videira (WÜRZ *et al.*, 2020a).

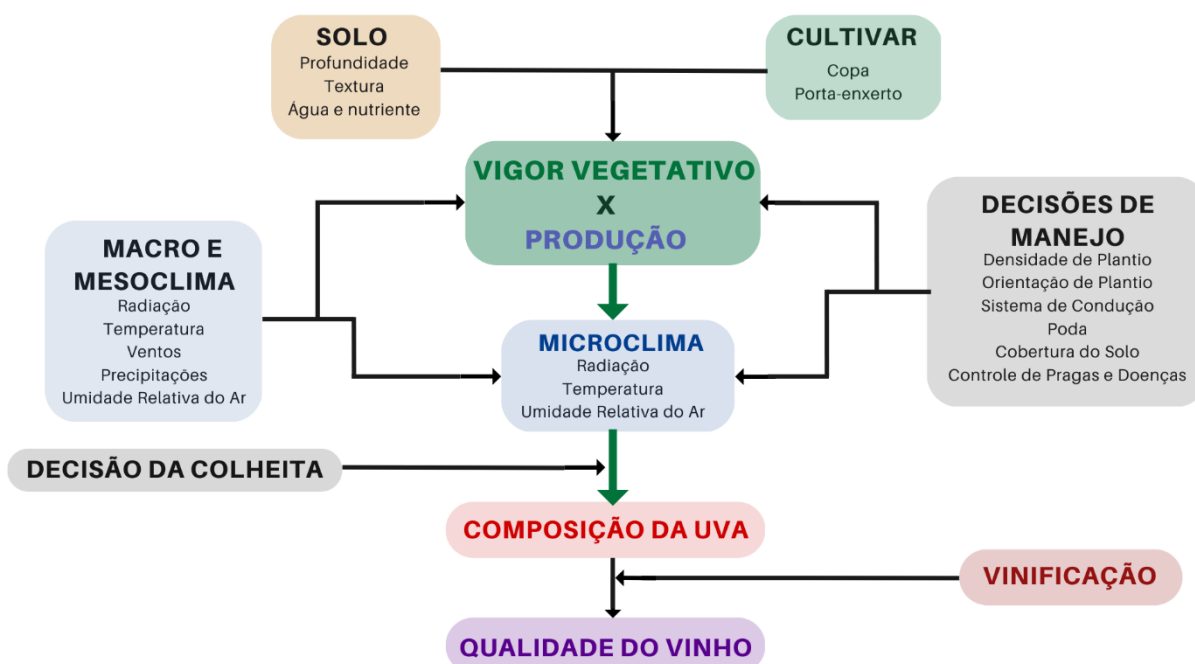
2.7 EQUILÍBRIO VEGETO-PRODUTIVO

A produção comercial da videira tem como um desafio a capacidade de produzir consistentemente uma quantidade de uvas maduras o suficiente para se atingir a qualidade desejada, cobrindo todos os custos de produção e retornar lucro ao produtor (HOWELL, 2001).

O adequado equilíbrio vegeto-produtivo proporciona a videira uma boa capacidade de rendimento potencial (produção de frutos) tendo uma colheita adequada para alcançar o amadurecimento e a qualidade desejados da uva (Figura 13) (COLA *et al.*, 2014; CONIBERTI *et al.*, 2018).

O equilíbrio vegeto-produtivo é alcançado “quando o vigor vegetativo e a carga de frutificação estão em equilíbrio e consistentes com a alta qualidade dos frutos” (HOWELL, 2001; SENTHILKUMAR *et al.*, 2015).

Figura 13 - Conjunto de fatores que interferem de modo direto ou indireto sobre o equilíbrio vegeto-produtivo e microclima do vinhedo, que irão resultar no potencial de qualidade do vinho.



Fonte: Adaptado de Smart, 1985.

O vigor da videira expressa o crescimento rápido dos órgãos da videira. Refere-se essencialmente à taxa de crescimento. Os sarmentos finos e curtos com poucas e pequenas folhas são considerados de “baixo vigor”. Sarmentos de “alto vigor” tendem a ter um crescimento rápido na primavera, que pode ser prolongado, havendo crescimento do ramo

também no período de maturação dos cachos. Como consequência, tais sarmentos são longos e possuem internódios (entrenó) relativamente longos e grossos, além de folhas grandes. Também podem ter muitos ramos netos (feminelas), onde uma proporção relativamente alta de sua área foliar é fornecida por folhas nessas brotações laterais (feminelas) (DRY; LOVEYS, 1998).

Uma videira equilibrada tem uma adequada relação fonte-dreno, definida como a capacidade da planta de fornecer carboidratos dividida pela demanda de carboidratos (MARTÍNEZ-LÜSCHER; KURTURAL, 2021; MIGICOVSKY *et al.*, 2023). A fonte é caracterizada pela área foliar, enquanto a força/demanda do dreno é principalmente a soma da força total dos drenos (Figura 13), que são principalmente os cachos e meristemas dos sarmentos e raízes em crescimento (BRIGHENT *et al.*, 2010; ARU *et al.*, 2022).

O equilíbrio entre a carga da cultura e a área foliar fotossintética é um fator determinante, que afeta amplamente a produtividade e a qualidade dos frutos na maioria das cultivares de *Vitis vinifera* L., que subsequentemente influenciam a qualidade final do vinho (GUTIÉRREZ-GAMBOA *et al.*, 2019; ARRILLAGA *et al.*, 2021).

Embora o fruto se desenvolva mais tarde do que outros drenos da videira, a competição pela assimilação ainda existe, e a demanda do dreno determina a priorização da alocação de sacarose (PONI *et al.*, 2018) (Figura 14). Ou seja, o equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo está ligado com a capacidade das plantas de produzir a máxima carga de frutos e com a qualidade desejada, uma vez que sua taxa de crescimento (vigor) não interfira na sua ‘habilidade’ de maturar tais frutos (JACKSON, 2008).

O equilíbrio vegeto-produtivo videira é geralmente expresso pelo índice Ravaz e pela relação área foliar produção⁻¹ (O’DANIEL; ARCHBOLD; KURTURAL, 2012; COLA *et al.*, 2014; GATTI *et al.*, 2022). A avaliação destes parâmetros é importante para definir o comportamento das videiras no local de cultivo e facilitar as tomadas de decisão no manejo do vinhedo (HOWELL, 2001).

O índice de Ravaz é a relação entre a produção, a massa dos cachos produzidos (kg), e a massa dos sarmentos podados (kg) de uma videira, sarmentos estes que se desenvolveram no mesmo ciclo que os cachos mensurados (CLINGELEFFER; KERRIDGE; RÜHL, 2021; POU *et al.*, 2022; MIGICOVSKY *et al.*, 2023). O Índice Ravaz é largamente utilizado e indicado como uma métrica chave para avaliação do equilíbrio vegeto-produtivo da planta, por ser uma prática fácil para os viticultores (HOWELL, 2001; PAGAY *et al.*, 2022).

É considerado que a videira está em equilíbrio quando o índice Ravaz varia de 5 a 10 em climas quentes, enquanto de 3 a 6 pode ser mais apropriado para videiras equilibradas em

climas frios, pois se sabe que o equilíbrio da videira difere com cultivar, sistema de condução, clima e tipo de solo (GRAFFA; MONTAGUE; KAR, 2022; POU *et al.*, 2022).

Um índice de Ravaz alto, indica que há produção de cachos em excesso na videira, poderá resultar em abortamento dos frutos, atraso na maturação deste, redução da qualidade da fruta redução do tamanho da videira e alternância na produção, devido ao comprometimento as reservas de carbono da planta (MARTÍNEZ-LÜSCHER; KURTURAL, 2021; MIGICOVSKY *et al.*, 2023).

A este fenómeno dá-se o nome de Autorregulação, que consiste, em ordem cronológica, em: 1) reduzir a taxa de brotação reforçando a acrotonia, diminuindo o vigor da parte aérea e a fertilidade das gemas no inverno; 2) reduzindo o vingamento e o tamanho dos frutos; 3) retardando o período de amadurecimento dos frutos (ZHENG *et al.*, 2016).

Por outro lado, um índice de Ravaz baixo, indica que os fotoassimilados foram distribuídos preferencialmente para as estruturas de crescimento, resultando em um vigor vegetativo excessivo ou uma produção reduzida, que não necessariamente melhora o amadurecimento e qualidade da uva (BORGHEZAN *et al.*, 2011; MARTÍNEZ-LÜSCHER; KURTURAL, 2021).

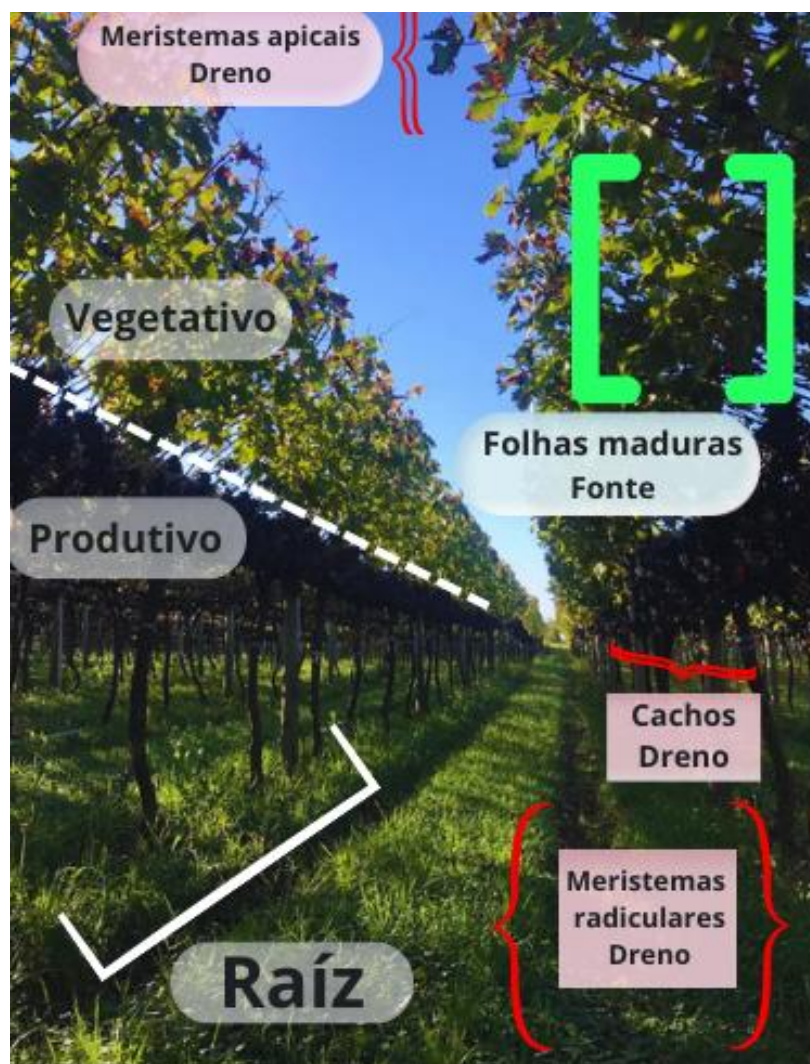
O excesso de vigor da videira é associado a efeitos deletérios nos flavonoides da baga (YU *et al.*, 2016), devido a altas quantidades de nitrogênio inibindo a biossíntese de antocianina (SOUBEYRAND *et al.*, 2014), ausência de estresse hídrico ou mudanças no microclima do cacho devido ao sombreamento mútuo (KELLER *et al.*, 2016; BRILLANTE *et al.*, 2018).

Na Região de altitude de Santa Catarina, os estudos mostram um Índices de Ravaz abaixo do mínimo ideal. Em São Joaquim, por exemplo, para as cultivares Cabernet Sauvignon e Merlot, já foram descritos valores entre 1,5 e 2,3 (BORGHEZAN *et al.*, 2011; BRIGHENTI *et al.*, 2011; ZALAMENA *et al.*, 2013; MALOHLAVA *et al.*, 2017). Utilizando o sistema de condução em espaldeira, o índice de Ravaz médio de três safras para a Cabernet Sauvignon na cidade de Lages - SC foi de 2,7 (WÜRZ *et al.*, 2019c).

O equilíbrio vegeto-produtivo da videira também pode ser mensurado pela quantidade de área foliar necessária para amadurecer uma unidade de massa da cultura, ou seja, a relação de área foliar pela massa de frutos produzidos por uma videira (HOWELL, 2001). É comumente expresso como cm^2 de área foliar/g de massa fresca da fruta.

Um dos parâmetros é a relação de área foliar por massa de frutos, que fica entre 7 e 14 $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ fruto ou 0,7-1,4 $\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$ (KLIEWER; DOKOOZLIAN, 2005; SIVILOTTI *et al.*, 2020). Alguns autores sugerem que esse intervalo é de 0,8 – 1,2 $\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$ para a relação entre área foliar e produção de uva (PASTORE *et al.*, 2011).

Figura 14 - Relações de proporcionalidade entre partes e tecidos na videira, coordenadas pela proporção de fonte e de dreno, que existe entre os diferentes tecidos de uma planta. A raiz apresenta-se como fonte de água e nutrientes, enquanto exerce um dreno de fotoassimilados que são produzidos na parte aérea. Contudo, a relação entre crescimento vegetativo e produtivo torna-os concorrentes pelos mesmos recursos, tais como água, nutrientes e fotoassimilados.



Fonte: O autor, 2023.

A relação área foliar produção⁻¹ tem mostrado uma correlação bastante robusta com sólidos solúveis (HOWELL, 2001;) e antocianina total (KLIEWER; DOKOOZLIAN, 2005) indicando que um limiar de saturação é atingido em valores geralmente compreendidos entre 1 e 1,5 m² kg⁻¹. Valores abaixo de 0,7 m² kg⁻¹ refletem em uma menor quantidade de sólidos solúveis e maior acidez dos frutos na época da colheita (SANCHEZ-RODRIGUEZ; SPÓSITO, 2020).

A redução da relação folha-fruto diminui a importação de açúcar, o metabolismo do açúcar e o balanço hídrico da videira. A menor importação de açúcar afeta diretamente a

concentração de açúcar do fruto. Se as diminuições do metabolismo do açúcar e o balanço hídrico da videira forem comparáveis às diminuições da importação do açúcar, a aparente concentração de açúcar não será modificada, pois um maior metabolismo e balanço hídrico afetam negativamente a concentração de açúcar da videira (DAI *et al.*, 2009).

Índices elevados da relação área foliar produção⁻¹, ou seja, videiras de alto vigor vegetativo, estão associados a características de qualidade química dos cachos como a menor concentração de açúcar e antocianina em comparação com as videiras de menor vigor (FILIPETTI *et al.*, 2013).

Em condições de alta biomassa vegetativa, retarda-se o acúmulo de antocianinas e a polimerização fenólica, além de tornar a maturação dos cachos mais desuniforme (TROUGHT; NAYLOR; FRAMPTON, 2017; WISDOM; CONSIDINE, 2022). Na medida que se aumenta a área foliar da planta e o tamanho de bagas, o teor de sólidos solúveis, antocianinas e compostos fenólicos diminuem, devido a competição, sendo esta tendência maior em videiras vigorosas ou com alto índice de área foliar (WISDOM; CONSIDINE, 2022).

Entretanto, estudos realizados em climas completamente diferentes e sistemas de condução e poda diferentes dos realizados Kliewer; Dokoozlian (2005) apontaram que talvez uma faixa diferente de relação área foliar produção⁻¹ deva ser adotada para cada situação edafoclimática, cultivar e sistema de condução (GUIDONI; FERRANDINO; NOVELLO, 2008; SIVILOTTI *et al.*, 2016; SIVILOTTI *et al.*, 2017; KOVALENKO *et al.*, 2022).

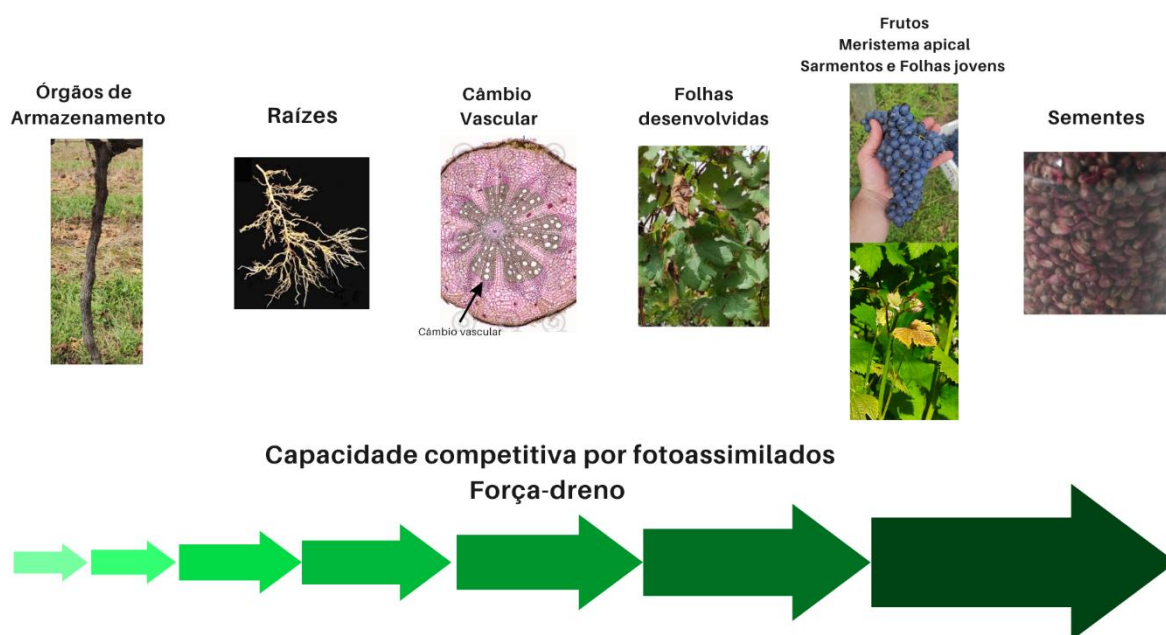
Em vinhedos na região de altitude de Santa Catarina foram estabelecidas relações ideais entre área foliar e produção para as cultivares Merlot de 23 cm² g⁻¹ (2,3 m² kg⁻¹) (BORGHEZAN *et al.*, 2011), Syrah de 16 cm² g⁻¹ (1,6 m² kg⁻¹) (DA SILVA *et al.*, 2009) e Malbec de 24,5 cm² g⁻¹ de uva (2,45 m² kg⁻¹) (DA SILVA *et al.*, 2008). Marcon Filho (2016) verificou um índice entre área foliar e a produção de uvas de 16,0 a 19,1 cm² g⁻¹ (1,60 a 1,91 m² kg⁻¹) para a variedade Sauvignon Blanc em sistema de sustentação Y.

De maneira geral, a translocação de carboidratos não depende somente da sua biossíntese, mas também da força atrativa do cacho pelo fotossintato (dreno). Essa “força” é dada, inicialmente, pelo número de células e fitormônios durante a floração e pegamento de frutos, onde a distribuição desses carboidratos aos órgãos produtivos também é denominada de eficiência produtiva (DA SILVA, 2021).

Durante o desenvolvimento do fruto, a translocação de carboidrato é influenciada pelos fitormônios sintetizados nas sementes, pela temperatura e pela disponibilidade hídrica, necessários no período de máxima divisão e alongação celular (HASANUZZAMAN *et al.*, 2018; DA SILVA, 2021). O transporte de água e carbono para dentro e para fora das bagas de

uva é essencial para o crescimento volumétrico e o acúmulo de compostos primários e secundários, que determinam a composição e qualidade final da fruta (ETCHEBARNE; OJEDA; HUNTER, 2010).

Figura 15 - Capacidade competitiva por fotoassimilados entre os órgãos vegetais da videira.

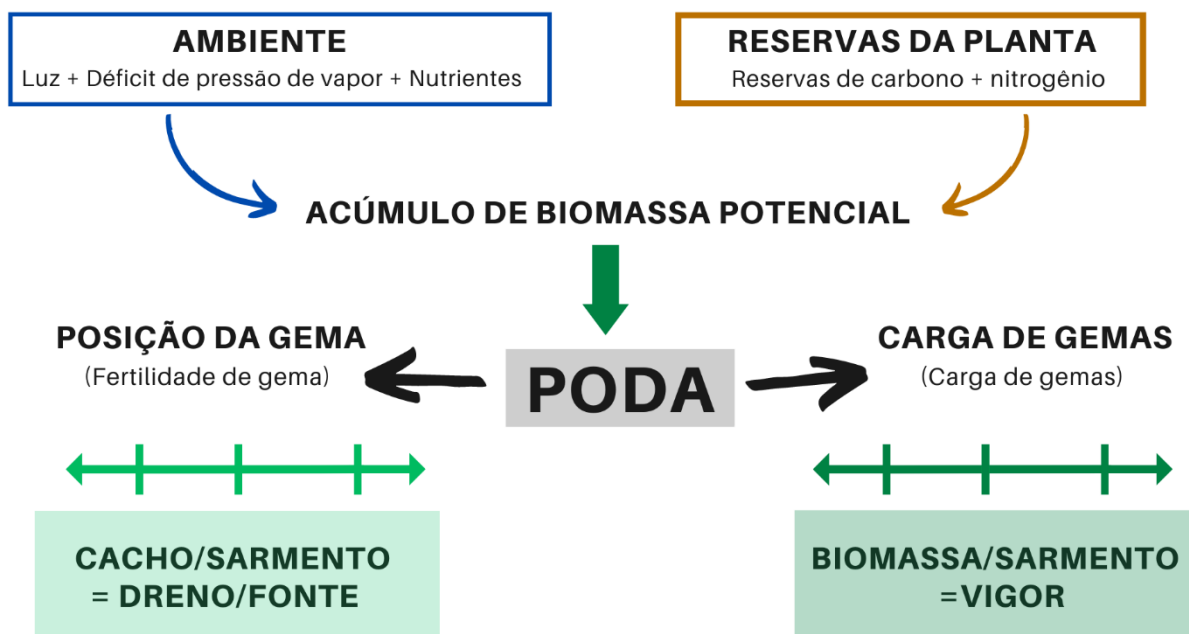


Fonte: Adaptado de Da Silva, 2021.

A taxa média de crescimento do fruto é a principal causa de variação no crescimento entre os distintos ciclos produtivos. Contudo, o número de bagas por cacho é mais importante que o tamanho das bagas, quando se trata de rendimento. (USHA; SINGH, 2002; DA SILVA, 2021).

Essa competição por carboidratos pode inclusive reduzir a taxa de crescimento e aumentar a taxa de abscisão das bagas. Os frutos, quando em quantidade acima da capacidade de manutenção da planta (desequilíbrio vegetativo: produtivo), competem entre si. Essa competição proporciona taxas reduzidas de crescimento e de desenvolvimento dos frutos, deficiência na maturação tecnológica e fenólica das bagas, e competem por carboidratos com as gemas em formação, inibindo a diferenciação floral (SMART; ROBINSON, 1991; VASCONCELOS *et al.*, 2009; DOMINGOS *et al.*, 2016; DA SILVA, 2021; GARAVANI *et al.*, 2023).

Figura 16 - Principais fatores reguladores da força da biomassa vegetal e do vigor da parte aérea da videira *Vitis vinífera* L.



Fonte: Adaptado de Torregrosa; Carbonneau; Kelner, 2021.

A direção preferencial do movimento dos fotoassimilados (carboidratos) em diferentes estádios (Figura 15), de desenvolvimento pode ser assim descrita (DE ASSIS; LIMA FILHO; DE LIMA, 2006):

a) Nas primeiras duas a três semanas após a brotação dos sarmentos, o movimento dos fotoassimilados é essencialmente em direção aos meristemas apicais dos sarmentos, que, nesse estágio fenológico, dependem de carboidratos e de compostos nitrogenados armazenados em outras partes da planta. As folhas novas não iniciam a exportação de fotossintetizados até que tenham de 1/3 a 1/2 de seu tamanho máximo;

b) De duas a três semanas após a brotação até o florescimento, o movimento de fotoassimilados é bidirecional. Folhas da parte apical suprem fotossintetizados principalmente para a ponta do ramo. Fotossintetizados das folhas remanescentes movem-se basalmente para outras partes da planta (esporão, varas, braços, troncos e raízes). As inflorescências têm pouca força-dreno neste momento;

c) Desde a formação do fruto até o amolecimento ou início de coloração das bagas (*Veraison*), os fotossintetizados movem-se principalmente em direção a três drenos: meristema apical do sarmento, o cacho e o restante da planta;

d) Da *Veraison* até a maturidade dos cachos, o principal dreno é o cacho de uva. As demais partes das plantas têm pouca força-dreno neste momento;

e) Após a colheita, a maioria dos fotossintetizados se move do ramo para outras partes da planta. Todos os tecidos lenhosos de armazenamento constituem drenos nessa época, principalmente as raízes. Geralmente, há um período de crescimento das raízes depois da colheita, o qual deverá favorecer o movimento de assimilados para as raízes.

O armazenamento e a utilização de carboidratos em videiras dependem tanto do estado de crescimento do ramo quanto da quantidade de uva produzida. A taxa de crescimento de ramos está em função principalmente da quantidade de água no solo, temperatura do ar, do nitrogênio disponível e produtividade da cultura (DE ASSIS; LIMA FILHO; DE LIMA, 2006; TORREGROSA; CARBONNEAU; KELNER, 2021).

Várias abordagens, como poda de inverno, desbrota, desfolhas, desposte ou raleio de cachos podem ser implementadas para controlar o potencial fotossintético e o rendimento, regulando o equilíbrio entre o dreno e a fonte por fotoassimilados (ALEM *et al.*, 2021). A poda de inverno (Figura 16) é provavelmente a ferramenta mais poderosa para modificar o vigor dos eixos vegetativos da videira, principalmente pelo efeito no equilíbrio fonte-dreno da planta (TORREGROSA; CARBONNEAU; KELNER, 2021).

A importância da busca pelo equilíbrio da relação fonte-dreno e/ou equilíbrio vegeto-produtivo, está no fato de que videiras equilibradas, com base na relação entre produção de uva e peso de poda, tendem a ter maiores rendimentos, maiores teores de antocianinas e compostos fenólicos, ou seja, há um alto impacto na qualidade do vinho (STAMATIADIS *et al.*, 2006).

2.8 VINHO TINTO

O vinho é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura (Lei nº 7.678/1988, art. 3º, caput e Parágrafo único). O vinho fino no Brasil é considerado o vinho com teor alcoólico compreendido de 8,6 a 14%, em v/v, a 20 °C (Tabela 1), elaborado mediante processos tecnológicos adequados que assegurem a otimização de suas características sensoriais e exclusivamente de cultivares *Vitis vinifera* L. (Lei nº 7.678/1988, art. 9º, § 2º).

É permitido citar na rotulagem do Vinho ou adicionar à sua denominação o nome de apenas uma variedade de uva desde que esta represente, no mínimo, 75% das uvas utilizadas em sua elaboração. Quando o vinho for elaborado com mais de uma variedade de uva da mesma espécie, podem ser citados no rótulo os nomes dessas cultivares, em ordem decrescente das quantidades presentes na composição (art. 27, caput e parágrafo único, da I.N. Mapa nº

14/2018). É permitida a indicação da safra, desde que pelo menos 85% do produto seja obtido de uvas da safra indicada (art. 28 da I.N. Mapa nº 14/2018).

Conforme o art. 30, caput e §§ 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º e 7º, da I.N. Mapa nº 14/2018, em função de características adicionais de qualidade, o vinho fino, produzido em território nacional, pode ser classificado como:

§ 1º Reservado: Vinho jovem pronto para o consumo, com graduação alcoólica mínima de 10%, em v/v.

§ 2º Reserva: quando o Vinho tinto, com graduação alcoólica mínima de 11%, em v/v, passar por um período mínimo de envelhecimento de 12 meses, sendo facultada a utilização de recipientes de madeira apropriada;

§ 3º Gran Reserva: quando o Vinho tinto, com graduação alcoólica mínima de 11%, em v/v, passar por um período mínimo de envelhecimento de 18 meses, sendo obrigatória a utilização de recipientes de madeira apropriada de no máximo 600 litros de capacidade por no mínimo 6 meses.

A correção do teor glucométrico do mosto utilizado na elaboração do vinho Reservado é de acordo com o disposto na legislação vigente. Para o vinho reserva, o máximo permitido é elevar a graduação alcoólica em 1%, em v/v, e é vedado corrigir, o teor glucométrico do mosto utilizado na elaboração do vinho Gran Reserva. Os vinhos Reserva e Gran Reserva, quando se trata de cortes de vinhos de diferentes safras, todos os seus componentes devem respeitar os tempos mínimos de envelhecimento estabelecidos na definição (art. 28 da I.N. Mapa nº 14/2018).

De acordo com o art. 9º, caput e incisos I ao VIII, da I.N. Mapa nº 49/2011, são práticas enológicas admitidas para uvas destinadas à industrialização:

I - Triagem ou seleção: consiste em separar as bagas impróprias para vinificação ou classificar as uvas de acordo com o grau de maturação;

II - Esmagamento: consiste em romper a película das bagas e esmagá-las com o objetivo de liberar o mosto para assegurar a difusão dos elementos solúveis da casca no mosto e facilitar a multiplicação de leveduras;

III - Desengace: consiste em separar as bagas do engaço com o objetivo de reduzir a perda de cor e de álcool do vinho tinto e torná-lo menos rico em tanino indesejável e menos adstringente;

IV - Esgotamento: consiste em deixar o suco da uva esmagada escorrer antes da prensagem, para obter um mosto com menos substâncias oriundas dos cachos, das peles e das sementes;

V - Prensagem: consiste em prensar a uva ou a casca a fim de extrair a parte líquida; e pode ser realizada na uva inteira ou na uva previamente desengaçada e esmagada;

VI - Maceração: consiste em manter a parte sólida da uva em contato com o mosto, a fim de promover a dissolução de substâncias presentes na película da baga, podendo ser dividida em:

- a. Maceração tradicional, que consiste em manter, por um período, a parte sólida em contato com a parte líquida, após o desengace e o esmagamento;
- b. Maceração carbônica, que consiste em manter a uva inteira em tanque fechado por alguns dias, contendo atmosfera rica em dióxido de carbono;
- c. Maceração a quente, que consiste em aquecer as uvas inteiras ou desengaçadas ou esmagadas, por um período, antes da fermentação, no caso de termovinificação, a fim de extrair rapidamente e com mais eficiência matérias corantes e outras substâncias contidas na película, sendo proibido o aquecimento por injeção de vapor direto;
- d. Maceração a frio, que consiste em esfriar as uvas inteiras ou desengaçadas ou esmagadas antes da prensagem ou da fermentação conforme o tipo de vinho, com o objetivo de favorecer a extração de constituintes da película e de aumentar a complexidade aromática e gustativa do vinho;
- e. Maceração sulfurosa, que consiste em manter a uva em contato com substância química autorizada em legislação específica com o objetivo de produzir mosto sulfitado para a elaboração de derivados da uva.

Conforme o art. 15, parágrafo único, da I.N. Mapa nº 49/2011, durante a maceração, a uva poderá ser adicionada de enzimas com o objetivo de facilitar a obtenção do mosto, as operações de desborre, a extração de matéria corante e de polifenóis e a extração de aromas e de precursores aromáticos da película da baga.

VII - Enriquecimento: consiste em aumentar o teor de açúcar das uvas colhidas, até o nível desejado, por meio da pacificação natural, pacificação forçada, triagem ou seleção e crioconcentração;

VIII - Tratamento com antioxidantes: consiste em adicionar antioxidante à uva, com objetivo de obter controle microbiológico, limitando ou impedindo a multiplicação das leveduras e das bactérias tecnologicamente indesejáveis; e proteger as matérias aromáticas da uva contra a influência do oxigênio do ar.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos do vinho fino tinto de acordo com a norma brasileira.

Parâmetro	Mínimo	Máximo
<i>Graduação alcoólica, % v/v a 20°C</i>		
vinho fino	8,6	14,0
vinho nobre	14,1	16,0
Acidez total (meq L ⁻¹) (pH 8,2)	40	130
Acidez volátil (meq L ⁻¹)	-	20
<i>Sulfatos totais, expresso sulfato de potássio, (g L⁻¹)</i>		
vinhos que não passaram por envelhecimento ou passaram por período inferior a 2 anos	-	1,2
vinhos que passaram por, no mínimo 2 anos de envelhecimento	-	1,5
<i>Cloretos totais, expresso cloreto de sódio, (g L⁻¹)</i>		
	-	0,2
<i>Cinzas (g L⁻¹):</i>		
vinho tinto	1,5	-
<i>Extrato seco reduzido (g L⁻¹):</i>		
vinho tinto	21,0	-
<i>Álcool metílico (mg L⁻¹)</i>		
Tintos	-	400
Corante artificial	Ausência	
Edulcorante	Ausência	

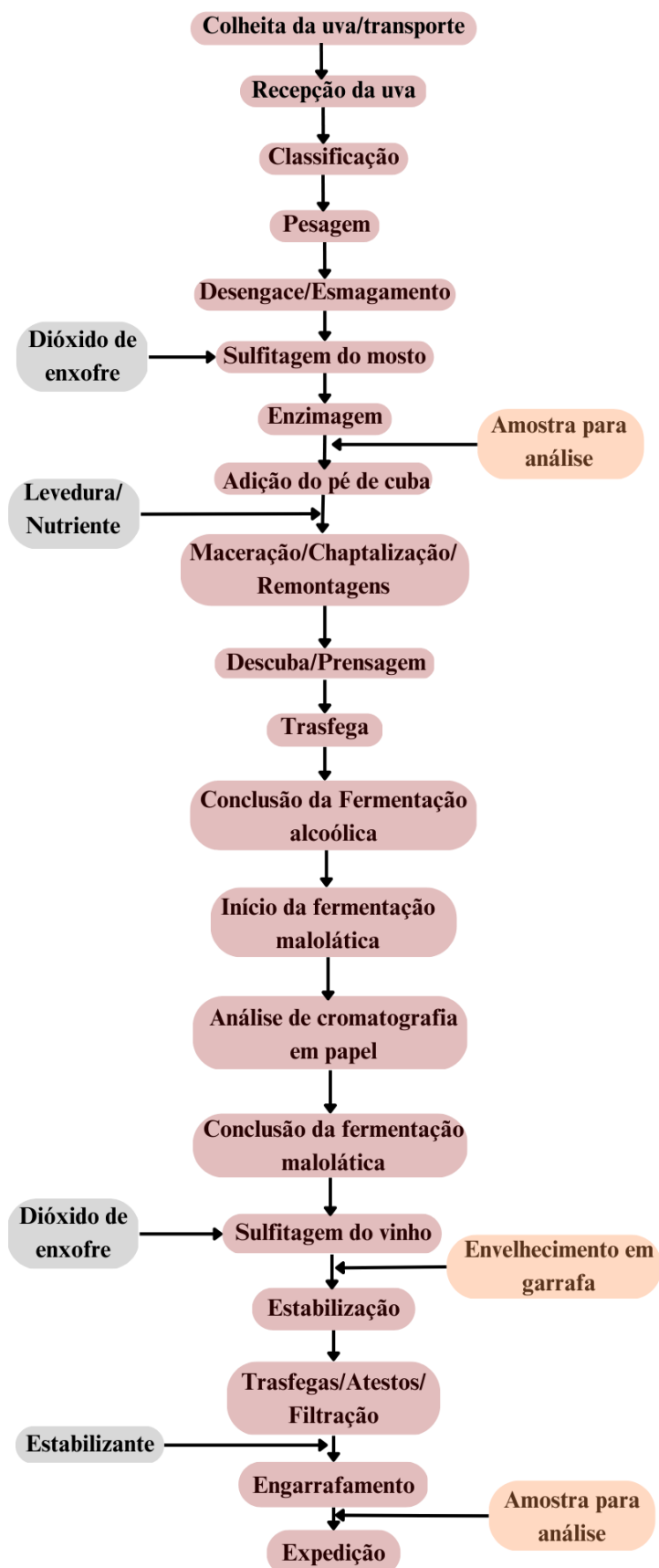
Fonte: Adaptado de MAPA, 2018.

O fluxograma da vinificação em tinto pode ser observado na Figura 17. Além dos processos citados na I.N. Mapa nº 49/2011, observa-se que a produção de vinho tinto possui outras etapas importantes.

Na colheita e transporte, o potencial qualitativo da matéria prima deve ser valorizado ao máximo pelos enólogos que devem buscar os meios necessários para otimizar e propiciar melhores vinhos em cada safra, buscando-se o ponto de colheita ideal, a colheita adequada, com ausência de danos mecânicos a matéria prima, e isto se estendendo ao transporte. A temperatura na colheita e no transporte influenciam também a qualidade da matéria prima (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 2006; SCRIMGEOUR *et al.*, 2015; CALIARI, 2021).

Após a recepção da uva, é efetuada a classificação, identificando a variedade e separando a matéria prima de acordo com a sua sanidade. São retirados eventuais detritos e uvas com qualidade inapropriada (doentes ou imaturas), para então ser realizada a pesagem das uvas, que permite o planejamento do volume de mosto que será extraído e o fermentador, ao qual será destinado, bem como as dosagens de dióxido de enxofre, enzimas e leveduras (AMORIM *et al.* 2006, CALIARI, 2021).

Figura 17 - Fluxograma da vinificação em tinto.



Fonte: O autor, 2023.

O dióxido de enxofre ou anidrido sulfuroso (SO_2) é utilizado no mosto pela sua ação antisséptica, protegendo contra toda atividade de microrganismos nocivos ao vinho e leveduras; ação antioxidante, ação solubilizante, ação antioxidásica e ação coagulante (RIZZON; DALL'AGNOL, 2007).

O SO_2 captura todo oxigênio do meio onde se encontra, por transformação de sulfitos e sulfatos, agindo como um *scavenger*. Em geral, é agregado ao mosto ou ao vinho na forma de solução aquosa, em concentração de 5%, ou através do sal metabissulfito de potássio, um dos mais utilizados, possuindo em torno de 57% de seu peso em SO_2 (CARDOSO, 2008; CALIARI, 2021).

A enzimagem é a utilização de enzimas pectinolíticas com o objetivo de aumentar o rendimento da uva em mosto, facilitar a filtração, a clarificação de mostos e vinhos e extração dos compostos fenólicos (OSETE-ALCARAZ *et al.*, 2019; CALIARI, 2021).

O “pé de cuba” consiste na adição de leveduras selecionadas ao mosto. As leveduras são os microrganismos que transformam o açúcar contido no mosto da uva em álcool etílico e compostos secundários. A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é a principal espécie de levedura envolvida na fermentação alcoólica do mosto de uva (CALIARI, 2021; ESPEJO, 2021; DOS SANTOS; CUNHA; FRANCO-DUARTE, 2022).

O “pé de cuba” se faz pela adição de produto comercial na forma de levedura seca ativa, onde cada produto há suas recomendações de dose e preparo, ou então na forma de um volume de 5 % a 10 % de um mosto em fermentação. Caso não haja a sua adição, a fermentação ocorre pelas leveduras autóctones da uva (RIZZON; DALL'AGNOL, 2007).

A utilização de compostos nitrogenados (sulfato ou fosfato de amônio, tiamina, entre outros) faz-se necessária quando os valores de nitrogênio assimilável no mosto estão abaixo de 150 mg L^{-1} . O nitrogênio assimilável do mosto é um fator nutricional essencial às leveduras. É importante o uso adequado de nutrientes, somente se necessários, para evitar o efeito prejudicial, quando utilizados excessivamente (AMORIM *et al.* 2006).

A chaptalização é a adição de açúcar exógeno ao mosto para correção do teor alcoólico do vinho. É empregada em vários países onde as condições naturais de cultivo da videira não permitem o acúmulo de quantidades adequadas de açúcar na uva madura. A legislação brasileira estabelece que a chaptalização não deve ultrapassar a correção máxima de 3% (v v^{-1}) para o vinho reservado. Para a obtenção de cada 1% (v v^{-1}) de álcool, são necessários 17 g L^{-1} de açúcar na uva (BRITO *et al.*, 2020; CALIARI, 2021).

A remontagem é uma maneira de homogeneizar as fases sólida e líquida, dado que a fase sólida se concentra na parte superior do recipiente (flotação), durante a fermentação, para

que o líquido entre em contato com a maior área possível da parte sólida (GINSBURGH; MONZAK; MONZAK, 2013; CALIARI, 2021).

Consiste na movimentação do mosto (parte líquida) por bombas, saindo da parte inferior do fermentador para voltar a entrar na parte superior dela. A “pigeage” é a remontagem realizada de maneira mecânica, empurrando as cascas para a parte inferior do fermentador (MORATA *et al.*, 2019; PLAVŠIĆ *et al.*, 2022). Duas remontagens diárias do volume de líquido do fermentador parecem ser a regra geral para auxiliar na extração durante a maceração, mas não se deve generalizar um único protocolo para todas as vinificações em tinto (RIZZON; DALL’AGNOL, 2007).

A descuba consiste na separação do líquido (vinho em elaboração) da fase sólida (bagaço). A trasfega consiste em transferir o vinho de um recipiente para outro, visando separá-lo dos sólidos insolúveis que sedimentam no fundo da cuba ao final da fermentação (borras). Podem servir também, em alguns casos, para a aeração do vinho, reequilibrando seu potencial de óxido-redução (RIZZON; DALL’AGNOL, 2007; CALIARI, 2021).

A fermentação alcoólica é a responsável pela transformação do açúcar do mosto em álcool pela ação das leveduras. Além do álcool, são produzidos o gás carbônico e outros compostos secundários da fermentação alcoólica (Figura 18), além da liberação de calor (RIZZON; DALL’AGNOL, 2007; LIU *et al.*, 2015; CALIARI, 2021).

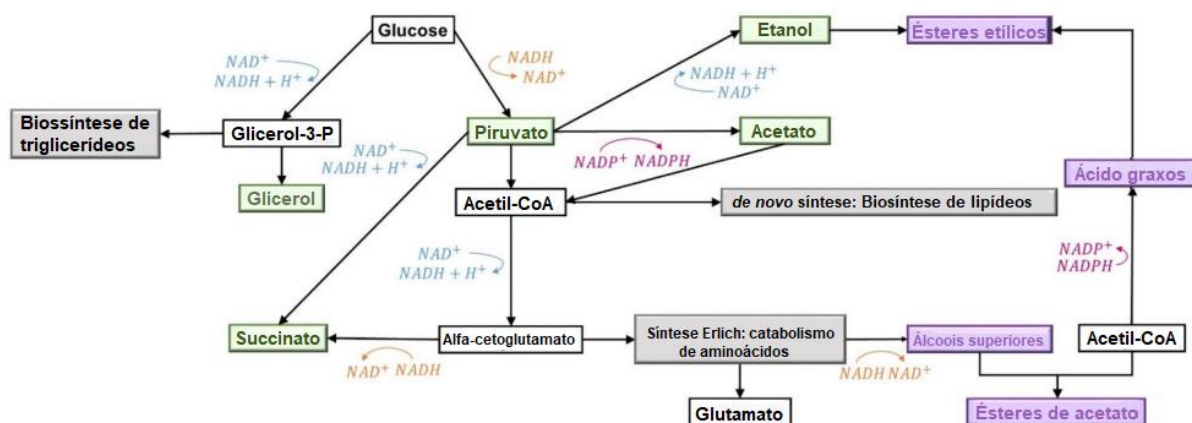
É dividida em 4 fases distintas:

- a) Fase Lag ou fase de latência - é caracterizada por uma adaptação das leveduras, reconstituição enzimática, degradação de macromoléculas e início do aumento gradual ou multiplicação das leveduras que ocorre na fase posterior.
- b) Fase Log ou fase exponencial - ocorre aumento exponencial do número de células, cada célula se divide em intervalos constantes de tempo; caracteriza-se pelo intenso metabolismo celular, grande quantidade de produtos de excreção celular, metabólitos secundários e intermediários, e grande liberação de dióxido de carbono, que empurra as partes sólidas para a parte superior do recipiente, formando o “chapéu de bagaço” (RIZZON, DALL’AGNOL, 2007).;
- c) Fase Estacionária - nessa fase, ocorre o esgotamento dos nutrientes do meio, como açúcares, aminoácidos, entre outros, e o acúmulo de compostos tóxicos, como o etanol, sendo que o número de células geradas é proporcional ao número de células que morrem.

- d) Fase de declínio e morte - quando o número de células que morrem excede ao número de novas células.

A fermentação malolática é a bioconversão do ácido L-málico em ácido L-láctico e dióxido de carbono (Figura 19), realizada por bactérias lácticas dos géneros *Oenococcus*, ex-*Lactobacillus*, *Pediococcus* e *Leuconostoc*, resultando em modificações físico-químicas e organolépticas significativas do vinho. A substituição do ácido dicarboxílico L-málico, que se caracteriza por um sabor áspero, pelo ácido monocarboxílico L-láctico mais suave, resulta na desacidificação do vinho com modificação concomitante da sua percepção gustativa e olfativa (DIMOPOULOU *et al.*, 2022; PARAMITHIOTIS *et al.*, 2022).

Figura 18 - Fermentação: Biossíntese de metabólitos do metabolismo do carbono central (verde), compostos de aroma (roxo) e vias associadas (cinza). As reações de redução estão em laranja e rosa, as reações de oxidação estão em azul.



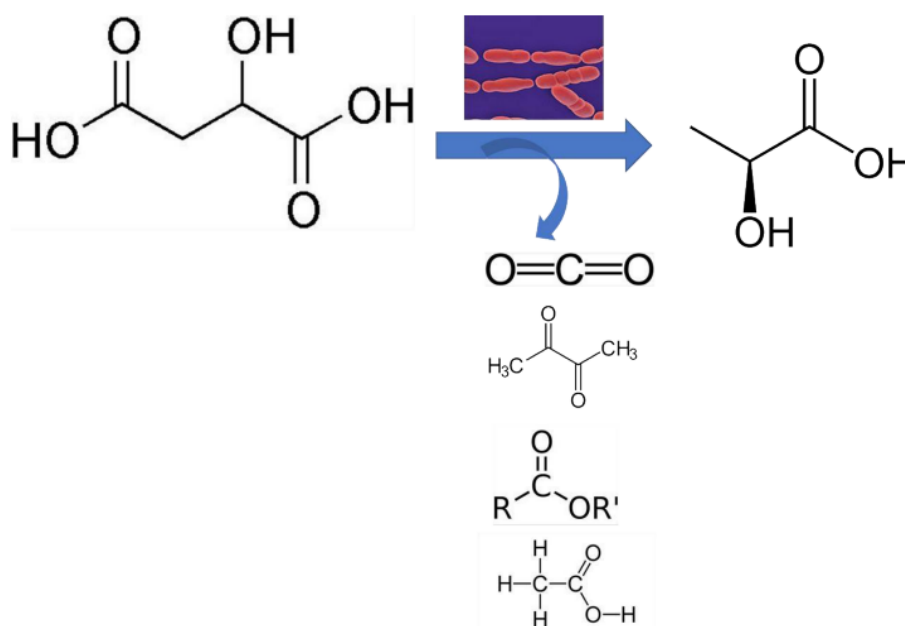
Fonte: Adaptado de Piva *et al.*, 2022.

Além disso, a remoção do ácido L-málico, uma fonte potencial de carbono para algumas leveduras deteriorantes, aumenta a estabilidade do produto. De maneira geral, os vinhos tintos são beneficiados com esta fermentação ao adquirirem maior complexidade aromática, suavidade e maciez gustativa. Entretanto, é indesejável na maioria dos vinhos brancos, para os quais uma acidez mais pronunciada realça o aroma e equilibra o sabor (FERREIRA; MENDES-FAIA, 2020; CALIARI, 2021).

A análise de cromatografia de papel é utilizada para determinar a finalização da fermentação malolática de maneira barata e eficiente (SARANRAJ *et al.*, 2022). Utiliza-se papel Whatman nº 1 e solução reveladora para sua realização feita a partir de bromofenol,

butanol e ácido acético Glacial (OIV, 2018). No papel se observa a presença ou ausência dos ácidos orgânicos.

Figura 19 - Descarboxilação do ácido Málico a ácido Lático promovida pela Bactéria do Ácido Lático *Oneococcus oeni*, tendo como metabólitos secundários dióxido de carbono, diacetil, ésteres e ácido acético.



Fonte: SCHNEIDER, 2022.

A estabilização é a fase que sucede as fermentações alcoólica e malolática. Nela, diversos elementos originados da uva ou da autólise das leveduras são neutralizados e induzidos à sedimentação via métodos químicos ou físicos. Uma vez decantados, são então extraídos para diminuir a turbidez e clarificar o vinho (VERNHET, 2019; CALIARI, 2021). Estabilizantes e enzimas podem ser adicionados para melhorarem este processo (ESPEJO, 2021).

A estabilização pode ser realizada em barricas de carvalho. Para serem aptos, os vinhos devem apresentar adequado teor alcoólico (entre 12°GL e 13°GL), baixa acidez volátil, alto extrato seco e ausência de defeitos ou alterações que possam ser destacados no processo.

A madeira permite a penetração lenta e contínua do oxigênio, que favorece as reações de condensação entre antocianinas e taninos, contribuindo para a estabilidade da cor, sedimentação natural de coloides instáveis, a redução da adstringência e o aumento da complexidade aromática. A madeira é fonte de taninos elágicos e substâncias aromáticas que são transferidas ao vinho (MORENO-ARRIBAS, POLO, 2009; ZAMORA, 2019).

O atesto consiste em manter cheios os recipientes de estocagem, evitando o contato do vinho com o ar. Esse contato pode ocasionar no vinho oxidação descontrolada ou condições para o desenvolvimento de bactérias nocivas à qualidade. Devem ser realizados logo após a fermentação malolática e repetidos quando houver necessidade (RIZZON; DALL'AGNOL, 2007).

A filtração é a prática mais empregada para retirada de micropartículas e para a estabilização microbiológica do vinho. Os sólidos em suspensão são separados do líquido pela interposição de um meio poroso ao fluxo de fluido através do qual o líquido pode passar, mas os sólidos (ou pelo menos parte dos sólidos) são retidos. A força motriz para alcançar essa separação é um gradiente de pressão. Os principais filtros são a terra diatomácea, placas, lenticulares ou de elemento (VERNHET, 2019; CALIARI, 2021; ROSÁRIA *et al.*, 2022).

O engarrafamento é o envase do vinho, ou seja, transferir o vinho para algum material de embalagem para que ele seja transportado e vendido. As garrafas de vidro de 750 mL de capacidade são os recipientes utilizados por excelência em todo o mundo, pelo vidro ser um material inerte, e pela praticidade das garrafas. Entretanto, existem outras embalagens, como garrafas PET, bag in box, embalagem cartonada, entre outras (SILVA *et al.*, 2011; STROBL, 2019; CALIARI, 2021).

No engarrafamento de grandes volumes de vinho, são utilizadas máquinas engarrafadoras automáticas. As rolhas de cortiça natural são ainda hoje os melhores objetos para tampar garrafas de vinho. Existem vários tipos de rolhas, com aglomerados, com discos, de cortiça pura, dependendo da finalidade do vinho, se é um vinho de consumo corrente ou de guarda (SILVA *et al.*, 2011; STROBL, 2019; CALIARI, 2021).

Após o envase, as garrafas são transportadas para o setor de envelhecimento e empilhadas horizontalmente, para manter a rolha úmida. Nesse local, o vinho passa por uma série de transformações físico-químicas. O aroma torna-se mais fino e agradável e a cor sofre modificações devido às alterações das antocianinas (SILVA *et al.*, 2011; STROBL, 2019; CALIARI, 2021).

As transformações que acontecem no vinho tinto são muitas e de variadas origens, a maior parte ocorre entre os compostos fenólicos presentes e a formação de certos tióis e aldeídos aromáticos (voláteis), que contribuem fortemente para o aroma e sabor finos dos vinhos envelhecidos. O setor de envelhecimento deve ser limpo, bem higienizado, ventilado, com pouca incidência de luz, umidade moderada e temperatura baixa e constante (SILVA *et al.*, 2011; STROBL, 2019; CALIARI, 2021; ECHAVE *et al.*, 2021).

As alterações desejadas compreendem a transformação dos compostos fenólicos do vinho, nomeadamente ácidos hidroxibenzóicos, ácidos hidroxicinâmicos, flavonoides, antocianinas e taninos (ECHAVE *et al.*, 2021).

2.9 COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos constituem um grupo muito grande de fitoquímicos amplamente distribuídos nas plantas superiores. São metabólitos secundários sintetizados pelas plantas tanto durante o desenvolvimento normal, quanto em resposta condições de estresse biótico e abiótico (VERMA; SHUKLA, 2015; SHAHIDI *et al.*, 2019).

Os compostos fenólicos não voláteis e derivados são componentes intrínsecos das uvas e produtos afins, em particular do vinho. Eles constituem uma família heterogênea de compostos químicos com vários componentes: ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, estilbenos, cumarinas, lignanas e análogos do feniletanol. Os compostos fenólicos desempenham um papel importante nas características sensoriais das uvas e do vinho porque são responsáveis por algumas das propriedades organolépticas: aroma, cor, sabor, amargor e adstringência (GARRIDO, BORGES, 2013).

Alguns compostos fenólicos simples são ativados pela luz UV como é o caso dos ácidos *p*-cumárico e seus derivados e do ácido cafeico, outros são liberados no solo com o intuito de inibir o crescimento de outras plantas (alelopatia) como o ácido cafeico e o felúrico. A lignina é um composto fenólico de possui a capacidade de proporcionar suporte mecânico, resistência física e estabilidade química e os flavonoides (antocianinas, flavonas, flavonóis e isoflavonas) podem contribuir para atrair os animais para a polinização, proteger contra danos causados pela luz UV, ter ação antimicrobiana como é o caso das isoflavonas ou ação ao ataque de herbívoros como é o caso dos taninos (BEZZERA *et al.*, 2020).

A rota do ácido chiquímico (Figura 20), que dá o nome a essa sequência de reações. A eritrose 4-fosfato e o fosfoenolpiruvato são intermediários glicolíticos que se unem e sofrem reações que levam a formação do ácido 3-dehidrochiquímico que formará as estruturas C6-C1. Um exemplo é o ácido gálico que originará a classe dos taninos hidrolisáveis (GARRIDO; BORGES, 2013, DE REZENDE *et al.*, 2016; DESGAGNÉ-PENIX, 2021).

Os taninos hidrolisáveis são polímeros de ácido gálico e elágico (dímero de ácido gálico) esterificados com açúcares. Os taninos hidrolisáveis se transformam em galotaninos e elagitaninos, cujos produtos são os ácidos gálico e elágico, respectivamente, quando hidrolisados. Esses fenólicos são substâncias adstringentes (precipitam proteínas

transformando-as em derivados insolúveis) e essa propriedade é muito importante na proteção contra herbivoria, uma vez que torna o material vegetal pouco palatável e com menor valor nutricional (GARRIDO; BORGES, 2013; GÜLER, 2023).

O ácido 3-dehidrochiquímico formará o ácido chiquímico, que após diversas reações, sintetiza os aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano). A fenilalanina desaminada pela ação da PAL (fenilalanina amônia liase), ou seja, o aminoácido passa por uma etapa de eliminação enzimática de amônia, é convertido em ácido transcinâmico, o primeiro fenilpropanoide (C6-C3) formado (GARRIDO; BORGES, 2013; DE REZENDE *et al.*, 2016; BORGES; AMORIM, 2020).

Os compostos fenólicos são constituídos com ao menos um anel aromático no qual houve a substituição de ao menos um hidrogênio por um grupo hidroxila, são quimicamente heterogêneos, alguns possuem natureza lipídica, outros são ácidos carboxílicos e outros são glicosídeos solúveis. A principal via para a sua formação são pela rota chiquímica, que converte os carboidratos em aminoácidos aromáticos dentre os quais a fenilalanina, que é um intermediário na biossíntese da maioria dos compostos fenólicos (Figura 20) (DE REZENDE *et al.*, 2016; BEZERRA *et al.*, 2020).

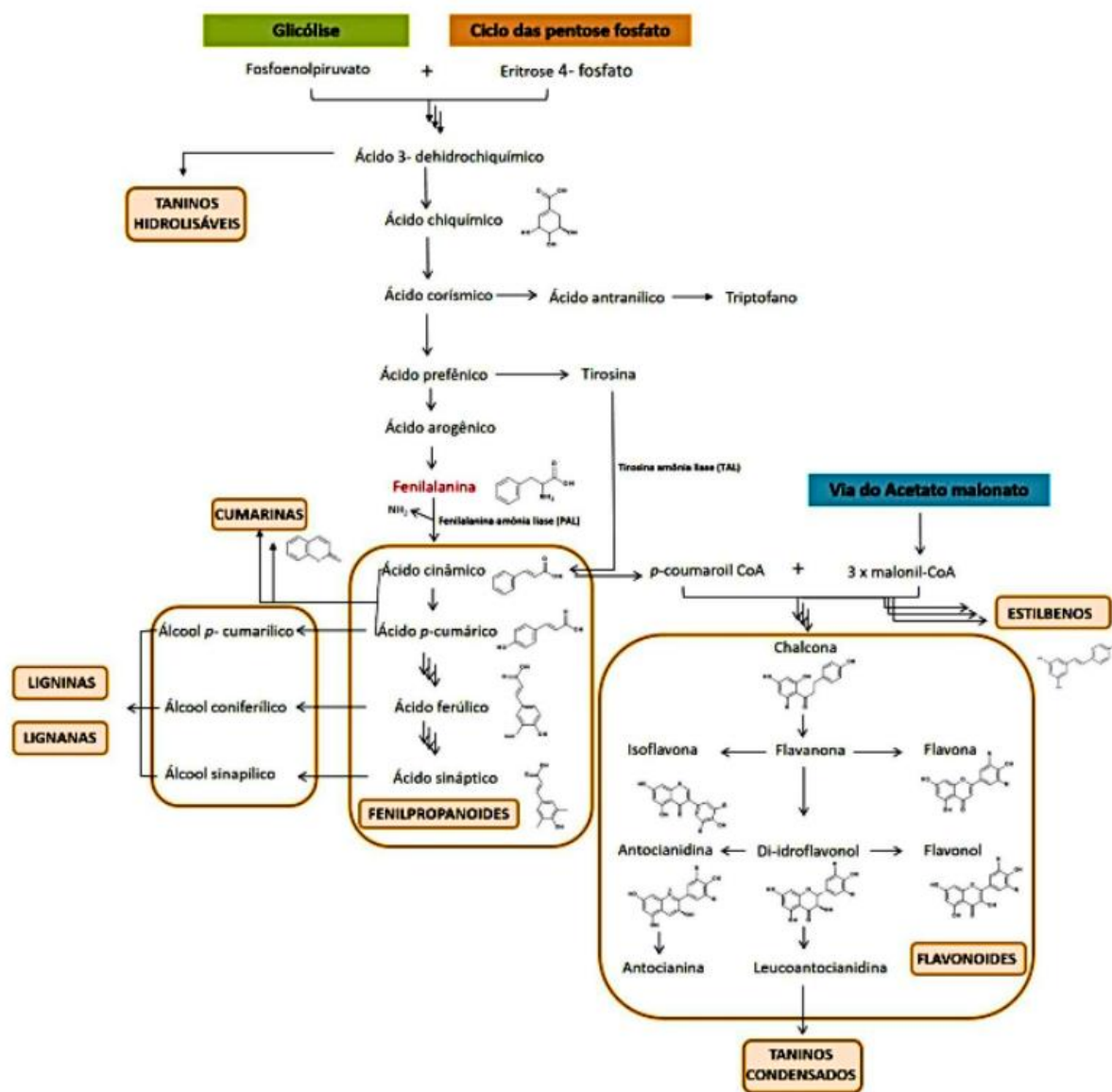
Os ácidos cinâmicos são considerados os precursores biossintéticos das diferentes classes de compostos fenólicos não voláteis encontrados na uva e no vinho. Diferentes reações enzimáticas, como hidroxilação, conjugação e hidrólise são responsáveis pela grande diversidade química. Outros ácidos cinâmicos são formados a partir do ácido trans-cinâmico através de processos de hidroxilação e O-metilação. No entanto, a aromatização do ácido dehidroshiquímico também pode ocorrer durante a biossíntese originando ácido gálico e seus derivados (GARRIDO; BORGES, 2013; DE REZENDE *et al.*, 2016; DESGAGNÉ-PENIX, 2021).

Os fenilpropanoides subsequentes podem sofrer diversas alterações mediadas por enzimas que levarão a formação de outras classes de substâncias fenólicas, como as lignanas e as ligninas. Este complexo polimérico (lignanas e ligninas) confere rigidez e resistência mecânica à parte aérea das plantas, característica que conferiu uma melhor sustentação e possibilitou maior transporte de água e minerais a partir das raízes, permitindo a conquista do ambiente terrestre (DE REZENDE *et al.*, 2016; MNICH *et al.*, 2020).

Para a síntese de flavonoides e estilbenos, substâncias com 15 átomos de carbono, são combinados esqueletos carbônicos provenientes de duas vias: a via do ácido chiquímico e a via do acetato-malonato, portanto, são de biossíntese mista (Figura 20). O aminoácido aromático fenilalanina é conhecido como o substrato primário para a biossíntese de compostos fenólicos

flavonoides e não flavonoides através da via fenilpropanóide/malonato na maioria das plantas, como as uvas (DE REZENDE *et al.*, 2016; ANDI *et al.*, 2021).

Figura 20 - Esquema da via de síntese dos compostos fenólicos.



Fonte: DE REZENDE *et al.*, 2016.

A perda de um grupo amino da fenilalanina através da ativação da enzima fenilalanina amônia liase (PAL) forma o ácido trans-cinâmico. Posteriormente, após a adição de um grupo hidroxila na posição 4 do ácido trans-cinâmico pela enzima cinamato-4-hidroxilase (C4H) é produzida a molécula de ácido *p*-cumárico. A interação de 3 moléculas de malonil-CoA, derivadas da carboxilação de acetil-CoA, e uma molécula de *p*-cumaroil-CoA, produzida a partir do ácido *p*-cumárico, pela ativação de duas enzimas concorrentes, a chalcona sintase

(CHS) e estilbeno sintase (STS), produz o esqueleto básico da chalcona para a formação dos flavonoides, incluindo os pigmentos de antocianina ou resveratrol, e um estilbeno, respectivamente (DE REZENDE *et al.*, 2016; ANDI *et al.*, 2019; ANDI *et al.*, 2021).

Reações subsequentes que consistem em hidroxilação, metilação, glicosilação e acilação também podem ocorrer. A chalcona, por sua vez, pode isomerizar-se em uma flavanona e a partir dela são formadas as demais classes de flavonoides. Dessa forma, flavonoides são substâncias que possuem, em geral, um esqueleto C6-C3-C6, onde C6-C3 é proveniente do chiquimato e ele está ligado a um anel C6, proveniente da via do malonato. O STS usa os mesmos substratos que o CHS, sugerindo a existência de uma competição por substratos entre as duas vias metabólicas (DE REZENDE *et al.*, 2016; ANDI *et al.*, 2019; ANDI *et al.*, 2021).

Os processos biossintéticos que levam a formação da fenilalanina ocorrem nos plastídios e a síntese dos fenilpropanoides e flavonoides prossegue na parte citossólica do retículo endoplasmático, sendo que essas substâncias são armazenadas nos vacúolos. Elas também podem ser encontradas em outros compartimentos celulares como parede celular, núcleo, cloroplastos e, até mesmo, no espaço extracelular dependendo da espécie, do tecido ou do estágio de desenvolvimento da planta. Os flavonoides são sintetizados principalmente no citosol, em complexos multienzimáticos ligados às membranas do retículo endoplasmático (RE), e de lá são transportados para seus destinos subcelulares (DE REZENDE *et al.*, 2016; DESGAGNÉ-PENIX, 2021).

Além da importância que os compostos fenólicos possuem na enologia, compostos fenólicos encontrados nas bagas da videira são relatados para reduzir a incidência de algumas patologias crônicas não transmissíveis, como doenças cardiovasculares, câncer, obesidade e diabetes (ANDI *et al.*, 2021). Diversos efeitos fisiológicos são atribuídos aos compostos fenólicos, entre eles ação antioxidante, antibacteriana, antifúngica, antiviral, anticarcinogênica, anti-inflamatória, antialérgica, cardioprotetora e vasodilatadora (SÉFORA-SOUSA; ANGELIS-PEREIRA, 2013; FRIEDMAN, 2014; ANDI *et al.*, 2019; TANAKA *et al.*, 2019; SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020; BARROSO; ARAÚJO; DE MENDONÇA, 2022; PASCUAL *et al.*, 2022).

As diferentes classes de flavonoides diferem uma das outras devido a pequenas variações nessa estrutura básica de 15 carbonos. As flavanonas, por exemplo, têm o anel B ligado ao carbono 2, enquanto as isoflavonas têm o anel B ligado à posição 3. Flavonas e flavonóis são muito semelhantes entre si, a única diferença é que os flavonóis apresentam um grupo hidroxila (OH) na posição 3. As antocianidinas, que são a forma aglicona e os cromóforos

de antocianinas, apresentam um oxigênio catiônico. Por fim, as proantocianidinas (taninos condensados), formadas pelo ramo terminal da via dos flavonoides, apresentam as mesmas propriedades dos taninos hidrolisáveis, apesar de serem polímeros de catequinas (DE REZENDE *et al.*, 2016).

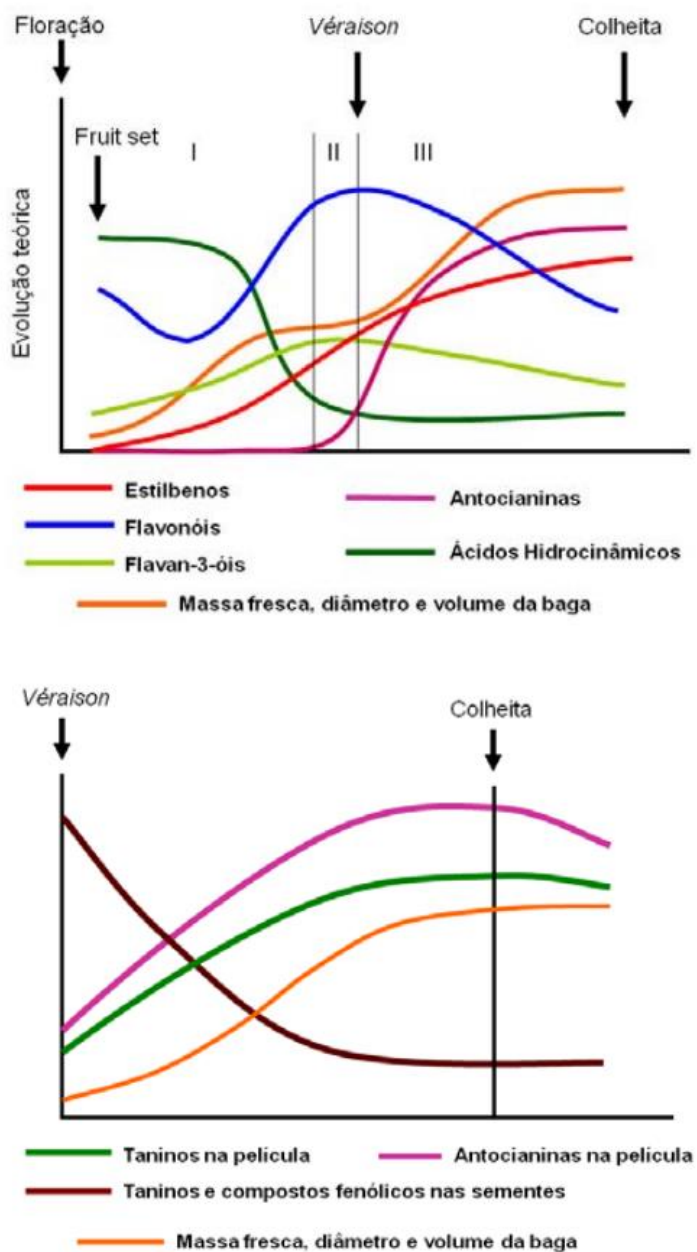
Durante a maturação, a evolução dos compostos fenólicos tem uma dinâmica diferente para cada tipo de composto fenólico (Figura 21). O momento da colheita, ou seja, da maturidade tecnológica das uvas, deve-se ser realizado quando os taninos das sementes se encontram maduros e os compostos fenólicos das películas mantêm-se elevados. Essas condições são resultado do potencial de extração dos compostos fenólicos, que também varia de acordo com a variedade e as condições de cultivo (RISTIC EILAND, 2005; BORGHEZAN, 2017; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2021).

Compostos fenólicos foram encontrados em várias partes das bagas de uva, como cascas, polpa e sementes, e observou-se que seu conteúdo depende de fatores climáticos e geográficos, bem como estágios de maturação ou práticas culturais (UNTERKOFER; MUHLACK; JEFFERY, 2020; CINCOTA *et al.*, 2021; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021; URVIETA *et al.*, 2021).

A variedade da uva também é um parâmetro chave da composição fenólica da baga (PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2021). Os compostos fenólicos mais abundantes na casca da uva são os flavonóis, enquanto as sementes da uva são ricas em flavan-3-óis. As antocianinas encontradas na casca são diretamente responsáveis pela cor das cultivares de uvas tintas. Nas sementes, flavan-3-ols (catequinas monoméricas e proantocianidinas) são os principais compostos polifenólicos (SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020; PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2021).

Existe uma correlação positiva entre vinhos com maior concentração de compostos fenólicos totais com a maior qualidade dos vinhos, maior valor de mercado e preço das garrafas (YOO *et al.*, 2011; ALLEGRO *et al.*, 2021). Os compostos fenólicos apresentam uma grande diversidade e podem ser subdivididos em dois grandes grupos em razão da similaridade de suas cadeias de átomos de carbono: flavonoides e não-flavonoides (SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020; ANDI *et al.*, 2021).

Figura 21 - Alterações nos compostos fenólicos das películas durante o desenvolvimento das bagas (acima) e evolução dos taninos e antocianinas nas películas e nas sementes durante a maturação das bagas (abaixo).



Fonte: BORGHEZAN, 2017.

2.9.1 Compostos não-Flavonoides

Os polifenóis essencialmente não flavonoides estão localizados na polpa da uva, sendo as principais classes compostas por ácidos fenólicos, estilbenos, tirosol e seus derivados. No vinho, também foram detectados não flavonoides derivados do carvalho, incluindo as classes

de taninos hidrolisáveis (galotaninos e elagitaninos), cumarinas e lignanas (DE REZENDE *et al.*, 2016; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021).

Os compostos não flavonoides, como os ácidos fenólicos que compreendem os ácidos hidroxibenzóicos, ácidos hidroxicinâmicos e estilbenos, são os principais compostos polifenólicos encontrados nas uvas. Esses polifenóis variam de 60 a 566 mg L⁻¹ no vinho tinto. Outros ácidos fenólicos disponíveis nos vinhos são os ácidos vanílico, gentísico, siringico, salicílico e protocatecuico (CASTALDO *et al.*, 2019; NEMZER *et al.*, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021).

Os ácidos fenólicos (ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzóico e seus derivados) são fenóis simples, alguns dos quais atuam como precursores da lignina, determinando o sabor adstringente e amargo de uvas e vinhos. Os estilbenos, o mais famoso dos quais é o resveratrol, são fitoalexinas fisiologicamente respondendo tipicamente ao estresse abiótico e biótico, como ferimentos ou patógenos (DE REZENDE *et al.*, 2013; MARCHIOSI *et al.*, 2020; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021; TULADHAR, P.; SASIDHARAN, S.; SAUDAGAR, 2021).

As cumarinas, furanocumarinas e estilbenos, exemplos de classes de substâncias fenólicas, protegem as plantas contra patógenos (bactérias e fungos) e herbívoros, além de inibirem a germinação de sementes de plantas adjacentes impedindo a competição destas pelos mesmos recursos (alelopatia) (DE REZENDE *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2019a; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020).

A determinação de compostos não-flavonóides também é importante em vinhos, pois a partir dessa determinação pode-se caracterizar variações nos vinhos, como também nas diferenças dos processos de vinificação e nas diferentes formas de maturação desses produtos. (MANSOUR *et al.*, 2022).

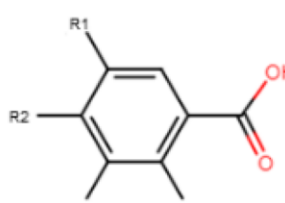
2.9.1.1 Ácidos fenólicos e Cumarinas

Os ácidos fenólicos têm um grupo funcional de ácido carboxílico e são divididos em ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos, enquanto as cumarinas são consideradas quimicamente como lactonas formadas pela ciclização do ácido *cis*-2-hidroxicinâmico e seus derivados (Figura 29) (BERES *et al.*, 2017; HROBOŇOVÁ; SÁDECKÁ, 2020; ZHANG *et al.*, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

Os ácidos hidroxicinâmicos têm uma estrutura C6-C3, são muito abundantes, diversos e todos vêm do ácido cinâmico. Os principais exemplos são os ácidos cafeico, cumárico, sinápico e ferúlico, essencialmente conjugados com ésteres ou diésteres do ácido tartárico, ácidos hidroxicinâmicos naturais não são encontrados na uva. Os principais ácidos hidroxicinâmicos do vinho são os ácidos *p*-coutárico, cáftárico e fertárico (LIMA *et al.*, 2018; CASTALDO *et al.*, 2019; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021).

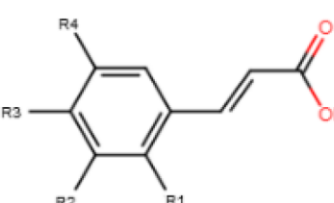
Figura 22 - Estrutura comum dos ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos, e seus derivados.

Ácidos Hidroxibenzóicos



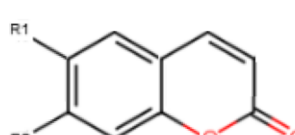
	R1	R2	R3	R4
Ácido Gálico	OH	OH	OH	H
Ácido Gentísico	OH	H	H	OH
Ácido Sirínico	OCH ₃	OH	OCH ₃	H
Ácido protocatecuico	H	OH	OH	H
Ácido Vanílico	H	OH	OCH ₃	H

Ácidos Hidroxicinâmicos



	R1	R2	R3	R4
Ácido Cafeico	H	OH	OH	H
Ácido Ferúlico	H	OCH ₃	OH	H
Ácido <i>p</i> -Cumárico	H	H	OH	H
Ácido <i>o</i> -Cumárico	OH	H	H	H
Ácido Sinápico	H	OCH ₃	OH	OCH ₃

Cumarinas



	R1	R2
Umbeliferona	OH	H
Aesculetina	OH	OH
Escopoletina	OH	OCH ₃

Os ácidos cinâmicos podem apresentar formas isoméricas *cis* ou *trans*, sendo esta última a mais abundante nas uvas e no vinho. O ácido cutárico está principalmente contido na casca da uva, enquanto os ácidos transcaftárico e transfertárico estão principalmente presentes na polpa. Estes isômeros são conversíveis enzimaticamente ou pela ação da luz (GARRIDO; BORGES, 2013; CASTALDO *et al.*, 2019; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021).

Os ácidos hidroxicinâmicos são o terceiro grupo de polifenóis mais abundante nas uvas e o grupo predominante no mosto e no vinho branco. São facilmente oxidáveis e estão associados aos processos de escurecimento do vinho. A alta concentração deles pode provocar uma sensação na boca ligeiramente adstringente. A quantidade de ácidos hidroxicinâmicos em diferentes vinhos tintos varia de 60 a 334 mg L⁻¹. (GARRIDO; BORGES, 2013; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

Pelo menos 15 ácidos hidroxicinâmicos foram identificados nos órgãos vegetativos da videira, com diferentes graus de hidroxilação e metilação do C6. Estes incluem os ácidos caftárico, cotárico, clorogênico, chicórico, fertárico, cafeico, *p*-cumárico, ferúlico, sinápico e cinâmico, e alguns de seus derivados, isto é, 1-*O*-sinapoil-β-*D*-glicose, 1-*O*-(4-cumaroil)-glicose, 1-cafeoil-β-*D*-glicose (relatado como derivado do ácido cafeico por alguns autores), ácido ferúlico pentose (relatado como derivado do ácido ferúlico por alguns autores) e um isômero do ácido cáftárico (GARRIDO; BORGES, 2013; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020).

Os ácidos hidroxicinâmicos são os precursores de fenóis voláteis. Para as uvas *Vitis vinífera*, os ácidos hidroxicinâmicos existem maioritariamente como ésteres de ácido tartárico, sendo o ácido transcaftárico-*o*-cinamato mais abundante, seguido por ácido transcoutárico e ácido fertárico. Os ácidos cinâmicos são atualmente considerados os precursores biossintéticos das diferentes classes de compostos fenólicos não voláteis encontrados na uva e no vinho (GARRIDO; BORGES, 2013; LIMA *et al.*, 2018; SOUSA *et al.*, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021).

Os ácidos hidroxicinâmicos são biossintetizados a partir da fenilalanina pela via do chiquimato e mavolonato: onde a fenilalanina e a tirosina são duas moléculas precursoras iniciais, e após outros processos enzimáticos, o aminoácido fenilamina é convertido em ácido transcinâmico por uma etapa de eliminação enzimática de amônia pela enzima Fenilalanina Amônia Liase (GARRIDO; BORGES, 2013; ALAM *et al.*, 2016; DE REZENDE *et al.*, 2016).

Outros ácidos cinâmicos são formados a partir do ácido *trans*cinâmico através de processos de hidroxilação e *O*-metilação, como o ácido *p*-cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido sinápico para várias moléculas complexas de lignina. Os derivados do ácido

hidroxicinâmico também servem como moléculas precursoras para os estilbenos, chalconas, flavonoides, lignanas e antocianinas. No entanto, a aromatização do ácido dehidroshiquímico também pode ocorrer durante a biossíntese originando ácido gálico e seus derivados (GARRIDO; BORGES, 2013; ALAM *et al.*, 2016; DE REZENDE *et al.*, 2016).

Embora os vinhos brancos tenham uma concentração bastante baixa de compostos fenólicos em comparação com os tintos, eles contêm, por sua vez, um grau bastante elevado de ácidos hidroxicinamoiltartáricos (por exemplo, ácido caftárico). Ácidos hidroxicinâmicos e seus ésteres tartáricos são a principal classe de fenólicos em vinhos brancos e a principal classe de fenólicos não flavonoides em vinhos tintos (GARRIDO; BORGES, 2013; RIHAK *et al.*, 2022).

Os ésteres hidroxicinâmicos são acumulados durante o período inicial de crescimento da baga, exibindo um pico de acumulação antes da "*veraison*", e diminuem ao longo da maturação da uva. A diminuição de ácidos hidroxicinâmicos a partir do tamanho da ervilha e o concomitante aumento de flavonóis e antocianinas podem estar relacionados à competição de ácidos fenólicos e flavonoides pelos mesmos precursores. Enquanto os ácidos hidroxicinâmicos estão localizados principalmente nas cascas da uva, os ácidos hidroxibenzóicos estão distribuídos igualmente entre as cascas e sementes (KHATER *et al.*, 2012; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021).

Os derivados do ácido hidroxicinâmico desempenham um papel importante devido às suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, além de contribuir no efeito cardioprotetor dos derivados da uva (ALAM *et al.*, 2016; PERDICARO *et al.*, 2017; PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2021).

Os ácidos hidroxibenzóicos têm uma estrutura C6-C1 derivada do ácido benzóico. Os mais abundantes são os ácidos *p*-hidroxibenzóico, gálico, vanílico, gentísico, siríngico, salicílico e protocatecuico. Espera-se que a quantidade total de ácidos hidroxibenzóicos no vinho tinto varie de indetectável a 218 mg L⁻¹. O ácido gálico é considerado o ácido fenólico mais importante no vinho tinto, com uma concentração de cerca de 70 mg L⁻¹, enquanto os níveis podem atingir 10 mg L⁻¹ no vinho branco (CASTALDO *et al.*, 2019; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

A via chiquimato fornece estruturas de carbono usadas para a biossíntese de ácidos hidroxibenzóicos. A clivagem de um fragmento C2 da cadeia lateral alifática do ácido *p*-cumárico leva a ácidos hidroxibenzóicos (C6-C1), e nove foram relatados nos órgãos vegetativos da videira: quínico, gálico, protocatecuico, *p*-hidroxibenzóico, gentísico, γ -

resorcílico, vanílico, siringico e elágico, detectados principalmente nas folhas. (BONTPART *et al.*, 2016; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; SANTOS-BUELGA; GONZÁLEZ-PARAMÁS; GONZÁLEZ-MANZANO, 2023).

Dos ácidos derivados do ácido hidroxibenzóico, em uvas e vinhos, os mais importantes são os ácidos vanílico, sirínico e salicílico, que aparecem ligados às paredes celulares, e principalmente o ácido gálico, que se encontra sob a forma de éster de flavanóis. Em vinhos tintos o ácido gálico é um dos compostos monoméricos mais abundantes (TZACHRISTAS *et al.*, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2021; PASCUAL *et al.*, 2022).

O ácido gálico é descrito como o composto fenólico mais importante, pois é o precursor de todos os taninos hidrolisáveis e está incluído nos taninos condensados. O ácido gálico pode ser encontrado abundantemente em engaços, cascas e sementes de uva, seguido por ácido siringico em engaços de uva e ácido protocatequico em sementes e cascas de uva (GARRIDO; BORGES, 2013; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; PASCUAL *et al.*, 2022).

Na uva, os ácidos fenólicos encontram-se nos vacúolos das células da casca e da polpa. Sua concentração diminui durante o desenvolvimento da baga e se estabiliza na maturação. Nas folhas da videira, foram identificados 87 compostos entre ácidos fenólicos e flavonóis foram identificados, além de 5 cumarinas e 40 estilbenos. O ácido fenólico em maior proporção nas folhas é o ácido cáftárico seguido do ácido cotárico (KOCSIS *et al.*, 2015; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020).

Na ráquis da uva, os ácidos fenólicos de maior teor são o ácido gálico e o ácido cáftárico, variando devido ao local e cultivar. A polpa da uva é rica em compostos não flavonoides, como os ácidos fenólicos. Vários compostos de ácidos fenólicos não flavonoides foram identificados no bagaço de vinho, incluindo ácido protocatequico encontrado em cascas de uva e apenas em uvas tintas, e ésteres tartáricos de ácidos hidroxicinâmicos cafeico, cumárico e ferúlico. Na casca das uvas brancas foi detectado apenas o isômero trans do ácido hidroxicinâmico e em pequenas quantidades (GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020).

A cultivar, assim como práticas culturais, como por exemplo a adubação e desfolha, afetam na composição fenólica das uvas e no conteúdo de ácidos fenólicos da videira. O microclima na região dos cachos influencia o teor de ácidos fenólicos (KARIMI, KOULIVAND; OLLAT, 2019; BUBOLA; RUSJAN; LUKIĆ, 2020; ESPARZA *et al.*, 2021).

As cumarinas são 1,2-benzopironas (anéis benzeno e α -pirona fundidos) derivadas da via dos fenilpropanóides, mas também podem ser produzidas pela clivagem do ácido *o*-hidroxicinâmico que existe na forma livre ou glicosilada. Em estudos de identificação de

polifenóis na videira, foram detectados os seguintes compostos: esculina, fraxina, esculetina, umbeliferona (cumarinas) e florizina (dihidrocalcona) (DO NASCIMENTO *et al.*, 2019; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; BATISTA; SILVA-MAIA; MARÓSTICA JR., 2021).

A origem biossintética das cumarinas envolve a via do ácido chiquímico. A orto-hidroxilação do anel benzênico do ácido cinâmico, seguida pela isomerização *cis* e *trans* e lactonização do ácido hidroxil cinâmico resulta na formação da estrutura central das cumarinas. Elas são encontradas tanto em uvas quanto em vinhos, e podem ser libertadas da madeira para o vinho durante o processo de envelhecimento, dependendo do tipo de madeira e do método de cura (CANAS, 2017; HROBOŇOVÁ; SÁDECKÁ, 2020; MAJNOONI *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2021).

A principal forma de cumarinas em uvas e vinhos é a cumarina simples, como esculetina, escopoletina e umbeliferona. As cumarinas também existem em formas metiladas e glicosiladas. Os glicosilatos de esculetina e escopoletina foram sugeridos como responsáveis pelo amargor do vinho (GARRIDO; BORGES, 2013; CANAS, 2017; ZHANG *et al.*, 2021).

As características químicas das cumarinas simples dependem de seus precursores biossintéticos: o ácido paracumárico produz umbeliferona, o ácido cafeico produz esculetina e o ácido ferúlico produz escopoletina. As reações enzimáticas de O-metilação e O-glicosilação, por sua vez, são referenciadas como sendo etapas biossintéticas clássicas características desse grupo de compostos (GARRIDO; BORGES, 2013; AN *et al.*, 2020).

Os glicosilatos de esculetina e escopoletina foram sugeridos como responsáveis pelo amargor do vinho. Além disso, as cumarinas têm potenciais benefícios de promoção da saúde, como efeitos antioxidantes, antifúngicos e antibacterianos (SKALICKA-WOZNIAKA *et al.*, 2016; CANAS, 2017; WINSTEL; GAUTIER; MARCHAL, 2020; ZHANG *et al.*, 2021).

2.9.1.2 Estilbenos e Tirosol

Os estilbenos são compostos bioativos constituídos por dois anéis aromáticos ligados por posições etil (Figura 30). As principais fontes de estilbenos na dieta humana são as uvas e seus derivados: suco e vinho. Os principais estilbenos descritos nos vinhos *Vitis vinifera* são *cis*- e *trans*-resveratrol e *trans*-piceid, ampelosin A, isohopeaphenol, piceatannol, pallidol, ϵ -viniferin, miyabenol C, r-viniferin, r2-viniferin também sendo detectados (GARRIDO; BORGES, 2013; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021; NEMZER *et al.*, 2022; TZACHRISTAS *et al.*, 2020).

Eles são encontrados naturalmente no vinho, mas em baixas concentrações (0-5 mg L⁻¹). No entanto, quando as uvas são expostas ao estresse biótico ou abiótico, os níveis de resveratrol (o composto mais estudado), seu glicosídeo chamado piceid e suas formas diméricas e triméricas (por exemplo, pallidol, viniferinas) podem variar de insignificantes até mais de 100 mg L⁻¹. O *trans*-resveratrol (0,05 ppm) foi detectado no vinho branco, enquanto o *cis* resveratrol não foi detectado. Nos vinhos tintos, em média, foram encontrados cerca de 3,15 ppm de *trans*-resveratrol e 1,84 ppm de *cis*-resveratrol (VISIOLI; PANAITE; TOMÉ-CARNEIRO, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

A condensação de três resíduos C2 com um ácido hidroxicinâmico ativado (como acontece com os flavonóides) produz estilbenos, que são metabólitos com um esqueleto estrutural essencial de dois anéis aromáticos unidos por uma ponte de etileno (C6–C2–C6), geralmente ligados por uma cadeia de etileno ou etano. A estrutura química dos estilbenos, tanto no estado monomérico quanto no oligomérico, é constituída por um grupo difeniletileno orientado em *trans* ou *cis* (GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; JEANDET *et al.*, 2021).

Embora os flavonóides sejam encontrados em todas as plantas superiores, apenas algumas espécies produzem estilbenos. A estilbeno sintase (STS) e a calcona sintase (CHS) são enzimas intimamente relacionadas que controlam especificamente a biossíntese de flavonoides ou estilbeno. STS evoluiu de CHS várias vezes em plantas superiores e algumas trocas de aminoácidos são suficientes para mudar de chalcona para síntese de estilbeno (FLAMINI *et al.*, 2013; GARRIDO; BORGES, 2013; JEANDET *et al.*, 2021).

STS aceita como substratos 4-cumaroil-CoA e 3 moléculas de malonil-CoA. Como o CHS, o STS realiza três reações de condensação que produzem o resveratrol. Na reação do STS, o grupo carboxila terminal é removido antes do fechamento do anel A, o que causa diferentes dobramentos do anel no resveratrol em comparação com a tetrahidroxichalcona, o produto do CHS. CHS e STS competem pelos mesmos substratos e controlam os pontos de entrada nas vias dos flavonoides e do estilbeno, respectivamente (FLAMINI *et al.*, 2013; GARRIDO; BORGES, 2013; ROUSSERIE; RABOT; GENY-DENIS, 2019; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021).

Do total conhecido de estilbenos de *V. vinifera*, 23 são monômeros. A maioria dos estilbenóides nos órgãos vegetativos da videira são dímeros (30 no total), existem oito trímeros e 16 tetrâmeros. Dois pentâmeros de estilbenos foram relatados no gênero *Vitis*, no entanto, nenhum foi detectado nos órgãos vegetativos. Um novo hexâmero de resveratrol, é o único

estilbeno hexamérico isolado das folhas de *V. vinífera* (WAFFO-TÉGUO *et al.*, 2013; PAPASTAMOULIS *et al.*, 2014; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020).

Embora os estilbenos sejam comuns na polpa da fruta e na casca da uva, eles parecem ocorrer como meros ingredientes residuais nas sementes (BLACKFORD *et al.*, 2021; PADILLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2022). Os derivados do resveratrol estão localizados essencialmente nas cascas e sementes da uva, embora os rebentos da videira sejam uma importante fonte destes compostos (CEBRIÁN-TARANCÓN *et al.*, 2018; PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2021).

Os 40 estilbenos relatados nas folhas de *Vitis vinifera* são eminentemente menos abundantes em relação aos ácidos fenólicos e flavonoides. O estilbenos mais predominantes nas folhas é o *trans*-resveratrol (137,88 mg kg⁻¹). Nas ráquis da videira, a literatura cita a presença de 88 compostos fenólicos, dos quais 47 são estilbenos. Apenas alguns dos 47 compostos estilbênicos identificados nos caules da videira foram quantificados, sendo que o maior teor é do estilbeno *trans*-resveratrol. De poucos estudos realizados com os sarmentos da videira, há o relato de apenas 49 compostos fenólicos para o órgão. Estes estudos indicam que os sarmentos são ricos em estilbenos. Os compostos normalmente presentes nos extratos de sarmento em maior quantidade são o *trans*-resveratrol e (+)-*trans*-ε-viniferina (DIAS *et al.*, 2015; GRIESSER *et al.*, 2015; GOUFO, P.; SINGH, R. K.; CORTEZ, 2020; SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020).

Não foram identificados ácidos fenólicos e flavonoides nas madeiras (tronco, cordões e raízes) da videira, apenas estilbenos e derivados. Foram identificados 23 estilbenos em diversas cultivares, com teores geralmente altos, variando de 13,28 mg kg⁻¹ para *trans*-astringina a 8263,87 mg kg⁻¹ para (+)-*trans*-ε-viniferina. Nas raízes foram identificados 24 estilbenos, sendo que o composto mais abundante é a (+)-*trans*-ε-viniferina (ESATBEYOGLU *et al.*, 2016; GABASTON *et al.*, 2017; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020).

Além do órgão da planta, a cultivar e o *terroir* tem alta influencia no teor de estilbenos na planta. Condições adversas como altas temperaturas, alta radiação solar, alta evapotranspiração e/ou baixa umidade são as condições ideais para a produção de estilbeno, enquanto as condições relacionadas ao aumento da umidade (chuva e umidade relativa do ar) ampliam a produção de dímeros de estilbeno, pois podem facilitar a resposta ao estresse fúngico (GUERRERO *et al.*, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2021; LUBIN *et al.*, 2022).

A síntese de estilbenos é induzida por estresses ambientais, e glucosídeos do resveratrol (3, 4, 5 trihidroxiestilbeno) são fitoalexinas comuns sintetizadas em resposta ao ataque de bactérias e fungos, produzidas pela videira para proteção contra os patógenos (FLAMINI *et al.*, 2013; MANSOUR *et al.*, 2022; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2021).

O resveratrol possui dois anéis fenólicos ligados entre si por uma ligação dupla de estireno em sua estrutura química. Existe como isômeros *cis*- (Z) e *trans*- (E), e ambos foram detectados no vinho em concentrações variáveis variando de 0,1 a 7 mg/L e de 0,7 a 6,5 mg/L, respectivamente (FLAMINI *et al.*, 2013; CASTALDO *et al.*, 2019).

O *trans*-resveratrol é encontrado em maior concentração no vinho tinto do que no branco devido às diferentes técnicas de enologia. A variabilidade das concentrações também se deve, principalmente, a cultivar de uva, origem geográfica, práticas enológicas e tipo de vinho (FLAMINI *et al.*, 2013; CASTALDO *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2021; NOVIELLO *et al.*, 2022).

Vários estudos sobre os benefícios para a saúde do *trans*-resveratrol na manutenção da saúde humana e na prevenção de uma ampla cultivar de doenças humanas estão disponíveis. O resveratrol é provavelmente o composto mais estudado desta subclasse, pois exibe vários efeitos terapêuticos. O resveratrol, é caracterizado por atividade anticancerígena, antioxidante, anti-inflamatória e cardioprotetora (FLAMINI *et al.*, 2013; CASTALDO *et al.*, 2019; TZACHRISTAS *et al.*, 2020).

Álcoois superiores podem ser produzidos a partir de aminoácidos por microrganismos durante a fermentação. Os membros representativos desta subclasse fenólica são tirosol, hidroxitirosol. O tirosol é um composto antioxidante fenólico natural encontrado principalmente no azeite, embora existam estudos que o detectaram em vinhos brancos e tintos (Figura 30). Alguns resultados mostraram valores até 45 mg L⁻¹ em vinho branco e entre 20 e 60 mg L⁻¹ em vinhos tintos (GARRIDO; BORGES, 2013; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021; ZHANG *et al.*, 2021).

O tirosol (2-(4-hidroxifenol)etil álcool) é um composto presente no vinho produzido partir da tirosina (4-hidroxifenil)-L-fenilalanina) pelas leveduras durante a fermentação do mosto, e é o único composto fenólico produzido em quantidades significativas a partir de precursores não fenólicos (ROMBOLI *et al.*, 2015; MUÑIZ-CALVO *et al.*, 2020; REBOLLO-ROMERO *et al.*, 2020).

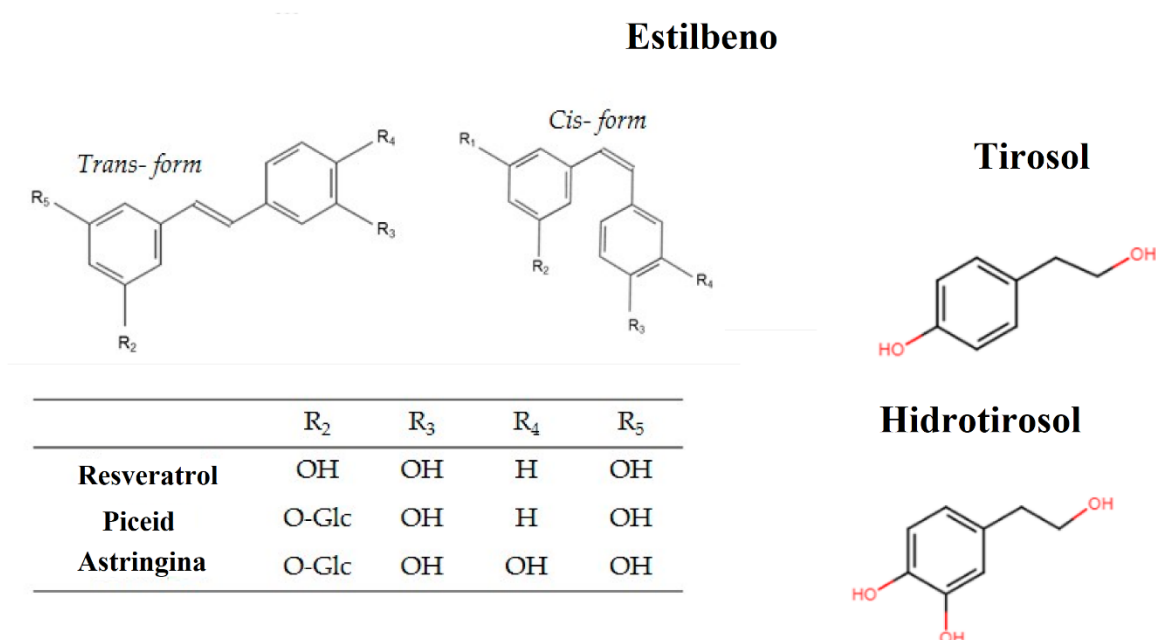
É produzido por leveduras durante a fermentação alcoólica através da via de Ehrlich, que inclui a transaminação da tirosina, a descarboxilação do *p*-hidroxifenilpiruvato e a redução

do *p*-hidroxifenilaldeído. Os aminoácidos são primeiro transaminados em α -cetoácidos, seguidos por descarboxilação em aldeídos e, finalmente, reduzidos ao álcool fúsel (ROMBOLI *et al.*, 2015; BORDIGA *et al.*, 2016; MUÑIZ-CALVO *et al.*, 2020; REBOLLO-ROMERO *et al.*, 2020).

Como o tirosol é produzido pelas leveduras a partir da tirosina durante a fermentação, teoricamente não é diretamente suscetível às mudanças climáticas. No entanto, como os parâmetros climáticos influenciam a composição da uva e, conseqüentemente, o seu teor de aminoácidos, o teor de tirosol pode ser indiretamente influenciado pelo clima. Uma vez que os compostos fenólicos são altamente reativos e susceptíveis a várias reações, isso pode afetar o seu teor no vinho durante o envelhecimento. Quanto a cultivar, a influência deste fator no teor de tirosol também foi observada em outros estudos, (indicando que as características genéticas influenciam o teor de tirosol dos vinhos (MINUSSI *et al.*, 2003; LA TORRE *et al.*, 2008; GRIS *et al.*, 2011).

Esse composto influencia o *flavour*, contribuindo no *bouquet* de mel de alguns vinhos, e aromas doce, floral e frutado. Também é associado ao amargor dos vinhos (SÁENZ-NAVAJAS; FERNÁNDEZ-ZURBANO; FERREIRA, 2012; SCOTT JR. *et al.*, 2020).

Figura 23 - Estrutura comum dos estilbenos e seus derivados, tirosol, hidrotirosol e cumarina.



Fonte: BLACKFORD *et al.*, 2021.

Estudos mostram que o tirosol, também tem um importante efeito cardioprotetor. Muitos estudos afirmam que este composto possui propriedades antioxidantes, como inibir a oxidação do LDL e eliminar NOO^- e O_2^- (DUDLEY *et al.*, 2008; COVAS *et al.*, 2009; MUKHERJEE *et al.*, 2009; GRIS *et al.*, 2011).

O hidroxitirosol (3,4-dihidroxifeniletanol) é um álcool feniletílico, principal responsável pelas propriedades antioxidantes do azeite (Figura 30). É encontrado naturalmente no vinho tinto em concentrações entre 1,98 e 3,89 mg L⁻¹. Parece ser sintetizado durante a fermentação alcoólica por leveduras. (FERNÁNDEZ-MAR *et al.*, 2012; GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, 2021).

O hidroxitirosol deriva do tirosol, que é formado a partir da tirosina pela via de Ehrlich (MAS *et al.*, 2014). Uma possível explicação para a síntese deste composto é a hidroxilação do tirosol, que poderia ser catalisada por enzimas endógenas das uvas (GUERRINI *et al.*, 2018; MUÑIZ-CALVO *et al.*, 2020; REBOLLO-ROMERO *et al.*, 2020).

O vinho branco contém adicionalmente a uma alta quantidade de ácidos hidroxicinâmicos, tirosol e hidroxitirosol, que também são conhecidos por terem algumas propriedades antioxidantes (FERNÁNDEZ-MAR *et al.*, 2012). Em estudo conduzido por Romboli *et al.* (2015), maiores concentrações de tirosol e hidroxitirosol são produzidas em vinhos fermentados por *Saccharomyces cerevisiae* sem a presença de outras leveduras, em condições não-aeradas, pois a cinética fermentativa mais lenta aumenta o teor destes compostos.

O hidroxitirosol é bem conhecido por sua potente atividade antioxidante e propriedades anticarcinogênicas, antimicrobianas, cardioprotetoras e neuroprotetoras (REBOLLO-ROMERO *et al.*, 2020).

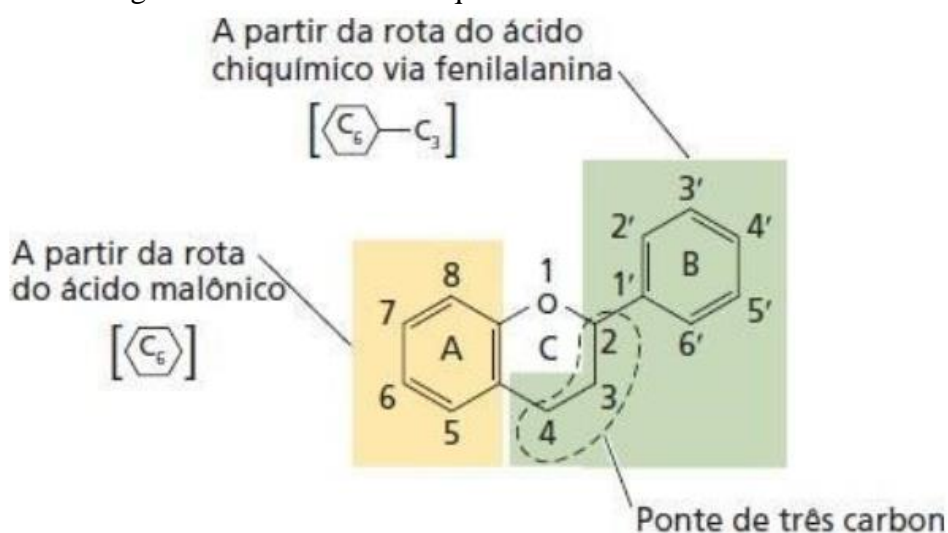
2.9.2 Compostos Flavonoides

Os flavonoides representam o maior grupo de polifenóis encontrados nos alimentos, e os que se destacam em vinhos dividem-se em três grupos: flavonóis, flavanóis e antocianinas. Além destes, existem as flavonas (luteolina, apigenina e baicaleína), flavanonas (hesperetina, naringenina e eriodictiol), isoflavonas (daidzeína e genisteína). Caracterizam pela presença do núcleo flavona em sua estrutura (GARRIDO; BORGES, 2013; DE REZENDE *et al.*, 2016; TANAKA *et al.*, 2019; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021).

Os flavonoides são compostos fenólicos que se caracterizam por um esqueleto básico e comum C6-C3-C6 (Figura 22). A estrutura base consiste em dois anéis aromáticos ligados por um anel pirano. Essa classe de compostos fenólicos pode ser dividida em subclasses as

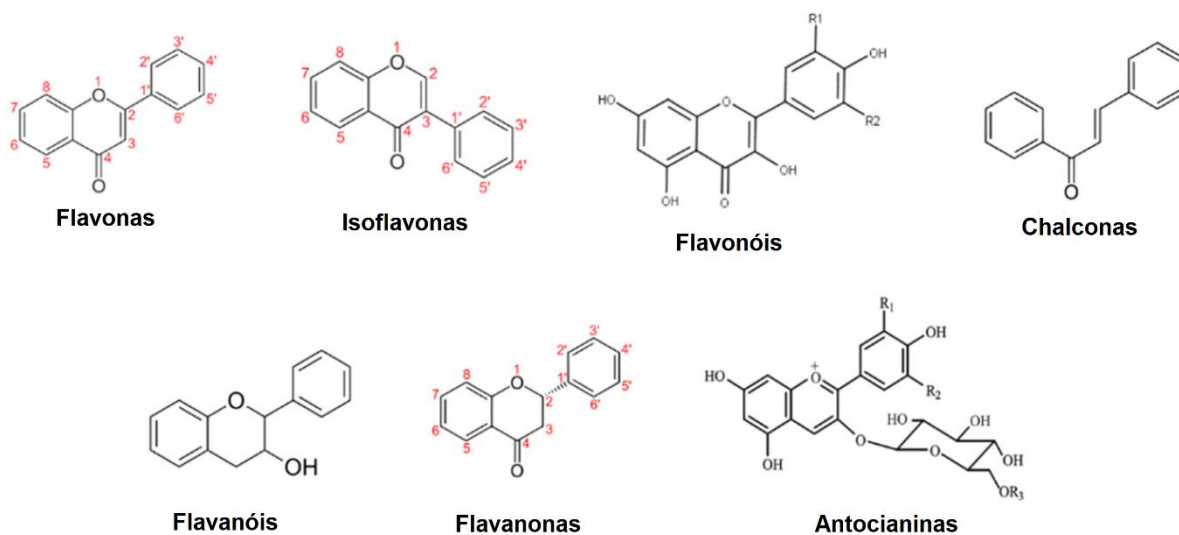
quais se distinguem pelo grau de oxidação do anel pirano (ARORA *et al.*, 2023). Os flavonoides, baseados na estrutura 2-fenil benzopirona, estão principalmente representados na uva pelos flavonóis, enquanto os flavonoides, em seu sentido amplo, compreendem igualmente as antocianinas e os flavanóis (Figura 23) (TZACHRISTAS *et al.*, 2020; XIA *et al.*, 2022).

Figura 24 - Estrutura do esqueleto básico dos flavonoides.



Fonte: TAIZ *et al.*, 2017

Figura 25 - Principais grupos de flavonoides.



Fonte: TZACHRISTAS *et al.*, 2020.

Os flavonoides atuam na proteção dos tecidos vegetais da ação mutagênica dos raios UV e participam da atração de polinizadores e dispersores de sementes. Antocianinas propiciam uma vasta gama de tonalidades (diferentes tons de vermelho, púrpura e azul). A diversidade de cores encontrada deve-se primeiramente ao padrão de hidroxilações, glicosilações, acilações e

metilações de suas estruturas básicas, e aliado a isso, há outros fatores que podem influenciar nas cores encontradas como: copigmentação (flavonoides, fenilpropanoides, aminoácidos, carotenoides, dentre outros), pH vacuolar e complexação com metais. Alguns compostos fenólicos, como fenilpropanoides e flavonóis, além de atuarem como copigmentos podem conferir a cor branca na uva (DE REZENDE *et al.*, 2016; DEL-CASTILLO-ALONDO *et al.*, 2019).

2.9.2.1 Flavonóis

Os flavonóis são compostos caracterizados pela presença de uma insaturação no anel heterocíclico, a presença de uma dupla ligação entre os átomos C2 e C3, e um grupamento hidroxila na posição 3. Além disso, cerca de 90% dos flavonóis são hidroxilados em C3, C5 e C7, sendo assim designados como derivados 3,5,7-trihidroxilados. Os flavonóis diferem em seu nível de hidroxilação e podem ser glicosilados de diferentes maneiras, sendo que nos vinhos de *Vitis vinífera* são detectadas também as formas agliconas dos flavonóis (Figura 24) (GARRIDO; BORGES, 2013; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020).

Figura 26 - Estrutura dos seis principais flavonóis agliconas.

<div> <p>Flavonóis</p> </div>	R1	R2
Quercetina	-OH	-H
Kaempferol	-H	-H
Isorhamnetina	-OCH ₃	-H
Miricetina	-OH	-OH
Laricitrina	-OCH ₃	-OH
Siringetina	-OCH ₃	-OCH ₃

Fonte: TZACHRISTAS *et al.*, 2020.

A estrutura química dos flavonóis está intimamente relacionada com a sua biossíntese. São produtos da via fenilpropanóide, que converte a fenilalanina em 4-cumaroil-CoA e posteriormente em tetrahidroxichalcona. A construção do anel C heterocíclico ocorre via chalcona isomerase (CHI), que produz naringenina (uma flavanona), que serve como um composto intermediário. Enquanto isso, a flavanona 3 β -hidroxilase (F3H) sofre hidroxilação da

naringenina e sintetiza diidrocaempferol. Da mesma forma, o flavonol 3' -hidroxilase sofre a reação de hidroxilação em diidrocaempferol para construir dihidroquercetina. Finalmente, a ação da enzima flavonol sintase na di-hidroquercetina catalisa a biossíntese de um flavonol ativo e crucial. As enzimas envolvidas na biossíntese dos flavonoides estão vagamente associadas à face citoplasmática do retículo endoplasmático (NABAVI *et al.*, 2020; SINGH *et al.*, 2021).

Eles podem ser mono- (kaempferol), di- (quercetina e isorhamnetinas) ou tri- (miricetina, laricitrina e siringetina) hidroxilados, dependendo do número de grupos hidroxila (-OH) ou metoxi (-OCH₃) em seu anel B. A sua forma glicosilada (através do anel C hidroxila) é a única acumulada nas uvas, sendo as formas mais predominantes os derivados glucósidos, glucuronidos e galactosídeos. O açúcar geralmente é a glicose ou ácido glucurônico e galactose, rutinose ou pentoses são encontrados em quantidades menores (FLAMINI *et al.*, 2013; GUOUT *et al.*, 2018).

Flavonas e flavonóis são muito semelhantes entre si, a única diferença é que os flavonóis apresentam um grupo hidroxila (OH) na posição 3 (DE REZENDE *et al.*, 2016). A síntese de flavonóis ocorre praticamente durante todo o crescimento da uva e, da mesma forma que as fitoalexinas, seu conteúdo varia conforme a resposta a condições restritivas ou de estresse, aumentando da *veraison* até a colheita (DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2020; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021).

Os flavonóis podem, portanto, aumentar quando as uvas são expostas a uma maior penetração de luz no e à expressão do gene que codifica a flavonol sintase. Podem diminuir durante o amadurecimento da uva pela oxidação por meio de reações acopladas (MINNAAR; VAN DER RIJST; HUNTER, 2021). Condições de estresse severo podem inativar enzimas antioxidantes, enquanto regula a biossíntese de flavonóis (AGATI *et al.*, 2020)

São pigmentos amarelos, que geralmente estão presentes em formas glicosídicas, (GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021). São os compostos fenólicos mais abundantes na casca da uva e representam 83% dos compostos fenólicos nas folhas. A sua acumulação em vários genótipos de videira sob uma grande diversidade de condições experimentais representa a resposta mais fiável das cascas da uva à radiação UV-B (DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2020; SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021).

Os flavonóis atuam como protetores UV na uva e contribuem para a copigmentação do vinho com antocianinas, auxiliando na estabilidade da cor, e desempenham um papel importante na adstringência e amargor dos vinhos. No vinho tinto, os níveis de flavonol podem

atingir pouco mais de 150 mg L⁻¹ (AGATI *et al.*, 2020; VISIOLI; PANAITE; TOMÉ-CARNEIRO, 2020; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021; GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2021; NEMZER *et al.*, 2022). Os flavonóis são amplamente acumulados durante a floração e amadurecimento (YAN *et al.*, 2020).

Os principais flavonóis nas folhas são quercetina-3-*O*-glicuronídeo, quercetina-3-*O*-galactosídeo, quercetina-3-*O*-glicosídeo, enquanto a quercetina-3-*O*-galactosídeo é a principal nos sarmentos e ráquis. Os flavonóis constituem o maior grupo de compostos flavonoides encontrados nas folhas e caules da videira, com pelo menos 35 compostos relatados na literatura. (GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020).

O conteúdo de flavonóis é dependente da exposição ao sol das uvas, a temperatura, a fertilização nitrogenada, do estado hídrico da planta e da cultivar. Esses compostos são considerados uma característica varietal da uva que tem sido utilizada como ferramenta de autenticidade e diferenciação varietal, assim como marcadores de origem geográfica (YAN *et al.*, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; VAN DER RIJST; HUNTER, 2021; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021; PÉREZ-NAVARRO *et al.*, 2021; SQUERI *et al.*, 2021).

Quercetina, kaempferol e miricetina são os flavonóis mais abundantes encontrados nas uvas, no vinho e nos principais subprodutos, sendo que estes representam 90% dos flavonóis encontrados, com os 10% restantes composto por laricitina, isorhamnetina e seringatina (GOUOT *et al.*, 2019; PASCUAL *et al.*, 2022). Os flavonóis no vinho tinto incluem agliconas como miricetina, quercetina, kaempferol e rutina e seus respectivos glicosídeos (glicosídeos, glucuronídeos, galactosídeos e diglicosídeos). A quercetina 3-*O*-glicosídeo é o flavonol mais representativo em vinhos (VISIOLI; PANAITE; TOMÉ-CARNEIRO, 2020).

Os 3-*O*-glicosídeos de flavonol da uva vermelha compreendem três séries completas diferentes, de acordo com a natureza da porção de açúcar ligada à posição C-3. Os 3-*O*-glicosídeos foram os principais derivados dos seis flavonóis agliconas (kaempferol, quercetina, isorhamnetin, miricetina, laricitrina e seringatina), enquanto os derivados 3-*O*-galactosídeos correspondentes foram compostos menores. Os 3-*O*-glucuronídeos foram descritos como o terceiro tipo de derivados de flavonol da uva vermelha e normalmente representam compostos menores para todos os flavonóis agliconas, com exceção da quercetina 3-*O*-glucuronídeo, que é tão abundante quanto a quercetina 3-*O*-glicosídeo (CASTILLO-MUÑOZ *et al.*, 2009; GARRIDO; BORGES, 2013).

No vinho branco, apenas a quercetina, kaempferol e isorhamnetin estão presentes. Os flavonóis afetam diretamente a coloração amarela nos vinhos brancos, além de serem

fundamentais na atividade antioxidante nos vinhos (CASTILLO-MUÑOZ *et al.*, 2010; GARRIDO; BORGES, 2013; YAN *et al.*, 2020). Isto acontece devido à falta de expressão da enzima flavonóide 3',5'-hidroxilase em uvas brancas, que está envolvida na produção dos derivados miricetina, laricitrina e seringatina (FLAMINI *et al.*, 2013; TZACHRISTAS *et al.*, 2020).

Os glicosídeos de kaempferol acilados na parede celular das células epidérmicas podem absorver eficientemente comprimentos de onda UV-B, com o acúmulo destes nos vacúolos das células epidérmicas do tecido foliar e bagas de uva, protegendo assim o tecido fotossintético do mesófilo. Ainda há a contribuição na lignificação das células e regulação da oxidação induzida por peroxidase de auxina. A regulação dos flavonóis no transporte e catabolismo da auxina pode ter um papel crucial durante a penetração fúngica ou bacteriana, já que o flavonol atua como um inibidor do transporte de auxina, aumentando assim os níveis locais de auxina, aumentando ainda mais a organogênese do nódulo (BRUNETTI; SEBASTIANI; TATTINI, 2019; AGATI *et al.*, 2020; SINGH *et al.*, 2021).

Os flavonóis são considerados os blocos de construção das antocianinas. Vários compostos surgem da metilação diferente, padrões de hidroxilação e glicosilação observados, constituindo os flavonóis como uma das mais importantes e diversas subclasses de compostos fenólicos presentes em uvas e vinhos. O teor de flavonol nas uvas pode refletir a qualidade das uvas e do vinho (TZACHRISTAS *et al.*, 2020; OOSALO *et al.*, 2022).

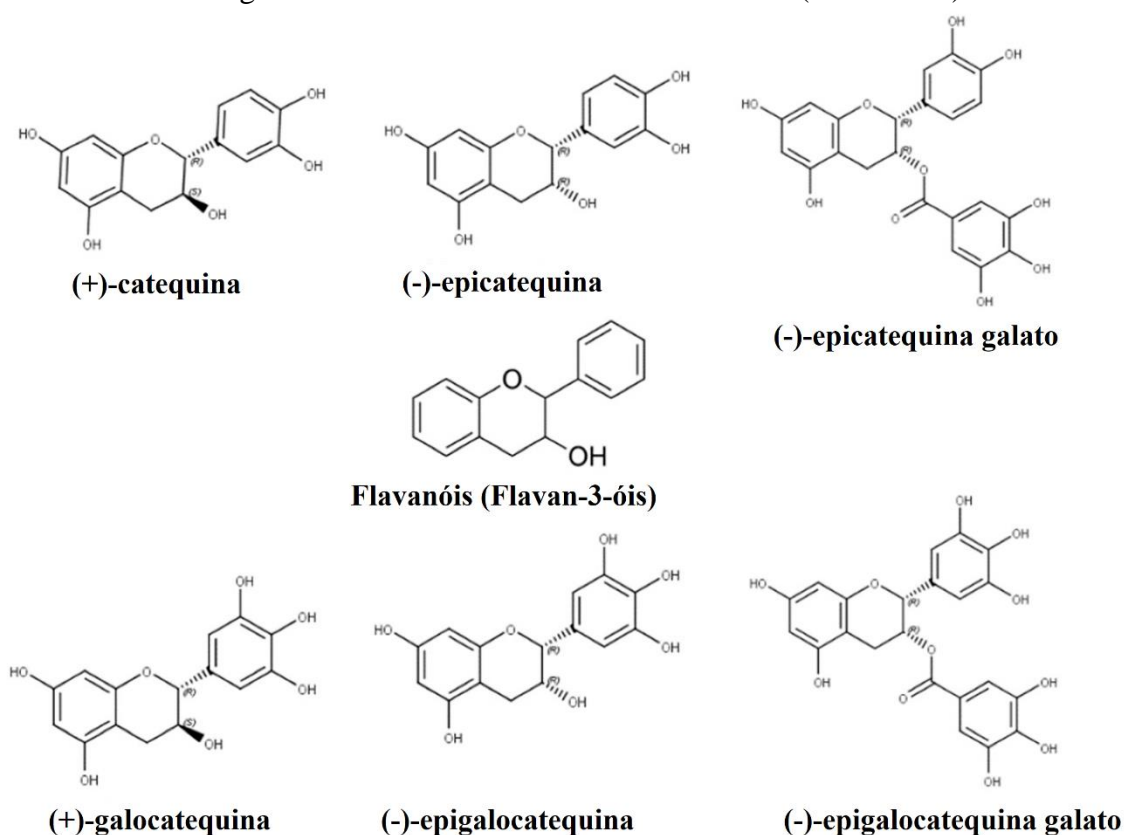
Além disso, flavonóis atuam como antioxidantes e trazem benefícios à saúde quando consumidos, como prevenção de doenças cardiovasculares, controle da obesidade e alívio do diabetes (TZACHRISTAS *et al.*, 2002; YAN *et al.*, 2020; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021).

2.9.2.2 Flavanóis

Os flavanóis (flavan-3-óis) estruturalmente monoméricos são benzopiranos, constituídos por um núcleo flavânico que é formado por dois anéis aromáticos (A e B) e por um anel heterocíclico pirânico C, ao qual se encontra ligado a um grupo hidroxil na posição 3. Apresentam ausência da porção carbonila na posição 4. Os flavanóis possuem dois carbonos quirais, podendo formar quatro diastereoisômeros para cada um deles. Os flavanóis são encontrados na forma monomérica e na forma polimérica (GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; ALLEGRO *et al.*, 2021; GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

O anel A dos flavanóis é geralmente hidroxilado em C5 e C7 e o anel B em C4. A diversidade surge do padrão de substituição do anel B e pode ser aumentada por ‘galloylation’ (reação com o ácido gálico) e glicosilação do grupo 3-hidroxila. A presença de dois carbonos assimétricos (em C2 e C3) abre a possibilidade de diferentes estereoisômeros, ou seja, *2R*, *3S* (*2,3-trans*), *2R*, *3R* (*2,3-cis*), *2S*, *3R* (*2,3-trans*) e configurações *2S*, *3S* (*2,3-cis*) (PHANSALKAR *et al.*, 2019; ROUSSERIE; RABOT; GENY-DENIS, 2019; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020).

Figura 27 - Formas monoméricas de flavanol (flavan-3-ol).



Fonte: TZACHRISTAS *et al.*, 2020.

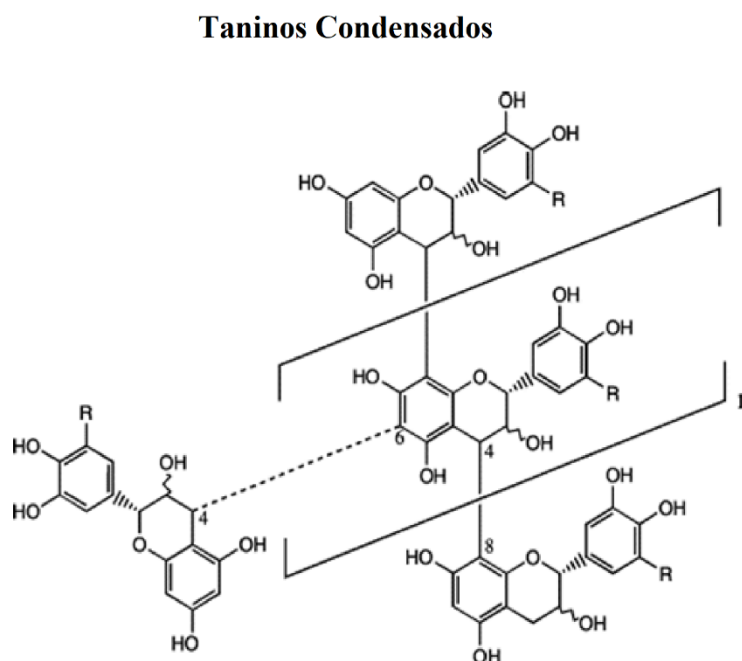
Nas cultivares de uva *Vitis vinifera*, os seguintes flavanóis são os principais encontrados na casca e semente de uvas: (+)-catequina, (-)-epicatequina, (-)-epigallocatequina e (-)-epicatequina galato na forma monomérica, e proantocianidinas ou taninos não hidrolisáveis na forma polimérica. Os oito monômeros de flavanol a seguir são relatados em folhas, caules e canas de videira: (+)-catequina, (+)-galocatequina, (-)-epigallocatequina, (-)-epigallocatequina galato, (-)-epicatequina, galocatequina galato, (-)-epicatequina galato e catequina galato (Figura 25) (GARRIDO; BORGES, 2013; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; TZACHRISTAS *et al.*,

2020; ALLEGRO *et al.*, 2021; GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

As catequinas [(+)-catequina e (-)-epicatequina] encontram-se hidroxiladas nas posições 3'', 4'' do anel B, enquanto as galocatequinas [(+)-galocatequinas e (-)-epigalocatequinas] se encontram hidroxiladas nas posições 3'', 4'' e 5'' do anel B (GARRIDO; BORGES, 2013; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; ALLEGRO *et al.*, 2021; GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

As formas oligoméricas e poliméricas podem ocorrer por condensação dos flavanóis monoméricos, que são chamados de proantocianidinas ou taninos condensados (Figura 26). As proantocianidinas têm a capacidade de liberar antocianidinas sob condições ácidas aquecidas resultantes da clivagem da ligação interflavânica. Nas cultivares de *Vitis vinifera*, as proantocianidinas são ainda separadas em: as procianidinas que são polímeros da catequina e epicatequina; e as prodelfinidinas que são constituídas por unidades de galocatequinas e epigalocatequinas. Ambos os grupos estão presentes nas cascas e nos vinhos, enquanto as procianidinas estão localizadas apenas nas sementes da uva (GARRIDO; BORGES, 2013; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; ALLEGRO *et al.*, 2021).

Figura 28 - Estrutura básica de taninos condensados.



Fonte: YU *et al.*, 2020.

As proantocianidinas são diferenciadas pelo tipo de ligação interflavânica em procianidinas do tipo A ou B. As ligações entre as unidades constitutivas de flavanol são encontradas entre C4 e C6 ou C4 e C8 no caso de proantocianidinas do tipo B. O tipo A está ligado com ligações adicionais C2-*O*-C7 ou C2-*O*-C5. A substituição na posição 4 dá origem a outro centro assimétrico na extensão e nas unidades superiores, mas a configuração usual é 3,4-*trans* (GARRIDO; BORGES, 2013; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; LIU *et al.*, 2021).

O comprimento da cadeia de um polímero é descrito pelo grau de polimerização (DP) e o grau médio de polimerização (mDP) de uma população heterogênea de polímeros (GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020). As proantocianidinas são diferenciadas pelo comprimento da cadeia em oligômeros, com grau médio de polimerização (mDP) inferior a 5, e polímeros (mDP > 5) (GARRIDO; BORGES, 2013; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020).

O mDP pode variar de duas ou três subunidades a mais de 30, o que significa que o composto com um mDP de 10 contém 10 subunidades de flavanol. Os valores de mDP de flavanols de casca, semente e vinho podem variar muito e são influenciados principalmente pelo estágio de maturidade e pela variação sazonal. A localização particular no tecido da videira também afeta a quantidade, estrutura e grau de polimerização das proantocianidinas; e a composição das proantocianidinas do vinho pode ser dependente da variedade da uva (TZACHRISTAS *et al.*, 2020; ALLEGRO *et al.*, 2021).

As proantocianidinas casca têm maior mDP e menor proporção de formas galloyladas em comparação com as sementes, enquanto a (-)-epigallocatequina não é encontrada nos flavonoides das sementes (ALLEGRO *et al.*, 2021). As nove proantocianidinas relatadas em folhas, caules e sarmentos de videira são: procianidina A1, procianidina B1, procianidina B2, procianidina B3, procianidina B4, procianidina C1, procianidina T2, prodelfinidina tipo A (relatado como dímero epigallocatequina-epicatequina por alguns autores) e um galato de dímero de procianidina (GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020).

Diferentes dímeros (B1-B8), dímeros esterificados com ácido gálico (B1-3-*O*-galato, B2-3-*O*-galato) e trímeros (C1, C2) foram identificados em sementes de uva (SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020). A procianidina B2 (epicatequina-(4 β →8)-epicatequina) é consistentemente o dímero de procianidina mais abundante em sementes de uva, seguido pelos outros dímeros ligados C4→C8 e seus 3-*O*-galatos (PADILLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2022).

As procianidinas e prodelfinidinas, que se hidrolisam em cianidina e delfinidina, respectivamente, são conhecidas por serem os taninos condensados mais abundantes nas uvas e no vinho. A identificação e o estudo das propriedades físico-químicas das proantocianidinas constituem um tema relevante de investigação em Enologia, uma vez que estes compostos são

os principais responsáveis pelas características sensoriais do vinho (cor, sabor, adstringência e amargor). As proantocianidinas desempenham um papel importante no processo de envelhecimento do vinho devido à sua capacidade de oxidação, condensação e polimerização (GARRIDO; BORGES, 2013; SUO *et al.*, 2019; NEMZER *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2021).

A biossíntese de monômeros de flavanol em uvas segue as mesmas etapas iniciais de outros flavonoides pela via fenilpropanóide, levando à produção de narigenina pela calcona sintase (CHS) e chalcona isomerase (CHI). A narigenina é oxidada pela flavanona 3-hidroxilase (F3H) seguida pela flavanona 3'-(F3'H) ou 3',5'-hidroxilase (F3'5'H). As duas últimas enzimas criam dois possíveis precursores flavanol: dihidroquercetina para catequina e epicatequina (por F3'H); ou diidromiricetina para epigalo- e galocatequinas (por F3'5'H) (ROUSSERIE; RABOT; GENY-DENIS, 2019; PADILLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2022).

Depois disso, a dihidroflavonol 4-redutase (DFR) converte os precursores em leucoantocianidinas, incluindo leucocianidinas (de dihidroquercetina) e leucodelphinidinas (de dihidromiricetina). Na etapa final, as leucoantocianidinas são convertidas em um flavanol, seja pela leucoantocianidina redutase (LAR), dando catequina ou galocatequina, ou pela combinação das enzimas leucoantocianidina dioxigenase (LDOX) e antocianidina redutase (ANR) para criar sua epímeros, epicatequina e epigalocatequina, respectivamente (ROUSSERIE; RABOT; GENY-DENIS, 2019; PADILLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2022).

Apesar da compreensão da via biossintética do flavanol, o mecanismo de polimerização do flavanol permanece desconhecido. Além disso, a síntese de flavonoides ocorre no citoplasma, mas a maioria dos produtos é armazenada em compartimentos específicos, como paredes celulares e vacúolos. Portanto, existe um mecanismo de transporte eficiente, embora desconhecido (ROUSSERIE; RABOT; GENY-DENIS, 2019; PADILLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2022).

Os flavanóis estão localizados principalmente nas partes sólidas da baga (ráquis, casca, sementes), com as sementes apresentando a maior concentração, bem como no vinho. Depois dos estilbenos, são os compostos fenólicos mais presentes nos sarmentos da videira. Nos vinhos brancos produzidos em condições especiais, evitando-se o contacto prolongado com a casca das uvas, a catequina revelou-se o flavonoide mais abundante, sendo em grande parte responsável pelo sabor característico do vinho (GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; ALLEGRO *et al.*, 2021).

Esses compostos são sintetizados durante a primeira etapa do crescimento da baga ou “período herbáceo” e sua síntese termina pouco depois do início da coloração das cascas. A redução na concentração de flavanol após a “*veraison*” pode ser inicialmente rápida e pode ser

seguida por um platô nas últimas semanas antes da colheita ou pode não prosseguir com uma tendência específica. Uma diminuição constante nos monômeros de flavanol ao longo do amadurecimento (BLANCQUAERT *et al.*, 2019; ALLEGRO *et al.*, 2021).

Além disso, foi relatada uma redução nas formas galiladas dos flavonoides das sementes até o momento da colheita e, em alguns casos, também do seu mDP. Considerando os flavanóis da pele, um aumento na porcentagem de epigallocatequina durante o amadurecimento, bem como um aumento em seu mDP (BLANCQUAERT *et al.*, 2019; ALLEGRO *et al.*, 2021).

As procianidinas se acumulam em um estágio diferente dos monômeros flavanol. As procianidinas se acumulam no início do desenvolvimento da semente, enquanto os monômeros aumentam acentuadamente no período de '*veraison*'. Neste ponto, procianidinas e monômeros atingem o pico e começam a diminuir. Os dímeros de procianidina diminuem a uma taxa mais lenta do que os monômeros, criando uma mudança nos perfis de flavanol após a "*veraison*". No entanto, é possível que as mudanças no perfil químico sejam consequência da menor extratibilidade, devido a mudanças nos estados oxidativos das moléculas, e não da degradação (BLANCQUAERT *et al.*, 2019; PADILLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2022).

Os flavanóis constituem o grupo de compostos mais abundante nas ráquis (61,63%; catequina, epicatequina e procianidina B1 com os níveis mais altos), seguidos pelos flavonóis (23,75%; quercetina-3-O-galactosídeo com o nível mais alto), ácidos hidroxibenzóicos (9,03% com grande abundância de ácido gálico), ácidos hidroxicinâmicos (3,66%), antocianinas (0,99%) e estilbenos (0,94%) (GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020). O conteúdo de flavan-3-ols em uvas de caroço é influenciado por vários fatores, principalmente cultivar, irrigação, fertilização do solo, colheita atrasada e condições de armazenamento (SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020).

No vinho tinto, tem-se dados de que em 100 mL, em média, contém 88 mg de flavonoides, compreendendo antocianinas (28 mg), diidroflavonóis (5,4 mg), flavanóis (47 mg), flavanonas (0,9 mg) e flavonóis (6,9 mg) que pode variar em função da origem e idade do vinho tinto (TANAKA *et al.*, 2019).

Os flavanóis são responsáveis pela estabilização da cor e das características sensoriais (principalmente adstringência e amargor) dos vinhos. Alterações de compostos fenólicos provocam uma coloração intensa e características sensoriais diferentes em relação aos originais. A sensação tátil da adstringência resulta da interação do flavanol com as proteínas e glicoproteínas salivares causando perda do poder lubrificante da saliva ou com as glicoproteínas do epitélio bucal, sendo que o amargor do flavanol diminui do monômero para o trîmero. A

faixa de concentração detectada em vinho branco jovem é de 15 a 25 mg/L, e de 4 a 120 mg/L em vinho tinto jovem (TZACHRISTAS *et al.*, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; DEL-CASTILLO-ALONSO, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

Alguns dos adutos associados ao copigmento de antocianina ocorrem devido a reações diretas entre antocianinas e flavanóis formando os adutos flavanol-(4,8)-antocianina (F–A) e antocianina-(4,8)-flavanol (A–F) do tipo dimérico (BIMPILAS *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2018; NEMZER *et al.*, 2022).

As reações entre flavanóis e antocianinas acontecem por três mecanismos diferentes: 1) Reações entre antocianinas (+) e flavanóis (-) que levam a “A+→F” adutos. Essas moléculas são incolores e ficam vermelhas quando oxidadas; 2) Reações entre flavanóis (+) e antocianinas (-) que levam a “F+→A” adutos, onde as antocianinas (-) correspondem à base do carbinol e os adutos formados são teoricamente incolores, mas são rapidamente desidratados em uma forma colorida estável. Esta reação é completamente independente das condições de oxidação; 3) Reações mediadas por acetaldeído de flavanóis e antocianinas, onde o acetaldeído é formado pela oxidação do etanol e essas reações levam a adutos A-F nos quais as unidades flavonoides estão ligadas por meio de uma ligação metilmetina (BIMPILAS *et al.*, 2015; BIMPILAS *et al.*, 2016).

O escurecimento dos vinhos brancos e o teor de flavanol estão intimamente ligados. A auto-oxidação do flavanol e a condensação com ácido glioílico formado a partir da clivagem oxidativa do ácido tartárico demonstraram contribuir para o processo de escurecimento. O último processo dá origem a novos derivados de xantílio (variando na cor do amarelo ao laranja), que se degradam ainda mais durante o armazenamento em várias condições. (SÁEZ *et al.*, 2018; TZACHRISTAS *et al.*, 2020; ECHAVE *et al.*, 2021; MARIN *et al.*, 2021).

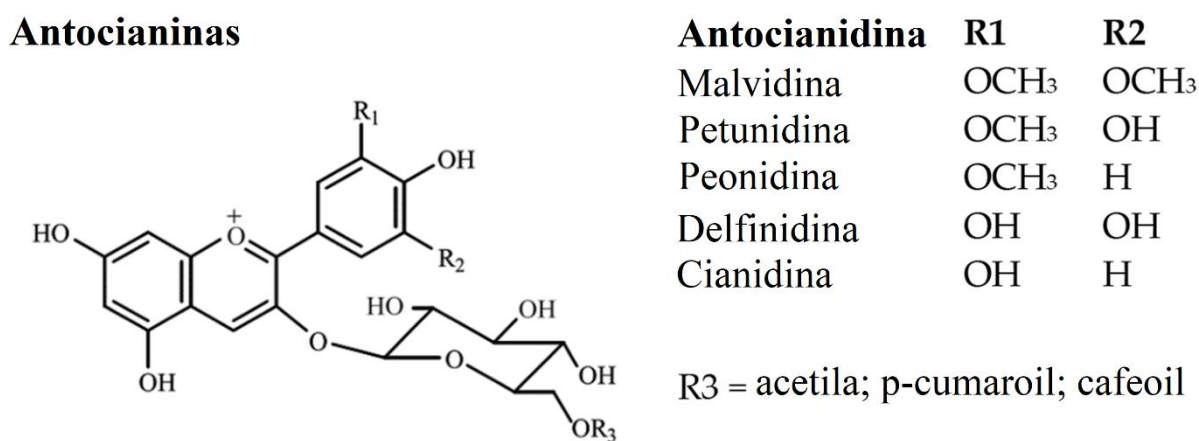
Além disso, os flavanóis da semente de uva conferem diversos efeitos biológicos nas pessoas e contribuem para as propriedades saudáveis do vinho. As proantocianidinas podem ajudar a prevenir complicações decorrentes de diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e infecções bacterianas, e exibe m atividades anti-inflamatórias. Existem evidências crescentes de uma associação entre procianidinas de uva e menor incidência de doença cardíaca coronária (DAC) e aterosclerose (CASTALDO *et al.*, 2019; PADILLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2022).

2.9.2.3 Antocianinas

Estruturalmente, as antocianinas são glicosídeos do cátion flavílium polihidroxi e/ou polimetoxilados, obtidas pela hidrólise de cinco agliconas, que são as antocianidinas, que diferem entre si pelos radicais de substituição no anel B. As antocianinas do gênero *Vitis* são a cianidina, a delphinidina, a peonidina, a petunidina e a malvidina (Figura 27). As suas concentrações relativas variam com a cultivar, mas a malvidina é sempre majoritária (GARRIDO; BORGES, 2013; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; VISIOLI; PANATE; TOMÉ-CARNEIRO, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021).

As cinco agliconas se diferenciam com base no número e posição de seus grupos hidroxila e seu grau de metilação. A acilação ocorre na posição C6 da molécula de glicose por esterificação com ácidos acético, *p*-cumárico e caféico. É característico nas uvas de variedade *Vitis vinifera* uma molécula de glicose ligada na posição 3. (BERLAND *et al.*, 2019; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020).

Figura 29 - Principais estruturas químicas das antocianinas.



Fonte: TZACHRISTAS *et al.*, 2020.

Vários estudos verificaram a configuração antocianidina-3-O-monoglicosídeo sendo a mais abundante nas cultivares de *Vitis vinifera*, tendo o fator variedade da uva como fator direto para os diferentes componentes e teores de antocianina no vinho. As antocianinas são encontradas principalmente como monoglicosiladas (60-70%), enquanto as formas restantes (30-40%) são aciladas com fenólicos não flavonoides, como os ácidos *p*-cumárico e cafeico ou ácido acético. Elas são os produtos da via dos flavonoides (GOUOT *et al.*, 2018; JU *et al.*, 2021).

As antocianinas compartilham a mesma estrutura molecular dos flavonoides composta por um anel benzopirano heterocíclico (como o anel C), um anel aromático fundido (como o anel A) e um constituinte fenil (como o anel B). No entanto, eles diferem com base nas substituições de hidroxila ou metoxila no anel fenil B lateral e, em geral, para glicosilações e esterificações. Frequentemente, as antocianinas são encontradas ligadas (principalmente na posição 3) a uma ou mais moléculas de açúcar, geralmente glicose, e a substituintes acil ligados a açúcares, ácidos alifáticos e ácidos cinâmicos (BERLAND *et al.*, 2019; GOUFO; SINGH; CORTEZ, 2020; VISIOLI; PANAITE; TOMÉ-CARNEIRO, 2020; JU *et al.*, 2021).

Glicosilação, metilação e acilação são necessárias para a estabilização da antocianina e transporte para o vacúolo. A glicosilação é uma modificação importante para aumentar a hidrofilicidade e a estabilidade das antocianinas que ocorre após a ‘*veraison*’ nas videiras. A cianidina 3-glicosídeo e a delphinidina 3-glicosídeo também podem ser metiladas para serem convertidas em peonidina 3-glicosídeo e petunidina, ou malvidina 3-glicosídeo, respectivamente. A acilação de antocianinas leva à produção de 3-O-acetil-, 3-O-cumaroil- e 3-O-cafeoil-monoglicosídeos, ligando grupos acil à posição C6 da fração glicose. A acilação das antocianinas ocorre desde a ‘*veraison*’ até a colheita; no entanto, algumas cultivares, como Pinot Noir, não produzem antocianinas aciladas (RINALDO *et al.*, 2015; MATTIOLI *et al.*, 2020; ALLEGRO *et al.*, 2021).

Todos os genes estruturais envolvidos na biossíntese das antocianinas estão localizados nas membranas do retículo endoplasmático ou no citoplasma no qual as antocianinas são produzidas diretamente. Quase todas as antocianinas são então armazenadas nos vacúolos. A acumulação de antocianinas da película nas castas tintas começa com a ‘*veraison*’ e atinge o seu máximo nas últimas fases da maturação dos bagos, quando a síntese diminui ou para (ROUSSERIE; RABOT; GENY-DENIS, 2019; ALLEGRO *et al.*, 2021; PASCUAL *et al.*, 2022).

Em geral, as antocianinas da casca acumulam-se linearmente desde a ‘*veraison*’ até a colheita; no entanto, no caso de temperaturas excessivamente altas, pode ocorrer um declínio após um aumento inicial. Elas se localizam na casca e nas três ou quatro primeiras camadas da hipoderme (ALLEGRO *et al.*, 2021; DE ROSAS *et al.*, 2022).

A quantidade formada é influenciada pelas condições de vigor e insolação da planta e dos cachos, pelo fator genético, o nível de acúmulo de açúcares, amadurecimento dos frutos, temperatura e reguladores de crescimento vegetal. Eles são suscetíveis à luz, temperatura, oxigênio e pH. Condições de baixas temperaturas e deficiência de água facilitam a produção dos compostos fenólicos e principalmente o acúmulo de antocianinas (SUN *et al.*, 2019;

GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; PASCUAL *et al.*, 2022).

A tendência de acumulação, em que os derivados da cianidina são sintetizados mais prontamente no estágio inicial da ‘*veraison*’, é relativamente comum em videiras, mesmo para cultivares cujo perfil de antocianinas é amplamente composto por malvidina e antocianinas trissubstituídas na colheita, já que a peonidina-3-glicosídeo e a malvidina-3-glicosídeo aumentaram até a maturidade, enquanto as outras três antocianinas individuais (delphinidin-3-glucoside, cyanidin-3-glucoside e petunidin-3-glucoside) começaram a diminuir em 1 semana após a ‘*veraison*’ (ALLEGRO *et al.*, 2021; KONG *et al.*, 2021).

As antocianinas desempenhar um papel fisiológico como filtros UV e/ou antioxidantes contra o excesso de UV, inclusive em distúrbios fisiológicos, como queimaduras solares em uvas (YAN *et al.*, 2020; GAMBETTA *et al.*, 2021; JU *et al.*, 2021). As antocianinas contribuem com 90% da capacidade antioxidante das frutas, enquanto os 10% restantes são atribuídos aos flavonóis, flavan-3-óis e ácidos fenólicos (SUN *et al.*, 2019)

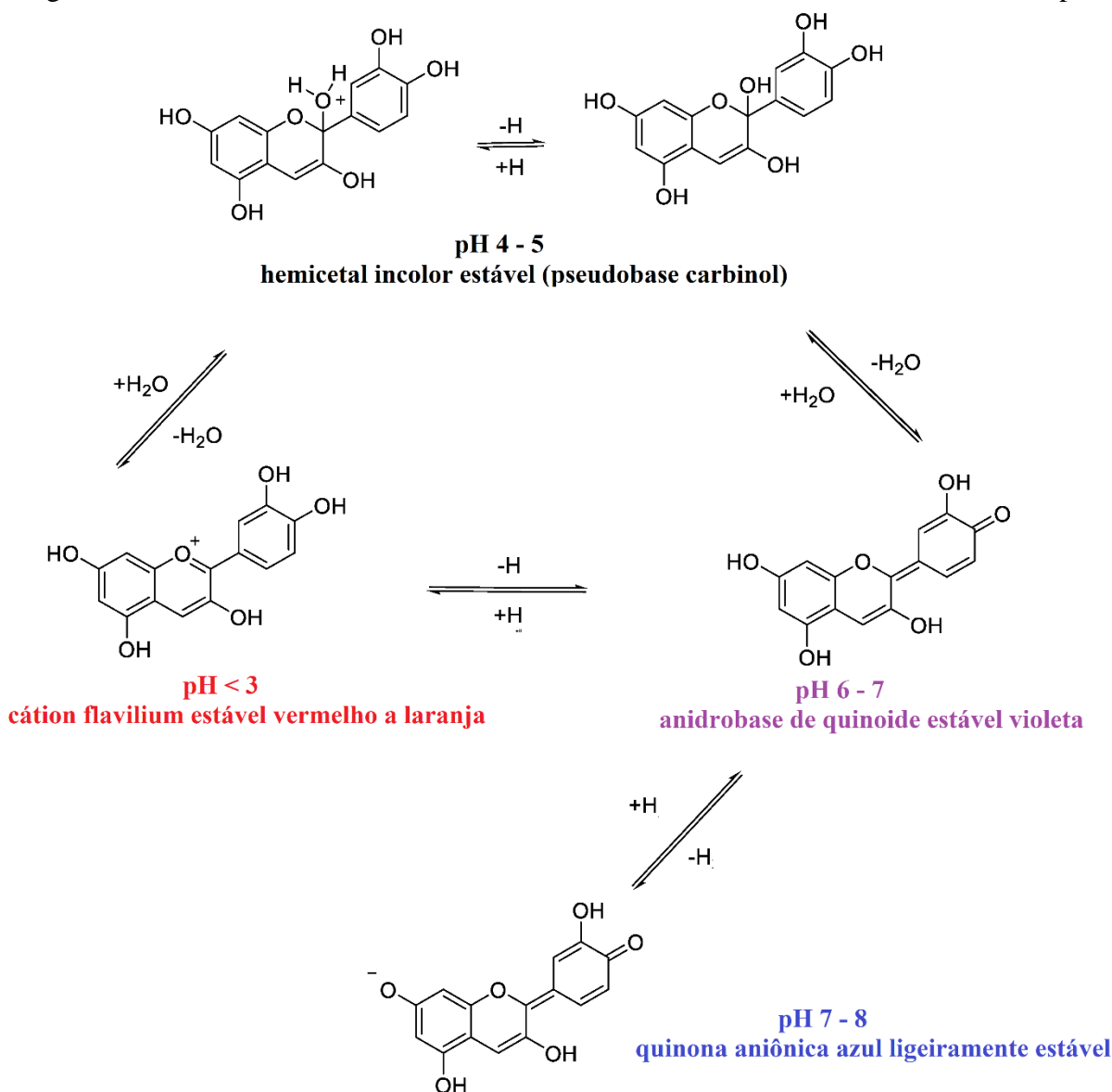
As antocianinas representam uma parte muito importante, quer quantitativamente quer qualitativamente, dos flavonoides das uvas das cultivares tintas. São os pigmentos responsáveis pela cor de uvas e vinhos tintos. As antocianinas são pigmentos responsáveis pela cor do vinho tinto, podendo a sua contribuição ser direta, devido às suas propriedades espectrais, ou indireta após reação de copigmentação com outros compostos fenólicos, como os flavonóis que estão presentes em menor quantidade em relação a outros flavonoides. A copigmentação geralmente estabiliza as antocianidinas e, portanto, a cor (GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; JU *et al.*, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

A conversão de antocianinas e proantocianidinas noutras espécies poliméricas contribui para a alteração da cor e sabor de um vinho. Essas reações incluem: auto-associação e copigmentação (mecanismos de curto prazo); antocianinas poliméricas com proantocianidinas e 3-flavonoides (mecanismos de longo prazo); e novos compostos formados, como as piranoantocianinas e seus compostos polimerizados. No bagaço de vinho, os compostos fenólicos mais abundantes são as antocianinas, concentradas principalmente na película (BLANCQUAERT *et al.*, 2019; SIMONETTI; BRASILI; PASQUA, 2020; TZACHRISTAS *et al.*, 2020).

As antocianinas são compostos que, com o envelhecimento do vinho, tendem a formar complexos com outros compostos fenólicos, resultantes da reação entre antocianinas e proantocianidinas, afetando na estrutura do vinho e na sua longevidade. Desempenham um papel importante na estabilização da cor do vinho e são os principais contribuintes para a cor

do vinho envelhecido. A cor do vinho tinto jovem é brilhante e geralmente aparece violeta ou vermelho rubi, que é gerado exclusivamente a partir de antocianinas. Com a formação de pigmentos antocianina-flavonoides, o vinho tinto adquire uma cor cada vez mais profunda, apresentando-se vermelho-tijolo e até marrom-avermelhado (LI *et al.*, 2018; BLANCQUAERT *et al.*, 2019; ALLEGRO *et al.*, 2021; JU *et al.*, 2021).

Figura 30 - Formas estáveis coloridas e incolores de cianidina em diferentes valores de pH.



Fonte: MATTIOLI *et al.*, 2020.

A cor da antocianina muda em função do pH, da concentração de dióxido de enxofre e dos copigmentos presentes no vinho. O pH é considerado o fator mais importante na coloração (Figura 27). Em um pH baixo (menos de 4), todas as antocianidinas estão na forma de cátion

flavan (vermelho). Quando o pH aumenta, a intensidade da cor aumenta, passando de incolor para violeta ou azul em soluções alcalinas ou neutras (GARRIDO; BORGES, 2013; MATTIOLI *et al.*, 2020; GUTIÉRREZ-ESCOBAR; ALIAÑO-GONZÁLEZ; CANTOS-VILLAR, 2021; NEMZER *et al.*, 2022).

As antocianinas podem estar presentes em quantidades de 90 até pouco mais de 700 mg L⁻¹ no vinho tinto, enquanto no vinho branco estão praticamente ausentes. A estabilidade das antocianinas depende de vários fatores, como pH, temperatura de armazenamento e matérias-primas utilizadas durante o processamento. Os vinhos tintos mais velhos têm níveis mais elevados de pigmentos poliméricos, enquanto os vinhos mais jovens têm níveis mais elevados de antocianinas (VISIOLI; PANAITE; TOMÉ-CARNEIRO, 2020; NEMZER *et al.*, 2022).

As antocianinas possuem uma ampla gama de atividades biológicas e nutracêuticas, incluindo propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas, antimutagênicas e anticancerígenas (TZACHRISTAS *et al.*, 2020; DEL-CASTILLO-ALONSO *et al.*, 2021). Os benefícios para a saúde quando consumidos, como prevenção de doenças cardiovasculares, controle da obesidade, melhora de doenças neurodegenerativas e alívio do diabetes (MATTIOLI *et al.*, 2020; YAN *et al.*, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram realizados na Fazenda Pinheiros Altos – Hiragami (Figura 31 e Figura 32), localizada no município de Paineira – Santa Catarina (27°59'S e 50°08'O, 1.226,3 m de altitude). As avaliações dos experimentos foram realizadas durante as safras 2019, 2020 e 2021.

Os solos da região enquadram-se nas classes Cambissolo Húmico, Neossolo Litólico e Nitossolo Háptico, desenvolvidos a partir de rocha riolítico e basalto (POTTER *et al.*, 2004).

Realizou-se análise de solo da área experimental em triplicata. As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm no inverno anterior a instalação do experimento. Para cada uma das três amostras, fez-se uma amostragem aleatória em quatro pontos do vinhedo, percorrendo-o em zigue-zague, para depois os solos coletados serem misturados e homogeneizados e por fim, destinados ao laboratório de análises de solo do CAV-UDESC.

Figura 31 - Posição da área experimental na Fazenda Pinheiros Altos – Hiragami.



Fonte: Google Earth, 2023.

O clima da região, de acordo com o sistema de classificação climática de Koeppen, é classificado como mesotérmico úmido e verão ameno (Cfb). Os dados climáticos: precipitação acumulada (mm), temperatura máxima diária (°C), temperatura mínima diária (°C) e temperatura média diária (°C) foram coletados no arquivo de dados históricos das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023).

Figura 32 - Área experimental no vinhedo pertencente a Fazenda Pinheiros Altos – Hiragami, Painei-SC.



Fonte: O autor, 2023.

Foram utilizados os dados da estação automática de São Joaquim/SC (Código WMO: A815; 28°16'32"S e 49°56'04"O, altitude 1400,6 m; 36,4km de distância em relação ao experimento), devido à proximidade ao local do experimento e similaridade na altitude. Os dados de precipitação acumulada estão apresentados pela soma dos valores diários de precipitação, totalizando uma quinzena. Os demais valores apresentados são a média das respectivas temperaturas diárias referentes a quinzena.

Tabela 2 - Laudo da Análise de solo da área experimental na Fazenda Pinheiros Altos – Hiragami, realizado no inverno de 2018.

pH - H ₂ O (1:1)	Índice SMP	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	Saturação (%)	
		cmolc/dm ³				efetiva	Alumínio	Bases
5,6 ± 0,3	5,6 ± 0,3	5,1 ± 2,2	2,8 ± 1,5	0,3 ± 0,4	7,3 ± 3,1	8,7 ± 3,2	5,9 ± 8,3	53,0 ± 20,5
M.O.	C.O.	Argila	P Mehlich	K	CTC pH 7,0	K		
%		mg/dm ³			cmolc/dm ³			
2,5 ± 0,5	1,4 ± 0,3	40,3 ± 1,5	13,7 ± 5,6	171,3 ± 6,4	15,6 ± 1,8	0,438 ± 0,016		
Cu Mehlich	Zn Mehlich	Fe Mehlich	Mn	Relações				
mg/dm ³				Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/(Ca+Mg)1/2		
9,3 ± 4,0	15,4 ± 12,5	587,0 ± 258,6	12,8 ± 6,4	1,8 ± 0,2	18,1 ± 8,2	0,166 ± 0,045		

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

A partir destes dados foram calculados para cada safra o volume total de precipitação (mm), através da soma dos valores diários de precipitação (mm); e o acúmulo térmico foi calculada pela soma de graus-dias (GD, °C) do período da safra, que foram calculados de acordo com a seguinte função (ANZANELLO; DE CHRISTO, 2019; KELLER, 2020):

$$GD = (Tm - Tb) + \frac{TM - Tb}{2}, \text{ para } Tm > Tb;$$

$$GD = \frac{(TM - Tb)^2}{2(TM - Tm)}, \text{ para } Tm < Tb$$

$$GD = 0, \text{ para } TM < Tb$$

Sendo: GD os graus-dia (°C); TM a temperatura máxima diária (°C); Tm a temperatura mínima diária (°C) e Tb a temperatura base de 10°C para a cultura da videira (°C). As condições

climáticas das três safras avaliadas são apresentadas nas figuras 1, 2 e 3, sendo respectivamente as safras 2018/2019, safra 2019/2020 e safra 2020/2021.

A cultivar avaliada foi a Cabernet Sauvignon, enxertado sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc. O vinhedo foi implantado em 2004, em um espaçamento de 3,5 x 1,5 m, em filas dispostas no sentido Nordeste-Sudoeste. O sistema de condução do vinhedo é o sistema manjedoura, com um cordão duplo a 1,5 m de altura do solo.

3.2 NÍVEIS DE CARGAS DE GEMAS

Foram avaliados cinco níveis de carga de gemas na poda de frutificação (Figura 33), sendo eles:

1. Tratamento 1 (T1): 50 gemas planta⁻¹, constituída em 25 esporões com duas gemas;
2. Tratamento 2 (T2): 75 gemas planta⁻¹, constituída em 37 esporões com duas gemas e um esporão com uma gema;
3. Tratamento 3 (T3): 100 gemas planta⁻¹, constituída em 50 esporões com duas gemas;
4. Tratamento 4 (T4): 125 gemas planta⁻¹, constituída em 41 esporões com 3 gemas e um esporão com duas gemas;
5. Tratamento 5 (T5): 150 gemas planta⁻¹, constituída em 37 varas com 4 gemas e um esporão com 2 gemas.

As podas foram realizadas buscando-se manter os esporões de maneira equidistante na planta (Figura 34) e distribuídos de maneira igualitária nas faces Nordeste e Sudoeste do cordão. Aconteceram no período invernal, no estágio fenológico BBCH 01 (fim do inchaço das gemas, Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry) (Figura 35), de acordo com a escala adaptada por Lorenz *et al.* (1995). As plantas receberam as mesmas cargas nos três ciclos avaliados.

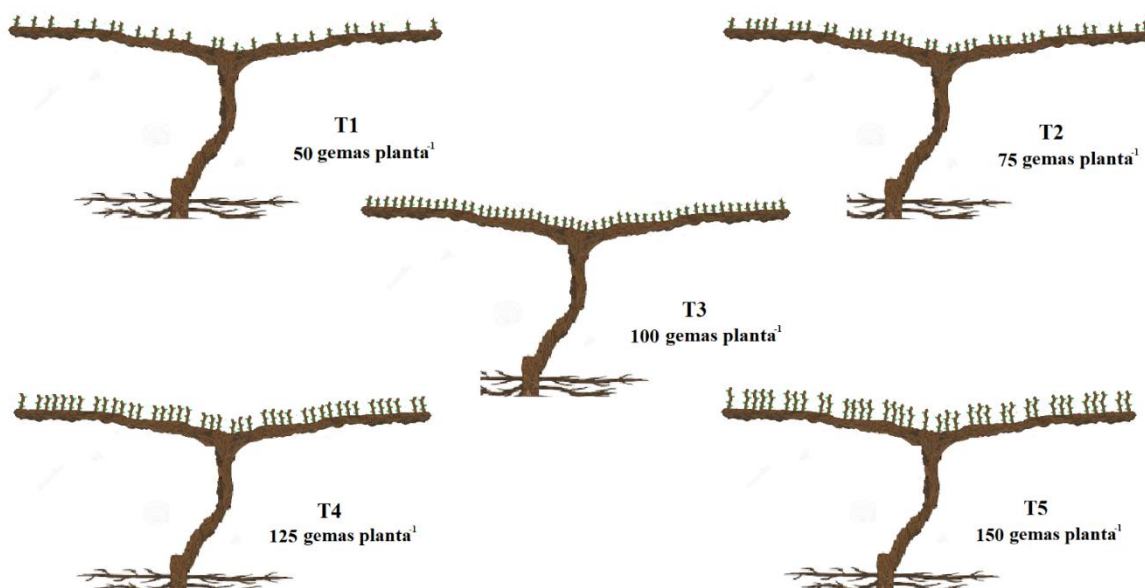
Anteriormente ao experimento, a carga de gemas da área era de 80±18 gemas planta⁻¹. As podas ocorreram nos dias 02/09/2018, 03/09/2019 e 02/09/2020. Não houve aplicação de regulador de crescimento, sendo que a cultivar tem uma necessidade de 392 horas de frio (ANZANELLO; FIALHO; DOS SANTOS, 2018).

Figura 33 - Visualização do vinhedo experimental durante a execução da poda de frutificação de acordo com os diferentes níveis de cargas de gema.



Fonte: O autor, 2023

Figura 34 - Referência gráfica aproximada (2D) dos tratamentos avaliados. Os esporões e varas foram dispostos de maneira equidistante na face Nordeste e Sudoeste do cordão.



Fonte: O autor, 2023.

Os manejos de desbrota, condução dos ramos e desfolha foram realizados pelo grupo de pesquisa para coleta dos dados. Os demais manejos da cultura foram realizados pela empresa. Todos os manejos, com exceção a carga de gemas, foram realizados de acordo com os parâmetros da empresa, de maneira uniforme em toda a área experimental.

Figura 35 - Esporão contendo duas gemas e visualização de uma gema no estágio fenológico BBCH 01.



Fonte: O autor, 2023.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco níveis de cargas de gemas distribuídos ao acaso em quatro blocos, consideradas as diferentes filas do vinhedo, onde todos os tratamentos nos dois porta-enxertos estavam presentes em cada fila. Cada unidade experimental foi constituída por quatro plantas, onde todas foram avaliadas. Foram amostrados 10 cachos por parcela para as análises físico-químicas dos cachos. Todas as análises físico-químicas dos vinhos foram realizadas em triplicata.

Utilizou-se o software R, versão 4.0.2 (R-PROJECT, 2023), através do ambiente de desenvolvimento integrado RStudio © (2009-2021, RStudio, PBC), versão 1.4.1106, além do software Jamovi versão 2.4.0. (JAMОВI, 2023) para as análises estatísticas. Os dados coletados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk; à homoscedasticidade pelo teste de Levene's. Utilizou-se a transformação de Box-Cox nos dados de polifenóis avaliados em HPLC.

Quando atendidos os pressupostos da análise, foi utilizado um modelo linear misto, tendo o efeito e interações dos tratamentos (níveis de carga de gemas), porta-enxertos e safra (data no caso do comprimento de ramos) e a planta como variável cluster (Com exceção do Comprimento de ramo e Índice SPAD, onde o Estádio fenológico foi usado como fator). Não sendo atendido os pressupostos, utilizou-se um modelo misto generalizado, com a distribuição respectiva ao conjunto de dados e sua função link.

Nas análises onde não havia a variável cluster, procedeu-se da mesma maneira, buscando-se usar o modelo linear geral quando os pressupostos eram atendidos, ou utilizando o modelo linear generalizado com a distribuição adequada para os conjuntos de dados. Quando verificado efeito dentro dos fatores ou interação, e o efeito simples, utilizou-se *post-hoc* a correção de Bonferroni ($\alpha = 0,05$).

Para as variáveis comprimento médio de ramos e índice SPAD, o efeito das diferentes safras foi avaliado pelo teste de Kruskal-Wallis, e o teste *post-hoc* de Dunn, com uma correção de Bonferroni ($\alpha = 0,05$).

Através do software R, realizou-se uma análise de componentes principais (ACP) e uma matriz de correlação das variáveis, utilizando a média das 3 safras para cada variável.

3.4 VARIÁVEIS AVALIADAS

3.4.1 Variáveis Vegetativas

As características vegetativas avaliadas nas três safras foram:

a) **Comprimento de sarmentos (cm):** Através do uso de uma fita métrica (Trader, precisão ± 1 mm), mensurando quatro sarmentos por planta (dois em cada face da manjedoura), com a leitura sendo realizada da base da brotação ao ápice do sarmento (Figura 36). As aferições foram realizadas quinzenalmente, iniciadas no estágio fenológico BBCH 57 (Inflorescências totalmente desenvolvidas, flores se separando) (PAGAY; ZUFFEREY; LAKSO, 2016; WÜRZ, 2018).

Devido ao fato de o vinhedo ser conduzido em sistema manjedoura, a empresa realiza o desponte dos ramos que ultrapassam a altura do terceiro arame. Esse desponte é realizado próximo à época da '*Veraison*' (também chamado de pintor), estágio fenológico BBCH 81, na altura do arame. Pela interferência do manejo da empresa, os ramos foram mensurados até a realização do desponte.

No momento da colheita foram mensuradas as demais variáveis vegetativas:

b) **Número de sarmentos:** Contagem do número total de sarmentos por planta (ZALAMENA *et al.*, 2013; WÜRZ, 2018);

c) **Comprimento médio do entrenó do sarmento (cm):** Os quatro ramos selecionados para a mensuração do comprimento de sarmento durante a safra foram mensurados no momento da colheita, utilizando a mesma fita métrica, e foi contado o número de entrenós do ramo, onde o quociente do comprimento do sarmento dividido pelo seu número de entrenós resulta no comprimento médio do entrenó do sarmento (ZALAMENA *et al.*, 2013; WÜRZ, 2018);

Figura 36 - Mensuração do comprimento dos sarmentos.



Fonte: O autor, 2023.

d) **Diâmetro a altura da 1ª e 10ª gema do sarmento (cm):** Juntamente com a contagem de folhas, foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital (Modelo 150mm - MTX, precisão $\pm 0,01$ mm) o diâmetro do sarmento na altura da primeira e décima gema (ZALAMENA *et al.*, 2013; WÜRZ, 2018);

e) **Área foliar estimada por planta (m^2 planta⁻¹):** Foram selecionados oito sarmentos por tratamento (2 por planta, sendo uma de cada face da manjedoura), localizados no terço médio do cordão esporonado. Mediu-se o comprimento da nervura central de todas as folhas do ramo utilizando uma régua graduada em cm (precisão ± 1 mm).

A área foi obtida segundo o modelo matemático obtido por BORGHEZAN *et al.* (2010) para a cultivar Cabernet Sauvignon, seguindo a equação (1):

$$y = 1,1265x^{2,0445} \quad (1)$$

Onde, “y” corresponde à área foliar a ser estimada (cm²) e “x” corresponde ao comprimento médio da nervura central da folha (cm). Após o cálculo da área foliar, utilizou-se a equação (2) para o cálculo da área foliar total (m² planta⁻¹):

$$\text{Área foliar estimada} = \frac{N^{\circ} \text{ de folhas} \times N^{\circ} \text{ de sarmentos} \times \text{área foliar (cm}^2\text{)}}{10000} \quad (2)$$

3.4.2 Variáveis Ecofisiológicas

Os parâmetros ecofisiológicos avaliados nas 3 safras foram:

a) **Índice de clorofila (SPAD):** As mensurações foram realizadas nos seguintes estágios fenológicos da videira: BBCH 57 (Inflorescência separada), BBCH 65 (Plena floração), BBCH 73 (Grão chumbinho), BBCH 75 (Grão ervilha), BBCH 81 (*Veraison*) e BBCH 89 (Colheita). Utilizou-se o equipamento SPAD-502 PLUS (Konica Minolta, INC., Japão), que mede mínimas variações da coloração verde e é um indicativo da concentração de clorofilas nas folhas. Foram medidas 6 folhas do terço médio dos ramos selecionados para a mensuração do comprimento do sarmento (Figura 37) (CASTAÑEDA *et al.*, 2018; WÜRZ, 2018).

b) **Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%):** As mensurações foram realizadas em três estágios: fenológicos BBCH 65 (Plena floração), BBCH 81 (*Veraison*) e BBCH 89 (Colheita). Utilizaram-se o Sensor Quântico LI-190R, que mede a Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR), o Sensor Quântico de linha LI-191R, que mede o PAR integrado em seu comprimento de 1 metro. Ambos medem a luz em unidades de Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos (PPFD), que é expressa como $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Ambos foram acoplados ao LI-1500 Light Sensor Logger para registrar a radiação fotossinteticamente ativa.

As plantas usam luz na faixa de comprimento de onda de cerca de 400 a 700 nm para conduzir a fotossíntese. A eficiência com a qual as plantas usam a luz varia um pouco nessa faixa, mas medir o PAR fornece uma maneira consistente de prever a resposta fotossintética da

planta, independentemente do espectro da fonte de luz. A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) pelas plantas foi calculada utilizando a equação (3):

$$IRFA (\%) = \left(\frac{ARFA - TRFA}{ARFA} \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde, IRFA é o índice de radiação solar interceptada em %; ARFA é a radiação fotossinteticamente ativa incidente no vinhedo, medida sobre o dossel, na ausência de interceptação da radiação pelo dossel vegetativo (utilizando o primeiro sensor citado); TRFA é a radiação fotossinteticamente ativa transmitida pela videira, ou seja, a que não foi interceptada pelo dossel (utilizando o sensor de linha), sendo esta realizada as leituras em três posições: 1) perpendicular ao cordão esporonado; 2) transversalmente ao cordão esporando; 3) na altura do primeiro arame do sistema de condução, perpendicular às folhas, na face inferior (Figura 38).

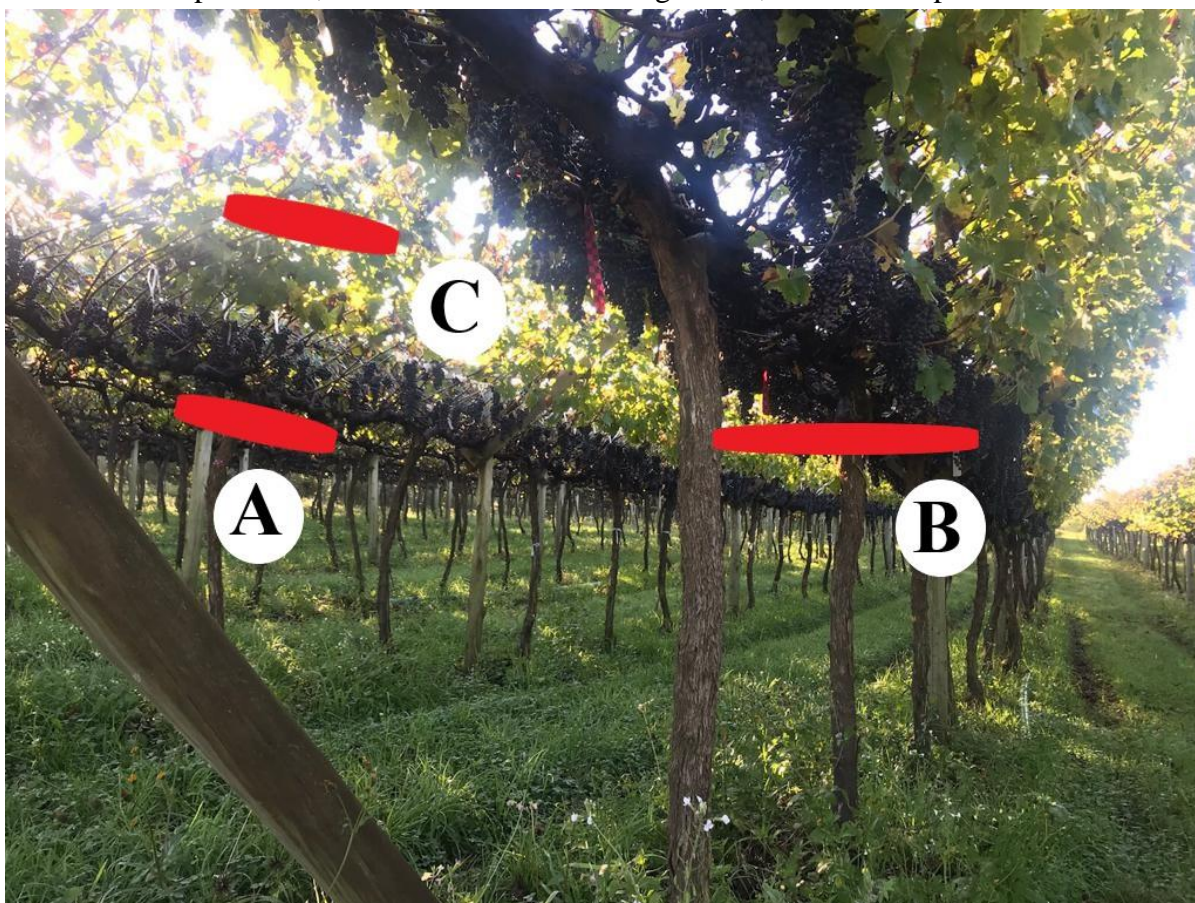
Figura 37 - Mensuração do índice de clorofila (SPAD) em folha do terço médio do sarmento.



Fonte: O autor, 2023.

As aferições foram realizadas no período das 12 às 14h, quando o sol está no zênite, em dias nublados, de acordo com o indicado no manual do aparelho (Figura 39). Todas as mensurações foram realizadas na face Nordeste da manjedoura, para todas as unidades experimentais (CHAVARRIA *et al.*, 2009; CARDOSO *et al.*, 2010).

Figura 38 - Posições onde foram realizadas as mensurações da Radiação Fotossinteticamente Ativa utilizando o Sensor Quântico de linha LI-191R, que mede o PAR integrado em seu comprimento de 1 metro. A – Paralelo ao cordão esporonado; B – Transversalmente ao cordão esporonado; C – Paralelo ao dossel vegetativo, na altura do primeiro arame.



Fonte: O autor, 2023.

c) **Fertilidade de gemas (%) e Número de cachos por gema:** Coletou-se 24 sarmentos do ano de cada tratamento, no momento a poda das plantas (BBCH 01. Foram selecionados sarmentos oriundos do esporão, situados na posição mediano do braço do cordão.

As gemas foram individualizadas e separadas de acordo com suas posições no ramo, sendo: Gemas basais (1^a a 3^a), gemas medianas (4^a a 7^a) e gemas apicais (8^a a 10^a). Cada segmento do ramo contendo uma gema foi disposto em bandejas de plástico com espuma fenólica hidratada. As bandejas foram colocadas em câmara com temperatura, fotoperíodo e umidade controlados (Fitotron) com 60% de umidade relativa, temperatura de 20°C e 14 horas de luz por dia com intensidade de 300-400 $\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (ANDREINI et al., 2009).

As gemas foram classificadas em férteis ou não férteis de acordo com a presença ou ausência da inflorescência, através de avaliação visual feita 15 e 30 dias após elas serem colocadas em condições favoráveis a brotação. Gemas que não brotaram foram contabilizadas como mortas.

Também foram contabilizados o número de inflorescências visíveis, resultando no número de cachos potenciais daquela gema (WÜRZ *et al.*, 2019a; MENEGUZZI *et al.*, 2020).

Figura 39 - Leitura da Radiação Fotossinteticamente Ativa sendo realizada paralelamente ao cordão esporonado.



Fonte: O autor, 2023.

3.4.3 Variáveis Produtivas

Durante as colheitas (Figura 40), foram mensurados os dados produtivos a campo. As colheitas ocorreram nos dias 16/04/2019, 31/03/2020 e 29/03/2021. Foram coletadas amostras de cachos para posteriores análises e microvinificações em laboratório. As variáveis produtivas avaliadas nas 3 safras foram:

a) **Número de cachos planta⁻¹**: Foram contabilizados os números de cachos de cada planta. A produção por planta foi determinada pesando o total dos cachos colhidos por

planta, utilizando uma balança eletrônica de campo (Balança computadorizada Urano US 30/2 MULTI 30 kg, precisão $\pm 0,1$ kg) (ZALAMENA *et al.*, 2013; MARCON FILHO *et al.*, 2015);

b) **Produtividade estimada ($t\ ha^{-1}$):** foi obtida através da multiplicação da produção por planta pela densidade de plantio (ZALAMENA *et al.*, 2013; MARCON FILHO *et al.*, 2015);

c) **Índice de fertilidade dos sarmentos:** Foi obtido através do número de cachos e do número de sarmentos de cada planta (MUNHOZ *et al.*, 2016; WÜRZ, 2018). Utilizou-se a equação (4):

$$\text{Índice de fertilidade} = \frac{N^{\circ} \text{ de cachos}}{N^{\circ} \text{ de sarmentos}} \quad (4)$$

d) **Índice de Ravaz:** É o quociente entre a massa dos cachos (kg), produzida por uma determinada planta, e a massa dos sarmentos (kg) produzidos pela mesma planta, mensurado na época da poda de frutificação. Foi utilizada a mesma balança utilizada na colheita para a mensuração da massa do material vegetativo retirado da planta na poda de frutificação (MARCON FILHO *et al.*, 2015).

e) **Relação Área foliar/Produção ($m^2\ kg^{-1}$):** É o quociente obtido da divisão da área foliar total por planta pela produção desta planta.

Foram coletadas amostras de 10 cachos para cada parcela. Essas amostras foram levadas para câmara fria e foram então avaliadas no laboratório Núcleo de Tecnologia de Alimentos 2 (NUTA 2) do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC). Foram avaliadas as seguintes variáveis produtivas:

f) **Massa de cacho, massa da raquis e massa de 50 bagas (g) e número de bagas cacho⁻¹:** Mensurou-se as massas individuais dos cachos amostrados, posteriormente a massa da sua raquis e após a contagem do número de bagas de cada cacho, separou-se 50 bagas aleatórias dos cachos amostrados para cada parcela, que foram então pesadas. Utilizou-se uma balança semi-analítica (AD500S - Marte, Precisão $\pm 0,001$ g) (DE MACEDO *et al.*, 2015);

g) **Comprimento de cacho e Índice de compactação do cacho (IC):** O comprimento do cacho foi obtido pela mensuração do comprimento de toda a extensão com bagas, desde a baga mais superior e próxima a inserção do cacho no ramo, até a extremidade da baga mais inferior ou mais oposta a inserção do cacho no ramo. Utilizou-se uma régua

milimetrada para a mensuração (Precisão $\pm 0,1$ cm) (DE LORENZIS *et al.*, 2016). O Índice de compactação do cacho foi obtido através da equação (5) proposta por TELLO; BANEZ (2014).

$$IC = \frac{\text{massa de cacho (g)}}{[\text{Comprimento de cacho (cm)}]^2} \quad (5)$$

Figura 40 - Realização da última colheita do experimento e separação das amostras de cachos das parcelas (A); Análises físico-químicas dos cachos coletados no laboratório (B); Casca sendo separada da polpa e colocada em papel toalha para retirada do excesso de umidade (C).



Fonte: O autor, 2023.

a) **Relação ráquis cacho⁻¹(RRC) e Relação casca polpa⁻¹ (RCP) (%)**: A relação ráquis cacho⁻¹ foi obtida pela relação da massa da ráquis pela massa do cacho de onde ela foi retirada. A relação casca polpa⁻¹ foi obtida através da massa de 50 bagas da parcela, separando-se a polpa da casca para cada baga, então as cascas foram deixadas em papel toalha (Figura 40) (com a função de absorver a umidade das cascas) até estarem secas, onde as 50 cascas foram pesadas com o auxílio da balança semi-analítica (RIZZO; MIELLE, 2006; CHAVARRIA *et al.*, 2009). As equações utilizadas para a obtenção destas relações são as seguintes [(6) e (7)]:

$$RRC = \left[\frac{\text{massa da ráquis (g)}}{\text{massa do cacho (g)}} \right] \times 100 \quad (6)$$

$$RCP = \left[\frac{\text{massa de 50 cascas (g)}}{\text{massa de 50 bagas (g)}} \right] \times 100 \quad (7)$$

3.4.4 Variáveis Econômicas

Os manejos em questão foram realizados somente pelo autor, para que não houvesse discrepância no tempo necessário para a efetuação destes. As seguintes variáveis econômicas foram avaliadas (SARTORI; GAMBELLA, 2014; WÜRZ, 2018):

a) **Tempo para poda, desbrota, condução dos sarmentos, desfolha e colheita (min planta⁻¹)**: Cronometrou-se o tempo necessário para a realização destes 5 manejos, a fim de determinar o custo operacional do manejo das videiras. Foram cronometrados os manejos individuais das duas plantas centrais da parcela.

A poda foi realizada de acordo com os 5 níveis de cargas de gema, utilizando uma tesoura de poda (No.103/200mm - OKATSUNE). A desbrota foi realizada após o término da brotação (BBCH 13, duas ou três folhas separadas). Retirou-se as brotações indesejadas do cordão e do tronco da planta, ou seja, todas as brotações que não eram provenientes da gema franca deixada na poda de frutificação.

A condução dos sarmentos foi realizada quando os ramos alcançaram a altura do primeiro arame do sistema de condução (aproximadamente 35 cm em relação ao cordão da planta). Utilizou-se um alceador de ramos (ADP - AMIGODOPRODUTOR®) e fita plástica para alceador. Contabilizou-se o tempo necessário para a condução dos dois lados da planta, alceando os ramos no primeiro arame do sistema de condução.

Figura 41 - Altura da desfolha e disposição da condução dos sarmentos da videira Cabernet Sauvignon.



Fonte: O autor, 2023.

A desfolha aconteceu no estágio fenológico BBCH 75 (Grão ervilha), onde foram retiradas as folhas e feminelas (ramo neto) da base do sarmento até a altura do cacho. Ramos

sem cacho foram desfoliados até a mesma altura (Figura 41). Todos os ramos da planta foram desfoliados para a contabilização do tempo necessário.

A colheita foi realizada com o auxílio de uma tesoura de colheita (Okatsune 104/210mm C/ 2 Molas Gg) e uma caixa plástica com alça para colheita (CN 17 – Pisani). As uvas foram colhidas seguindo as normas da empresa, com cuidado para que os frutos não sofressem dano mecânico. As uvas foram acomodadas em caixa plástica agrícola.

b) **Manejo total do vinhedo (dias ha⁻¹):** Obtido pela soma dos tempos necessários para a realização dos manejos de poda, desbrota, desfolha, condução e colheita por planta. Para ser expresso em dias ha⁻¹, levou-se em consideração a densidade de plantas do vinhedo experimental e o período de 8 horas, que representam um dia de trabalho. Utilizou-se as seguintes equações [(8) e (9)]:

$$\begin{aligned}
 mt \text{ (min planta}^{-1}\text{)} \\
 &= t \text{ poda (min)} + t \text{ desbrota (min)} + t \text{ condução (min)} \\
 &+ t \text{ desfolha (min)} + t \text{ colheita (min)}
 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\text{Manejo total (dias ha}^{-1}\text{)} = \left(\frac{\text{população (plantas ha}^{-1}\text{)} \times mt}{60} \right) \div 8 \tag{9}$$

Onde:

t: tempo (min);

mt: Manejo total expresso em min planta⁻¹;

população: É o quociente de 10.000 m² (1 hectare) pelo produto do espaçamento do vinhedo (nesse caso, 3,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas).

c) **Mão de obra (min/kg de uva):** Esta variável se refere a quantidade de tempo para a realização do manejo é necessário em relação a quantidade de uva que é produzida. Foi calculada utilizando a equação (10):

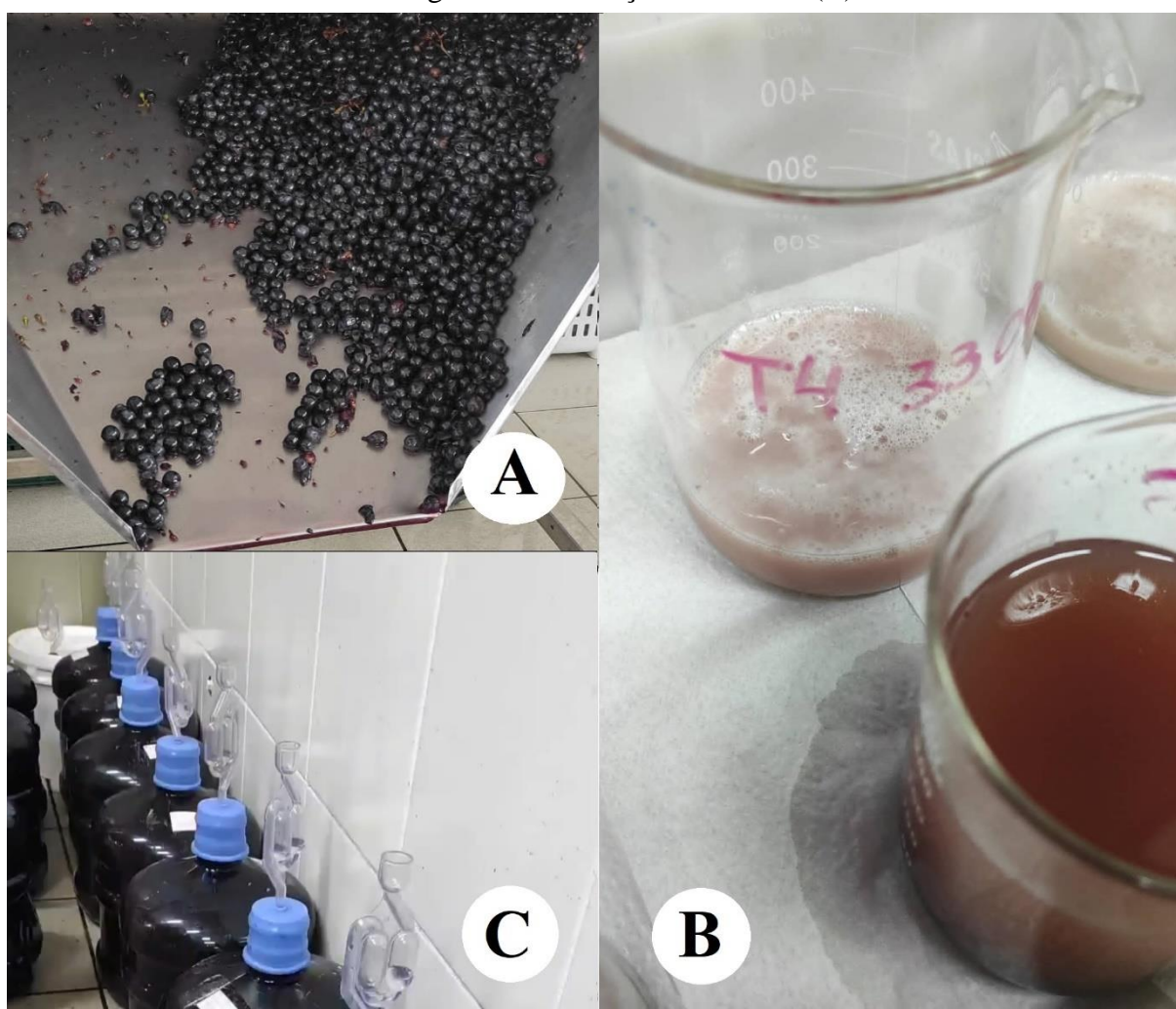
$$\text{Mão de obra (min/kg de uva)} = \frac{mt}{\text{produção (kg planta}^{-1}\text{)}} \tag{10}$$

3.4.5 Microvinificações

No momento da colheita de cada safra avaliada, foram coletados 20 kg de uva para cada tratamento, a fim de realizar as microvinificações. As microvinificações foram realizadas na Cantina experimental do Laboratório de Enologia do CAV/UDESC.

Figura 42 - Desengace realizado por máquina das uvas coletadas para a microvinificação (A);

Realização do pé de cuba dos vinhos, sendo realizado de acordo com as instruções do fabricante e individualmente para cada fermentador (B); fermentadores das diferentes parcelas em estágio de fermentação malolática (C).



Fonte: O autor, 2023.

As amostras passaram por desengaçadeira (Figura 42), separando-se as bagas das ráquis. A amostra de cada tratamento foi dividida em três repetições, contendo o mesmo volume, que foram colocadas em fermentadores adaptados com batoque hidráulico, nos quais foram adicionados metabissulfito de potássio na concentração de $0,12 \text{ g kg}^{-1}$.

Posteriormente, adicionou-se as enzimas pectolíticas ($0,02 \text{ g kg}^{-1}$) (ENDOZYM® Éclair, AEB) e o pé de cuba utilizando leveduras secas ativas (*Saccharomyces cerevisiae*) (FERMOL® Red Fruit, AEB) na proporção de $0,20 \text{ g L}^{-1}$. O pé de cuba foi realizado seguindo as instruções do fabricante (Figura 42). Não foi realizada a correção do açúcar do mosto.

O tempo de maceração com as cascas foi de 7 dias, com duas remontagens diárias, através da técnica de ‘*Pigéage*’. Após o sétimo dia de maceração ocorreu a descuba do mosto em fermentação, sendo realizada a limpeza total da prensa entre cada tratamento, para não haver a mescla de mosto dos diferentes tratamentos. A fermentação alcoólica ocorreu em uma sala climatizada com temperatura controlada ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

O vinho foi trasfegado três vezes durante todo o processo, até que se observou o fim da fermentação malolática. Utilizou-se diferentes volumes de fermentadores, para que não houvesse a necessidade de se fazerem atestos (Figura 42). Finalizada a fermentação malolática, os vinhos foram armazenados em câmara fria a $1^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 30 dias para estabilização tartárica.

Posteriormente foram envasados em garrafas de 750mL. Neste momento, foram retiradas amostras que congeladas em ultra-freezer a -80°C para posteriormente serem analisadas. Após, as garrafas foram armazenadas em sala climatizada a 18°C por um período de 12 meses para avaliação.

3.4.6 Análise físico-química dos mostos e dos vinhos

Após as análises físicas de cachos serem realizadas, separou-se 50 bagas aleatórias de cada parcela. No mosto obtido pela maceração da polpa, foram determinados os sólidos solúveis (°Brix), a acidez total titulável (meq L^{-1}) e o pH, conforme a metodologia proposta pelo *INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE* (OIV, 2018) e por Rizzon (2010), para a determinação da maturação tecnológica (RIZZON; MIELLE, 2001).

a) **Teor de sólidos solúveis (°Brix):** Determinou-se utilizando um refratômetro digital para açúcar (B427286 – Atago). O aparelho foi calibrado com água destilada, em seguida o mosto foi distribuído sobre o prisma (Figura 43), a leitura foi realizada.

b) **Acidez titulável (meq L^{-1}):** Obtida através da titulação do mosto (Figura 43) com solução alcalina padronizada de hidróxido de sódio 0,1 N, utilizando como indicador azul de bromotimol (4 g L^{-1}), até o ponto de viragem do indicador. Foi utilizada uma bureta digital (K3-0050 – Kasvi, precisão $\pm 0,01 \text{ mL}$) A solução de hidróxido de sódio foi padronizada com a utilização de uma solução de Biftalato de potássio (0,0245 N). Utilizou-se a equação (11) para o cálculo da acidez titulável:

$$\text{Acidez titulável (meq L}^{-1}\text{)} = \frac{V \times f \times 1000}{v} \quad (11)$$

Onde:

V = volume de solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação (mL);

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1 N;

v = volume da amostra (mL).

Observação: Para expressar o resultado em litros, utiliza-se o 1000 no denominador.

c) **Potencial hidrogeniônico (pH):** Mensurou-se utilizando um potenciômetro de bancada (Phb500 - Ion, precisão $\pm 0,01$), após calibração em soluções tampões conhecidas de pH 4,0 e 7,0 (Figura 43).

Figura 43 - A) Mensuração de sólidos solúveis; B) Titulação das amostras de mosto; C) Mensuração do potencial hidrogênico.



Fonte: O autor, 2023.

As variáveis acidez titulável e potencial hidrogênico também foram realizadas nas amostras de vinho, utilizando a mesma metodologia. Além destas, foram mensuradas as demais variáveis:

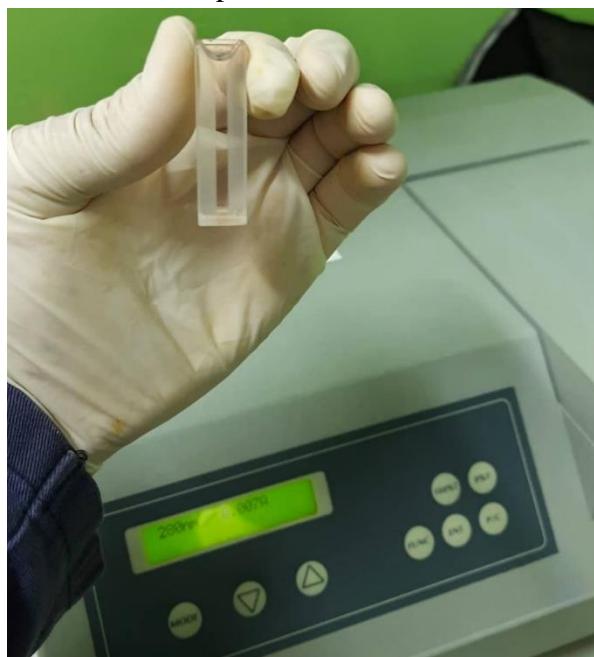
d) **Intensidade e Tonalidade de cor:** Baseou-se na leitura da absorção das amostras em espectrofotômetro (Espectrofotômetro UV-Visível 190-1100 Nm Bivolt - Kasvi) nos comprimentos de onda de 520 nm, 420 nm e 620 nm (RIZZON, 2010). Utilizou-se cubetas de quartzo de 1 mm de percurso ótico para vinho tinto e como amostra em branco foi utilizada

água destilada (Figura 44). A soma dos valores da absorbância a 420 nm, 520 nm e 620 nm corresponde à intensidade de cor do vinho, enquanto a relação entre os valores da absorbância a 420 nm e 520 nm representa a tonalidade do vinho. Foram utilizadas as seguintes equações [(12) e (13)]:

$$\text{Intensidade de cor (A.U.)} = DO_{420nm}(A.U.) + DO_{520nm}(A.U.) + DO_{620nm}(A.U.) \quad (12)$$

$$\text{Tonalidade de cor} = \frac{DO_{420nm}(A.U.)}{DO_{520nm}(A.U.)} \quad (13)$$

Figura 44 - Realização das leituras de amostras e realização da leitura em branco utilizando o espectrofotômetro.



Fonte: O autor, 2023.

e) Extrato seco e cinzas do vinho (g L^{-1}): O extrato seco consistiu em obter o extrato seco por meio da pesagem do resíduo (RIZZON, 2010). Uma cápsula de níquel de tamanho oficial e limpa foi deixada à estufa a 105°C por uma hora. Após esfriar no dessecador, pesou-se a cápsula na balança analítica. Posteriormente se pipetou 25 mL de vinho e se transferiu para a cápsula de níquel. Em banho-maria, o vinho foi deixado por três horas, e posteriormente se deixou por uma hora em estufa a 105°C . Após esfriar no dessecador, pesou-se a cápsula com o resíduo na balança analítica. Utilizou-se a equação (14) para a obtenção do valor do extrato seco (g L^{-1}):

$$\text{Extrato seco} = \frac{\text{massa da cápsula com resíduo (g)} - \text{massa da cápsula}}{\text{volume da amostra (mL)}} \times 1000 \quad (14)$$

Após a obtenção da massa da cápsula com o resíduo do vinho, as cápsulas foram deixadas por 6 horas em um forno Mufla (LF4210 - Jung) para a incineração do extrato seco da amostra e obtenção das cinzas do vinho (RIZZON, 2010). A temperatura utilizada foi de 600°C. Finalizado o processo, no dia posterior as cápsulas foram retiradas do forno Mufla e deixadas em dessecadores até resfriarem, para em seguida a sua massa ser novamente aferida em balança analítica. A equação (15) foi utilizada para obtenção do valor de cinza do vinho (g L⁻¹):

$$\text{Cinzas (g L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{massa da cápsula com as cinzas (g)} - \text{massa inicial da cápsula (g)}}{\text{volume da amostra (mL)}} \times 1000 \quad (15)$$

f) **Teor alcoólico em volume (%)**: O teor alcoólico em volume é o número de litros de etanol contidos em 100 L de vinho (homólogos do etanol, juntamente com o etanol e ésteres do etanol os homólogos são incluídos no teor alcoólico, uma vez que ocorrem no destilado), sendo ambos os volumes medidos à temperatura de 20°C (RIZZON, 2010; OIV 2018). Destilou-se o 100 ml do vinho alcalinizado por 10 ml de uma suspensão de hidróxido de cálcio (20%) (Figura 45). Posteriormente se mensurou a massa do destilado utilizando um Picnômetro em vidro sem termômetro (25mL) e uma balança analítica (Balança Analítica Ay-220 - 220g X 0,0001g - Marte/Shimadzu), em sala com temperatura controlada (20°C). Também foi mensurada a massa do picnômetro com água destilada e do picnômetro vazio (Figura 45). Utilizou-se para o cálculo da densidade do destilado a equação (16):

$$\text{Densidade destilado} = \frac{\text{massa do picnômetro com destilado (g)} - \text{massa do picnômetro vazio (g)}}{\text{massa do picnômetro com H}_2\text{O destilada (g)} - \text{massa do picnômetro vazio (g)}} \quad (16)$$

O teor alcoólico (%) da amostra foi obtido comprando-se o valor da densidade da amostra a 20°C com o valor da tabela de percentagem de álcool em relação à densidade da solução hidroalcóolica (OIV, 2018).

Figura 45 - A) Destilação da amostra de vinho; B) Aferição da massa da amostra no picnômetro em balança analítica.



Fonte: O autor, 2023.

g) **Antocianinas livres (mg L^{-1}):** Determinou-se o teor de antocianinas dos vinhos pelo método de espectrofotometria (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 1998; RIZZON, 2010). Este método previu a preparação de duas amostras para leitura em espectrofotômetro. A primeira amostra (ácida) foi composta por 1 mL de amostra de vinho, 1 mL de etanol com 0,1% de ácido clorídrico e 10 mL de ácido clorídrico a 2% ($\text{pH} = 0,8$). A segunda amostra (tampão) continha 1 mL de amostra de vinho, 1 mL de etanol com 0,1% de ácido clorídrico e 10 mL de solução tampão ($\text{pH} = 3,5$), preparada com fosfato dissódico 0,2 M e ácido cítrico 0,1 M (Figura 46). A leitura da absorbância (A.U.) foi realizada no comprimento de onda de 520 nm, utilizando água destilada como amostra em branco. A concentração de antocianina livre foi obtida pela equação (17):

$$\text{Antocianinas livres (mg L}^{-1}\text{)} = 388 \times [\text{amostra ácida (A.U.)} - \text{amostra tampão (A.U.)}] \quad (17)$$

h) **Polifenóis totais (mg EAG L^{-1}):** Determinou-se pelo método de Folin-Ciocalteu baseado na capacidade dos compostos fenólicos do vinho se oxidarem com o reagente de Folin-Ciocalteu, usando o método descrito por Singleton *et al.* (1999), com algumas modificações. Em sala com ausência de luminosidade, foram adicionados a tubos de ensaio revestidos de papel alumínio 7,9 mL de água destilada, 0,1 mL da amostra de vinho e 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu. Após 3 minutos, foi adicionado aos tubos 1,5 mL de carbonato

de sódio (Na_2CO_3 20%), e em seguida, deixado no escuro por duas horas para incubação. A absorbância das amostras foi então medida com um espectrômetro no comprimento de onda de 765 nm. Construiu-se uma curva de calibração de ácido gálico (0, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 e 1000 mg L^{-1}) para calcular o teor de polifenóis totais (Figura 46) expresso em termos de equivalentes de ácido gálico (EAG).

Figura 46 - A) Tubos de ensaio com amostra acidificada e amostra tamponada para análise de antocianinas livres; B) Tubos de ensaio contendo as diferentes concentrações do padrão de ácido gálico para construção da curva de calibração da análise de polifenóis totais.



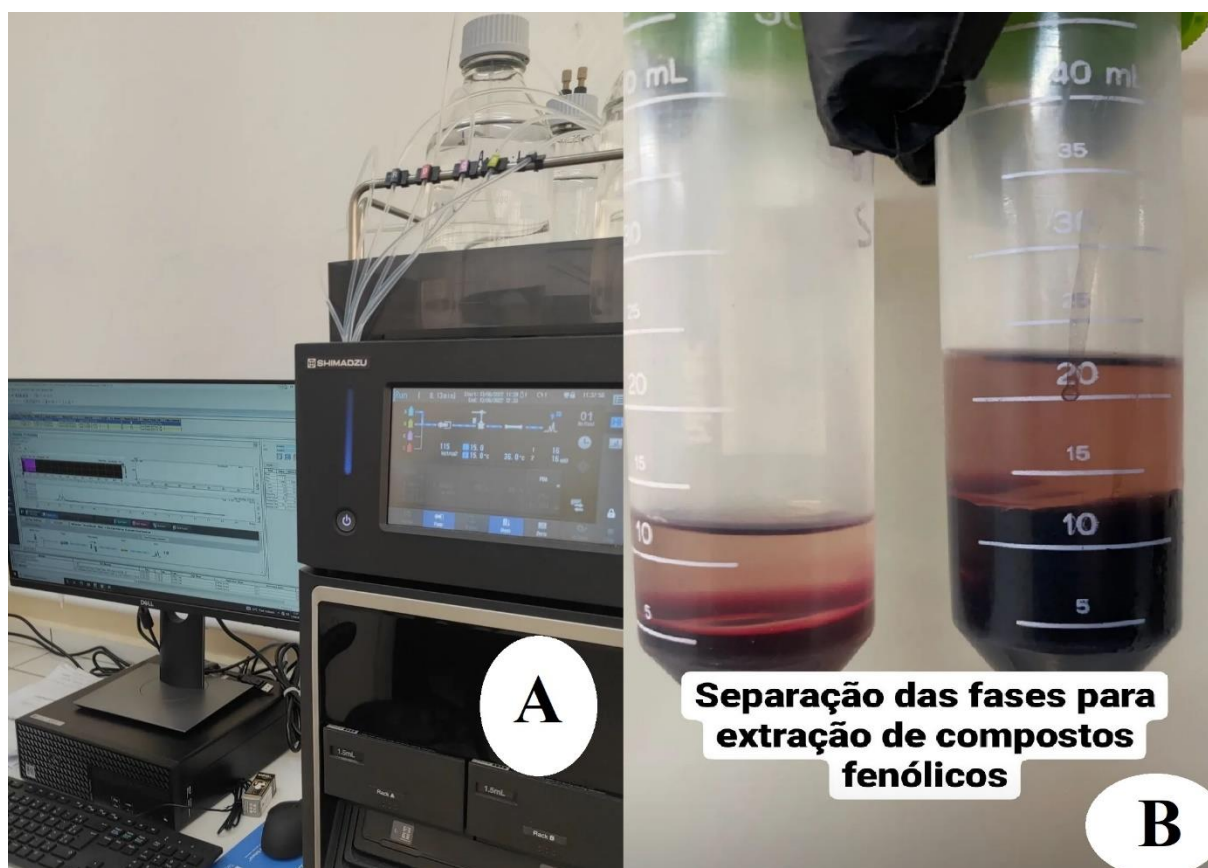
Fonte: O autor, 2023.

3.4.7 Análise do Perfil Fenólico dos vinhos

Os compostos fenólicos dos vinhos foram quantificados em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) de acordo com metodologia descrita por Paixão *et al.* (2008) com modificações (Figura 47).

Os reagentes utilizados na realização das análises como metanol ($\geq 99,9\%$, Fluka), ácido acético ($\geq 99,7\%$, Sigma -Aldrich) e metanol ($\geq 99,8\%$, Biotec) foram de grau cromatográfico. A água utilizada para as análises foi obtida através de sistema de purificação Milli-Q, Sistema Simplicity UV (Millipore, Massachusetts, USA).

Figura 47 - Análise do perfil fenólico dos vinhos sendo realizada no aparelho de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) (A); Extração dos compostos fenólicos do vinho para posterior análise do perfil fenólico (B).



Fonte: O autor, 2023.

Todos os padrões dos compostos fenólicos foram obtidos na Sigma-Aldrich, sendo todos de grau cromatográfico: Ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido *p*-cumárico, ácido sináptico, ácido sirínico, ácido transcinâmico, ácido vanílico, (+)-catequina, (-)-epicatequina, florizina, hyperoside, mircetina, resveratrol, rutina.

As soluções de estoque de cada padrão foram preparadas em solução 1:1 metanol (°HPLC) e água Milli-Q, mantidas armazenadas a -18 °C.

As amostras foram submetidas a uma extração líquido-líquido dos compostos fenólicos do vinho (Figura 47). Acidificou-se 5 mL da amostra de vinho para pH 2,0 com ácido clorídrico ($\text{HCl } 3 \text{ mol L}^{-1}$), como auxílio de um titulador automático (Titroline 5000 - SI ANALYTICS). Posteriormente, 5 mL de solução de acetato de etila foi adicionado e a mistura resultante foi submetida a um Agitador de Tubos Vortex (AV-2 - Gehaka) por 1 min. As fases líquida e orgânica foram separadas por centrifugação (Centrífuga Alta Velocidade CR22N - Hitachi), utilizando um tempo de 5 minutos, velocidade de rotação do motor de 3000 rpm e 4°C de temperatura interna da centrífuga. A fase superior (fase orgânica) foi colocada em um tubo

limpo. Este procedimento de extração foi realizado duas vezes, obtendo-se cerca de 10 mL do extrato, que foi posteriormente evaporado à secura em um rotaevaporador (RE-DM – 7Lab). O resíduo seco foi dissolvido em 5 mL de solução hidroalcolica 1:1 utilizada para a preparação dos padrões (PORGALI; BÜYÜKTUNCEL, 2012).

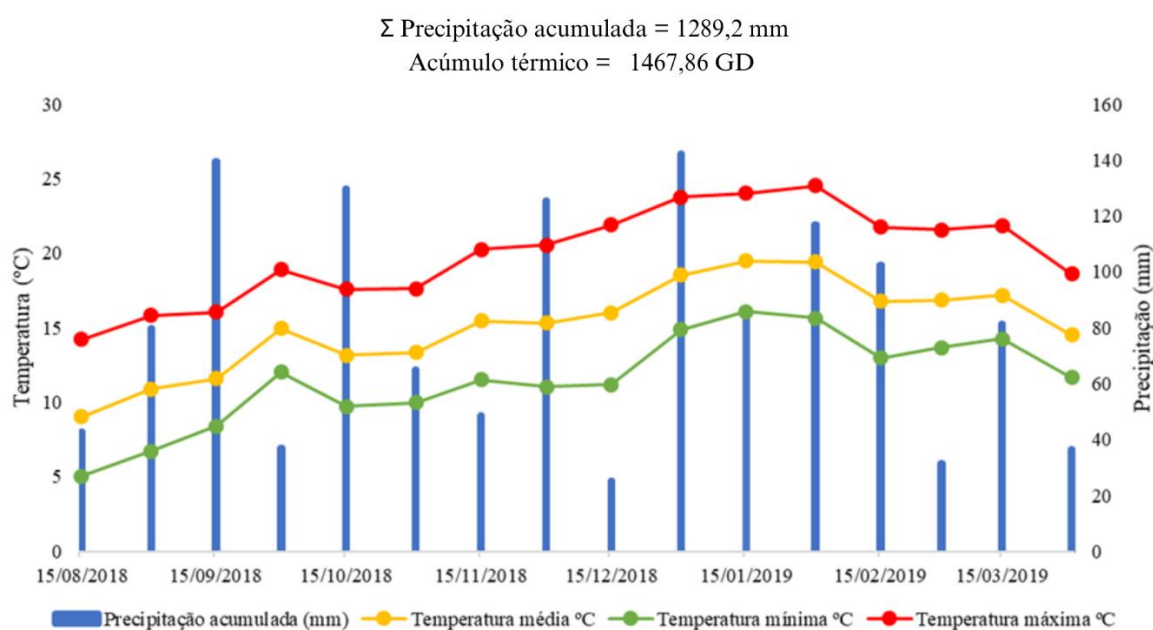
Todas as soluções de calibração e amostras utilizadas foram previamente filtradas em membrana com poros de 0,45 µm (Membrana PES-Kasvi) com uma seringa e colocadas no vial para injeção direta no sistema CLAE.

4 RESULTADOS

4.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

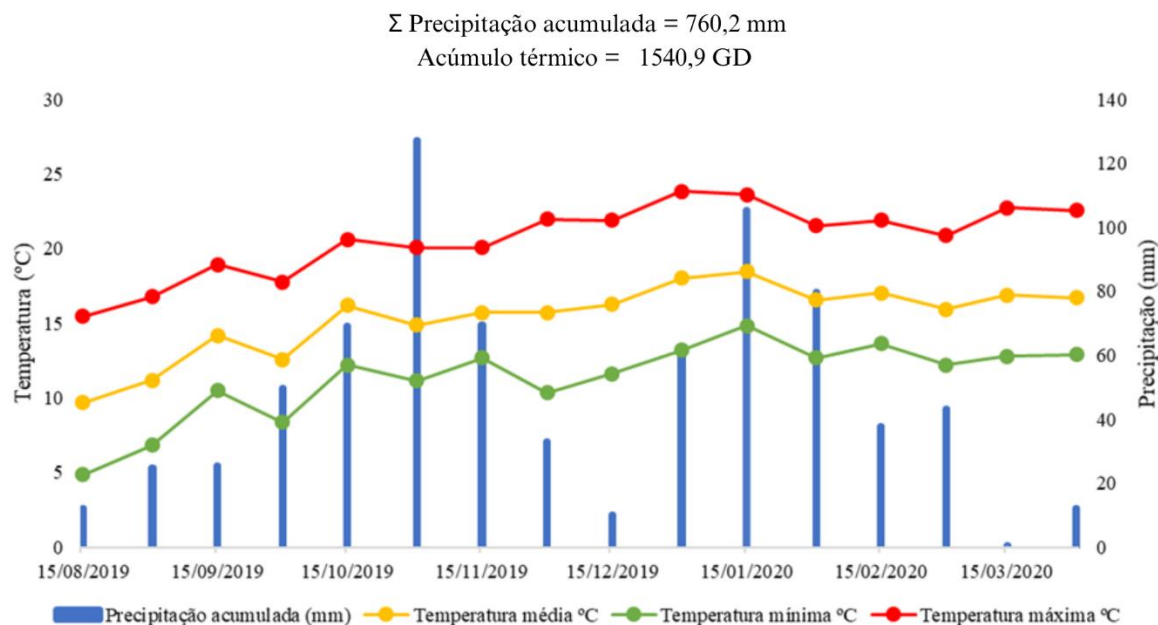
Ao analisar os dados meteorológicos (Figuras 48, 49 e 50), constata-se que a safra de 2019 teve a maior precipitação acumulada (1289,2 mm) durante o início período vegetativo até a colheita dos frutos da videira, seguida da safra de 2021 (1056 mm) e pôr fim a safra de 2020 (760,2 mm), sendo que nesta última, a precipitação acumulada representou quase a metade da safra de 2019 (41% menor).

Figura 48 - Precipitação acumulada quinzenal (mm), temperatura média (°C), temperatura mínima(°C) e temperatura máxima (°C) durante a safra de 2019 (de 1º de agosto a 16 de abril). A precipitação acumulada de toda a safra e a soma térmica (Graus-Dia) no mesmo período são apresentados no gráfico.



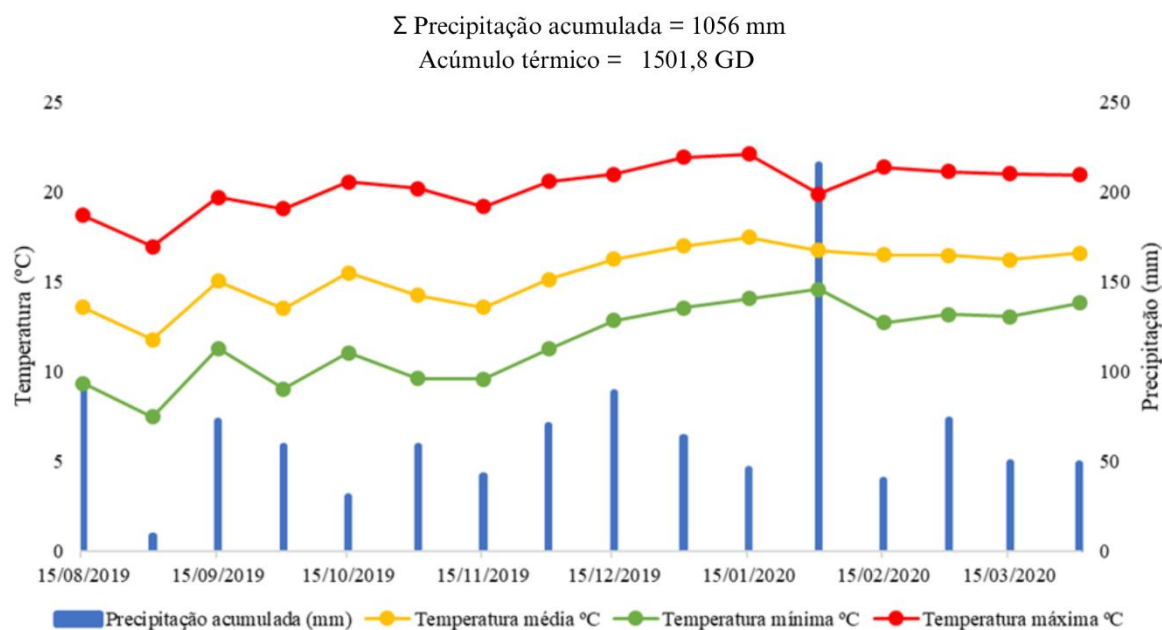
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 49 - Precipitação acumulada quinzenal (mm), temperatura média (°C), temperatura mínima(°C) e temperatura máxima (°C) durante a safra de 2020 (de 1º de agosto a 31 de março). A precipitação acumulada de toda a safra e a soma térmica (Graus-Dia) no mesmo período são apresentados no gráfico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 50 - Precipitação acumulada quinzenal (mm), temperatura média (°C), temperatura mínima(°C) e temperatura máxima (°C) durante a safra de 2021 (de 1º de agosto a 29 de março). A precipitação acumulada de toda a safra e a soma térmica (Graus-Dia) no mesmo período são apresentados no gráfico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

As chuvas da safra de 2019 foram distribuídas ao longo de todo o ciclo, com 8 quinzenas tendo um acúmulo superior a 100 mm, e uma quinzena próxima a colheita onde o acúmulo de precipitação foi de aproximadamente 80 mm.

Na safra 2020 apenas duas quinzenas acumularam mais do que 100 mm, sendo que estes marcam os dois períodos de maior precipitação pluviométrica desta safra, que acontecem da metade de outubro até metade de novembro, e durante o mês de janeiro. Além disto, o final do ciclo se caracterizou por um período de seca.

A safra 2021 teve as precipitações distribuídas uniformemente ao longo do ciclo, não ultrapassando 100 mm de acúmulo para cada quinzena. A exceção foi a quinzena final do mês de janeiro, onde houve um acúmulo de precipitações superior a 200 mm. Nota-se que foram três safras distintas tanto quanto a distribuição, quanto ao volume de precipitação acumulada durante o ciclo das plantas deste estudo.

Quanto a temperatura do ar, a temperatura média durante o ciclo da videira foi de 15,2°C na safra 2019, 15,4°C na safra de 2020 e 15,3°C na safra de 2021. As temperaturas médias no início do ciclo estão próximas aos 10°C e vão se elevando até janeiro. Entretanto, a safra de 2021 tem um início de ciclo com temperatura média ao redor dos 15°C, mais quente que as outras duas safras. Quanto as temperaturas no fim do ciclo, a safra de 2020 e 2021 mantém suas temperaturas médias similares ao que ocorre em janeiro, enquanto na safra de 2019 tem uma queda significativa na temperatura média do ar.

A temperatura média na fase de brotação foi de 13°C na safra 2019, 14 na safra 2020 e 15°C na safra 2021. Esta mesma temperatura foi a média na época de florescimento com exceção da safra 2020, onde ela se elevou a 16°C. Na época de *veraison* a temperatura média foi de 19°C na primeira safra, enquanto nas demais foi de 17°C. A amplitude térmica média da safra 2019 esteve próximo a 8°C, enquanto nas safras 2020 e 2021 esteve próximo a 9°C.

A safra 2020 teve o maior acúmulo de soma térmica (1540,9 GD), seguida da safra de 2021 (1501,8 GD) e pôr fim a safra de 2019 (1467,9 GD), onde houve uma redução de 4,7% em relação a de 2020.

Desta maneira, a safra de 2020 se destaca por temperaturas maiores, levando a um maior acúmulo de soma térmica, além da menor pluviosidade. A safra de 2019, de maneira oposta a 2020, caracteriza-se por menores temperaturas e alta pluviosidade, enquanto a safra de 2021 tem um comportamento intermediário, com uma pluviosidade próxima a safra de 2019, porém com temperaturas maiores, chegando a uma soma térmica muito mais próxima a safra de 2020.

4.2 CRESCIMENTO VEGETATIVO E PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS

Iniciando a análise dos parâmetros avaliados neste estudo, a variável comprimento médio dos ramos do ano teve efeito significativo das diferentes cargas de gema e dos dois porta enxertos na safra de 2019 (Figura 51). Quando se utilizou a carga de 50 gemas planta⁻¹, o comprimento médio do ramo (94,1 cm) foi maior do que quando utilizadas as cargas de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹. A diferença chegou a ser de 8,3 cm no comprimento médio do ramo, quando utilizada a carga de 150 gemas planta⁻¹.

O porta-enxerto Paulsen 1103 teve um comprimento médio de ramos maior do que o 3309 Couderc na safra 2019. O comprimento médio dos ramos foi de 95,2 cm utilizando o Paulsen 1103, 12,9 cm maior em relação ao 3309 Couderc.

Na figura 52 se observa o crescimento dos ramos de acordo com os diferentes tratamentos e porta-enxertos. Apesar de um valor *p* menor do 0,05 para a interação entre Tratamento * Porta-enxerto * Data, não houve efeito simples dos diferentes níveis de cargas de gema na poda sobre o comprimento médio do ramo das diferentes cargas de gema, dentro de cada porta-enxerto e data de avaliação.

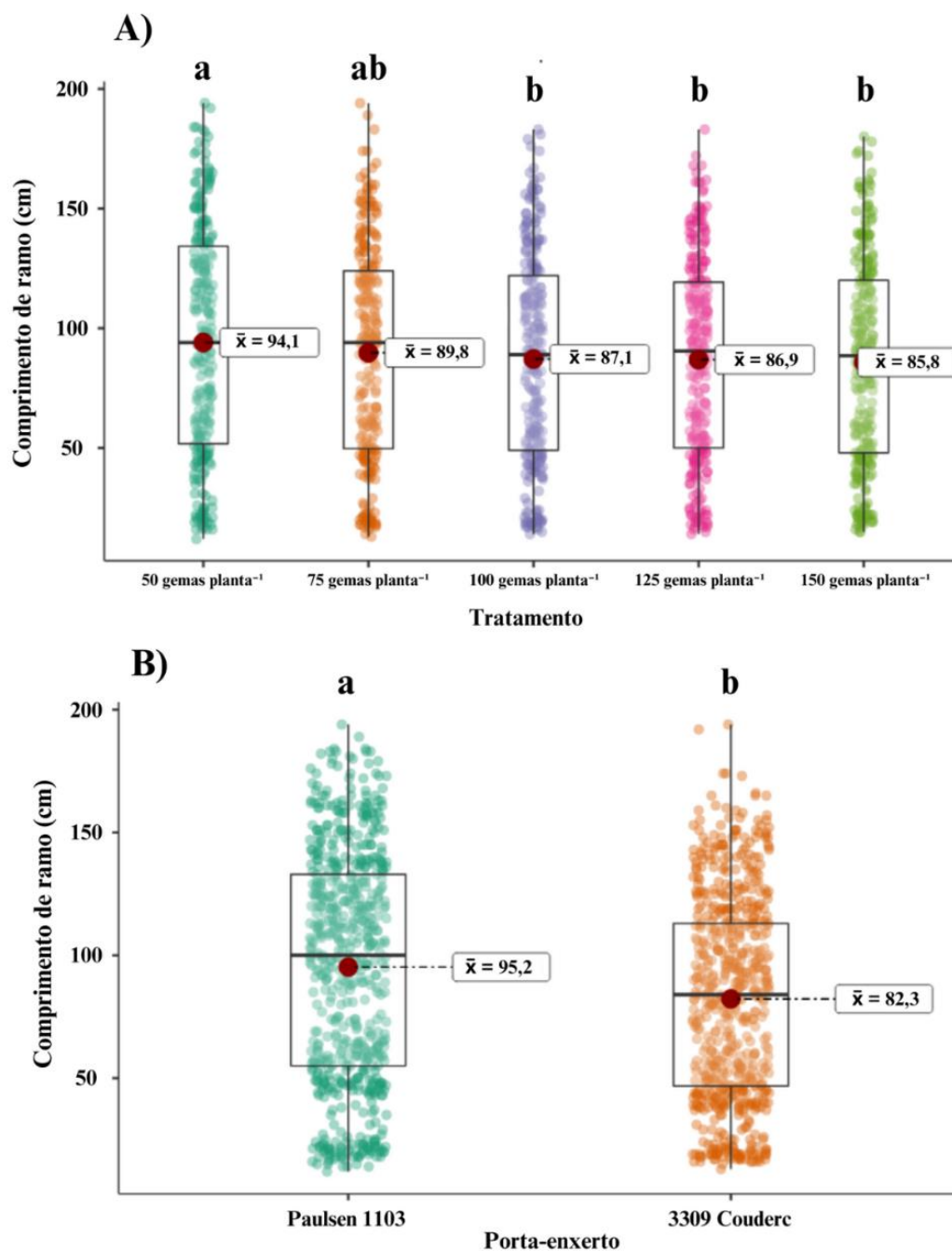
Em ambos os porta-enxertos e nas diferentes cargas de gema na poda de frutificação, o crescimento dos ramos teve um comportamento linear de crescimento. O comprimento aproximado dos ramos nos diferentes tratamentos e porta-enxertos era de 20 cm na primeira data de mensuração, 18 de outubro.

A última mensuração foi realizada no dia 01 de janeiro, anteriormente ao desponte realizado de maneira uniforme no vinhedo. Nesta data da safra de 2019, o comprimento médio dos ramos era de 171,6; 164,3; 161,6; 157,3 e 155,5 cm, respectivamente para as cargas de 50, 75, 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹ na poda, no porta-enxerto Paulsen 1103.

No 3309 Couderc, respectivamente para a mesma sequência de cargas de gema na poda de frutificação, os comprimentos médios de ramo foram 155,4; 148,1; 143,6; 142,6 e 137,2 cm.

Na safra 2020 (Figura 53) também houve efeito das diferentes cargas de gemas e dos porta-enxertos sobre o comprimento médio dos ramos. O comprimento médio dos ramos foi maior na carga de 50 gemas planta⁻¹ (88,7 cm) em comparação a utilização das cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹ (83,1 e 81 cm).

Figura 51 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2019. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.

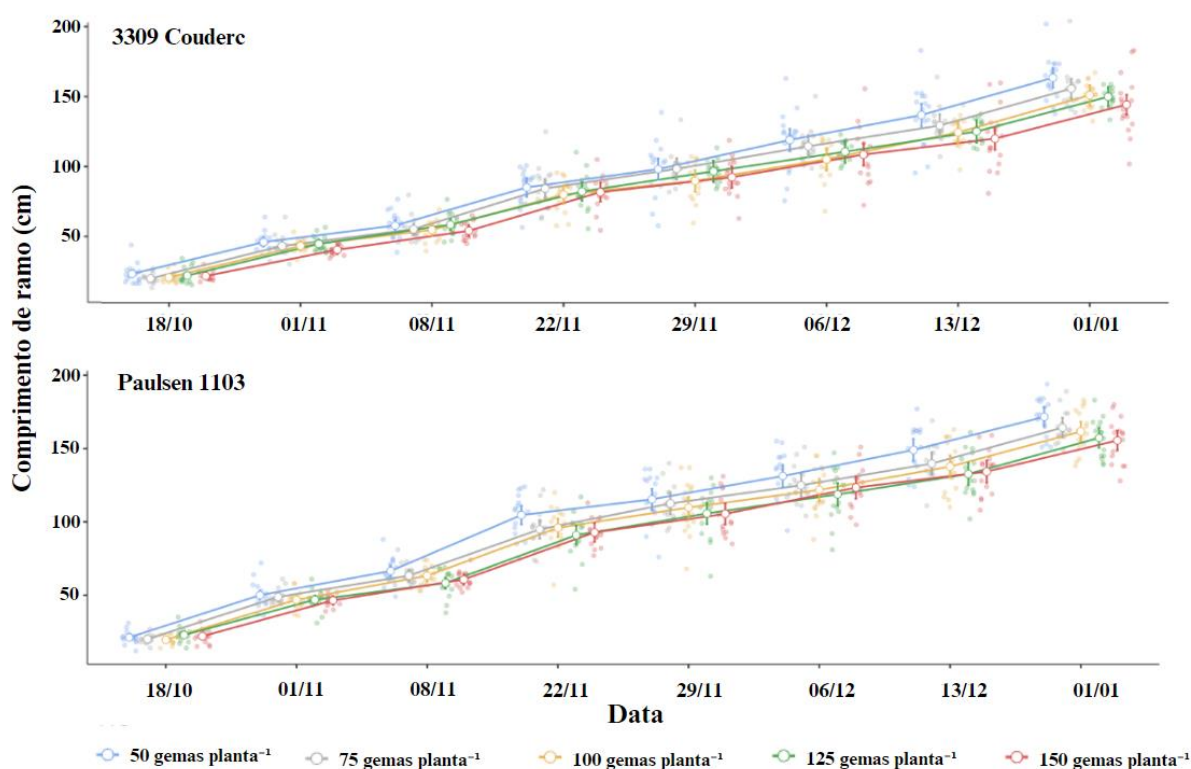


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Intermediariamente, as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹ (87,1 e 84,4 cm) não se diferenciaram significativamente nem da carga de 50 tanto quanto a de 125 gemas planta⁻¹.

Nesta safra, a amplitude entre os comprimentos médios de ramos das diferentes cargas de gema utilizadas foi de 7,7 cm, 0,6 cm a menos do que na safra de 2019.

Figura 52 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2019. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Data (Modelo misto generalizado, $p = 0,031$). As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

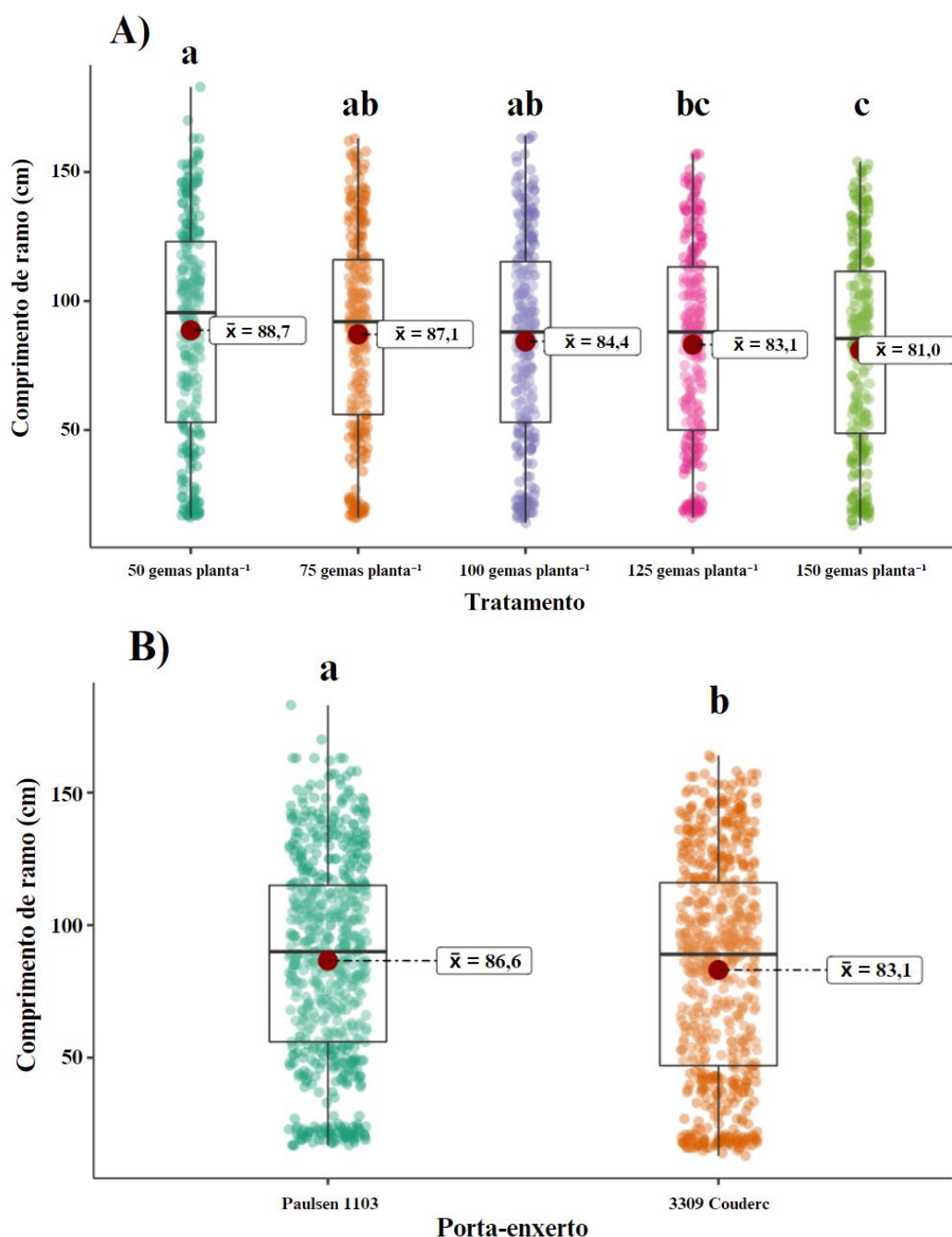
Também há interação entre os fatores Tratamento * Porta-enxerto * Data na safra de 2020 (Figura 54). O comportamento do crescimento dos ramos para ambas as cargas de gema também foi linear nesta safra. Entretanto, nota-se um crescimento atenuado dos ramos no período de 21/11 até 18/12.

O comprimento médio dos ramos não se diferenciou pelo uso das diferentes cargas de gema quando avaliado o porta-enxerto 3309 Couderc. Nesta safra, o comprimento médio dos ramos na mensuração do dia 14/10 era de aproximadamente 18 cm para este porta-enxerto. Na última mensuração, por ordem crescente de carga de gemas, os valores médios para o 3309 Couderc foram de: 145,4; 144,9; 144,6; 144,1 e 143,6 cm.

A partir da segunda data de mensuração da safra de 2020, há efeito das diferentes cargas de gema na poda sobre o porta-enxerto Paulsen 1103 (Figura 54). Nas datas de 10/11,

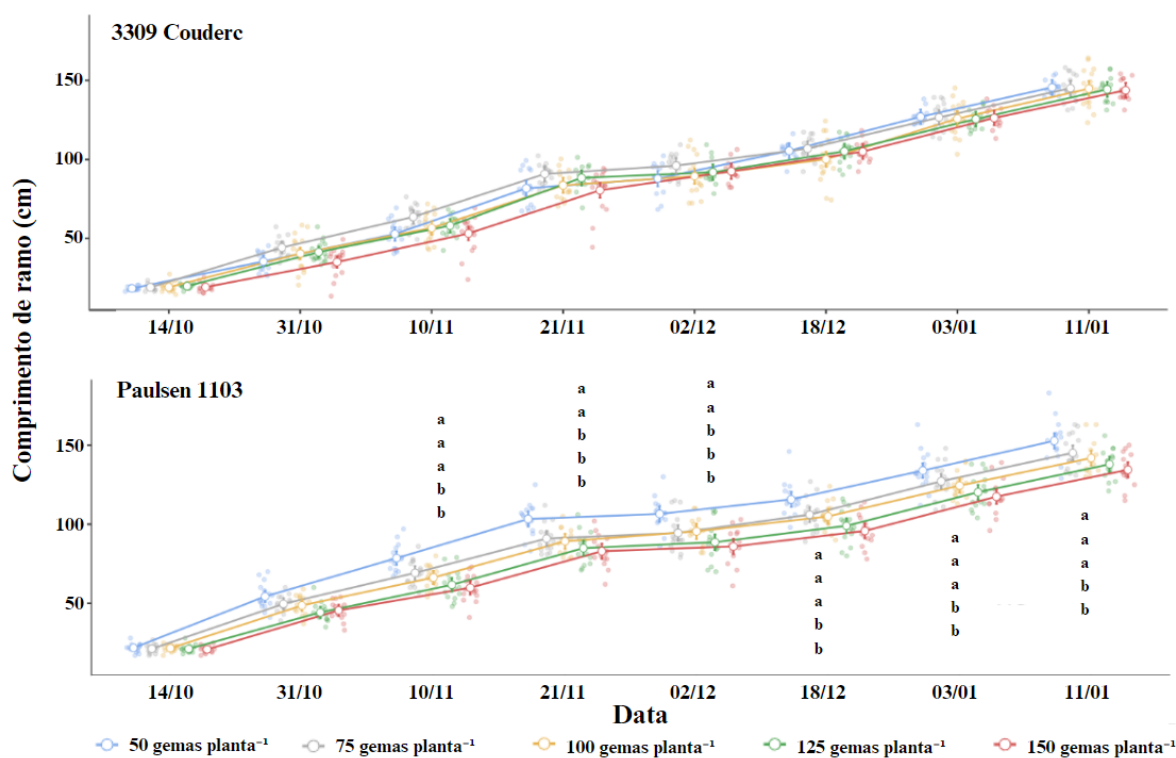
18/12, 03/01 e na última mensuração as cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹ tem menor comprimento médio dos ramos, enquanto nas datas de 21/11 e 02/12 a carga de 100 gema planta⁻¹ tem o mesmo comportamento que as cargas citadas anteriormente.

Figura 53 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2020. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$) e B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 54 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2020. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Data (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

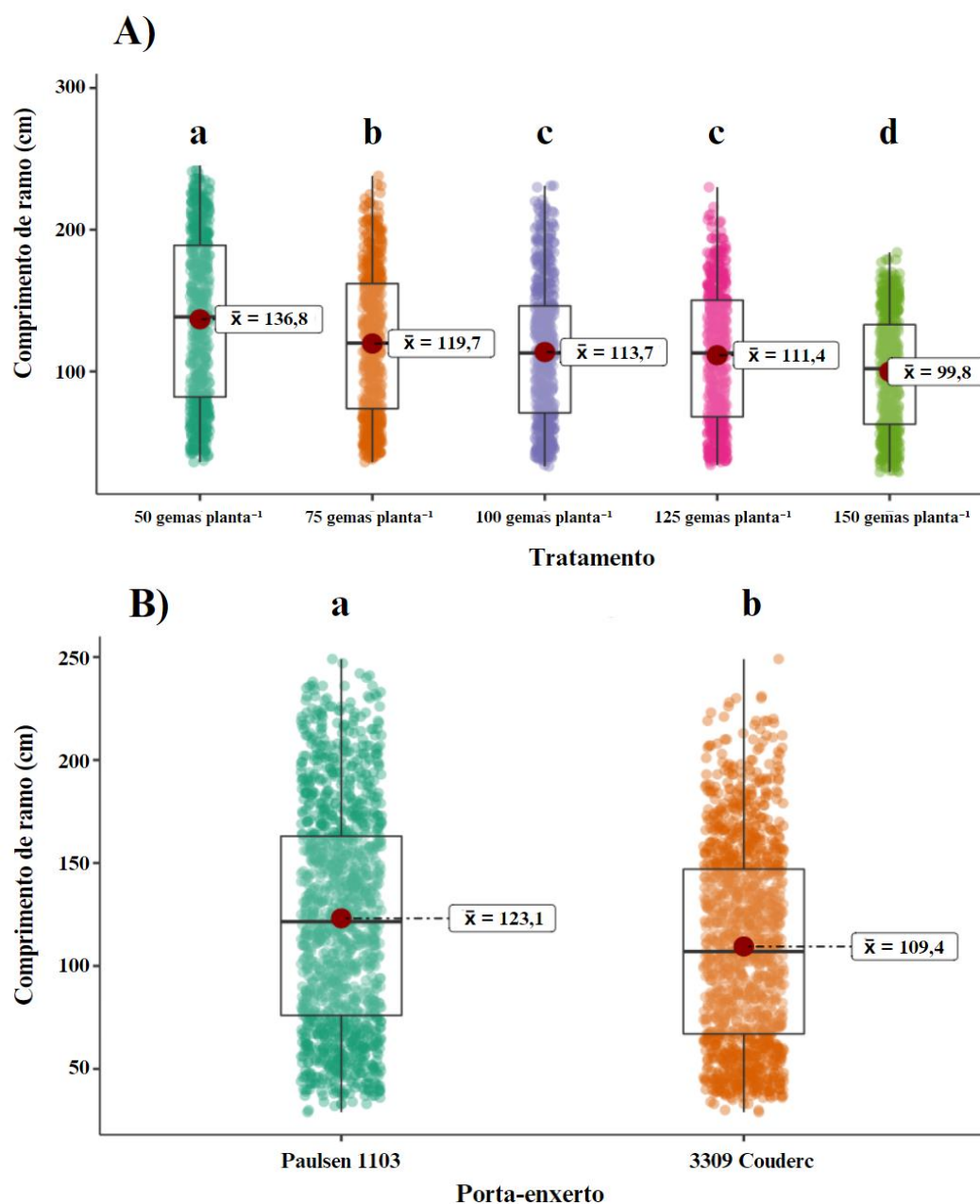
Os comprimentos médios na última mensuração desta data foram, por ordem crescente de carga de gemas no Paulsen 1103: 152,8; 145,1; 141,9; 137,9 e 134,4 cm, uma amplitude de 18,4 cm.

Da mesma maneira que as safras anteriores, houve efeito das cargas de gema utilizadas na poda e dos diferentes porta-enxertos sobre o comprimento médio dos ramos (Figura 55). Nesta safra, a utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em ramos de maior comprimento em relação as demais cargas de gema, não havendo distinção apenas entre as cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹.

O comprimento médio dos ramos quando utilizada a carga de 50 gemas planta⁻¹ foi de 136,8 cm, 37 cm a mais do que quando utilizada a carga de 150 gemas planta⁻¹, onde os ramos foram menos vigorosos.

Novamente o porta-enxerto Paulsen 1103 resultou em um maior comprimento de ramo em relação ao 3309 Couderc, com um comprimento médio do ramo de 123,1 cm, superior ao outro porta-enxerto no valor médio de 109,4 cm.

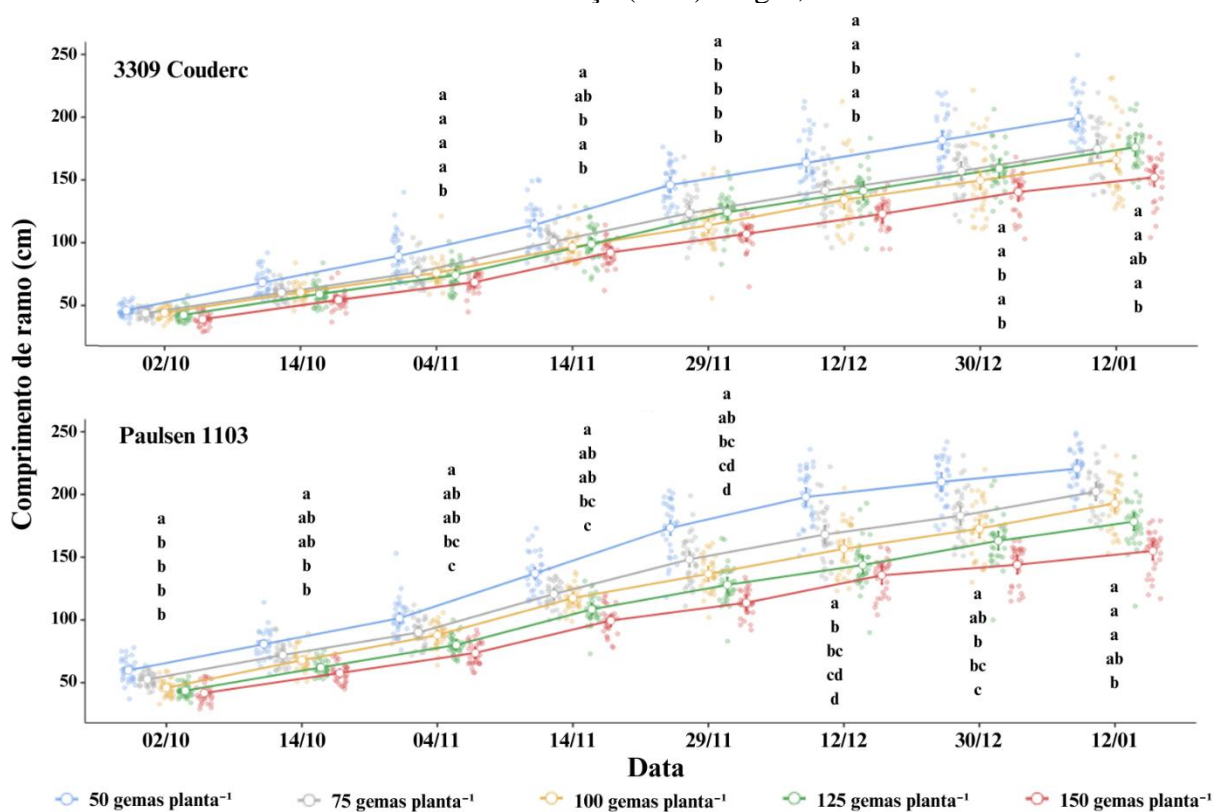
Figura 55 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2021. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na safra 2021, o comportamento dos ramos também foi linear, se aproximando mais ao comportamento da safra de 2019 do que a de 2020. Houve efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Data, onde se observou efeito das cargas de gema no comprimento médio dos ramos nos dois porta-enxertos (Figura 56).

Figura 56 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos na safra 2021. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Data (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A partir da segunda data de mensuração na safra 2021 se observa diferença no comprimento médio dos ramos devido a carga de gemas utilizada na poda, no porta-enxerto 3309 Couderc. O efeito destas cargas variou durante o ciclo avaliado, sendo na data de 04/11, apenas a carga de 150 gemas planta⁻¹ teve um comprimento de ramo menor do que as demais.

Na data seguinte, juntamente com carga acima citada, a carga de 100 gemas planta⁻¹ também resultou em ramos menores, sendo que a carga de 75 gemas planta⁻¹ foi intermediária entre os tratamentos de maior com os de menor comprimento médio de ramos.

Na mensuração realizada em 29/11, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um maior comprimento dos ramos, enquanto nas duas datas seguintes, as cargas de 50, 75 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em ramos maiores. Na última data de mensuração (12/01) a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em ramos menores, apesar de não se diferenciar da carga de 125 gemas planta⁻¹, que teve um valor intermediário de comprimento médio dos ramos entre este e os demais níveis de carga de gemas na poda.

Quando observado o comportamento do crescimento de ramos sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, em todas as datas de mensuração houve efeito dos níveis de carga de gemas sobre o comprimento médio dos ramos. No início das avaliações, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em ramos maiores do que os demais níveis de carga de gemas. Na segunda data de avaliação, as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹ resultaram em comprimentos de ramo intermediários, com as cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹ sendo menores do que quando usado o menor nível de carga de gemas.

Na terceira e quarta data de avaliação (04/11 e 14/11) as cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em ramos menores quando comparados aos ramos das plantas que tem um nível de carga de gemas de 50 gemas planta⁻¹. Na data seguinte a carga de 100 gemas também resultou em ramos menores quando comparados aos do nível de 50 gemas planta⁻¹.

Em 12/12, a carga de gemas de 50 gemas planta⁻¹ resultou em ramos mais vigorosos do que nas demais cargas de gema, sendo que na data seguinte ela não se diferenciou da carga de gemas de 75 gemas planta⁻¹, que teve um valor intermediário de comprimento de ramos. Entretanto, na última mensuração, apenas a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em ramos de menor comprimento, não havendo diferença entre ela e a carga de 125 gemas planta⁻¹ para esta variável.

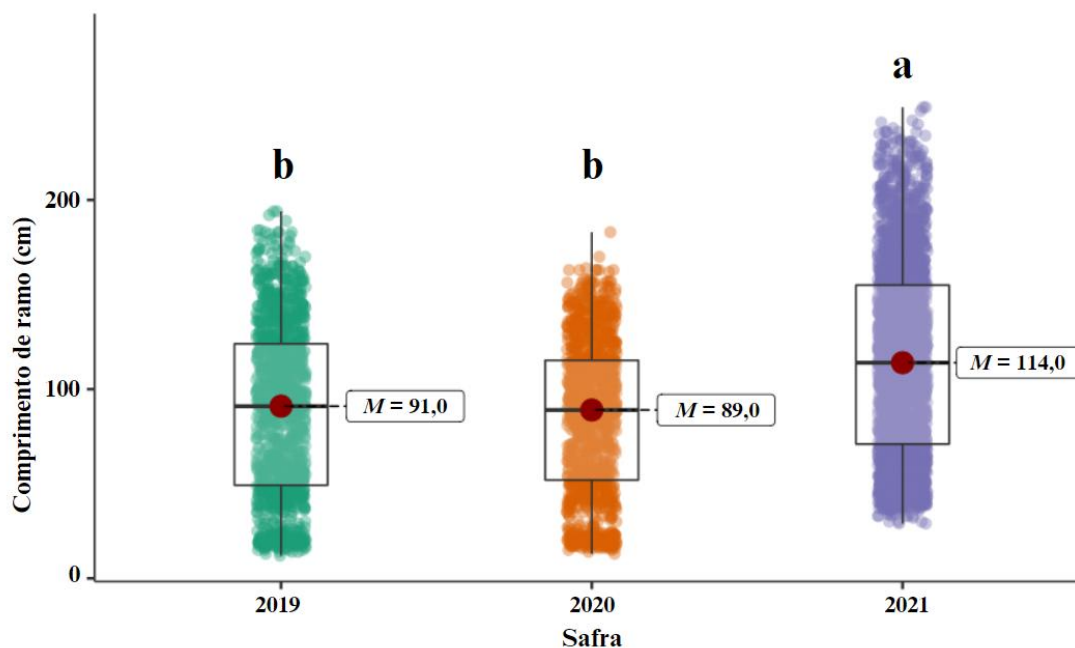
De maneira crescente do nível de carga de gemas, no Porta-enxerto 3309 Couderc os comprimentos médios de ramo foram: 199,2; 174,4; 165,7; 175,8 e 151,8 cm. Para o porta-enxerto Paulsen 1103, na mesma ordem dos níveis de carga de gemas, os comprimentos médios finais foram: 220,6; 202,3; 192,9; 178,3 e 154,9 cm.

Na figura 57 se observa que também houve efeito da safra sobre o comprimento médio dos ramos do ano, onde a safra de 2021 resultou em um comprimento mediano dos ramos superior (114 cm) ao das demais safras, com uma diferença que chegou a 23 cm em comparação ao menor valor observado.

Sobre a variável comprimento médio dos entrenós da vida, os diferentes níveis de carga de gemas na poda não tiveram efeito significativo, porém houve efeito do porta-enxerto

e da safra, como se observa na figura 58. A média do comprimento do entrenó dos diferentes níveis de carga foi de 6,1 cm.

Figura 57 - Comprimento de ramo do ano (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito do fator Safra (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pelo teste de Dunn, com correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

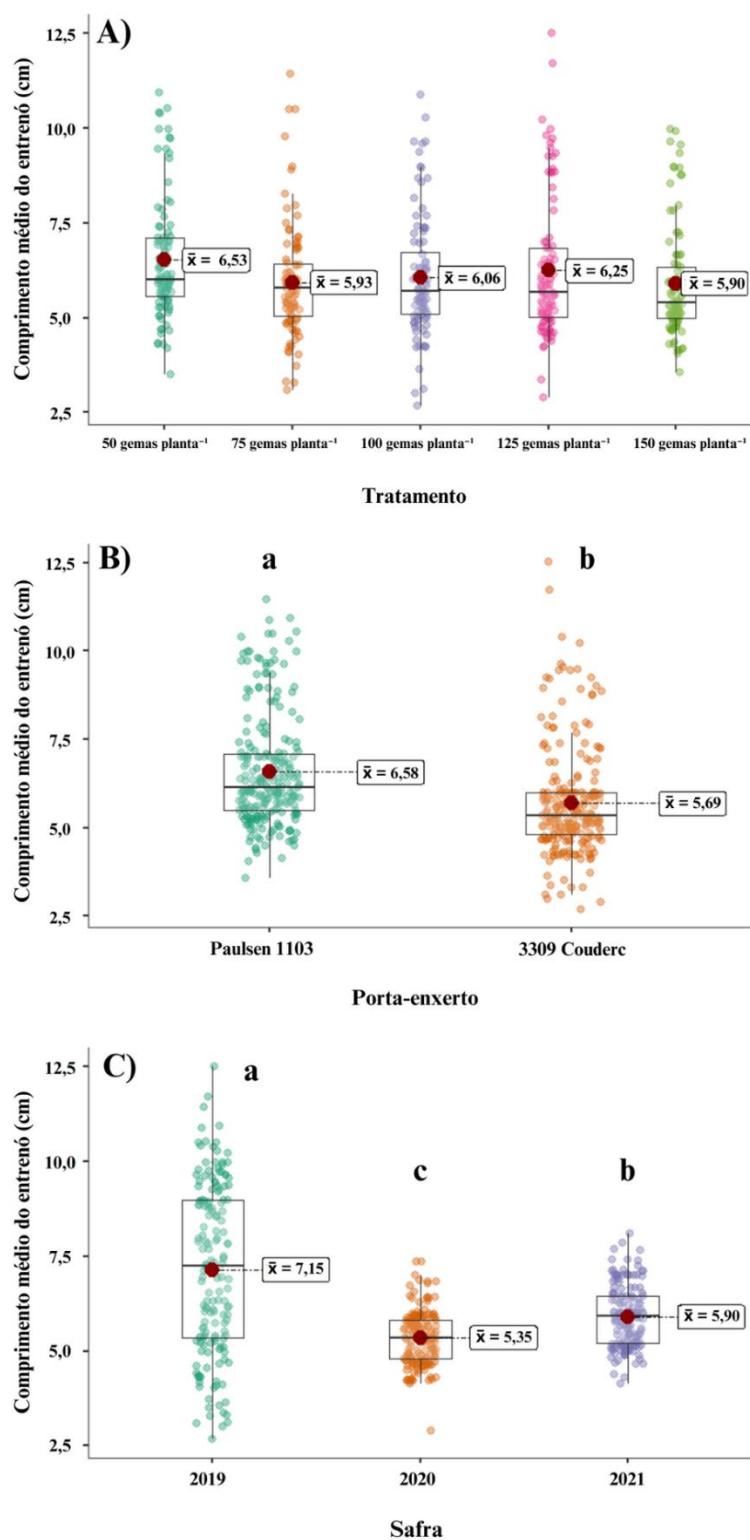
O Paulsen 1103 resultou em um comprimento médio do entrenó de maior (6,6 cm) em comparação ao 3309 Couderc (5,7 cm). Quanto ao efeito da safra, as três se diferenciaram, onde o maior comprimento de entrenó foi na safra 2019 (7,2 cm), seguido da safra 2021 (5,9 cm) e então a safra 2020 (5,4 cm).

Quando observado a interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Safra, o efeito foi significativo. Os diferentes níveis de carga de gemas tiveram comprimentos médios do entrenó diferentes somente na safra 2019 e sobre o porta-enxerto 3309 Couderc (Figura 59).

As cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹ (5,6 e 5,5 cm) resultaram em entrenós menores em comparação aos entrenós sob a carga de 125 gemas planta⁻¹ (7,6 cm), enquanto as cargas de 50 e 150 gemas plantas⁻¹ resultaram em valores intermediários (6,6 e 6,7 cm), ou seja, estas duas cargas não se diferenciaram dos demais níveis de carga de gemas na poda.

Assim como o comprimento médio do entrenó, as diferentes cargas de gema na poda de frutificação não tiveram efeito significativo sobre o diâmetro médio do primeiro nó dos ramos da videira, que teve um valor médio de 0,97 cm para este fator (Figura 60).

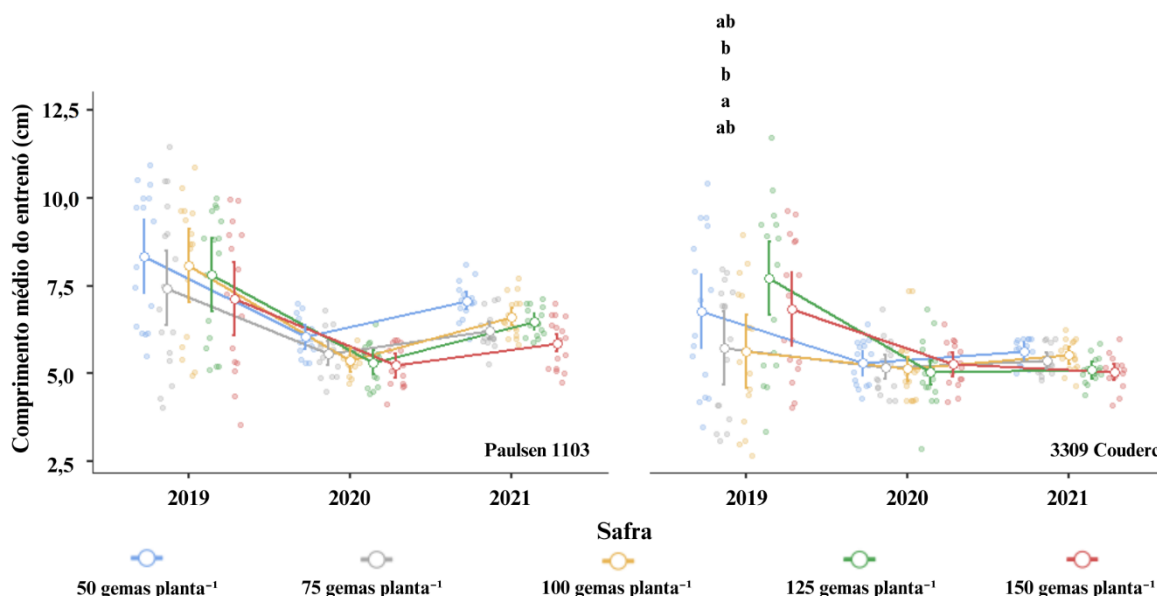
Figura 58 - Comprimento médio do entrenó (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,377$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 59 - Comprimento médio do entrenó (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,023$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O porta-enxerto e a safra afetaram o diâmetro médio do primeiro nó dos ramos. A utilização do Paulsen 1103 resultou em um diâmetro médio do primeiro nó de 1 cm, 0,06 cm maior do que quando utilizado o 3309 Couderc. O diâmetro do primeiro nó foi maior na safra de 2020 (1,06 cm), seguido pela safra 2021 (0,97 cm) e por fim o menor valor foi desta variável foi na safra 2019 (0,88 cm).

Também não houve efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra, havendo uma amplitude de aproximadamente 0,4 cm para os valores observados (Figura 61).

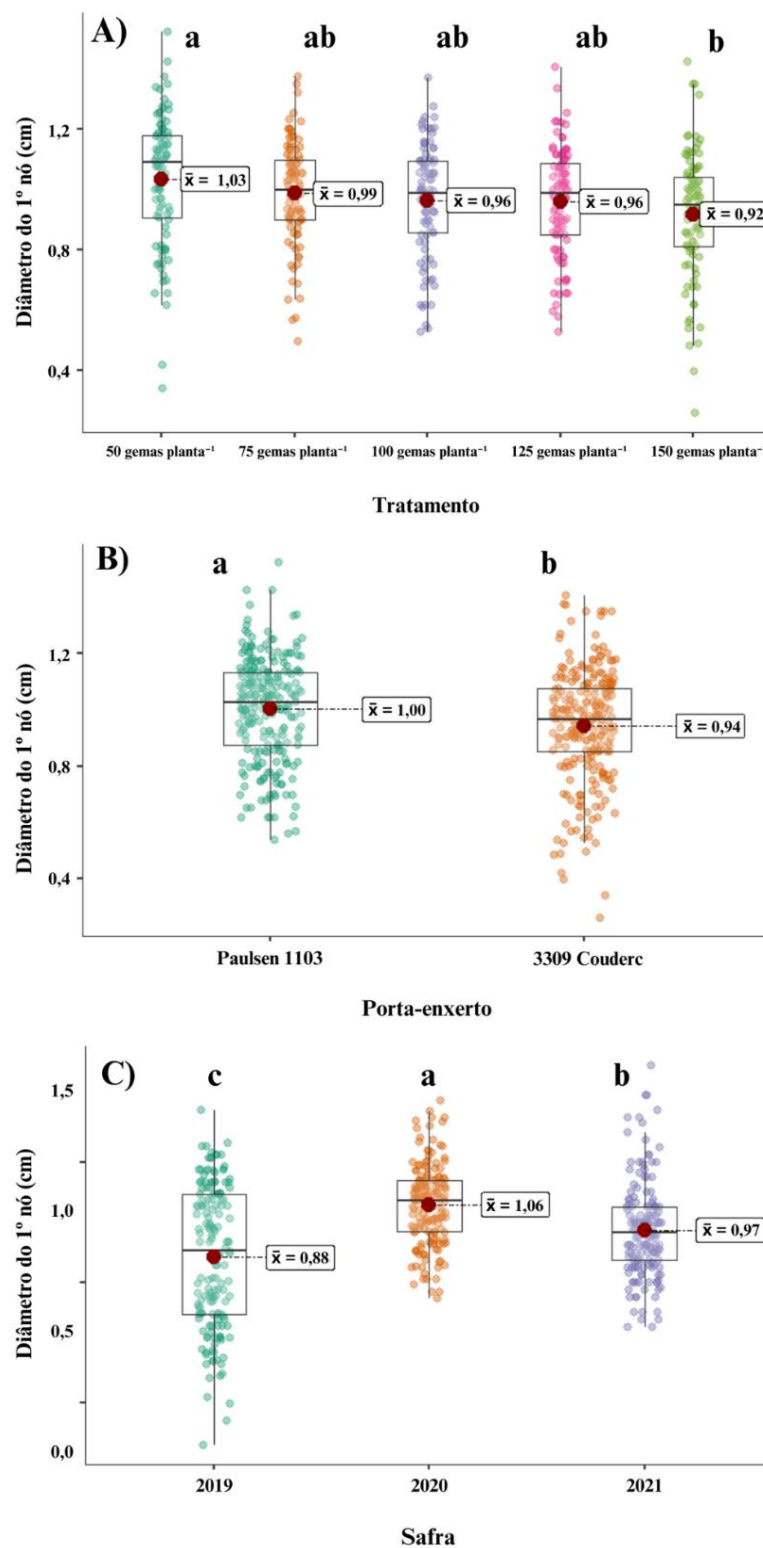
Os diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação, assim como os porta-enxertos e safras tiveram efeito significativo sobre o diâmetro médio do 10º nó dos ramos (Figura 62).

A utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um 10º entrenó maior em comparação a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹, com uma diferença média de 0,1 cm. As demais cargas, de valor intermediário, não se diferenciaram significativamente destes dois níveis.

O porta-enxerto Paulsen 1103 também resultou em um 10º entrenó maior (0,08 cm na média) em relação ao 3309 Couderc. A discrepância mais proeminente está na comparação das três safras, que teve um padrão congruente que a variável diâmetro do 1º nó do ramo.

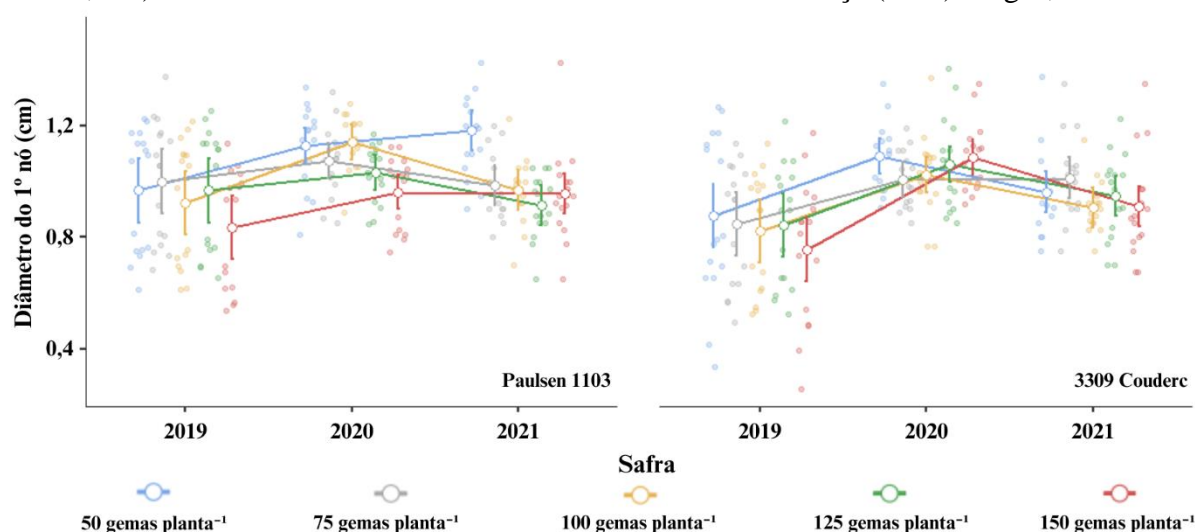
Figura 60 - Diâmetro médio do 1º nó do ramo (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,135$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 61 - Diâmetro médio do 1º nó do ramo (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,220$). As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A safra de 2020 teve um 1º entrenó maior (0,85 cm), seguido da safra de 2020 (0,79 cm) e por fim da safra de 2019 (0,58 cm), uma amplitude de 0,2 cm.

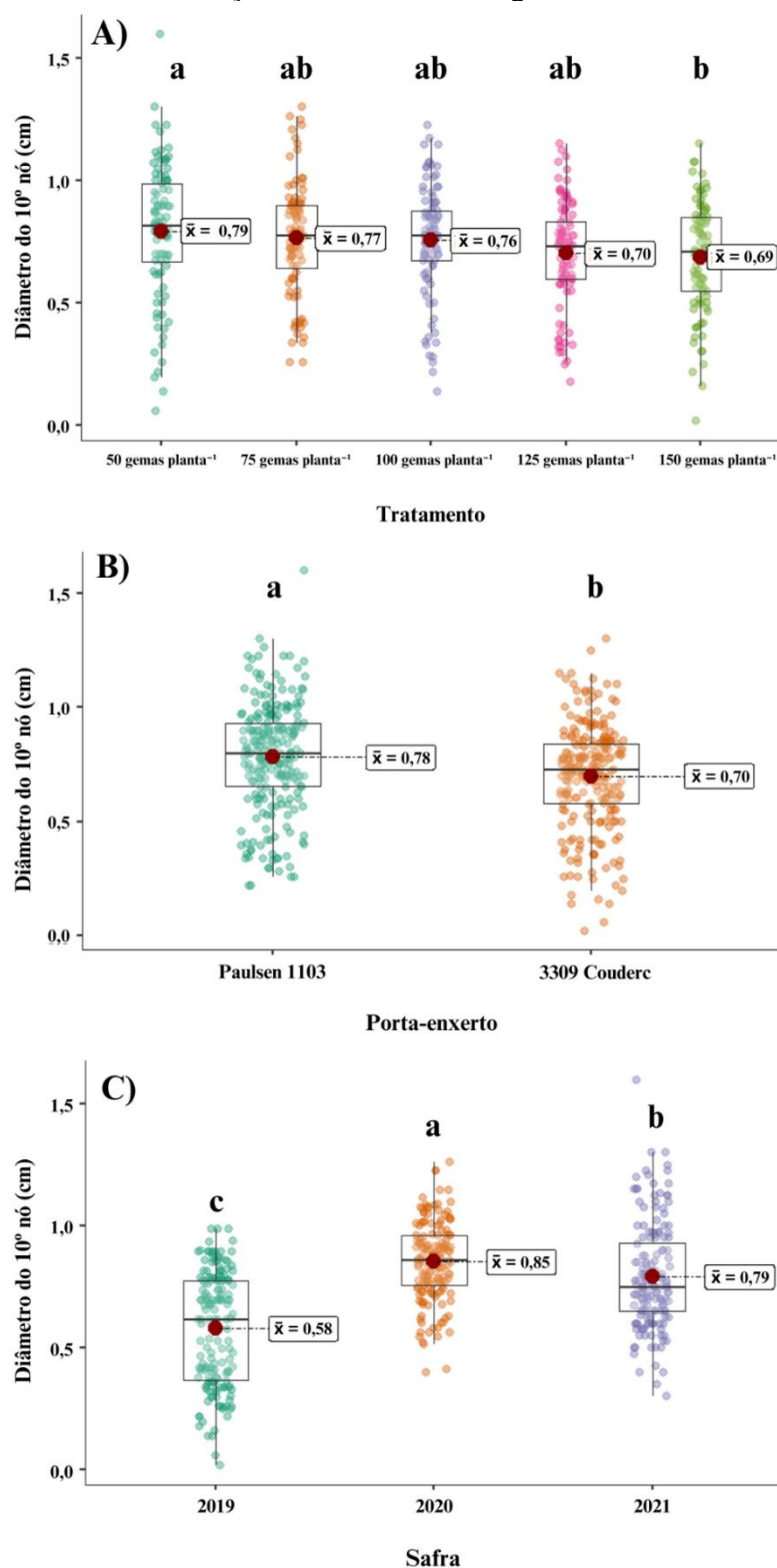
O padrão do diâmetro médio do 1º entrenó também se repetiu quando observado a ausência de efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra para a variável diâmetro médio do 10º nó do ramo da videira (Figura 63).

O nível de carga de gemas na poda de frutificação teve efeito sobre o número de ramos por planta, bem como o porta-enxerto utilizado e a safra da avaliação (Figura 64). Os 5 níveis de carga de gemas diferenciaram-se entre si, sendo que houve o incremento do número de ramos com o aumento do número de gemas deixadas na poda de frutificação, havendo um comportamento linear. A amplitude dos valores médios observados foi de aproximadamente 83 ramos por planta.

O Paulsen 1103 resultou em um maior número de ramos por planta em comparação ao 3309 Couderc, com uma diferença média de aproximadamente dois ramos por planta. As três safras diferenciaram entre si, sendo que o maior valor observado de ramos foi na safra 2019, seguida pela safra 2020, e o menor valor observado em relação as demais safras foi na safra 2021, com uma diferença média de 11 ramos planta⁻¹ de em relação ao maior valor observado.

Figura 62 - Diâmetro médio do 10º nó do ramo (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p = 0,007$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.

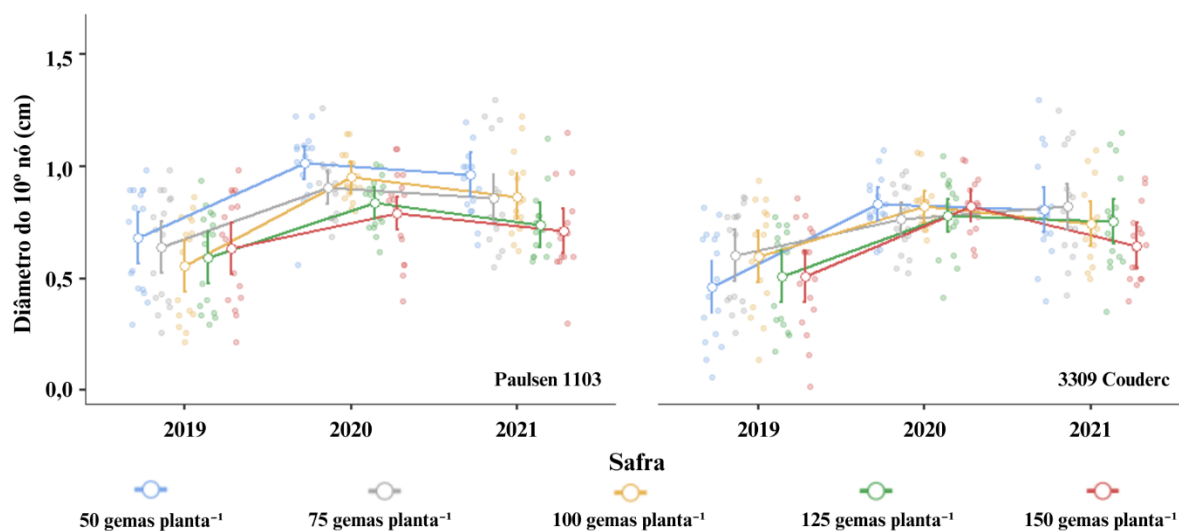


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 63 - Diâmetro médio do 10º nó do ramo (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear misto, $p = 0,251$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

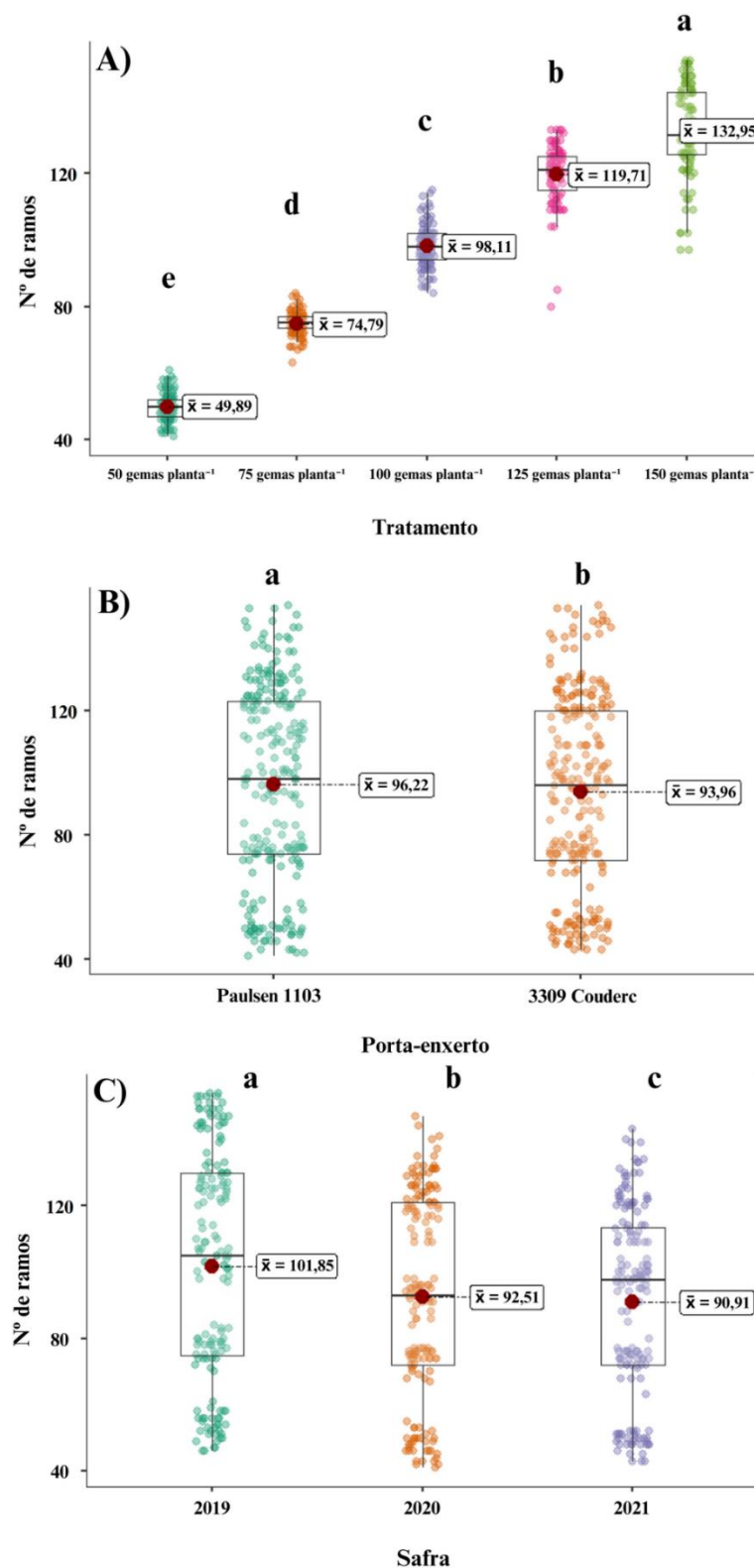
A interação entre os níveis de cargas de gema, os porta-enxertos e as safras avaliadas tiveram um efeito significativo para o número médio de ramos por videira. Ambos os porta-enxerto tiveram o mesmo padrão entre os níveis de cargas de gemas na poda, nas três safras avaliadas (Figura 65).

Nas safras de 2019 e 2020, os 5 níveis de cargas de gema na poda se diferenciaram, em ambos os porta-enxertos. O número de ramos aumentou conforme mais gemas foram deixadas na poda de frutificação, com os cinco níveis diferenciando entre si.

Na safra de 2021 houve uma mudança nesse padrão para os dois porta-enxertos. As cargas de 125 gemas e 150 gemas planta⁻¹ não se diferenciaram, sendo as com o maior número médio de ramos por planta. Os demais níveis se diferenciaram significativamente, com o menor número de ramos sendo da carga de 50 gemas planta⁻¹, como nas demais safras, em ambos os porta-enxertos.

A área foliar das plantas também foi influenciada pelos diferentes níveis de carga de gemas, porta-enxertos e safras avaliados (Figura 66). Observou-se que as plantas submetidas às cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹ tiveram a maior área foliar (30,9 e 33,8 m² planta⁻¹, respectivamente).

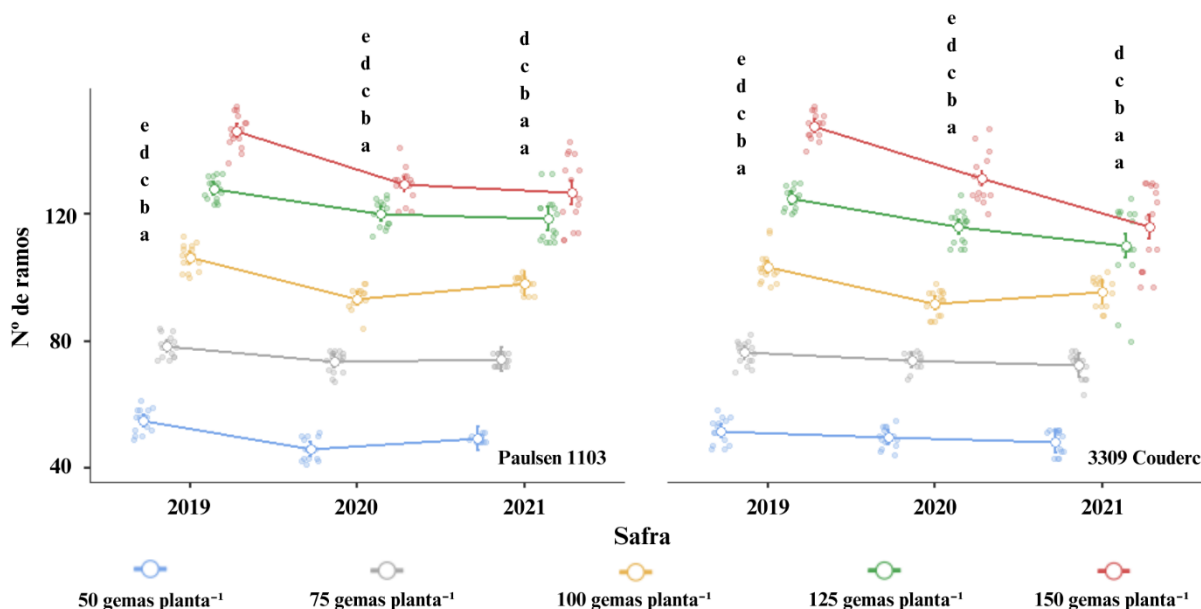
Figura 64 - Número médio de ramos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 65 - Número médio de ramos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



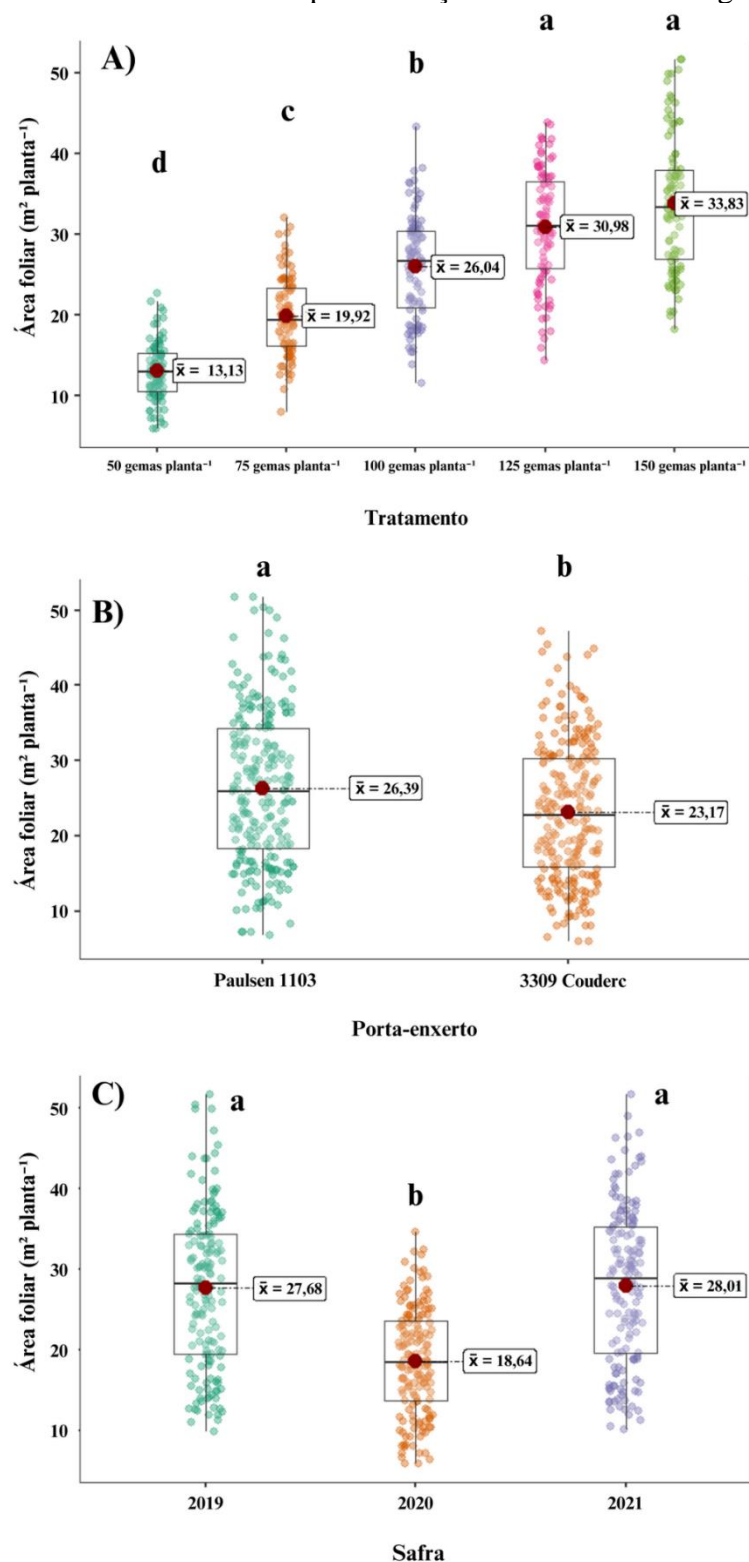
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Em contrapartida, as demais cargas tiveram diferença significativa entre si, evidenciando uma redução na área foliar à medida que a carga de gemas utilizada na poda foi decrescendo, diminuindo até 61,2% em relação ao maior valor observado nestas condições.

O efeito do porta-enxerto foi significativo sobre a área foliar, sendo o Paulsen 1103 com uma área foliar por planta superior em comparação ao 3309 Couderc, com uma diferença média de $3,2 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-2}$. A safra 2020 teve uma menor área foliar da videira em comparação as safras de 2019 e 2020. A amplitude dos valores médios observados foi de $9,4 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-2}$.

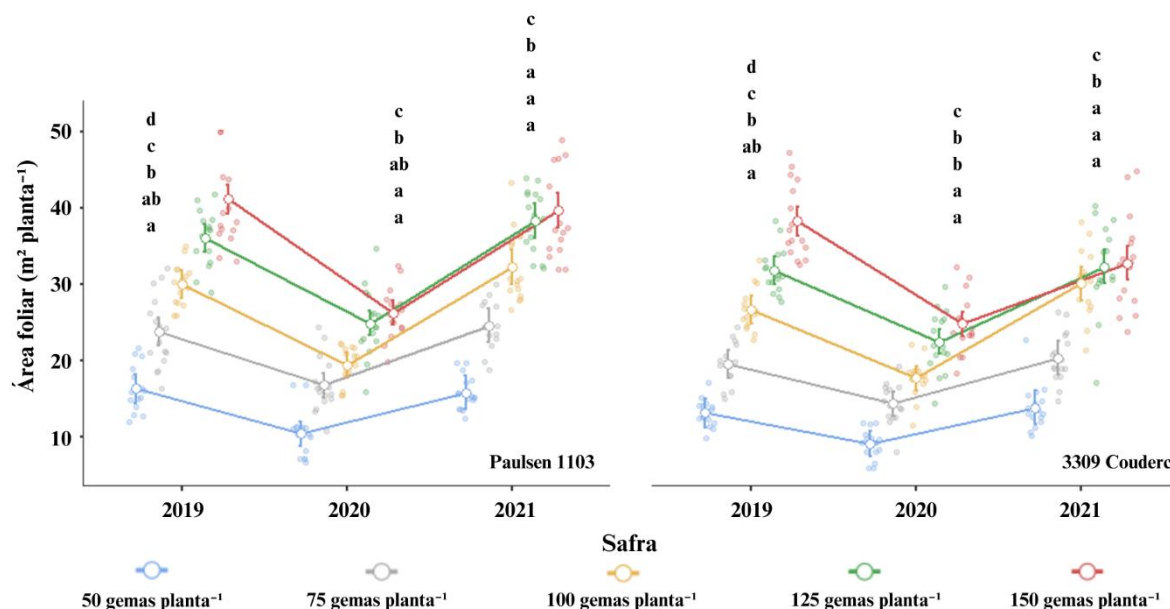
Houve efeito significativo para a interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Figura 67). Na safra 2019, em ambos os porta-enxertos, a carga de 150 gemas planta^{-1} resultou em plantas com área foliar superior quando comparadas aos demais níveis de carga de gemas, com exceção a carga de 125 gemas planta^{-1} , que também não tem diferença estatística da carga de 100 gemas planta^{-1} . As demais cargas de gema na poda resultam em diferentes áreas foliares na planta, decrescendo juntamente com o decréscimo no número de gemas deixados na poda.

Figura 66 - Área foliar da planta ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 67 - Área foliar da planta ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,006$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Nas safras seguintes há uma mudança neste padrão. Na safra de 2020, sobre o Paulsen 1103, as cargas de 125 e 150 gemas planta^{-1} implicam em maiores áreas foliares, tendo a carga de 100 gemas um valor intermediário entre estas e a carga de 75 gemas planta^{-1} . Esta última resulta em uma maior área foliar da planta quando comparada a carga de 50 gemas planta^{-1} .

Na safra citada acima, sobre o 3309 Couderc, as maiores áreas foliares foram resultantes das cargas de 125 e 150 gemas planta^{-1} , seguidos das cargas de 75 e 100 gemas planta^{-1} , enquanto o menor valor de área foliar foi das plantas com o nível de 50 gemas planta^{-1} na poda de frutificação.

Na safra 2021 novamente há uma alteração no padrão do comportamento da área foliar das plantas, sendo que em ambos os porta-enxertos, a utilização das cargas de 100, 125 e 150 gemas planta^{-1} resultou em uma maior área foliar em resultado a carga de 75 gemas planta^{-1} , que por sua vez se diferenciou da carga de 50 gemas planta^{-1} , que possui o menor valor de área foliar média das plantas.

A Intercepção de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%) (IRFA) foi mensurada em três estádios fenológicos e em três posições no dossel. Quando se observa os resultados obtidos

na posição perpendicular ao cordão da planta, houve efeito das diferentes cargas de gema na poda, dos porta-enxertos e das safras avaliadas (Figura 68).

A carga de 50 gemas planta⁻¹ se diferenciou das demais, resultando na menor porcentagem de IRFA na posição supracitada. A amplitude entre os valores obtidos foi no máximo de 6,1%.

Quanto aos porta-enxertos, a utilização do Paulsen 1103 resultou na maior IRFA, de 73,3%, 2,5% superior em relação ao 3309 Couderc. Enquanto para as safras, a maior IRFA na posição supracitada foi na safra de 2021, de 73,2%, superior as outras duas safras, com a diferença chegando a 2%.

Houve efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio Fenológico * Safra para a IRFA medida na posição perpendicular ao cordão da planta (Figura 69). Na safra 2019 somente houve diferença significativa para os valores de IRFA no Paulsen 1103, no estágio fenológico BBCH 81.

A carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou em valores superiores de IRFA na posição perpendicular do cordão (87,8%) quando comparados a carga de 50 gemas planta⁻¹ (74,6%), enquanto os demais níveis de cargas de gema tiveram valores intermediários, não se diferenciando destes dois níveis de carga de gemas na poda.

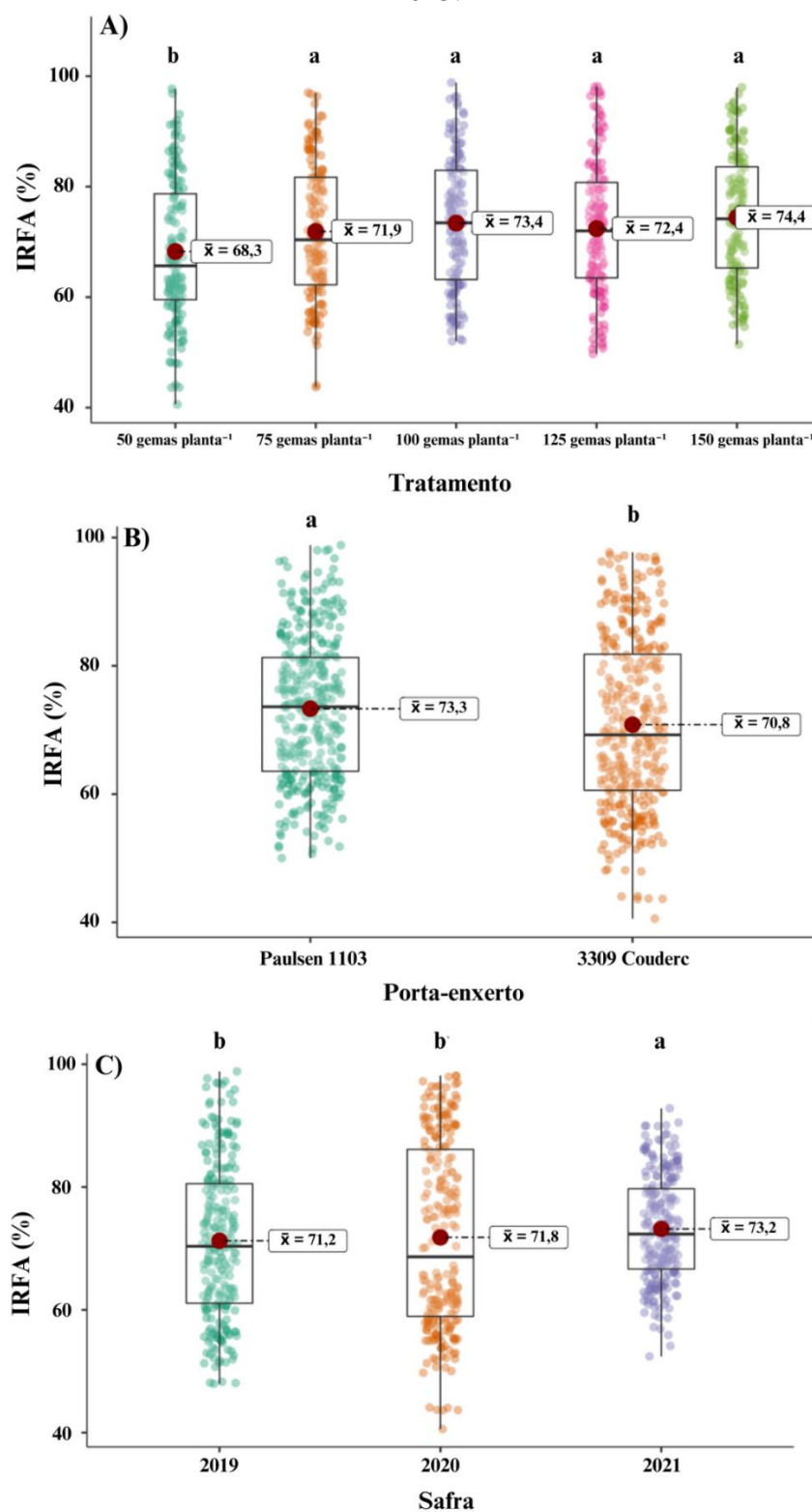
Na safra 2020, o 3309 Courderc teve efeito das diferentes cargas de gema na IRFA no estágio fenológico BBCH 89. A utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em plantas com maior IRFA (75,9%) quando comparado aos demais níveis de carga de gemas, com a diferença chegando a 22,1%.

Na safra posterior, novamente tivemos um padrão diferente, onde no Paulsen 1103, no estágio fenológico BBCH 61, as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em valores de IRFA (76,9 e 77,1%) maiores do que da carga de 50 gemas planta⁻¹ (63,5%), sendo que as demais cargas tiveram valores intermediários, não se diferenciando estatisticamente dos níveis supracitados de carga de gemas.

Quando avaliada a IRFA na posição transversal ao cordão, os níveis de carga de gemas, os porta-enxertos e as safras tiveram efeito significativo sobre esta variável (Figura 70). Quanto aos níveis de carga de gemas, as cargas de 100 e 150 gemas plantas⁻¹ resultaram nos maiores valores de IRFA na posição supracitada.

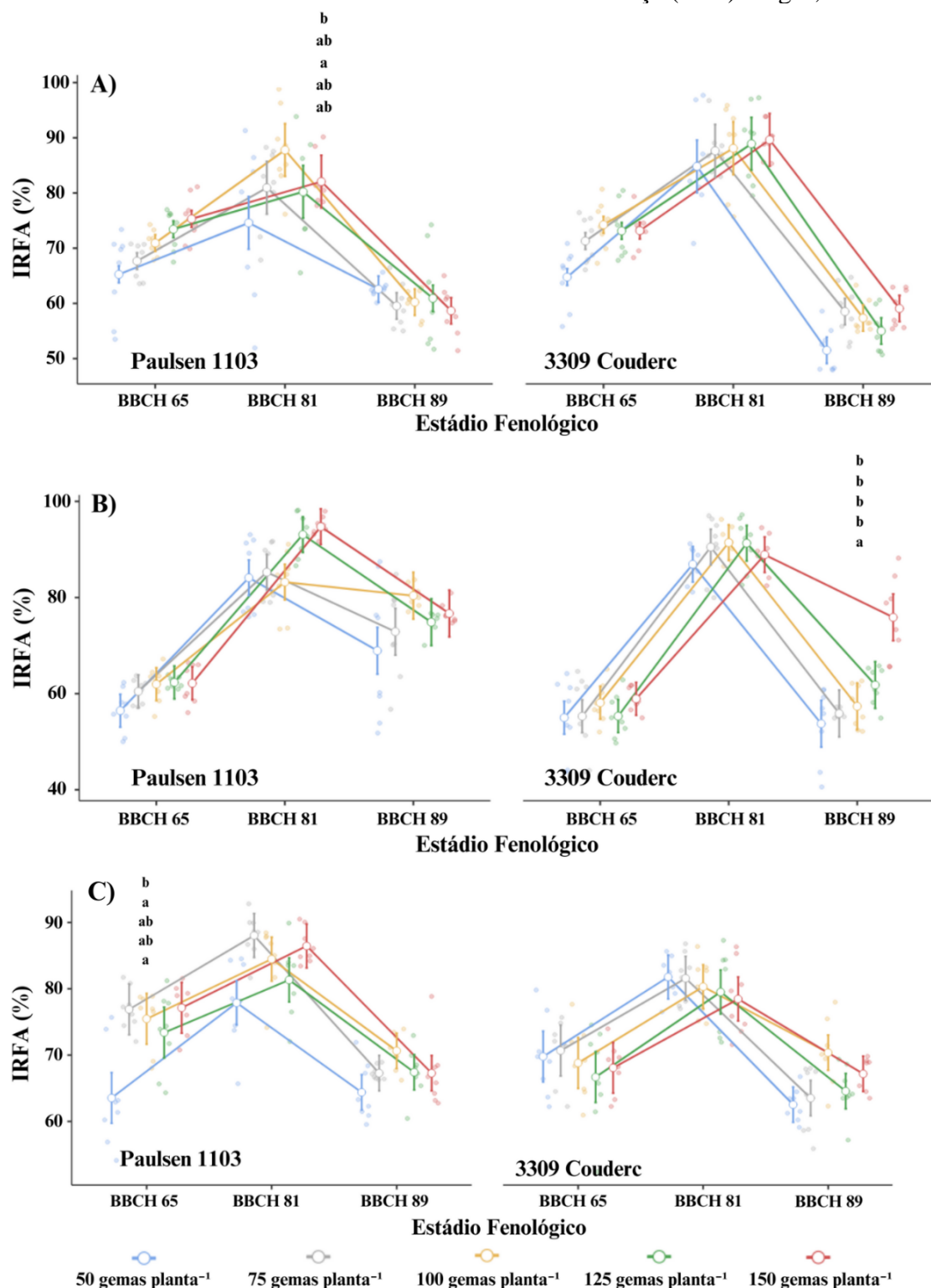
A carga de 125 gemas planta⁻¹ teve um valor intermediário, não se diferenciando destas duas cargas de gema e a carga de 75 gemas planta⁻¹. Esta última foi superior a carga de 50 gemas planta⁻¹, com o menor valor de IRFA na posição transversal ao cordão. A diferença entre os valores obtidos chegou a 8,2%.

Figura 68 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição perpendicular ao cordão da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra. Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



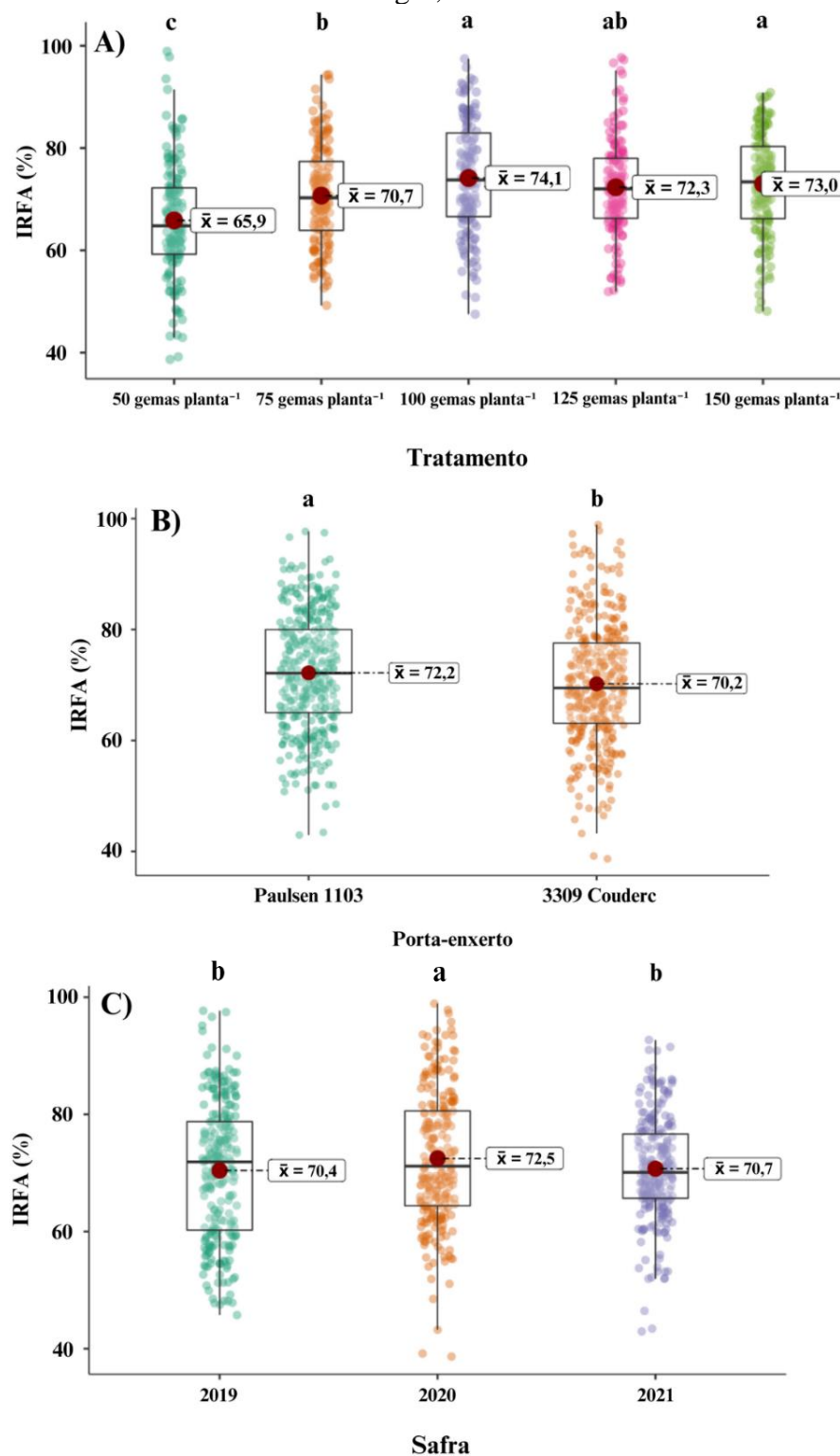
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 69 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição perpendicular ao cordão da planta em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio Fenológico * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). A) Safra 2019, B) Safra 2020 e C) Safra 2021. Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 70 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição transversal ao cordão da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O porta-enxerto Paulsen 1103 demonstrou, mais uma vez, uma IRFA superior, atingindo 72,2%, em comparação com o 3309 Couderc, que registrou 70,2%. Contudo, ao analisar as distintas safras na posição transversal do cordão, observou-se que a safra de 2020 apresentou a maior média de IRFA, alcançando 72,5%, destacando-se com uma diferença de 2,1% em relação às demais safras, diferenciando-se da posição de avaliação vista anteriormente.

A posição transversal ao cordão também teve efeito da interação dos fatores já citados na IRFA avaliada (Figura 71). Na safra 2019, em ambos os porta-enxertos, não foi significativo o efeito dos diferentes níveis de cargas de gema na poda de frutificação.

Na safra 2020, no estágio fenológico BBCH 81, foi observado um efeito significativo das diferentes cargas de gemas no porta-enxerto 3309 Couderc. As cargas de 75 e 150 gemas por planta apresentaram valores inferiores de IRFA em comparação com a carga de 100 gemas por planta, com o maior valor de IRFA nesta avaliação. As demais cargas não apresentaram diferenças significativas em relação às mencionadas anteriormente, mantendo valores intermediários de IRFA.

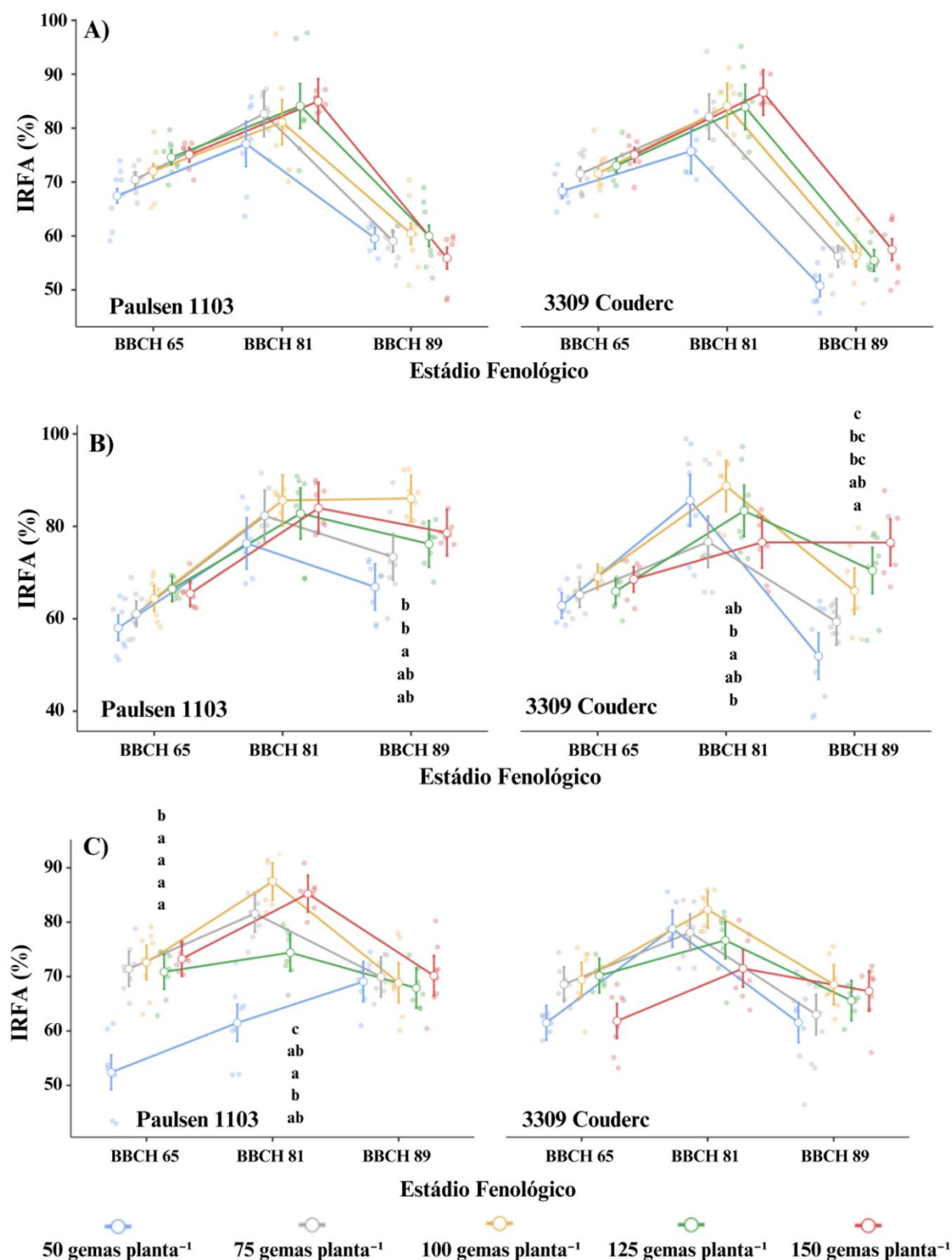
Quando observado o estágio fenológico BBCH 89 desta safra, houve efeito significativo dos diferentes níveis de cargas de gemas na poda em ambos os porta-enxertos. Para o porta-enxerto Paulsen 1103, a carga de 100 gemas planta⁻¹ teve um valor de IRFA superior as cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹. As cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹ tiveram valores intermediários, com estas cargas não se diferenciando significativamente das demais.

Diferentemente, no porta-enxerto 3309 Couderc, a carga de 150 gemas planta⁻¹ teve valor de IRFA superior as demais cargas, com exceção a carga de 125 gemas planta⁻¹, enquanto esta última não teve diferença significativa para o seu valor de IRFA quando compara as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹. Por fim, a carga de 50 gemas planta⁻¹ teve um valor de IRFA que não a diferenciou dos últimos dois níveis de carga de gemas mencionados, indicando que o valor de IRFA gradativamente decresceu à medida que o nível de carga de gemas decresceu.

Na safra 2021 se observou efeito das diferentes cargas de gema somente no Paulsen 1103. No estágio fenológico BBCH 61 a carga de 50 gemas planta⁻¹ registrou um valor de IRFA inferior as demais cargas de gema planta⁻¹, com a diferença chegando a 20,9%.

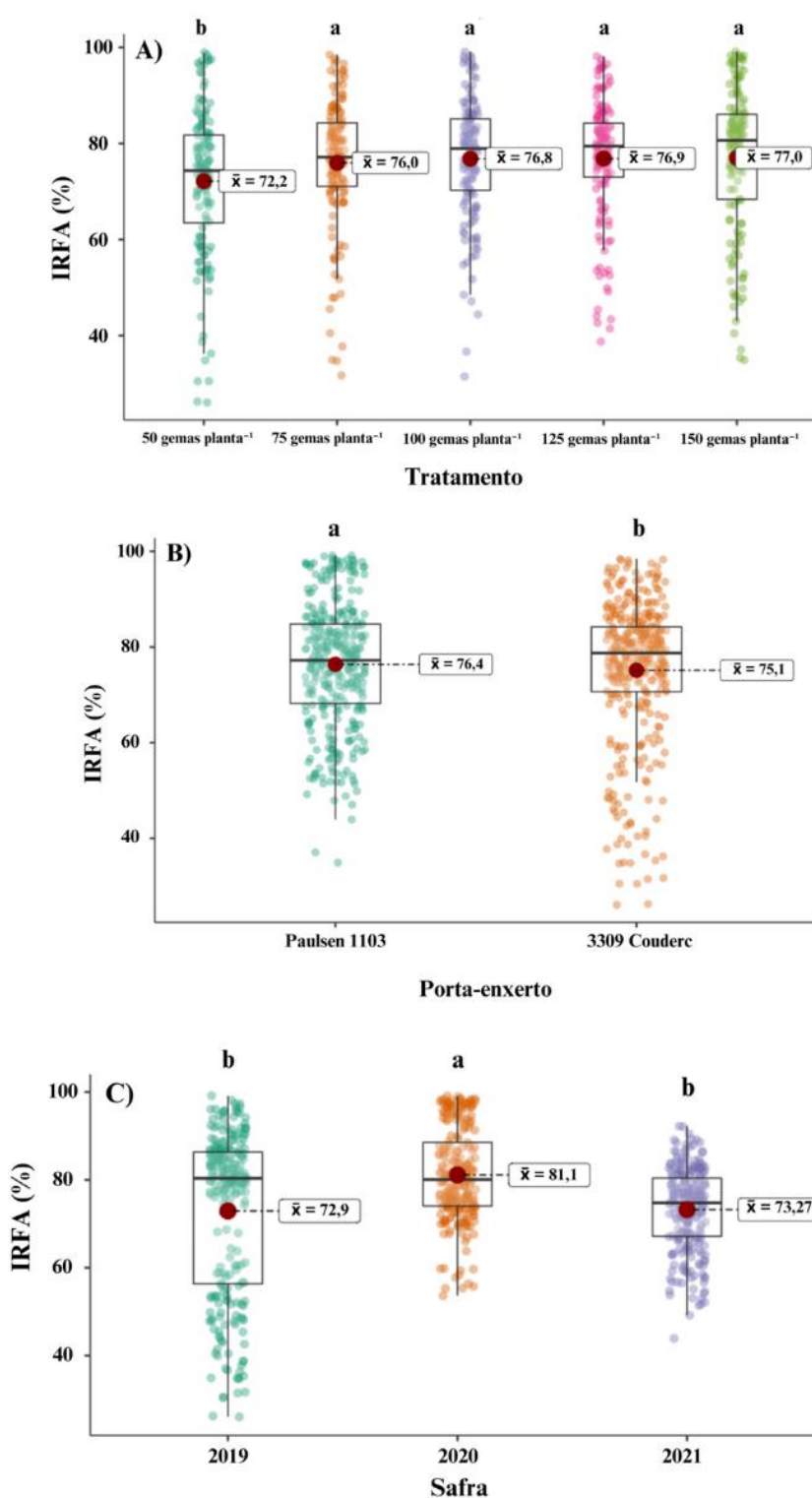
No estágio fenológico subsequente, este padrão sofreu uma modificação, sendo o menor valor de IRFA da carga de gemas supracitada, seguido pela carga de 125 gemas planta⁻¹, que não se diferiu das cargas de 75 e 150 gemas plantas⁻¹. Estas duas últimas também não tiveram diferença significativa do maior valor obtido de IRFA nesta avaliação, que foi resultante da carga de 100 gemas planta⁻¹.

Figura 71 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição transversal ao cordão da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear misto, $p = 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 72 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição perpendicular ao dossel da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p = 0,003$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Finalizando as avaliações sobre os valores de Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa, a última posição avaliada foi perpendicular ao dossel da planta. Como pode se observar na figura 72, quanto aos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação, a utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um menor valor de IRFA quando comparado aos demais, com a diferença média chegando a 4,8%.

Repetindo o padrão das demais posições, a utilização do Paulsen 1103 resultou em uma maior IRFA (76,4%) em relação a utilização do 3309 Couderc (75,1%). Quanto as safras, diferente das demais, a maior IRFA nesta posição foi na safra 2020 (81,1%), superando as demais, com a diferença média entre os valores observados chegando a 8,2%.

A interação entre os fatores foi significativa para esta posição de avaliação da IRFA, como pode se observar na figura 73. Na safra 2019, houve efeito significativo entre as diferentes cargas de gemas em ambos os porta-enxertos, no estágio fenológico BBCH 89.

Sobre o Paulsen 1103, a carga de 100 gemas planta⁻¹ teve um valor de IRFA superior ao obtido com a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹, com a diferença sendo de 14%. Os demais níveis de cargas de gemas tiveram valores intermediários, não se diferenciando das cargas citadas anteriormente.

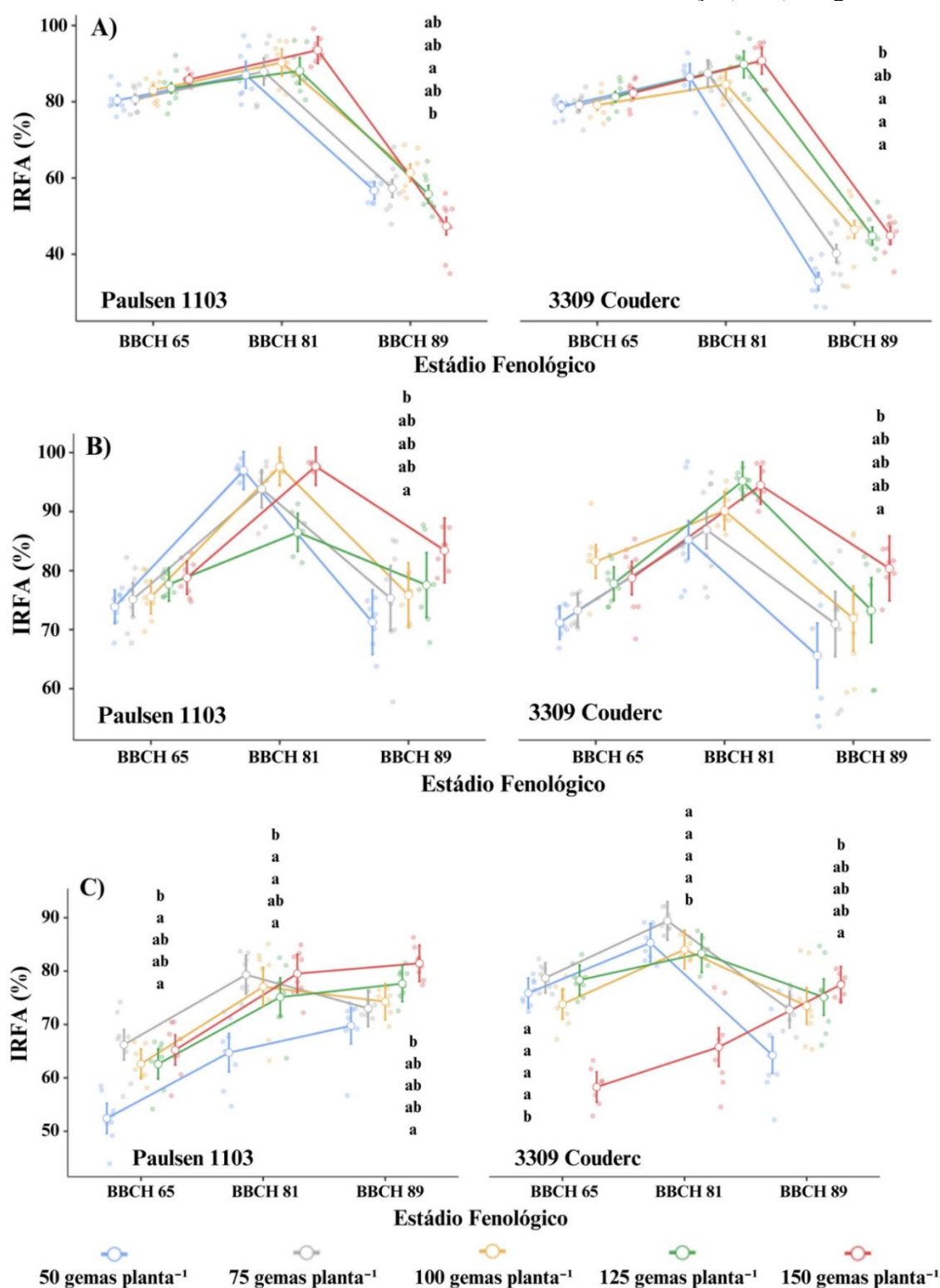
No 3309 Couderc, com exceção a carga de 75 gemas planta⁻¹, que teve um valor intermediário e não diferiu das demais, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um IRFA menor que quando utilizado os demais níveis de carga de gemas na poda de frutificação, com a diferença chegando a 13,6%.

Na safra 2020, novamente se verificou efeito do uso das diferentes cargas de gemas no estágio fenológico BBCH 89, em ambos os porta-enxertos. No Paulsen 1103, a carga de 50 gemas planta⁻¹ (71,3%) diferiu da carga de 150 gemas planta⁻¹ (83,4%), com as demais não diferindo destas.

Na safra 2021 houve efeito das cargas de gemas utilizadas na poda em ambos os porta-enxertos e nos três estádios fenológicos avaliados. No estágio BBCH 61, sobre o Paulsen 1103, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um valor de IRFA inferior quando comparado a utilização das cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹, enquanto as demais cargas tiveram valores intermediários e não diferiram das cargas de gema mencionadas acima.

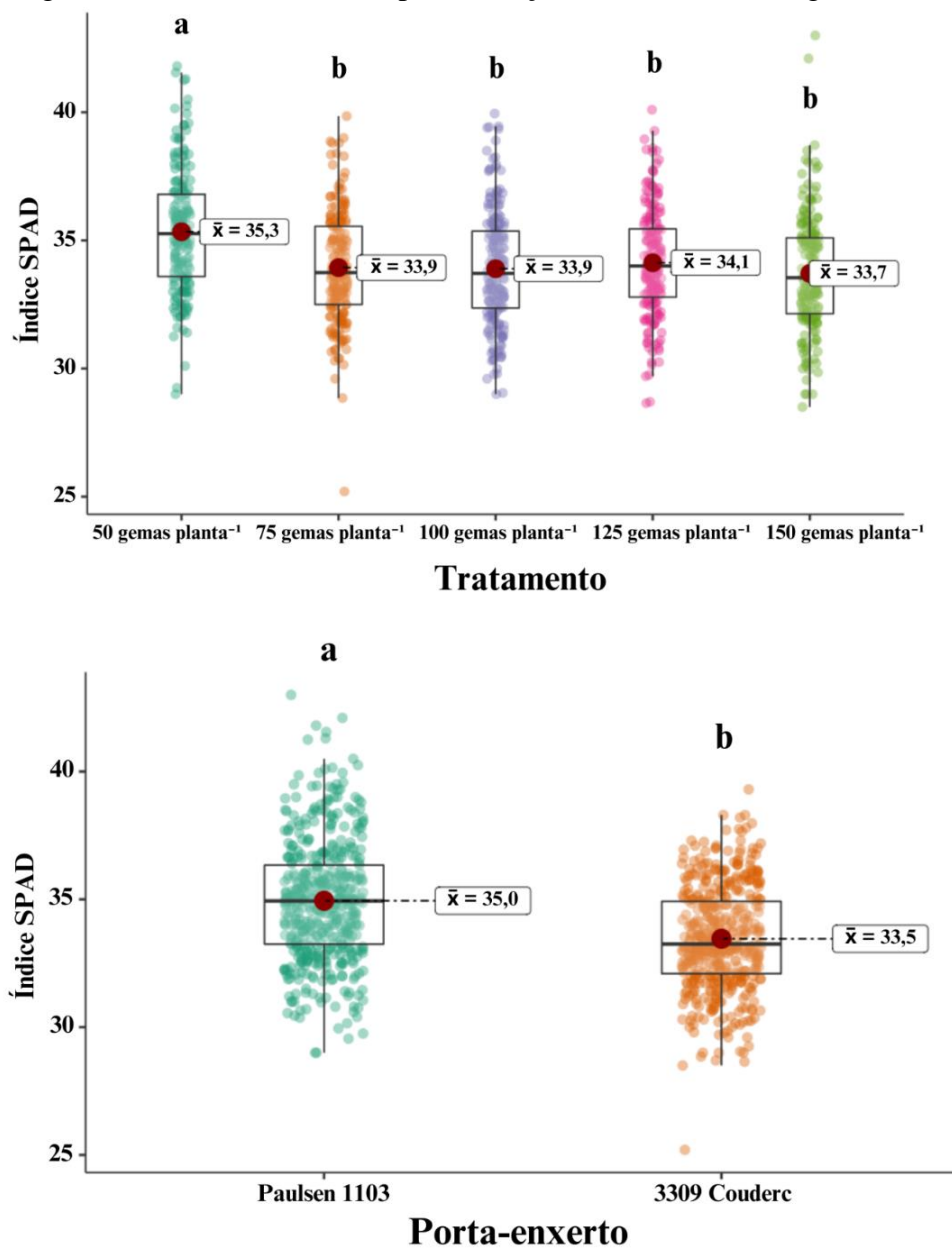
No estágio fenológico BBCH 81, novamente, o menor nível de carga de gemas resultou em uma menor em comparação com as demais cargas avaliadas, com exceção da carga de 125 gemas planta⁻¹, com valor intermediário, que não diferiu das demais cargas de gema utilizadas na poda de frutificação.

Figura 73 - Interceptação de Radiação Fotossinteticamente Ativa (%), na posição perpendicular ao dossel da planta, em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 74 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2019. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Em BBCH 89, houve diferença significativa apenas entre a carga de 50 gemas planta⁻¹, com o menor valor de IRFA novamente, e a carga de 150 gema planta⁻¹. As demais cargas resultaram em valores intermediários, e não diferiram destas duas cargas de gema utilizadas na poda.

A variável Índice SPAD também foi avaliada em diferentes estádios fenológicos durante as três safras do estudo. Na safra 2019, houve efeito dos níveis de carga de gemas utilizados na poda e efeito dos porta-enxertos utilizados sobre este parâmetro (Figura 74).

A carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou no maior valor desta variável (35,3), diferindo das demais cargas de gema testadas, com a diferença chegando a 1,6. O maior valor de Índice SPAD na safra 2019 foi resultante da utilização do porta-enxerto Paulsen 1103 (35), 1,5 superior em relação ao 3309 Couderc.

Quando avaliada a interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Estádio Fenológico, houve efeito significativo para esta interação na safra 2019 (Figura 75). Sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, somente no estágio fenológico BBCH 89 houve efeito das diferentes cargas de gema na poda. A carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou no maior valor de índice SPAD (39,3) em relação a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ (37,2), com as demais cargas não diferindo destas.

No porta-enxerto 3309 Couderc, houve efeito dos níveis de carga de gemas em diferentes estádios fenológicos. Quando observado os estádios fenológicos BBCH 57 e BBCH 65, a utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um índice SPAD maior (33 e 33,6) quando comparado ao valor registrado para a carga de 100 gemas planta⁻¹ (30,9 e 31,6).

No estágio fenológico BBCH 75, a carga de 50 gemas planta⁻¹ teve o Índice SPAD superior (35,1) em comparação ao das plantas sob as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹ (32,7 e 33,1), com as demais cargas não diferindo significativamente destas.

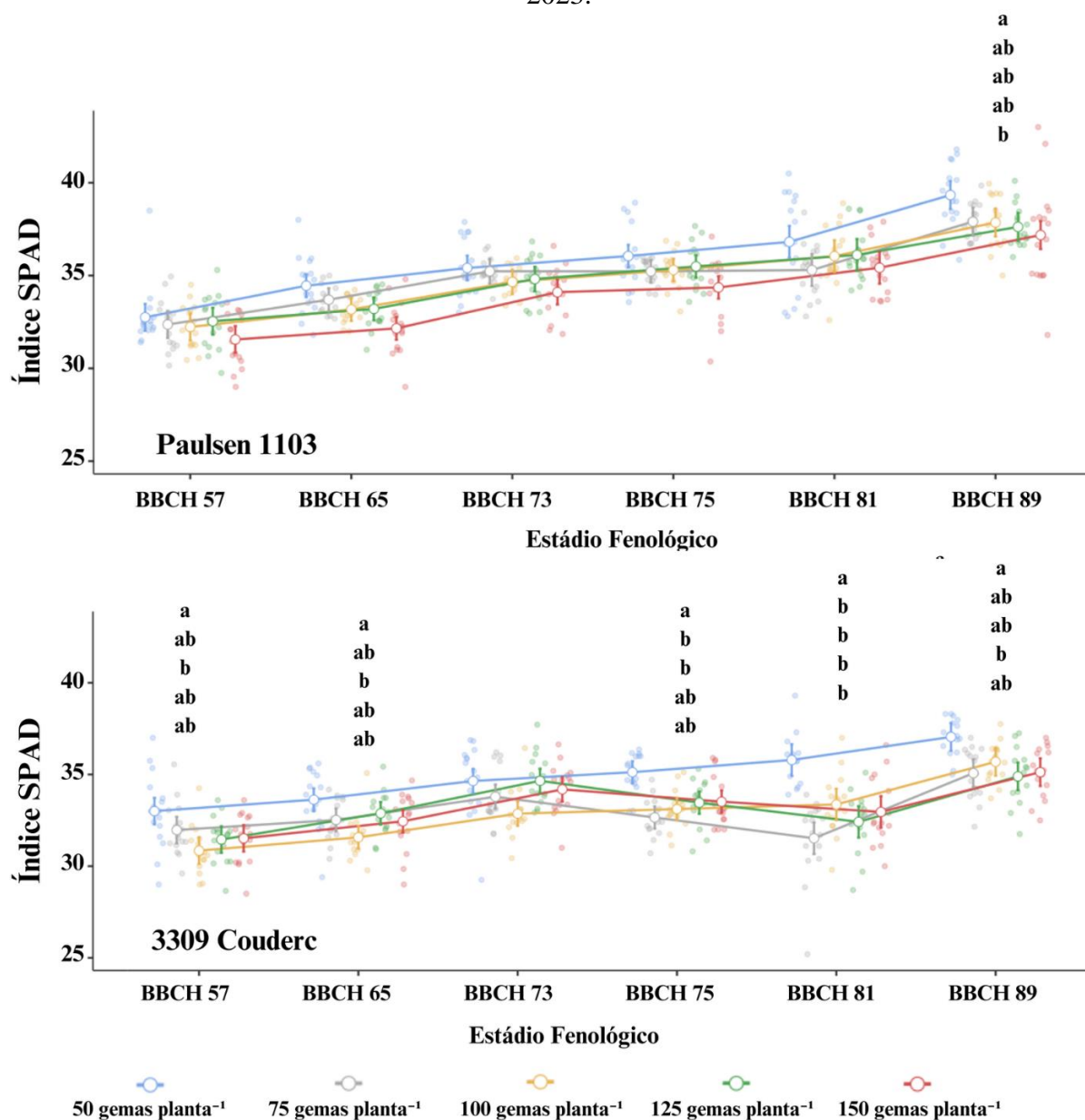
No estágio fenológico BBCH 81 a carga de 50 gemas planta⁻¹ teve o Índice SPAD superior (35,8) ao das demais cargas, com a diferença chegando a 4,3. No estágio fenológico BBCH 89 este padrão se alterou, com a carga de 50 gemas planta⁻¹ (37,1) sendo superior apenas da carga de 125 gemas planta⁻¹ (35), enquanto as demais não diferiram destas duas cargas de gema.

Na safra 2020, o mesmo padrão da safra 2019 se repetiu, com a carga de 50 gemas planta⁻¹ e o Paulsen 1103 resultando em valores de Índice SPAD superiores aos demais, com as diferenças chegando a 1,6 tanto para os níveis de carga de gemas quanto para os porta-enxertos (Figura 76).

Na safra 2020 houve interação dos fatores supracitados (Figura 77), sendo que no porta-enxerto 3309 Couderc houve efeito das diferentes cargas de gema somente no estágio fenológico BBCH 57. A carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um Índice SPAD superior (32,3) ao da carga de 100 gemas planta⁻¹ (29,5), com as demais cargas de gema não diferindo das já citadas.

Figura 75 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2019. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio Fenológico (Modelo linear misto, $p < 0,001$).

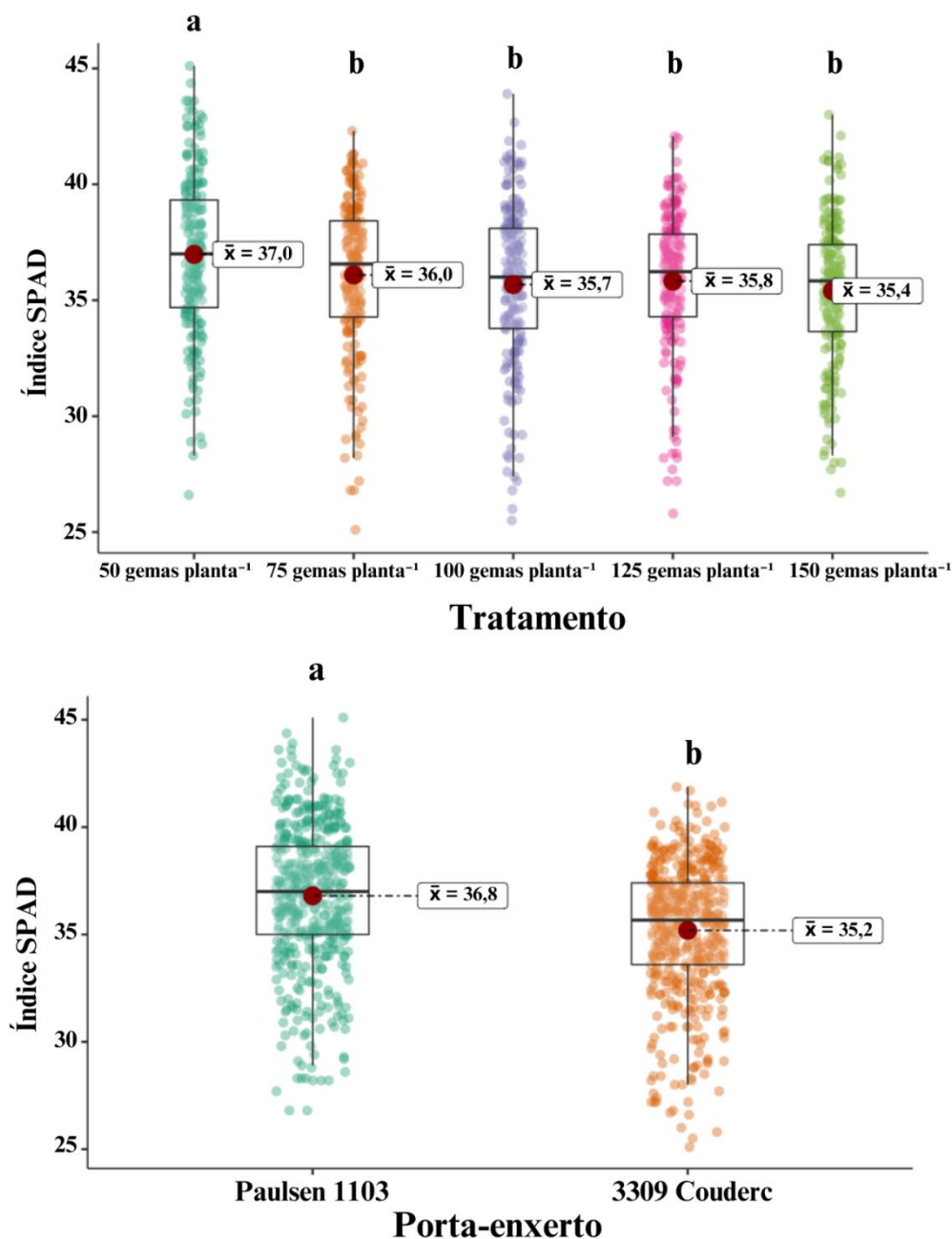
Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, houve efeito significativo das cargas de gema utilizadas nos últimos três estádios fenológicos. Tanto no estágio fenológico BBCH 75 quanto no BBCH 81, a carga de 50 gemas planta⁻¹ (41,2 e 39,5) diferiu apenas da carga de 150 gemas planta⁻¹ (38,1 e 36,3), com as demais cargas de gema tendo valores intermediários e não diferindo destas duas.

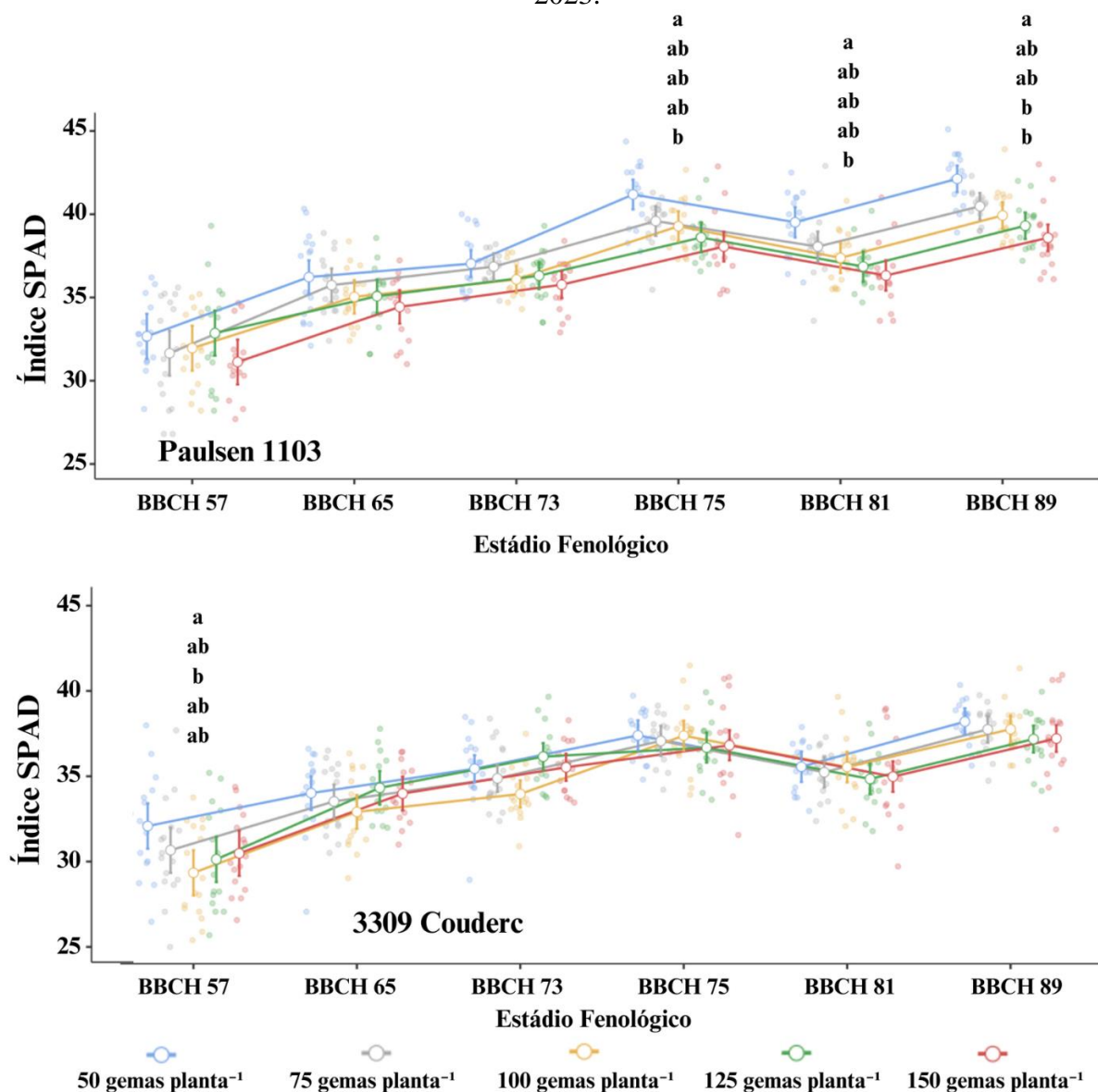
Figura 76 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2020. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

No estágio fenológico seguinte, além da carga de 150 gemas planta⁻¹ (38,6), a carga de 125 gemas planta⁻¹ (38,9) também resultou em um valor inferior ao da carga de 50 gemas planta⁻¹ (42,1), com os demais níveis não diferindo destas já citados.

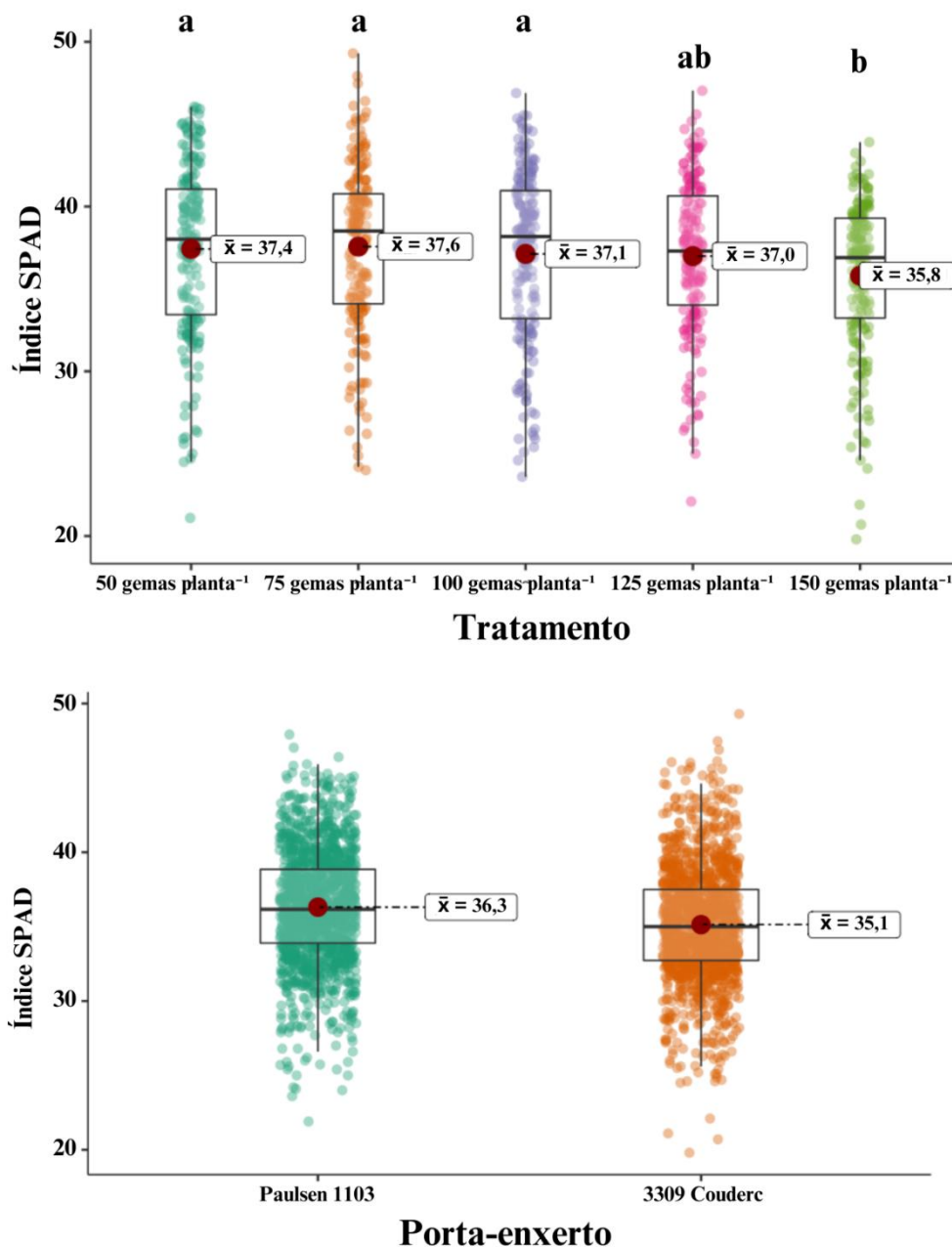
Figura 77 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2020. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio fenológico (Modelo misto generalizado, $p = 0,020$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Houve uma alteração no padrão já observado para o Índice SPAD na safra 2021 (Figura 78). Nesta safra, não foi significativo o efeito do porta-enxerto (valor médio de 35,7). Observando os valores resultantes dos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação, a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um Índice SPAD inferior ao das cargas de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹, com a diferença chegando a 1,6. A carga de 125 gemas planta⁻¹ teve um valor intermediário, não diferindo das demais cargas de gema.

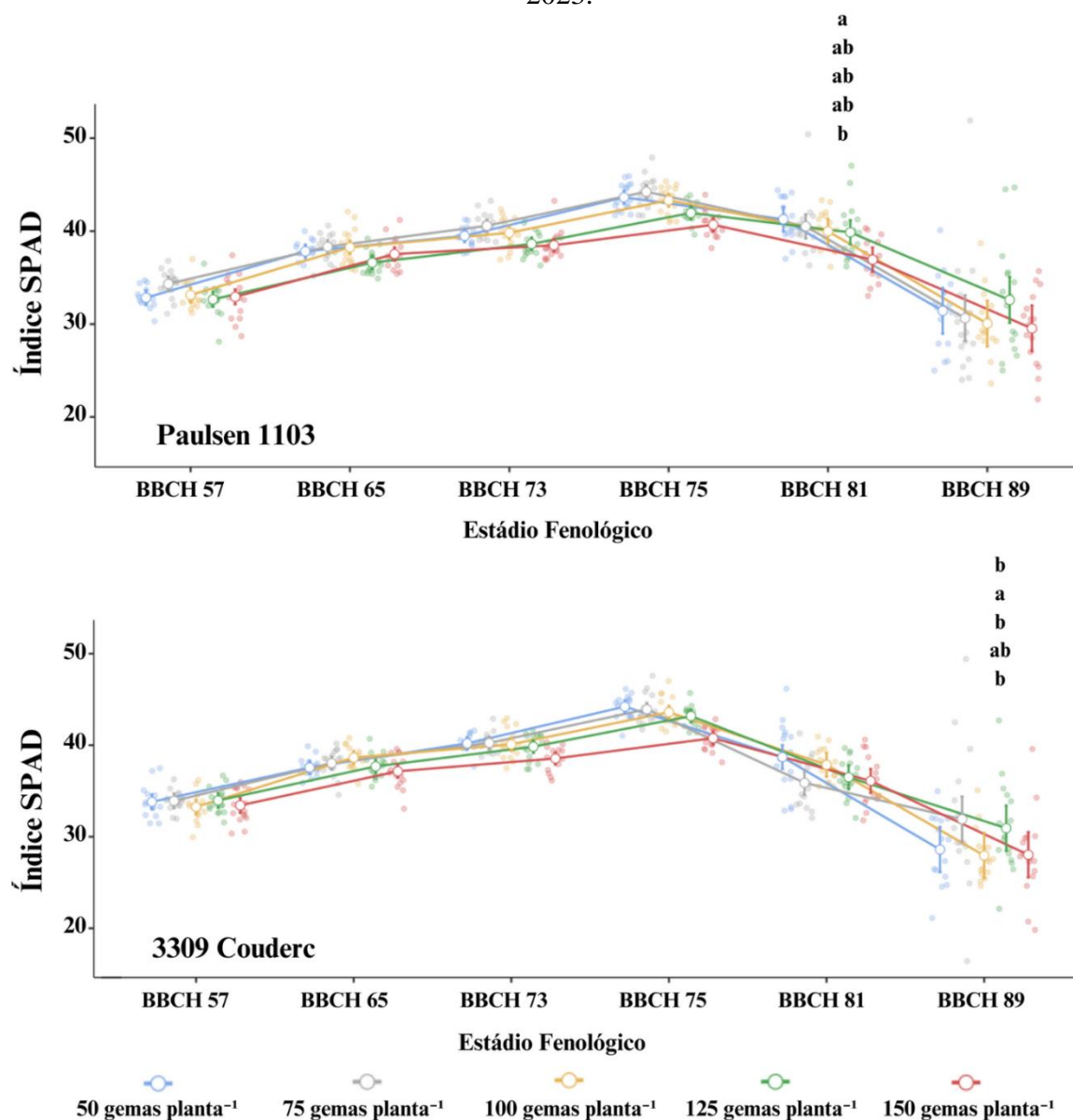
Figura 78 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2021. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,111$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Também houve significância na interação dos fatores na safra 2021 (Figura 79), havendo efeito dos níveis de cargas de gema na poda em ambos os porta-enxertos. Sobre o Paulsen 1103, no estágio fenológico BBCH 81, a carga de 50 gemas planta⁻¹ (41,3) foi superior a carga de 150 gemas planta⁻¹ (36,9), tendo as demais cargas de gema não diferindo destas.

Figura 79 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos, na safra 2021. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Estádio Fenológico (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.

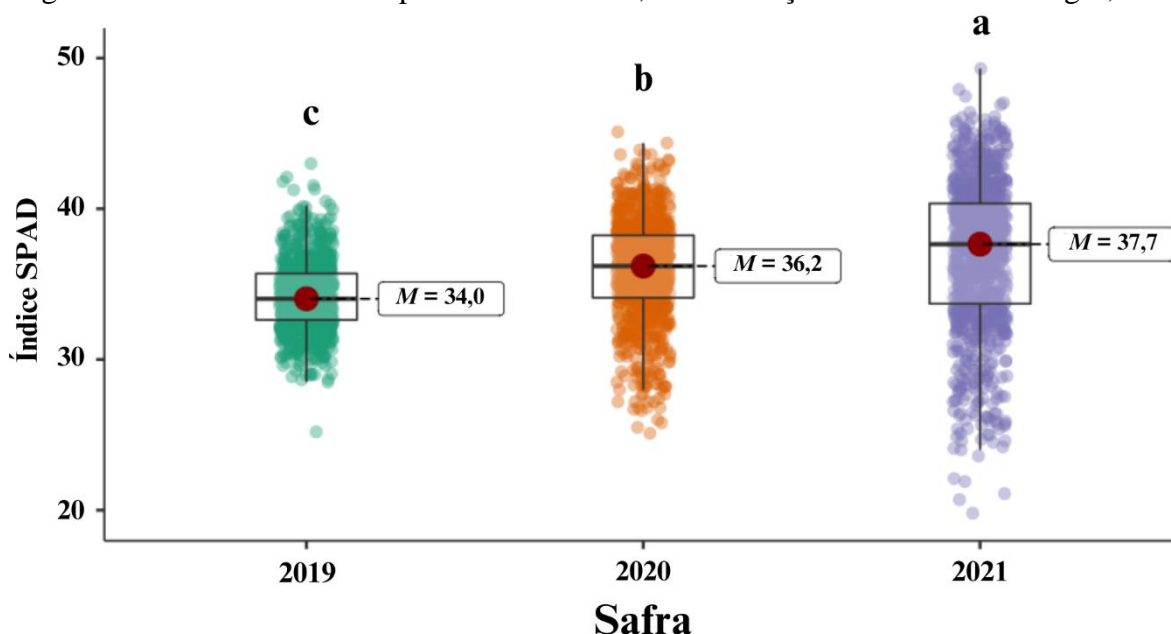


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Sobre o porta-enxerto 3309 Couderc, houve efeito dos níveis de cargas de gema no estágio fenológico BBCH 89. Diferente do visto em outras safras e do visto no Paulsen 1103, a carga de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um Índice SPAD superior ao das cargas de 50, 100 e 150 gemas planta⁻¹, com a diferença chegando a 4,6. A carga de 125 gemas planta⁻¹ teve um valor intermediário, não diferindo dos demais níveis de cargas de gemas.

Quando a safra, observa-se na figura 80 que houve significância para este fator na variável Índice SPAD. A safra 2021 teve o maior valor mediano de Índice SPAD, seguido da safra de 2020, e por último da safra 2019, que teve o menor valor mediano de Índice SPAD. A diferença entre os valores registrados para as safras chegou a 3,3.

Figura 80 - Índice SPAD em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito do fator Safra (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pelo teste de Dunn, com correção de Bonferroni. Lages, 2023.



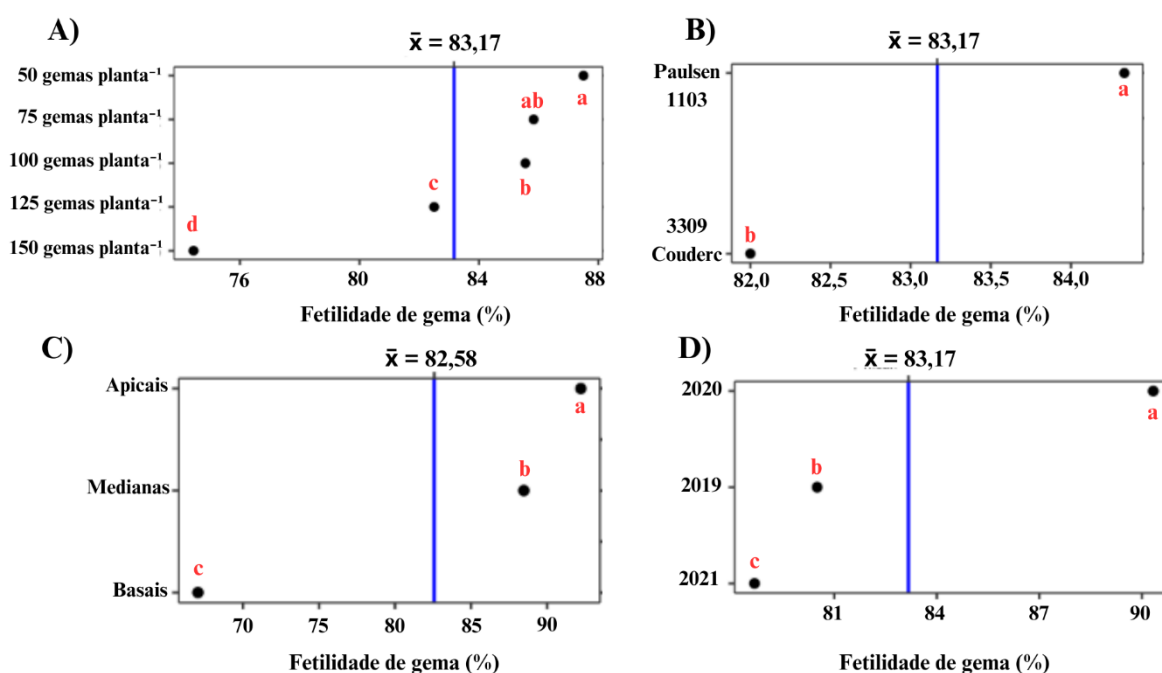
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Os fatores avaliados também impactaram na fertilidade de gema dos ramos da videira (Figura 81). Quanto aos níveis de cargas de gemas a utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior fertilidade das gemas (87,5%) em comparação as demais cargas de gemas, com exceção a carga de 75 gemas planta⁻¹ (85,8%), que não diferiu desta última e da carga de 100 gemas planta⁻¹ (85,6%). A carga de 125 gemas planta⁻¹ resultou uma fertilidade de gema (82,5%) maior em comparação a carga de 150 gemas planta⁻¹ (74,4%).

O porta-enxerto Paulsen 1103 também resultou em uma maior fertilidade de gemas (84,3%) em comparação ao 3309 Couderc (82%). Quanto a posição do ramo, as três posições diferiram entre si, sendo a maior fertilidade de gemas na posição apical (92,2%), seguido das gemas medianas (88,5%) e por fim as gemas basais (67%). A fertilidade de gemas também teve efeito as safras, sendo maior na safra 2020 (90,3%), seguida pela safra 2019 (80,5%) e pôr fim a safra 2021 (78,7%).

Figura 81 - Fertilidade das gemas dos ramos (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), C) Efeito do fator Posição (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e D) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

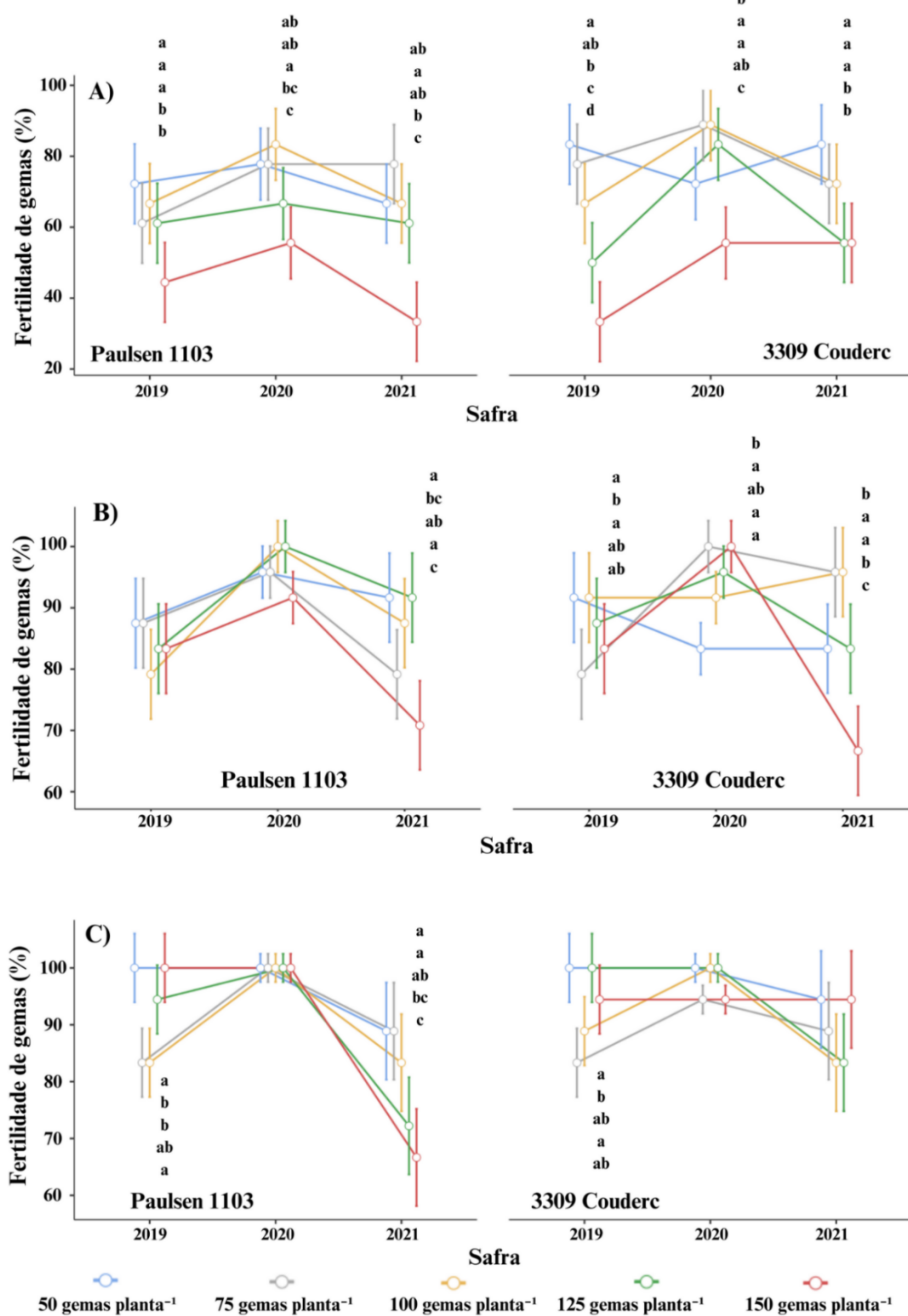
Como se observa na figura 82, houve efeito da interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Safra. Na posição basal, houve efeito dos níveis de cargas de gema em ambos os porta-enxertos e nas três safras.

Ao analisar os resultados concernentes às gemas basais no porta-enxerto Paulsen 1103, destaca-se que, na safra de 2019, as cargas de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹ evidenciaram uma fertilidade de gemas significativamente superior em comparação com as demais cargas de gemas.

Entretanto, na safra subsequente, esse padrão sofreu modificações, uma vez que a carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou em uma fertilidade de gemas superior às cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹. As cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹ não diferiram em relação às cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹, mantendo valores intermediários.

Figura 82 - Fertilidade das gemas dos ramos (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). A) Gemas basais, B) Gemas medianas e C) Gemas apicais. Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na safra de 2021, observou-se que a carga de 75 gemas planta⁻¹ resultou em uma fertilidade de gemas significativamente superior em comparação com as cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹. Enquanto isso, as cargas de 50 e 100 gemas planta⁻¹ não diferiram das cargas de 75 e 125 gemas planta⁻¹.

Quanto a fertilidade das gemas basais sobre o 3309 Couderc, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um valor médio superior desta variável comparado as demais cargas de gemas na poda, com exceção da carga de 75 gemas planta⁻¹, na safra de 2019.

Na safra 2020, as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹ resultaram em uma maior fertilidade de gemas quando comparadas as cargas de 50 e 150 gemas planta⁻¹, enquanto a carga de 125 gemas planta⁻¹ somente diferiu, sendo superior, a carga de 150 gemas planta⁻¹.

Novamente um padrão diferente na safra de 2021, sendo que as cargas de 50, 75 e 100 gemas tiveram a fertilidade de gemas superior em relação aos valores médios das cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹.

Na posição mediana do ramo, houve efeito dos níveis de carga de gemas somente na safra 2021, para o Paulsen 1103. As cargas de 50 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em uma maior fertilidade de gema comparadas as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹. Nesta safra, a carga de 100 gemas planta⁻¹ somente diferiu, sendo superior, a carga de 150 gemas planta⁻¹.

Sobre o porta-enxerto 3309 Couderc, as cargas de 50 e 100 gemas planta⁻¹ não diferiram das cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹, mas resultaram em uma maior fertilidade de gema em relação ao nível de 75 gemas planta⁻¹, na safra 2019. Diferentemente, na safra 2020, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em uma menor fertilidade de gemas em comparação as demais cargas de gema utilizadas na poda, com exceção a carga de 100 gemas planta⁻¹, que com valor intermediário, não diferiu dos demais níveis.

Na safra 2021, as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹ resultaram em uma fertilidade de gema superior aos valores obtidos nas cargas de 50 e 125 gemas planta⁻¹. Estas duas últimas, por sua vez, foram superiores a carga de 150 gemas planta⁻¹.

Na posição apical dos ramos, houve efeito dos níveis de carga de gemas somente na safra 2019, para o porta-enxerto 3309 Couderc. As cargas de 50 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em valores superiores aos obtidos pelo uso da carga de 75 gemas planta⁻¹, enquanto as demais cargas tiveram valores intermediários e não diferiram das demais cargas de gema na poda de frutificação.

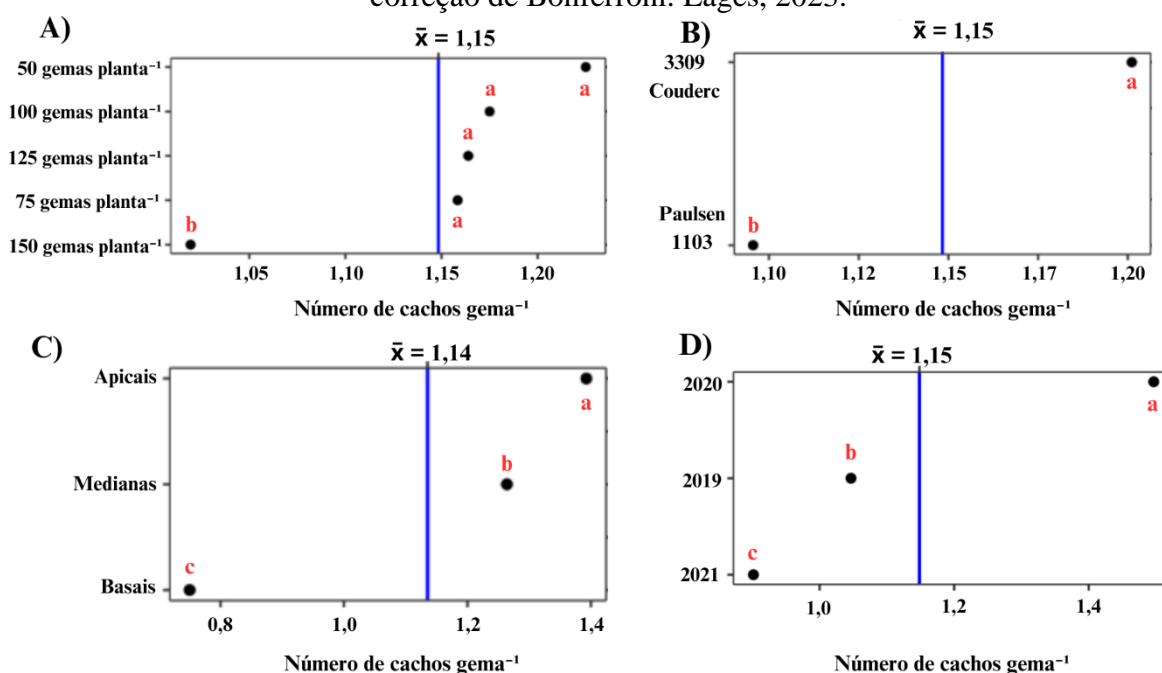
Sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, não houve efeito dos diferentes níveis de cargas de gema na safra 2020. Na safra 2019, as cargas de 50 e 150 gemas plantas⁻¹ resultaram em uma maior fertilidade de gema quando comparadas as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹, onde

a carga de 125 gemas planta⁻¹, com valor intermediário, não diferiu dos demais níveis de cargas de gema.

Na safra 2021, a utilização das cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultou em uma fertilidade de gema superior quando comparado as cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹. Por sua vez, a carga de 100 gemas planta⁻¹ não diferiu das demais cargas, com exceção a carga de 150 gemas planta⁻¹, que teve uma menor fertilidade de gema quando compara ao último nível de carga de gemas citado.

Figura 83 - Número de cachos por gema em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p = 0,001$), C) Efeito do fator Posição (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e D) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.

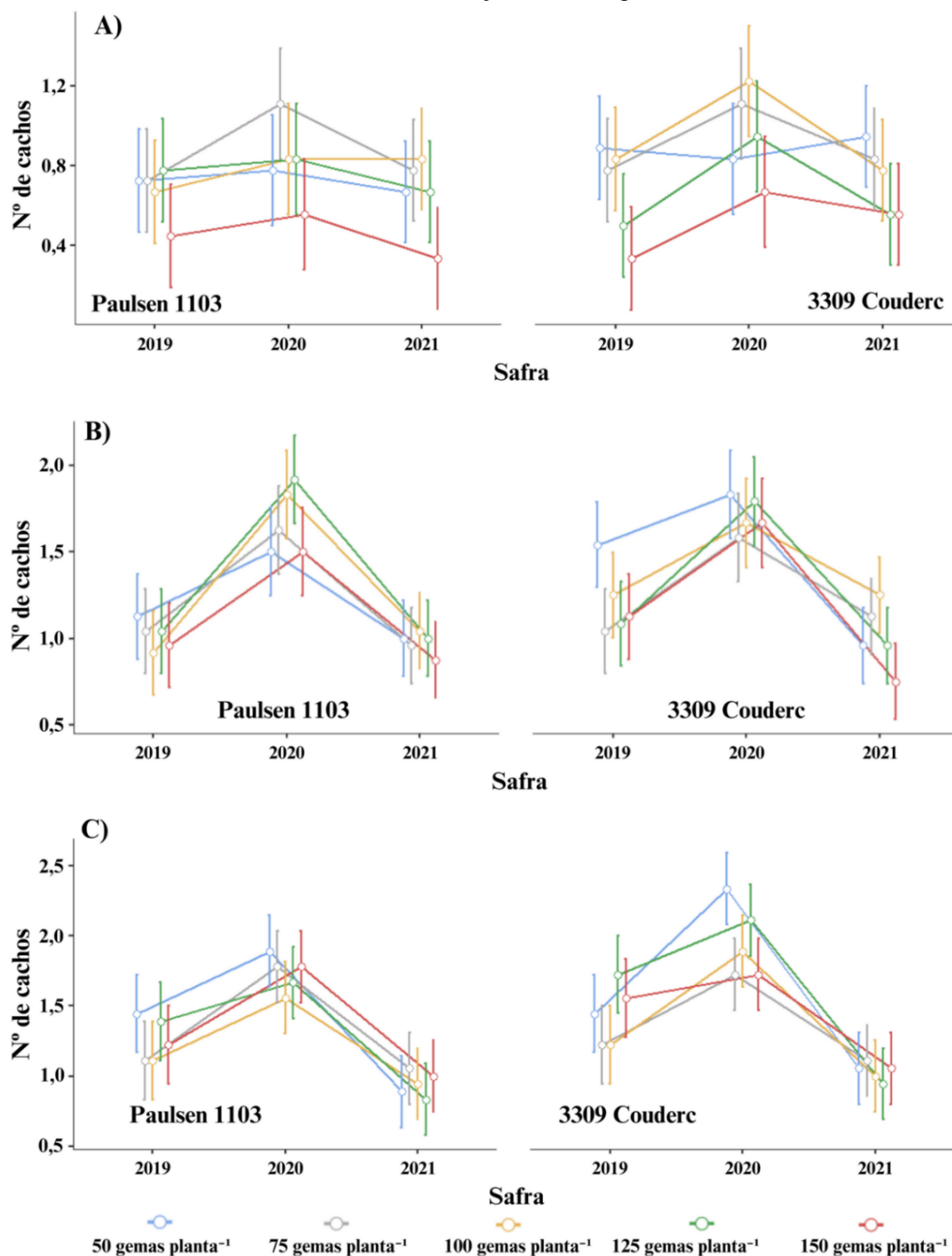


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na figura 83 se observa os efeitos dos diferentes fatores sobre o número de cachos por gema. Quando observado os diferentes níveis de cargas de gema na poda de frutificação, a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ diminui o número de cachos por gema das videiras. A diferença chegou a 0,11, ou seja, um cacho a menos cada 10 gemas.

Diferente do visto na variável fertilidade de gema, o Paulsen 1103 (1,1) diminuiu o número de cachos por gema em comparação ao 3309 Couderc (1,2), numa proporção de 1 cacho a cada 10 gemas.

Figura 84 - Número de cachos por gema em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,358$). A) Gemas basais, B) Gemas medianas e C) Gemas apicais. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para o fator posição do ramo, as três posições diferiram entre si, onde as gemas apicais resultaram em um maior número de cachos (1,4), seguido pelas gemas medianas (1,3) e por fim as gemas basais (0,8). A amplitude foi de 0,6, logo, a cada 10 gemas são 6 cachos.

Quanto ao efeito das safras, as três também diferiram entre si. A safra de 2020 influenciou no maior número de cachos por gema (1,5), seguido da safra de 2019 (1,1), e pôr fim a safra 2021 (0,9). A amplitude foi de 0,6, assim como para a posição do ramo.

Não houve efeito da interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Safra para o número de cacho por gemas, como se pode observar na figura 84.

4.3 COMPONENTES DE RENDIMENTO E ÍNDICES DE EQUILÍBRIO VEGETO-PRODUTIVO

Quanto as componentes de rendimentos da videira, para a variável produtividade, houve efeito significativo dos diferentes fatores (Figura 85). Quanto aos níveis de cargas de gema, a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou na maior produtividade da videira em relação as demais cargas, com exceção a carga de 100 gemas planta⁻¹, que teve valor intermediário a carga anteriormente citada e a carga de 125 gemas planta⁻¹.

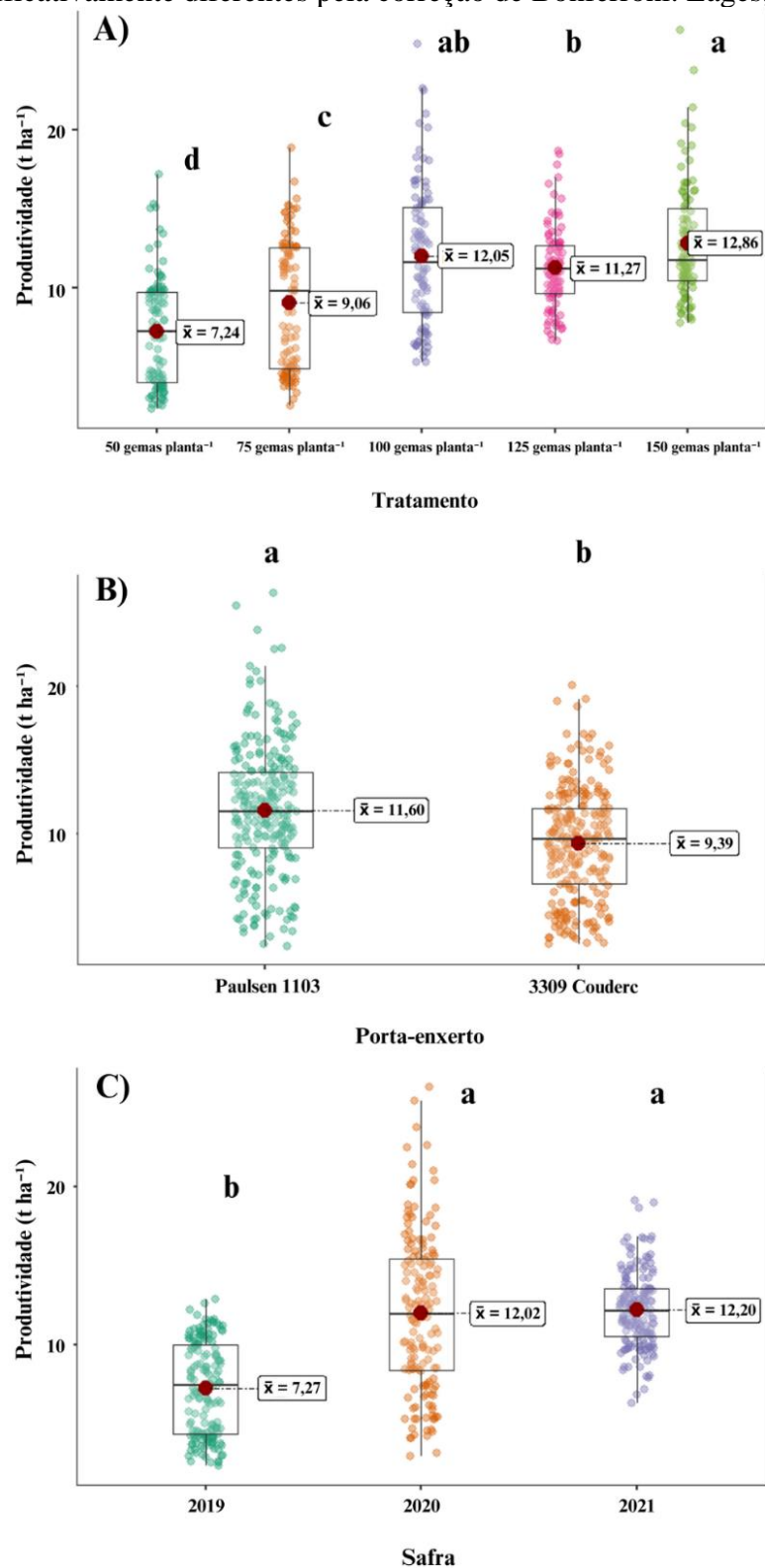
A carga de 125 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior produtividade quando comparada a carga de 75 gemas planta⁻¹, e esta última influiu em uma produtividade superior quando comparada a carga de 50 gemas planta⁻¹, em um comportamento similar a diminuição da produtividade com o a utilização de níveis menores de cargas de gema na poda de frutificação. A amplitude dos valores médios obtidos para a produtividade foi de 5,6 t ha⁻¹.

Quanto aos porta-enxertos, as plantas sobre o Paulsen 1103 foram mais produtivas do que as sobre o 3309 Couderc, havendo uma diferença média de 2,2 t ha⁻¹. Quanto as safras, a safra de 2019 teve uma produção inferior em relação as safras de 2020 e 2021, com a diferença média chegando a 4,9 t ha⁻¹.

O efeito entre a interação dos fatores também foi significativo para a produtividade da videira. Na safra 2019, em ambos os porta-enxertos, as cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultaram em menores produtividades com paradas as demais cargas de gema na poda de frutificação.

Na safra 2020, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em uma menor produtividade quando comparada as demais cargas de gema da poda sobre o Paulsen 1103. Ainda para o Paulsen 1103, a carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior produtividade, não diferindo apenas da carga de 150 gemas planta⁻¹.

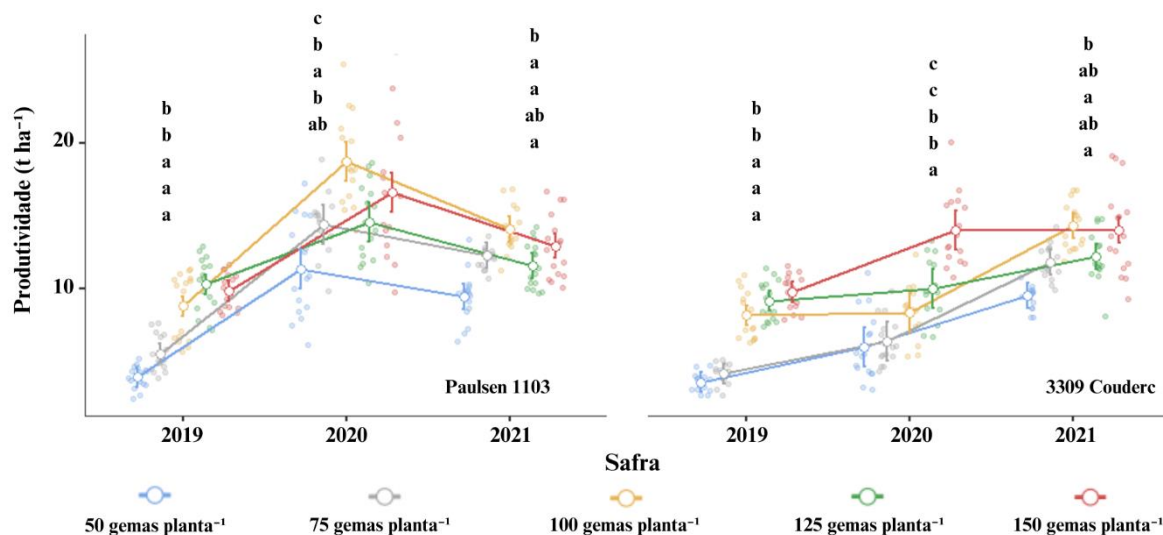
Figura 85 - Produtividade (t ha^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 86 - Produtividade (t ha^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Sobre o 3309 Couderc, a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior produtividade da videira. Tendo um valor intermediário de produtividade, as cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹ e não diferiram entre si. As demais cargas resultaram em menores produtividades, não diferindo entre si.

Na safra 2021 o padrão visto novamente muda, sendo que sobre o Paulsen 1103, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em uma menor produtividade em relação as demais níveis de cargas de gema, tendo como exceção a carga de 125 gemas planta⁻¹, com valor intermediário, que não diferiu das demais cargas de gema na poda.

Sobre o porta-enxerto 3309 Couderc na safra 2021, a utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ também resultou em uma produtividade menor, diferindo das cargas de 100 e 150 gemas planta⁻¹, com as demais cargas tendo valores intermediários e não diferindo das demais cargas de gema.

Os diferentes fatores avaliados também tiveram efeito sobre o número de cachos da videira (Figura 87). O número de cachos teve um comportamento próximo ao linear, com o número de cachos aumentando na medida que quem se aumentou o nível de cargas de gema, com exceção da carga de 100 gemas planta⁻¹, que não diferiu da carga de 125 gemas planta⁻¹,

com ambas produzindo um menor número de cachos em relação a carga de 150 gemas planta⁻¹.

A utilização do Paulsen 1103 também resultou em um maior número de cachos em relação ao 3309 Couderc, com uma diferença de aproximadamente 8 cachos. Para o fator safra, as três safras diferiram entre si. O maior número de cachos foi na safra 2020, seguida pela safra 2021 e pôr fim a safra 2019, com a diferença média chegando a 35 cachos entre as safras.

A interação dos fatores também foi significativa para o número de cachos por planta das videiras (Figura 88). Na safra 2019, sobre o Paulsen 1103, a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um número de cachos superior ao dos demais níveis de cargas de gema, seguida pelas cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹. Estas duas últimas cargas foram superiores a carga de 75 gemas planta⁻¹, que por sua vez resultou em um maior número de cachos quando compara ao nível de 50 gemas planta⁻¹.

Na safra seguinte, a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ aumentou o número de cachos em relação as cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹, sendo que as cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹ tiveram valores intermediários, não diferindo, entre o nível de maior número de cachos e o nível de 75 gemas planta⁻¹.

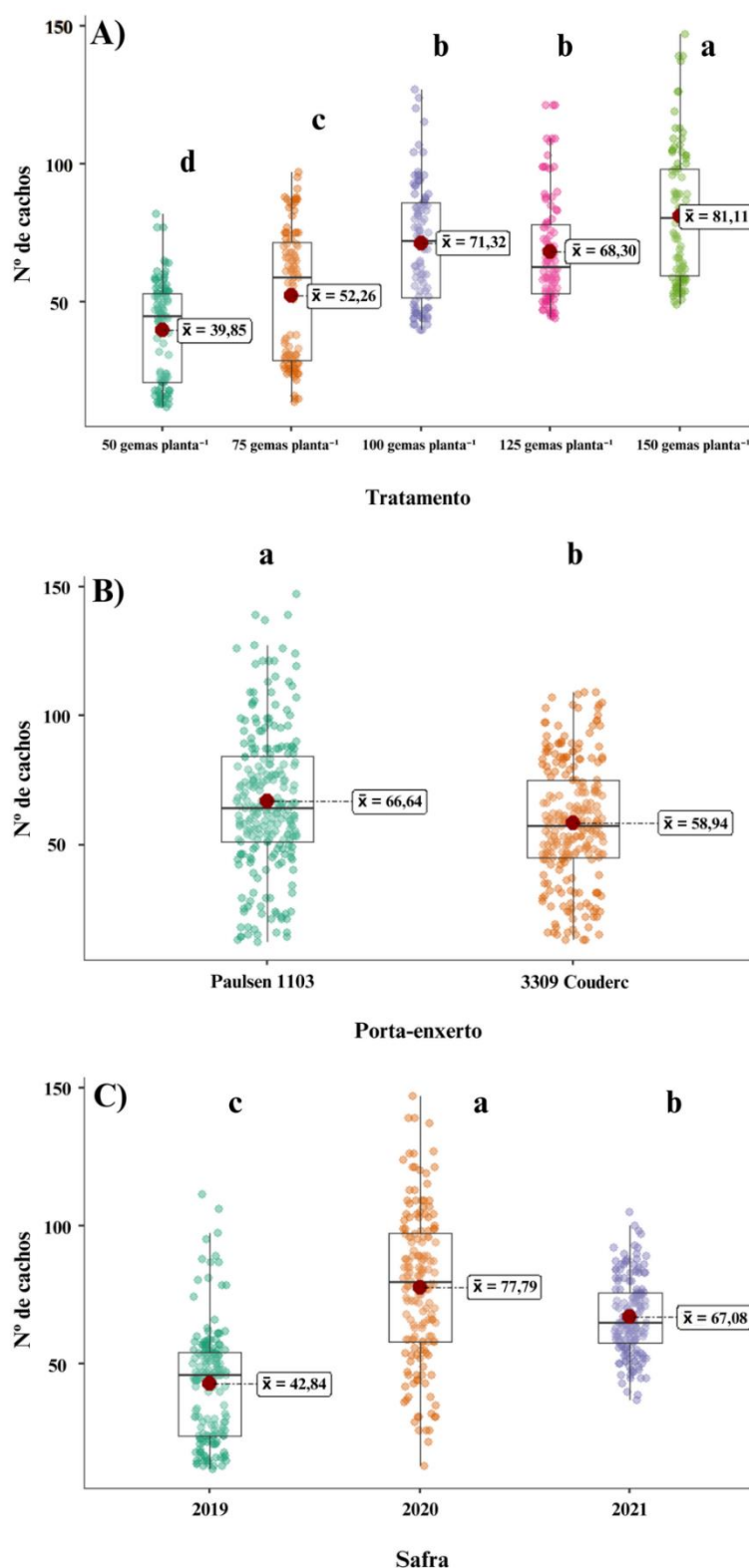
Na safra 2021, a carga de 50 gemas planta⁻¹ não diferiu apenas da carga de 75 gemas planta⁻¹, sendo inferior as demais cargas de gema quanto ao número de cachos por planta, sobre o Paulsen 1103.

Sobre o porta-enxerto 3309 Couderc, na safra 2019, as cargas de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um maior número de cachos em relação as demais cargas de gema na poda, com a carga de 50 gemas planta⁻¹ tendo o menor número de cachos por planta, diferindo dos demais níveis de cargas de gema.

O padrão identificado na safra de 2019 sofre alterações na safra subsequente, onde as cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultam em um menor número de cachos, diferenciando-se da carga de 125 gemas planta⁻¹. A carga de 100 gemas planta⁻¹ apresenta um valor intermediário, sem diferenças significativas em relação às cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹, sendo esta última associada ao maior número de cachos observado sobre o porta-enxerto 3309 Couderc.

Na safra 2020, a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um maior número de cachos em relação as demais cargas de gema, com exceção a carga de 100 gemas planta⁻¹, que não diferiu desta e da carga de 125 gemas planta⁻¹. As cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultaram em um menor número de cachos por planta para o 3309 Couderc.

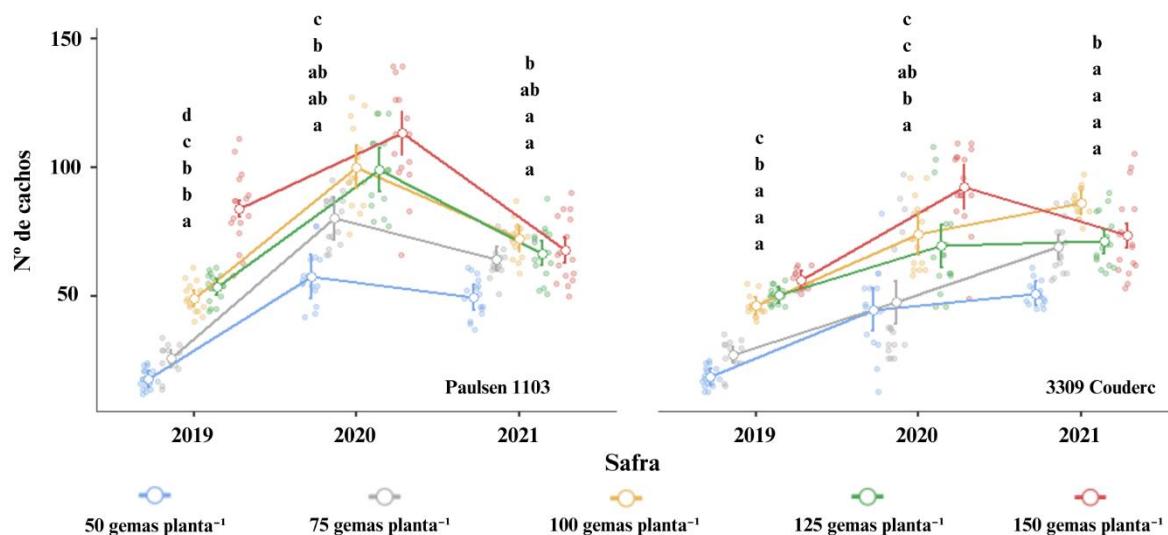
Figura 87 - Número de cachos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 88 – Número de cachos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

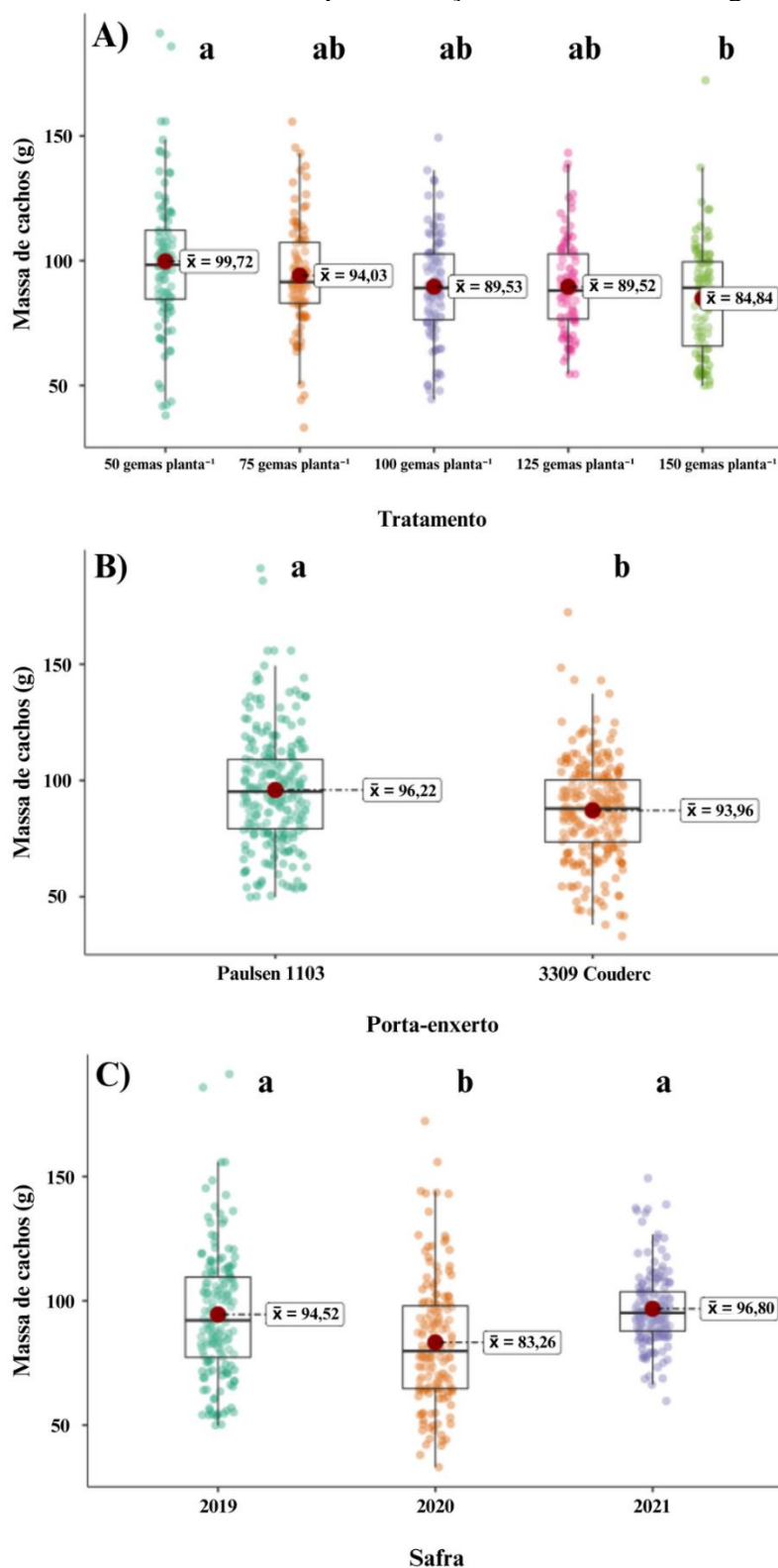
Na safra 2021, a carga de 50 gemas planta⁻¹ diferiu das demais, resultando em uma diminuição no número de cachos por planta, sobre o 3309 Couderc, havendo uma amplitude dos valores médios observados de aproximadamente 35 cachos.

Para a variável massa de cachos, houve efeito significativo para os diferentes fatores avaliados (Figura 89). A massa de cacho foi maior com a utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ em relação ao uso da carga de 150 gemas planta⁻¹. As demais cargas de gemas não se diferenciaram destas duas quanto a massa média dos cachos.

A massa dos cachos foi superior (2,3 g) quando utilizado o Paulsen 1103 em relação ao 3309 Couderc. Já para o fator safra, a safra 2020 resultou em cachos de menor massa em comparação as outras duas, com a diferença chegando a 13,5 g.

A interação dos fatores foi significativa para a massa dos cachos, sendo que para o porta-enxerto 3309 Couderc, houve efeito dos níveis de cargas de gemas na poda somente na safra 2020 (Figura 90). Nesta safra, as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em maior massa de cachos em relação a carga de 100 gemas planta⁻¹. As cargas de 50 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em valores intermediários, não diferindo das demais.

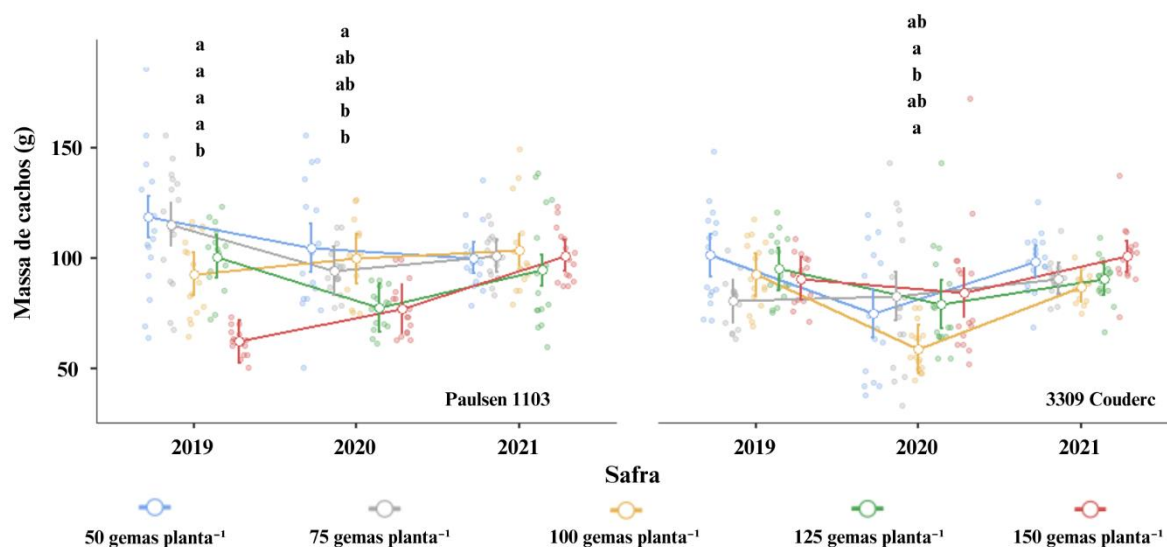
Figura 89 - Massa de cacho (g) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 90 - Massa de cacho (g) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



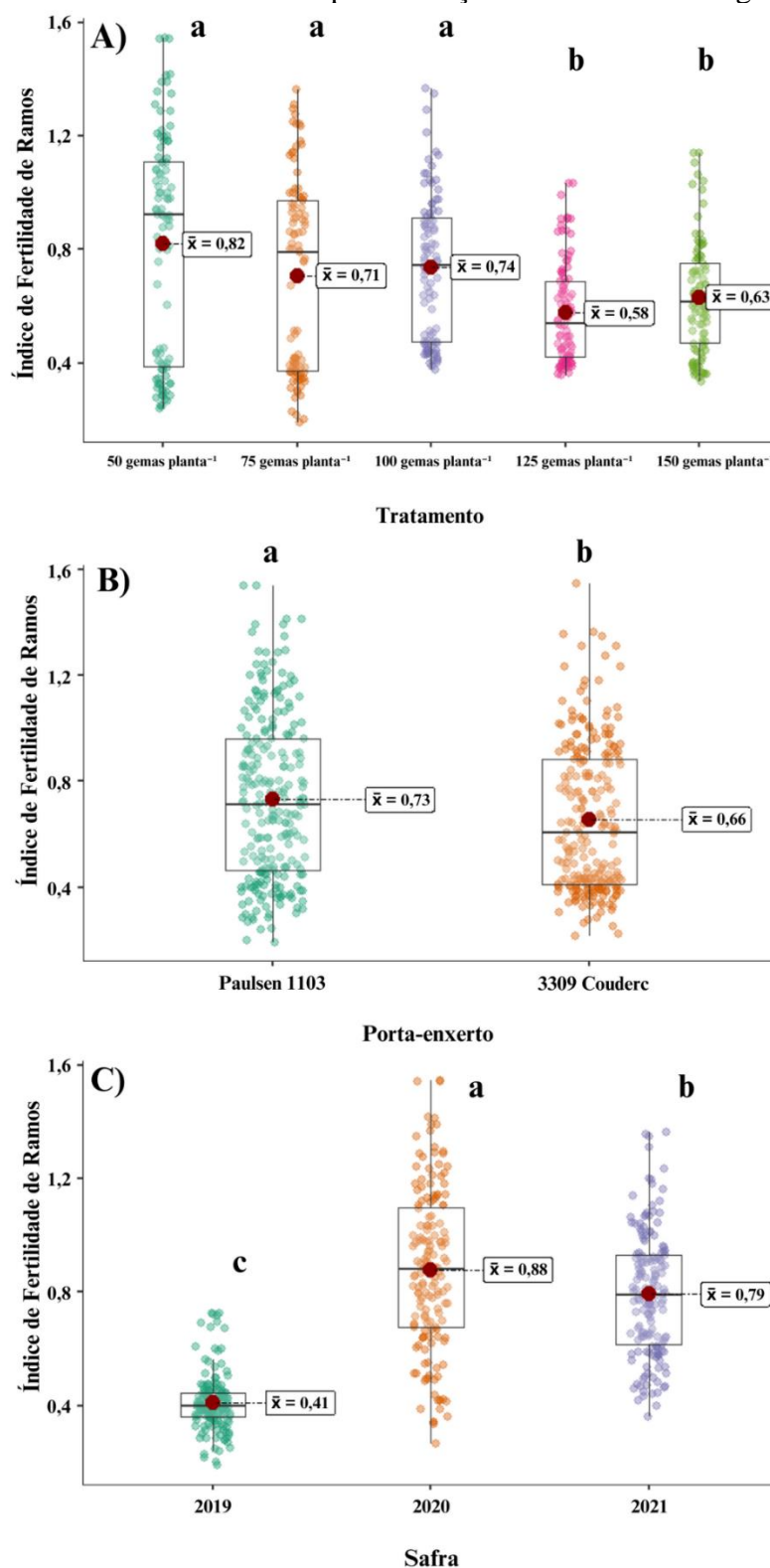
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para o porta-enxerto Paulsen 1103, na safra 2019, a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ reduziu a massa dos cachos em relação aos demais níveis de cargas de gema, com a diferença chegando a 56,6 g. Na safra 2020, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior massa de cachos em relação as cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹, com as demais cargas de gema não diferindo destas, tendo valores intermediários.

Os diferentes fatores também tiveram efeito sobre a variável índice de fertilidade de ramos (Figura 91). As cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em plantas com um menor índice de fertilidade dos ramos em relação as demais cargas de gemas, com a diferença chegando a 0,24. O Paulsen 1103 resultou em um maior valor do índice de fertilidade dos ramos em comparação ao 3309 Couderc. As três safras diferiram entre si, sendo o maior valor do índice de fertilidade de ramos na safra de 2020, seguida da safra de 2021 e pôr fim a safra de 2019, com a diferença chegando a 0,47.

A interação dos fatores para esta variável também teve efeito significativo (Figura 92). Sobre o Paulsen 1103, na safra 2019, a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou no maior valor de índice de fertilidade dos ramos em relação as demais cargas de gema. As cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹ tiveram efeito contrário, resultando nos menores valores de índice de fertilidade de ramos, porém não diferem da carga de 125 gemas planta⁻¹.

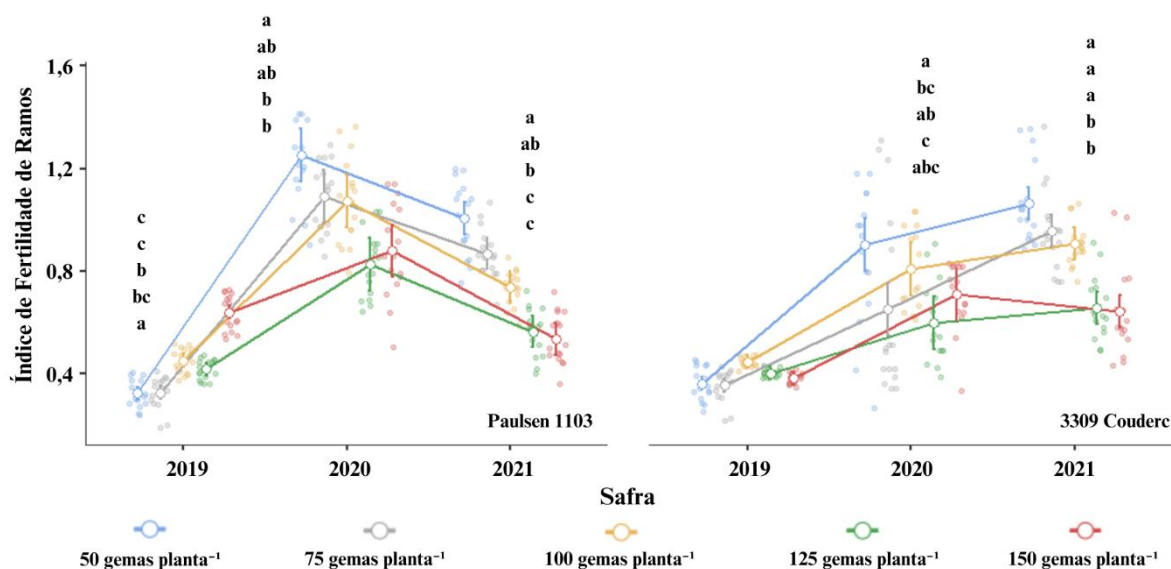
Figura 91 - Índice de fertilidade de ramos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 92 - Índice de fertilidade dos ramos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



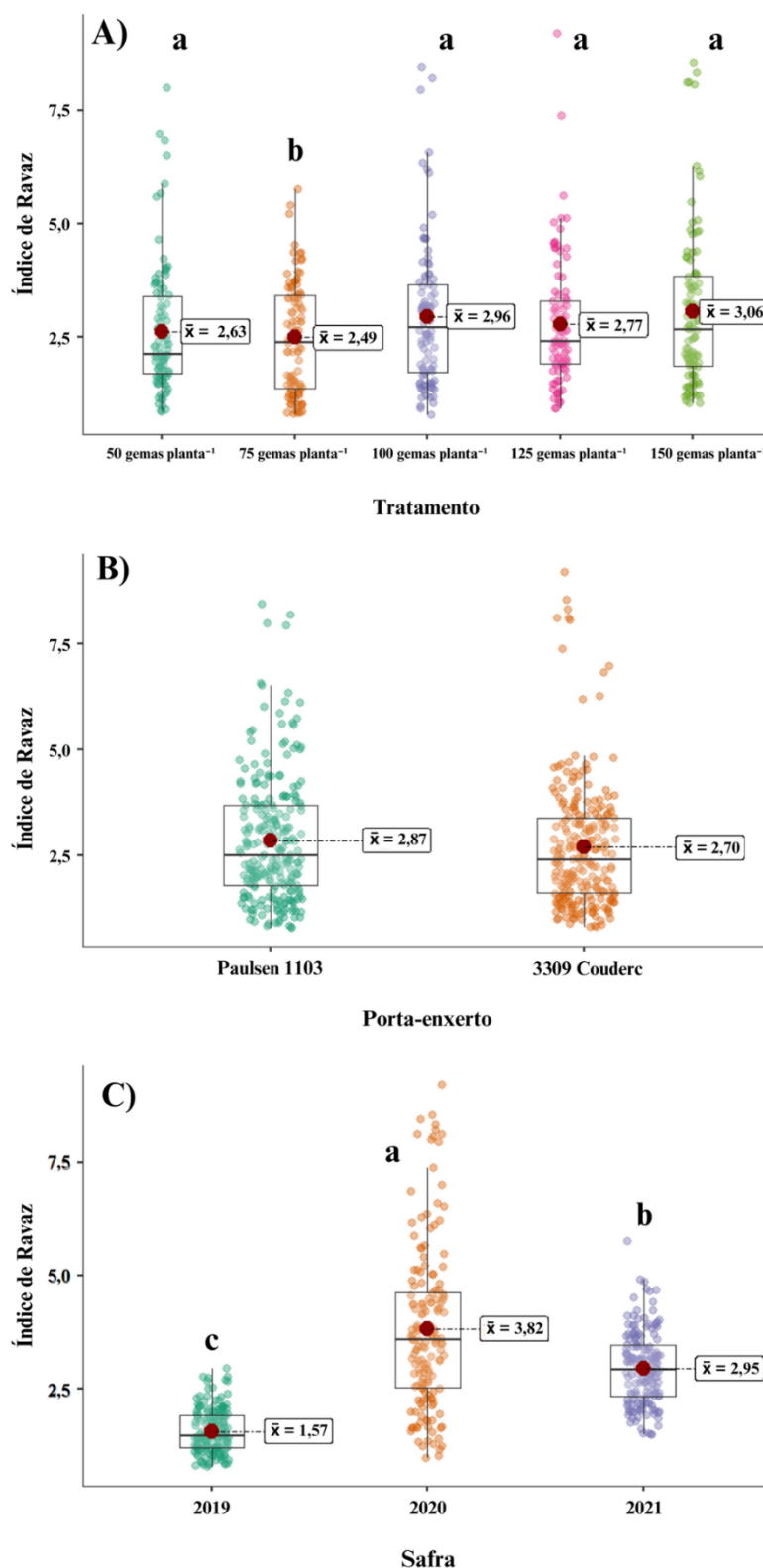
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na safra 2020 o padrão visto na safra anterior se altera, com a carga de 50 gemas planta^{-1} resultando em um valor superior de índice de fertilidade de ramos em relação as cargas de 125 e 150 gemas planta^{-1} , tendo as demais cargas de gemas valores intermediários e não diferindo das supracitadas.

Na safra 2021, novamente as cargas de 125 e 150 gemas planta^{-1} resultam em menores valores de índice de fertilidade de ramos, porém se diferenciando das demais cargas de gemas. Com valor superior aos níveis já citados, a carga de 100 gemas planta^{-1} se difere da carga de 50 gemas planta^{-1} , que resultou no maior índice de ramos de fertilidade.

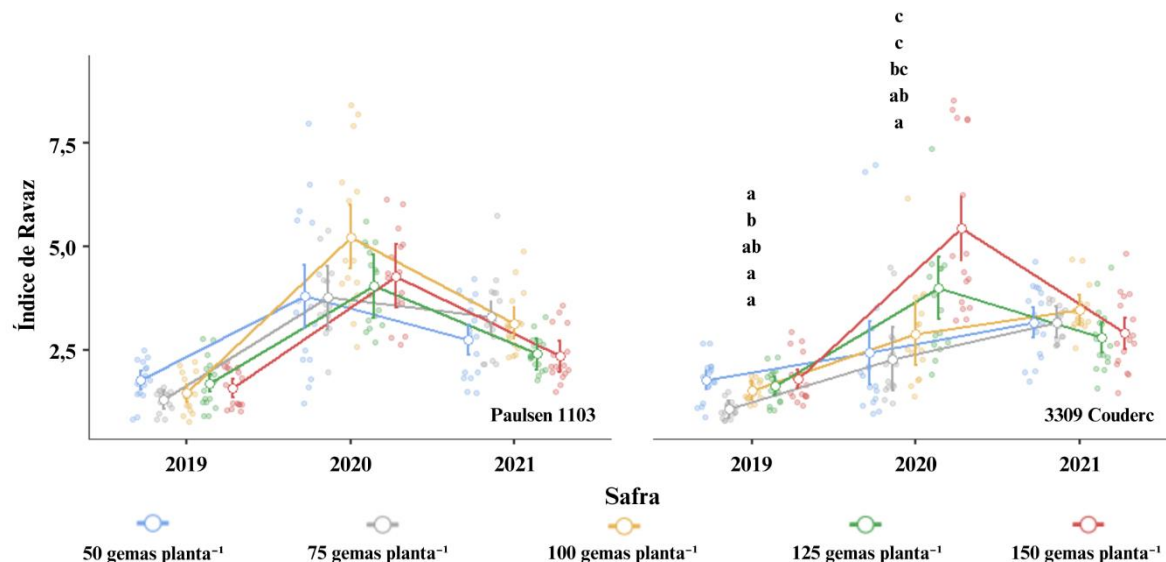
Quanto ao porta-enxerto 3309 Couderc, não há efeito significativo na safra 2019. Na safra 2020, os valores de índice de fertilidade de ramos se alteraram de maneira gradativa, havendo efeito do nível de carga de gemas. A carga de 50 gemas planta^{-1} foi superior as cargas de 75 e 125 gemas planta^{-1} em relação ao índice de fertilidade de ramos, sendo que estas duas últimas não diferiram. A carga de 100 gemas planta^{-1} não diferiu da carga de 50 gemas planta^{-1} , enquanto a carga de 150 gemas planta^{-1} , tendo um valor intermediário, não teve diferença significativa com os demais 4 níveis de carga de gemas na poda.

Figura 93 - Índice de Ravaz em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,002$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,100$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 94 - Índice de Ravaz em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,057$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Sob um padrão diferente, na safra de 2021, as cargas de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹ resultaram em um maior índice de fertilidade de ramos quando comparadas as demais cargas de gema na poda.

Diferente das variáveis de rendimento vistas anteriormente, não houve efeito de porta-enxerto sobre a variável índice de Ravaz, com um valor médio de 2,79 (Figura 93). Para os diferentes níveis de cargas de gema na poda, a utilização da carga de 125 gemas planta⁻¹ reduziu o valor deste índice em comparação aos demais níveis de carga de gemas, com a diferença chegando a 0,57.

O índice de Ravaz difere nas três safras avaliadas, sendo que o maior valor desta variável foi na safra de 2020, seguida pela safra 2021 e pôr fim a safra de 2019, com a diferença média chegando a 2,25.

Apesar de não haver a interação dos fatores para esta variável, há efeito simples e diferença significativa no teste *post hoc* para os níveis de cargas de gema sobre o 3309 Couderc (Figura 94). Na safra 2019, a carga de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um valor de índice de Ravaz inferior aos das demais cargas de gema, com exceção da carga de 100 gemas planta⁻¹, que não diferiu de nenhum nível de carga de gemas.

Na safra 2021, a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ aumenta o índice de Ravaz em relação as cargas de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹. A carga de 125 gemas planta⁻¹ não difere da carga de 150 gemas planta⁻¹, porém também não difere da carga de 100 gemas planta⁻¹, tendo um valor intermediário entre estes níveis de cargas de gemas.

Assim como o índice de Ravaz, não houve efeito do porta-enxerto para a variável relação área foliar/produção (Figura 95), que teve um valor médio para este fator de 5,13 m² kg⁻¹. Para os diferentes níveis de cargas de gema, as cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultaram em um decréscimo do valor médio desta variável, havendo uma amplitude dos valores médios observados 0,92 m² kg⁻¹.

A relação área foliar/produção diferiu nas três safras, sendo o menor valor avaliado na safra de 2020, seguida pela safra de 2021 e pôr fim a safra de 2019, com a diferença do valor observado chegando a 4,41 m² kg⁻¹.

Não houve efeito da interação dos fatores sobre a relação produção/área foliar neste estudo, mas houve efeito simples dos diferentes níveis de carga de gemas em ambos os porta-enxertos, durante o período de avaliação (Figura 96).

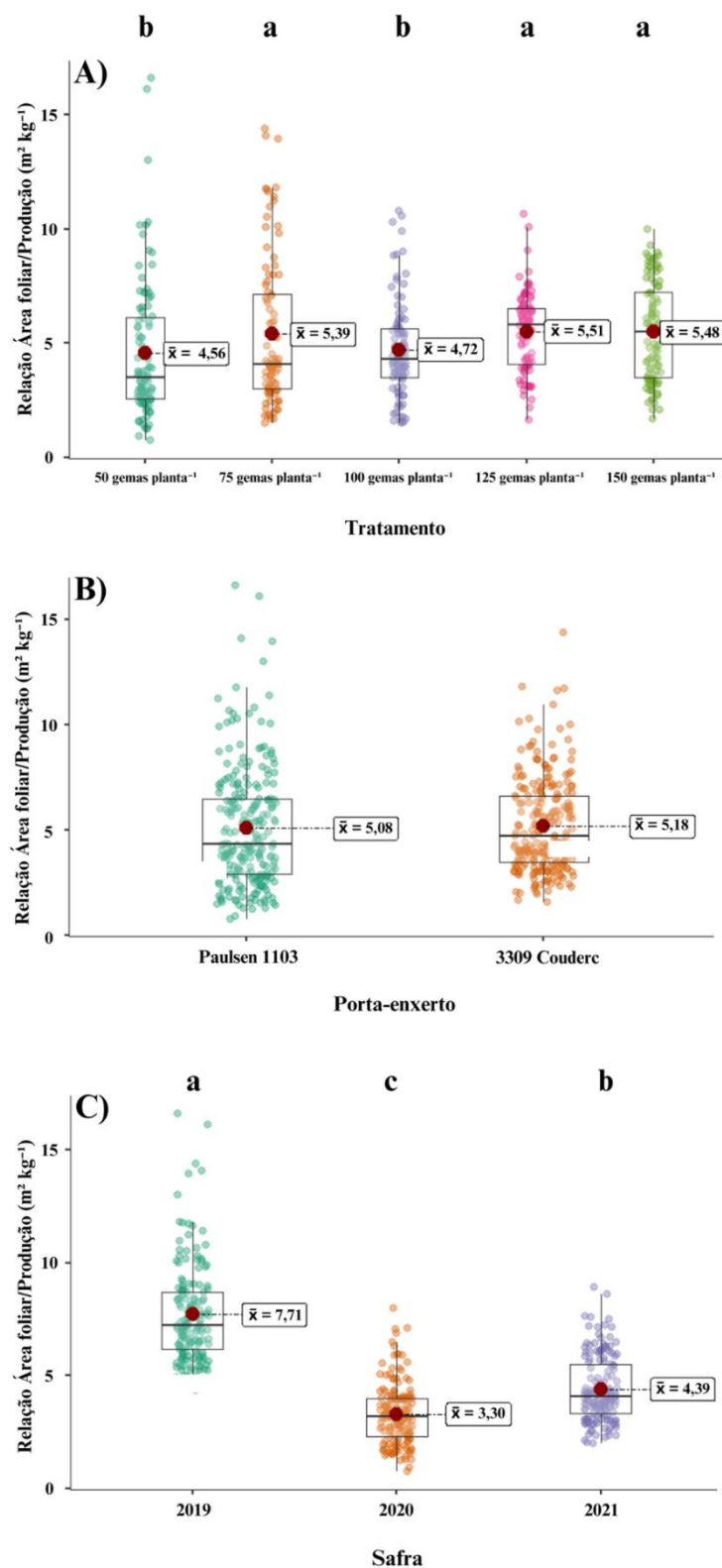
Na safra 2019 não houve efeito das diferentes cargas de gemas na poda sobre o Paulsen 1103. Para o 3309 Couderc, nesta mesma safra, apenas diferiram entre si os níveis de 75 e 100 gemas planta⁻¹, com os demais níveis não diferindo destes citados. O nível de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um incremento médio de 1,32 m² kg⁻¹ em relação ao nível de 100 gemas planta⁻¹.

Na safra seguinte, os níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em uma maior relação área foliar/produção sobre o Paulsen 1103, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 3 m² kg⁻¹.

Para o 3309 Couderc, nesta safra, o nível de 50 gemas planta⁻¹ foi inferior ao nível de 75 gemas planta⁻¹, com uma diferença média de 1,4 m² kg⁻¹. Para este mesmo porta-enxerto, na safra posterior, o nível de 100 gemas planta⁻¹ não diferiu dos outros quatro níveis tendo um valor intermediário entre eles. Os níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em valores superiores da relação área foliar/produção em comparação aos níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 2,4 m² kg⁻¹.

Na safra 2021, sobre o Paulsen 1103, o nível de 125 gemas planta resultou em uma relação área foliar/produção maior em relação aos níveis de 50, 75 e 100 gemas planta, havendo uma diferença média de 3,09 m² kg⁻¹. O nível de 100 gemas planta⁻¹ não diferiu dos níveis inferiores a este e do nível de 150 gemas planta⁻¹, enquanto este último não diferiu também do nível de 125 gemas planta⁻¹.

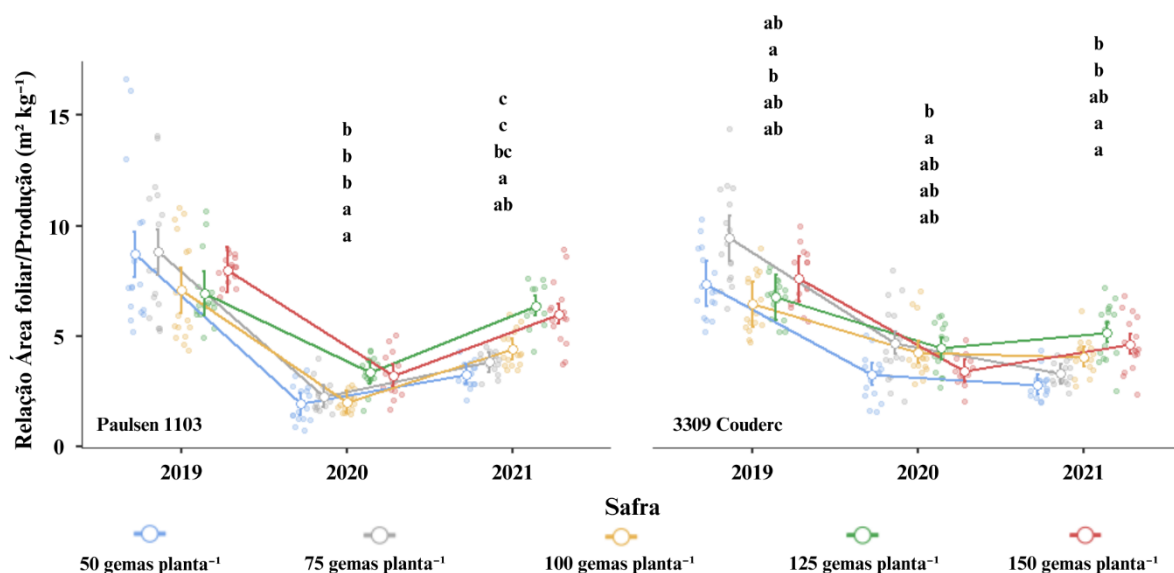
Figura 95 – Relação Área foliar/Produção ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,398$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 96 - Relação Área foliar/Produção ($\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,083$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

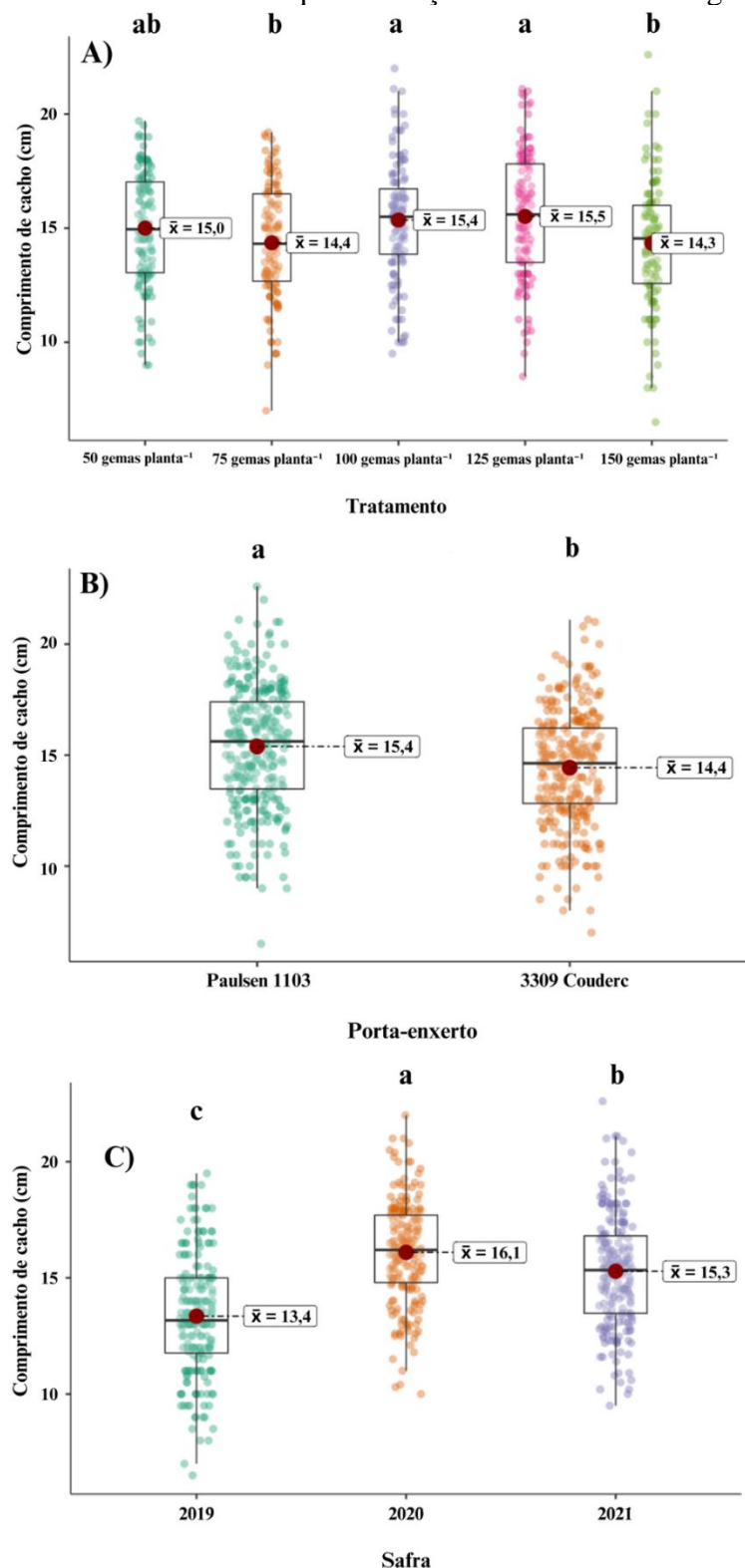
Avaliando parâmetros dos frutos, os diferentes fatores avaliados tiveram efeito significativo sobre o comprimento médio dos cachos das videiras (Figura 97). Os cachos foram de maior comprimento nas cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹ em relação as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹, com a diferença chegando a 1,2 cm. A carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um valor intermediário, não diferindo das demais cargas de gemas na poda.

O Paulsen 1103 também diferiu do 3309 Couderc quanto ao comprimento do cacho, sendo em média 1 cm superior. A safra 2020 teve o maior valor observado de comprimento de cacho, seguida da safra de 2021, e por fim da safra de 2019, com o menor valor de comprimento de cacho, com a diferença chegando a 2,7 cm.

Os diferentes fatores avaliados tiveram interação significativa sobre o comprimento de cacho (Figura 98). Apesar de significativa a interação ($p < 0,001$), verificou-se efeito dos diferentes níveis de cargas gema apenas no 3309 Couderc.

Na safra 2019, as cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em um maior comprimento de cachos em relação a carga de 150 gemas planta⁻¹, com a diferença chegando a 3,28 cm. As cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultaram em valores intermediários, com estas cargas não diferindo dos demais níveis de cargas de gemas quanto ao comprimento do cacho.

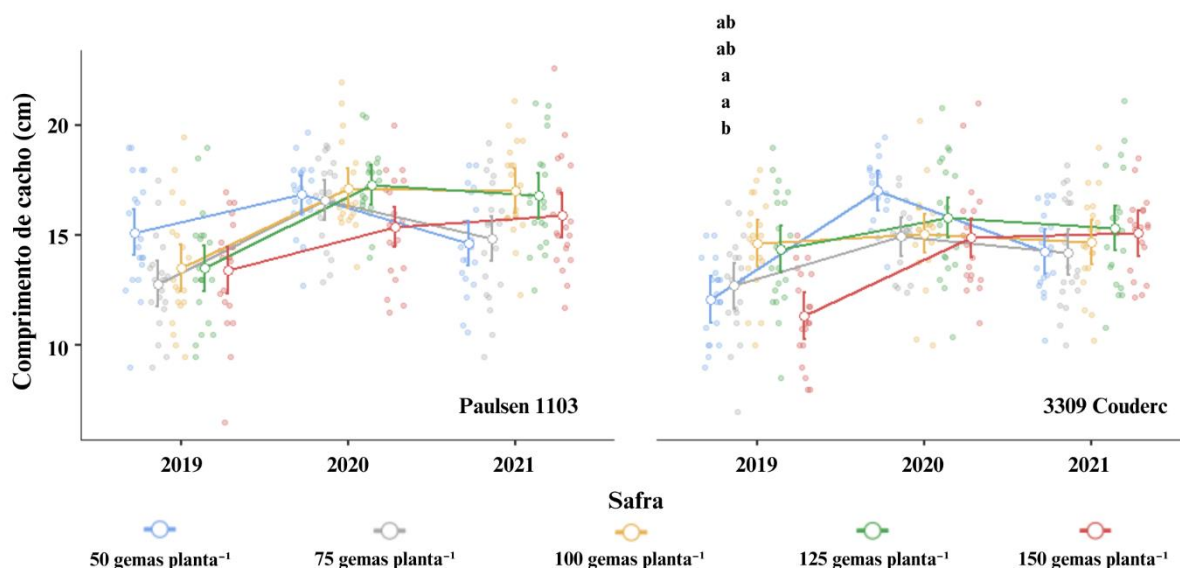
Figura 97 - Comprimento de cacho (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 98 - Comprimento de cacho (cm) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

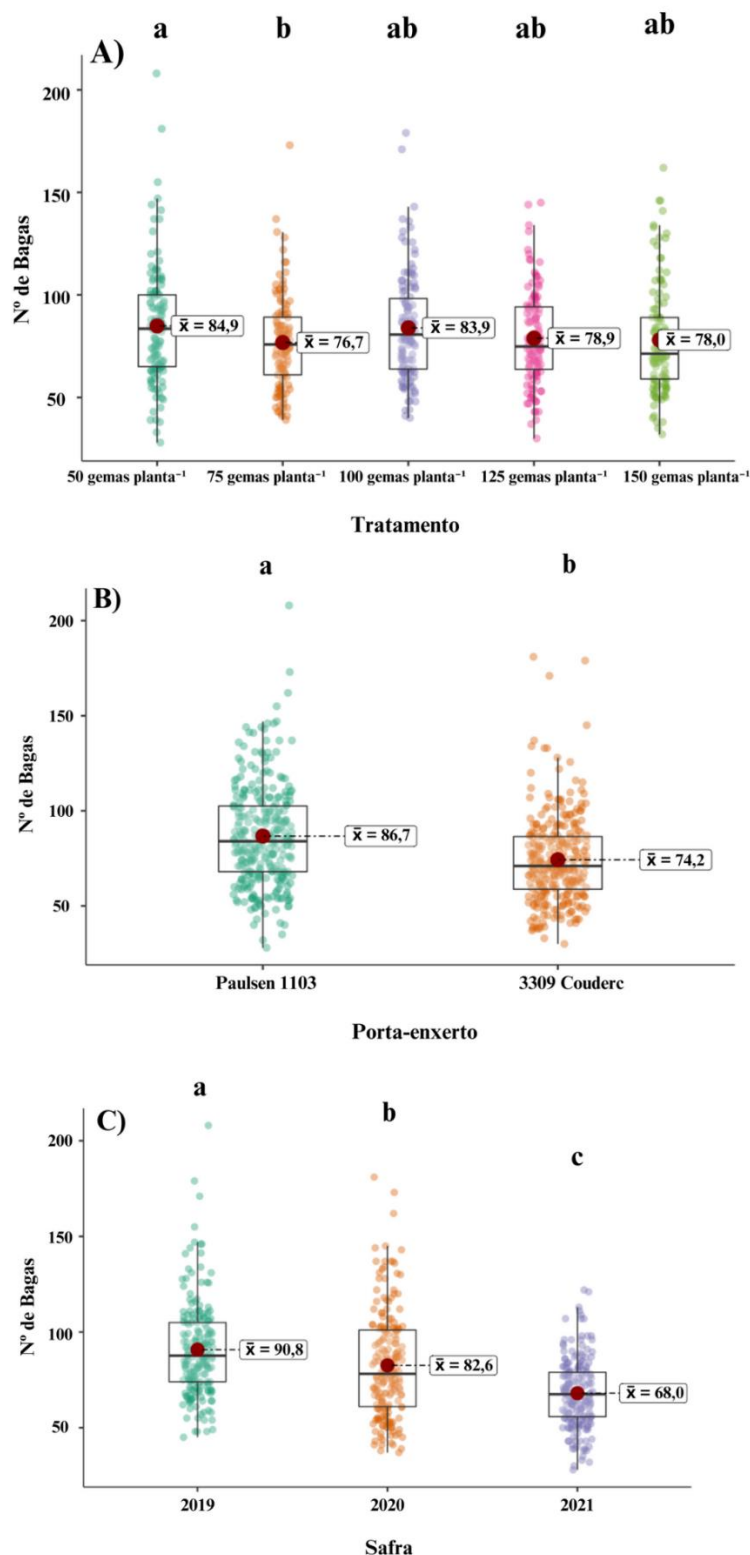
Seguindo sobre as variáveis componentes de rendimento, os fatores avaliados tiveram efeito sobre o número médio de bagas dos cachos das videiras (Figura 99). A utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em cachos com um maior número médio de bagas em relação a carga de 75 gemas planta⁻¹. A diferença entre estas chegou, em média, a 8 bagas. Os demais níveis de cargas de gemas, com valor intermediário, não diferiram destas cargas de gema.

O número médio de bagas do cacho foi maior em plantas enxertadas sobre o Paulsen 1103 em relação as enxertadas sobre o 3309 Couderc, com a diferença média sendo de 12 bagas. Quanto as safras, o maior número de bagas por cacho observado foi na safra de 2019, seguida pela safra 2020, e por último, com o menor valor desta variável analisada, a safra de 2021, com a diferença média chegando a 22 bagas por cacho.

A interação entre os fatores avaliados também foi significativa para o número médio de bagas do cacho (Figura 100). Na safra 2019, ambos os porta-enxertos tiveram efeito significativo dos diferentes níveis de cargas de gema na poda de frutificação.

Sobre o Paulsen 1103, a utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um maior número de bagas do cacho em relação as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹, na safra de 2019. A diferença do número médio de bagas entre estes níveis de carga de gemas foi de 24 bagas. Os demais níveis não diferiram destas, quanto ao número médio de bagas no cacho.

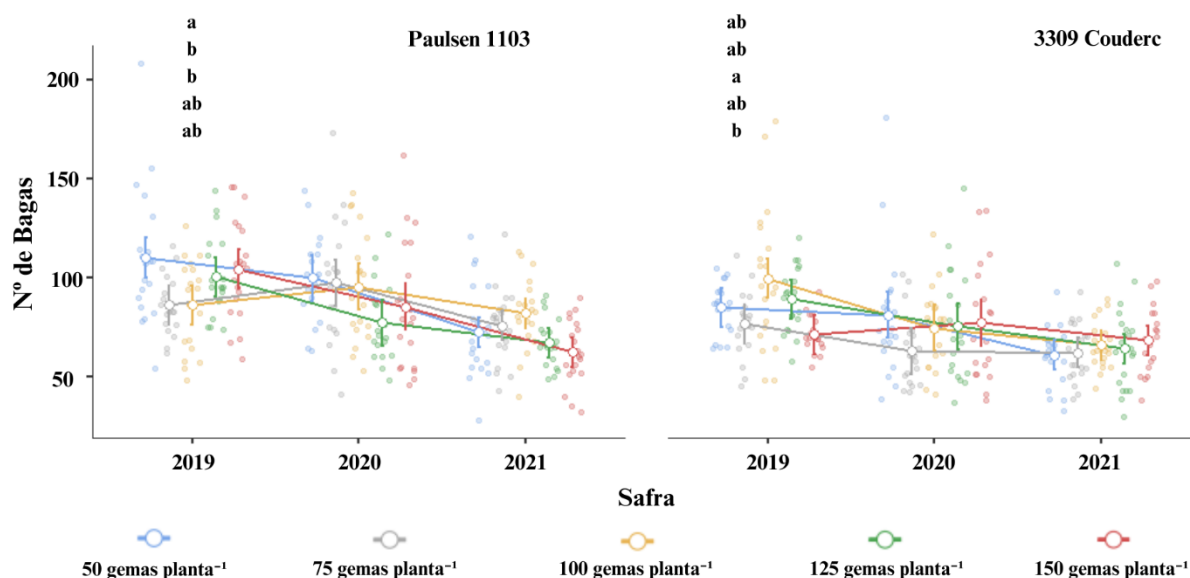
Figura 99 - Número de bagas do cacho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,011$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 100 - Número de bagas do cacho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor 2023.,

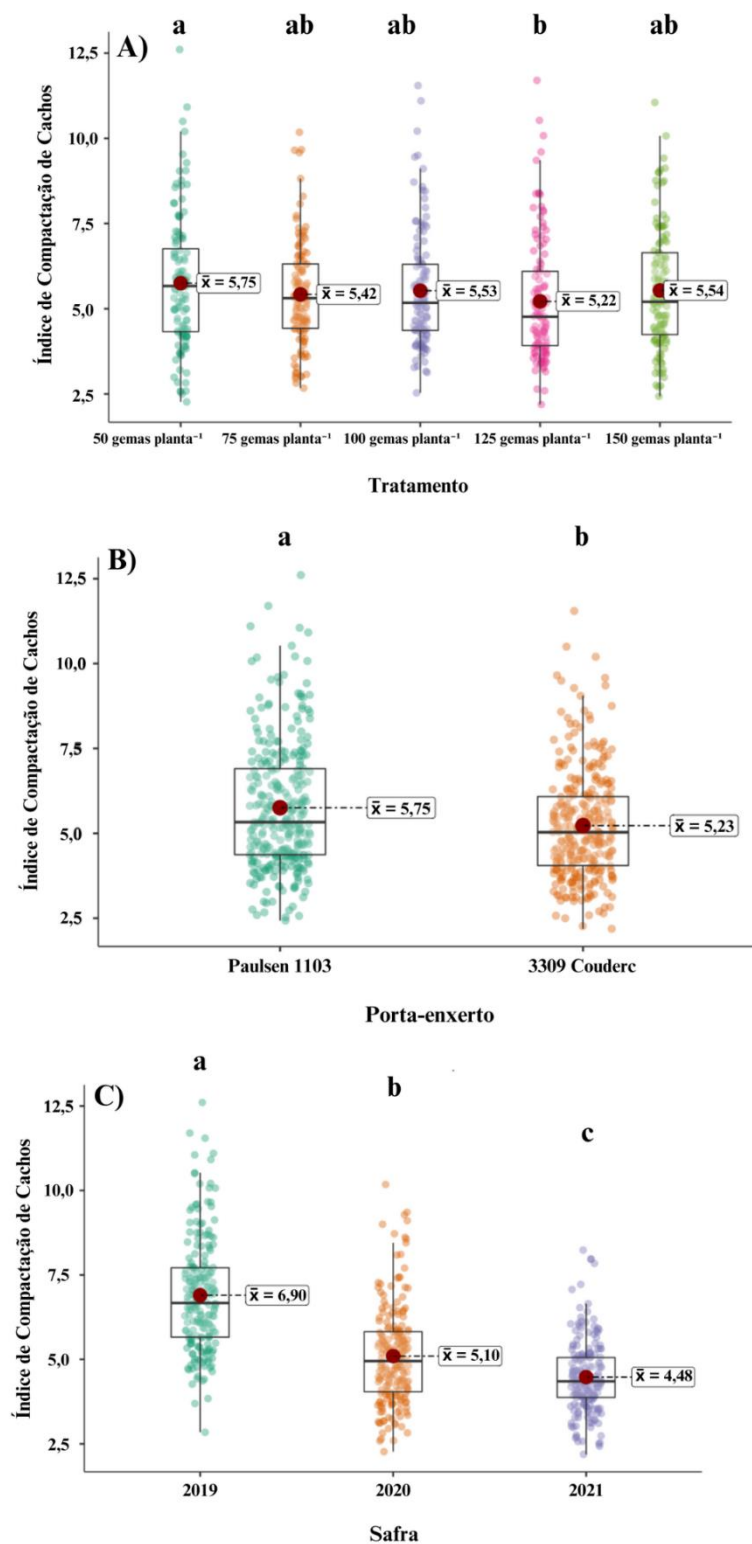
Para o 3309 Couderc, houve diferença significativa apenas entre as cargas de 100 e 150 gemas planta⁻¹. A carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou em um valor médio de 28 bagas acima da carga de 150 gemas planta⁻¹, com as demais cargas de gema na poda não diferindo destas.

Os diferentes fatores também impactaram no índice de compactação dos cachos (Figura 101). O índice de compactação dos cachos foi maior na carga de 50 gemas planta⁻¹ em relação a carga de 100 gemas planta⁻¹, tendo uma diferença de 0,53. Os demais níveis de cargas de gema tiveram um valor intermediário, não diferindo destas cargas de gema na poda de frutificação.

Para os porta-enxertos, o Paulsen 1103 diferiu do 3309 Couderc, sendo superior em média em 0,22 para este índice. As três safras também diferiram entre si também, sendo o maior índice de compactação de cacho na safra de 2019, seguida pela safra de 2020 e pôr fim a safra de 2021. A diferença média chegou a 2,4 para este índice.

A interação entre os fatores também teve efeito sobre o índice de compactação dos cachos (Figura 102). Observado os dados, verifica-se que houve efeito dos diferentes níveis de cargas de gema apenas sobre o Paulsen 1103, na safra 2020.

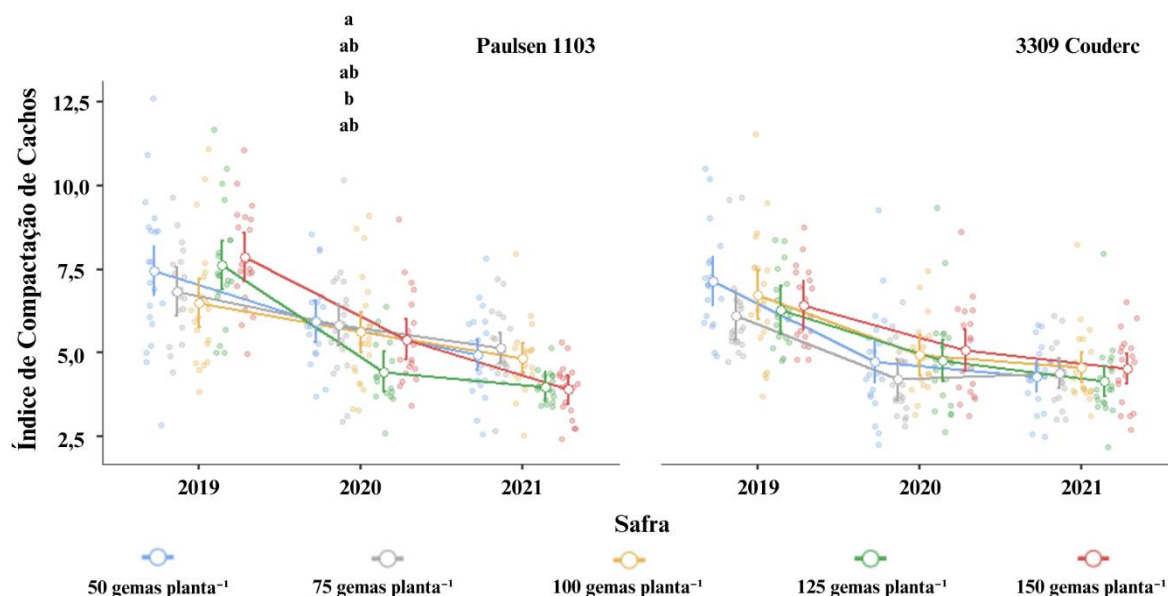
Figura 101 - Índice de compactação dos cachos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,046$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 102 - Índice de compactação dos cachos em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,004$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

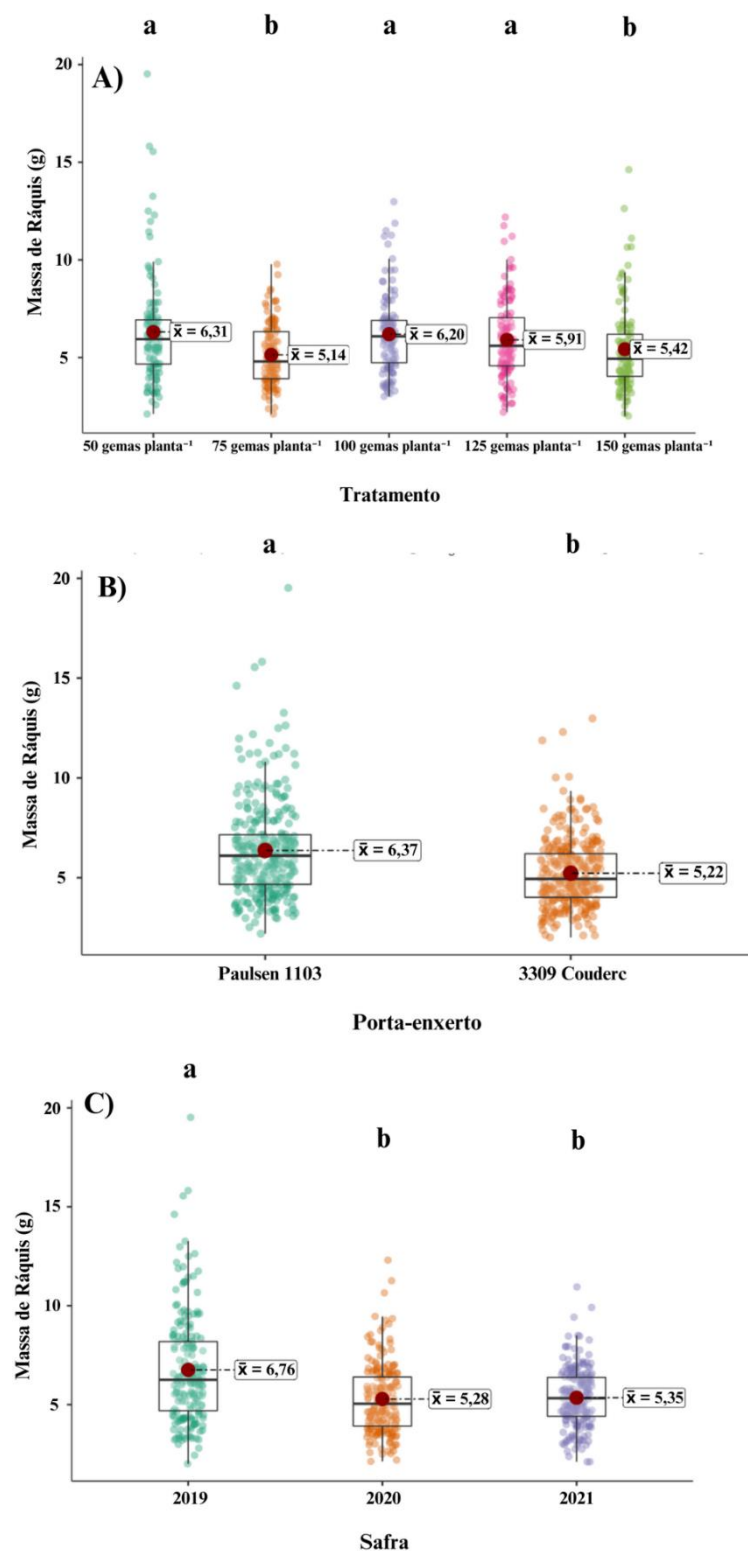
Nesta safra, a carga de 50 gemas planta⁻¹ aumentou o índice de compactação dos cachos em relação ao uso da carga de 125 gemas planta⁻¹, enquanto os demais níveis de cargas de gema resultaram em um valor intermediário, não diferindo destas duas. A diferença média entre estas cargas de gemas foi de 1,5 para o índice de compactação de cachos.

Quanto a massa da ráquis, houve efeito dos três fatores avaliados neste estudo (Figura 103). As cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹ reduziram a massa média da ráquis em comparação com as demais cargas de gema na poda, com a diferença média chegando a 1,17 g.

A massa de ráquis também foi menor em plantas enxertadas sobre o Paulsen 1103, com a diferença média sendo de 0,52 g. Para o fator safra, as safras de 2020 e 2021 tiveram um valor médio da massa de ráquis inferior à safra de 2019, com a diferença chegando a 2,42 g.

Os efeitos da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra foram significativos para a massa de ráquis (Figura 104). Em ambos os porta-enxertos houve efeito dos diferentes níveis de cargas de gema na safra de 2019.

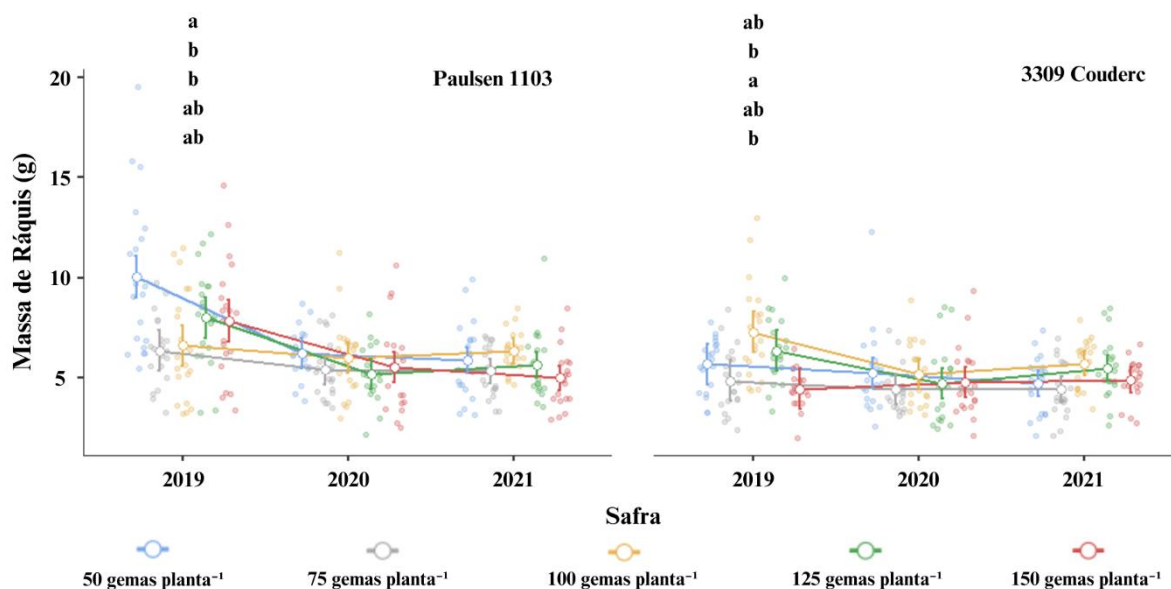
Figura 103 - Massa da ráquis (g) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 104 - Massa da ráquis (g) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

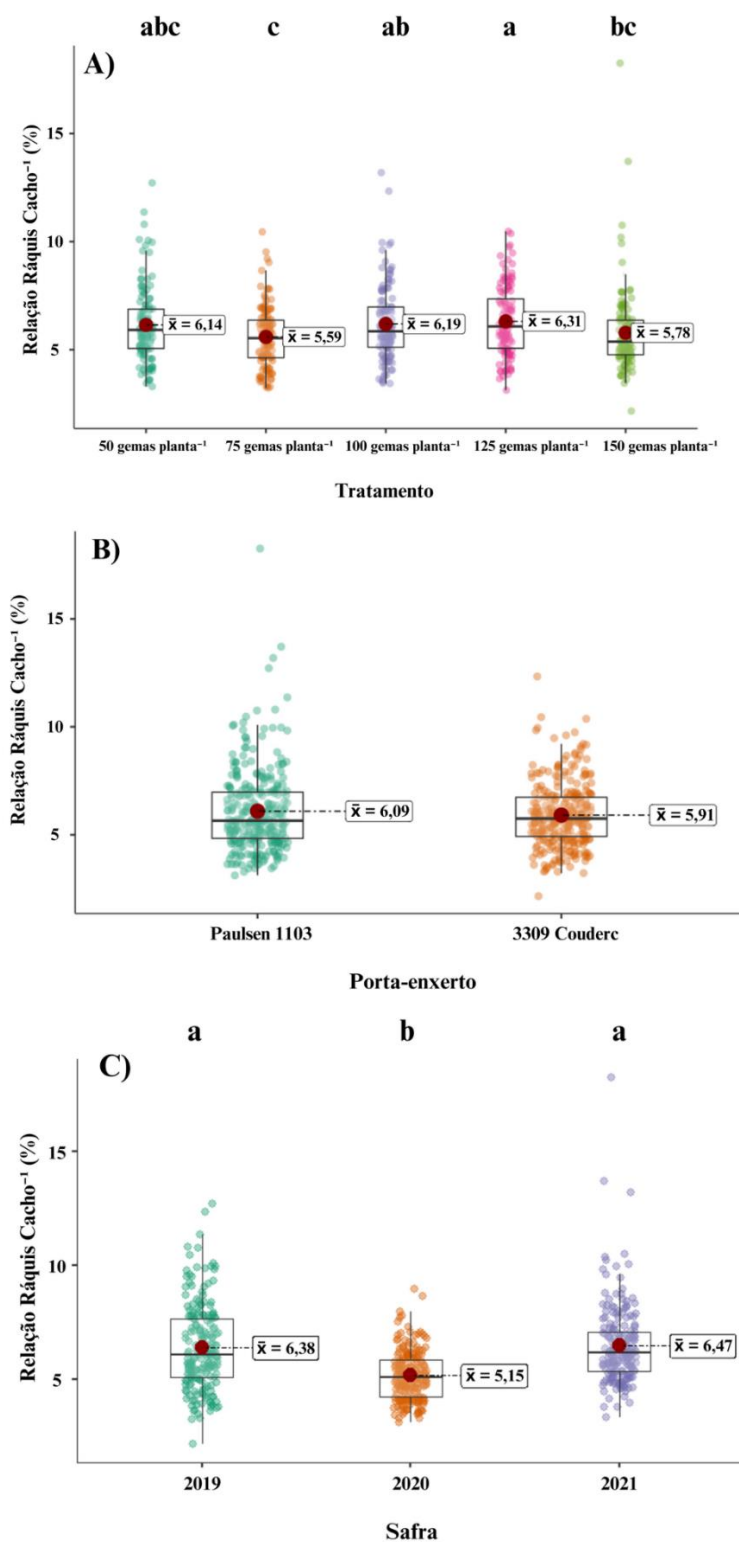
Sobre o Paulsen 1103, a massa de ráquis foi maior em plantas sob a carga de 50 gemas planta⁻¹, quando comparadas as cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹, com a diferença média chegando a 3,7 g. As demais cargas resultaram em valores intermediários, não diferindo dos demais níveis de cargas de gema quanto a massa de ráquis.

Sobre o 3309 Couderc, a carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior massa de ráquis quando comparada as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹, com os demais níveis de cargas de gemas não diferindo das anteriores. A amplitude dos valores médios chegou a 2,8 g.

Observado a figura 105, observa-se que não houve efeito do porta-enxerto sobre a relação ráquis cacho⁻¹ da videira. Enquanto para os níveis de cargas de gemas, houve um efeito de separação gradativo entre eles.

O maior valor da relação ráquis cacho⁻¹ observado foi sob a carga de 125 gemas planta⁻¹, que foi superior as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹, com a diferença média chegando a 0,72%. O segundo maior valor observado de relação ráquis cacho⁻¹ neste estudo foi sob a carga de 100 gemas planta⁻¹, com esta carga se diferenciando apenas da carga de 75 gemas planta⁻¹.

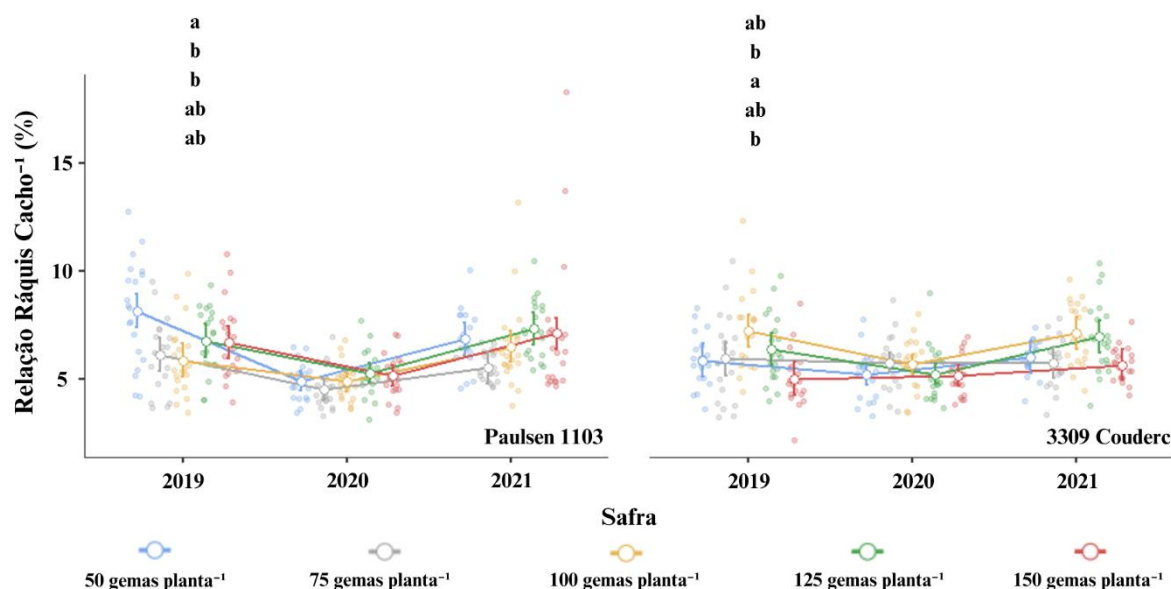
Figura 105 - Relação ráquis cacho¹ (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,111$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 106 - Relação ráquis cacho⁻¹ (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,033$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

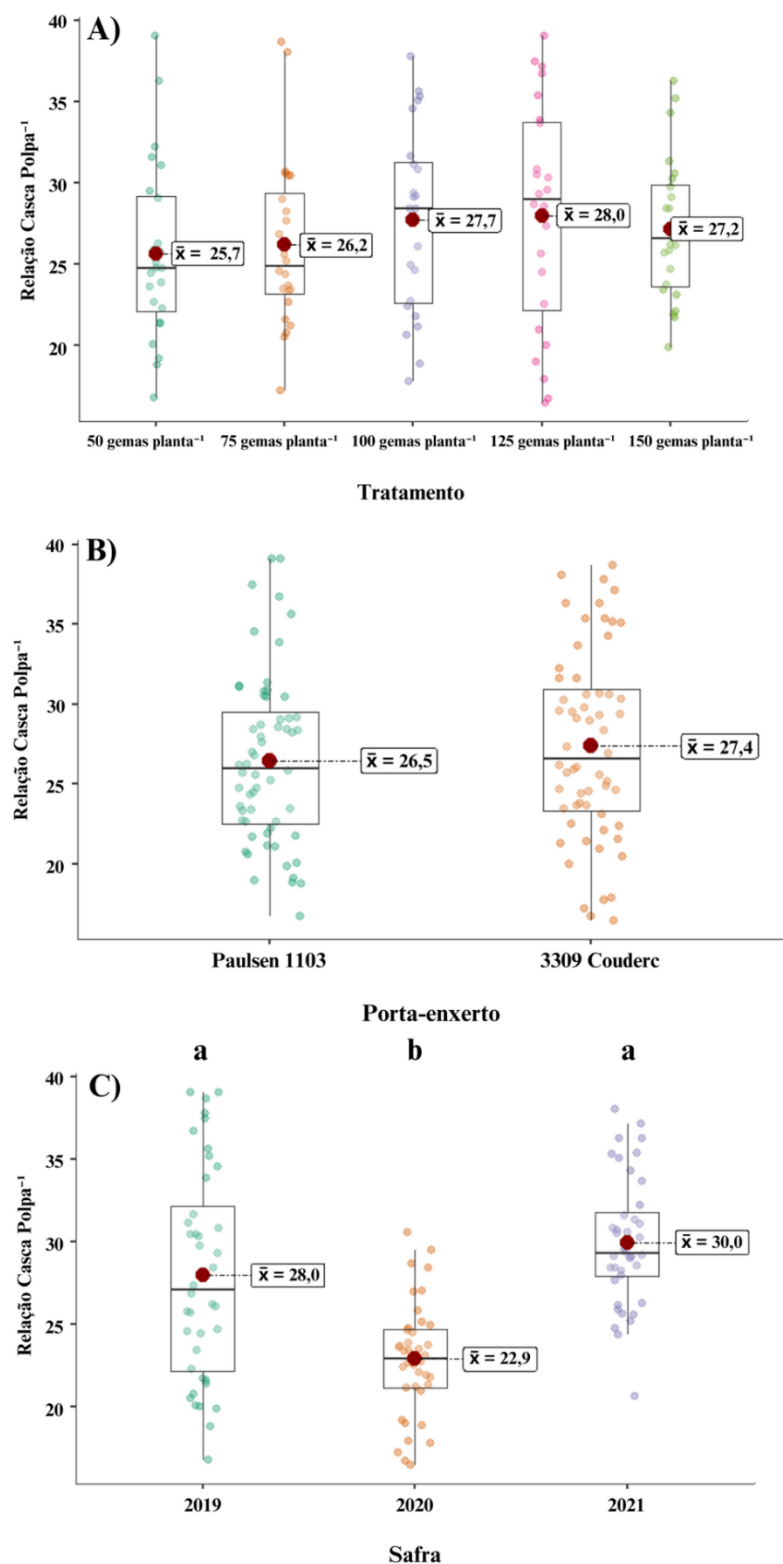
Em seguida, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um valor intermediário de RRC, fazendo com que este nível de carga de gemas não tenha diferença significativa em relação aos demais níveis de carga de gemas avaliados.

A carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um valor médio de relação ráquis cacho⁻¹ que a diferenciou, sendo menor, apenas da carga de 125 gemas planta⁻¹. Por fim, a carga de 75 gemas planta⁻¹, com o menor valor médio observado, diferiu apenas das cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹, quanto a relação ráquis cacho⁻¹.

Quanto ao fator safra, a relação ráquis cacho⁻¹ foi menor na safra 2020 em relação as demais safras, com a diferença média chegando a 1,32%. A interação entre os fatores também foi significativa para esta variável (Figura 106).

Na safra 2019, sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, a relação ráquis cacho⁻¹ foi menor nas cargas de 75 e 100 gemas planta⁻¹ quando comparadas a carga de 50 gemas planta⁻¹, com a diferença média chegando a 2,28%. Os demais níveis de carga de gemas não diferiram destas.

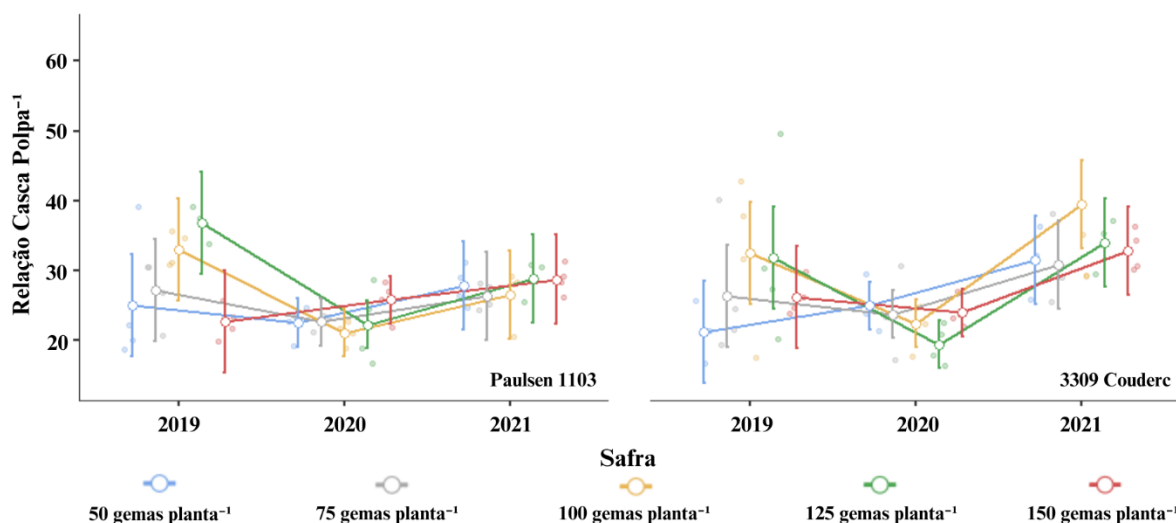
Figura 107 - Relação casca polpa⁻¹ (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,484$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,247$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 108 - Relação casca polpa⁻¹ (%) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,061$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Sobre o 3309 Couderc, também na safra 2019, as cargas de 75 e 150 gemas plantas⁻¹ resultaram em um menor valor de relação ráquis cacho-1 quando comparadas a carga de 100 gemas planta⁻¹, enquanto os demais níveis de cargas de gema não diferiram destas. A amplitude entre os valores observados foi de 2,21%.

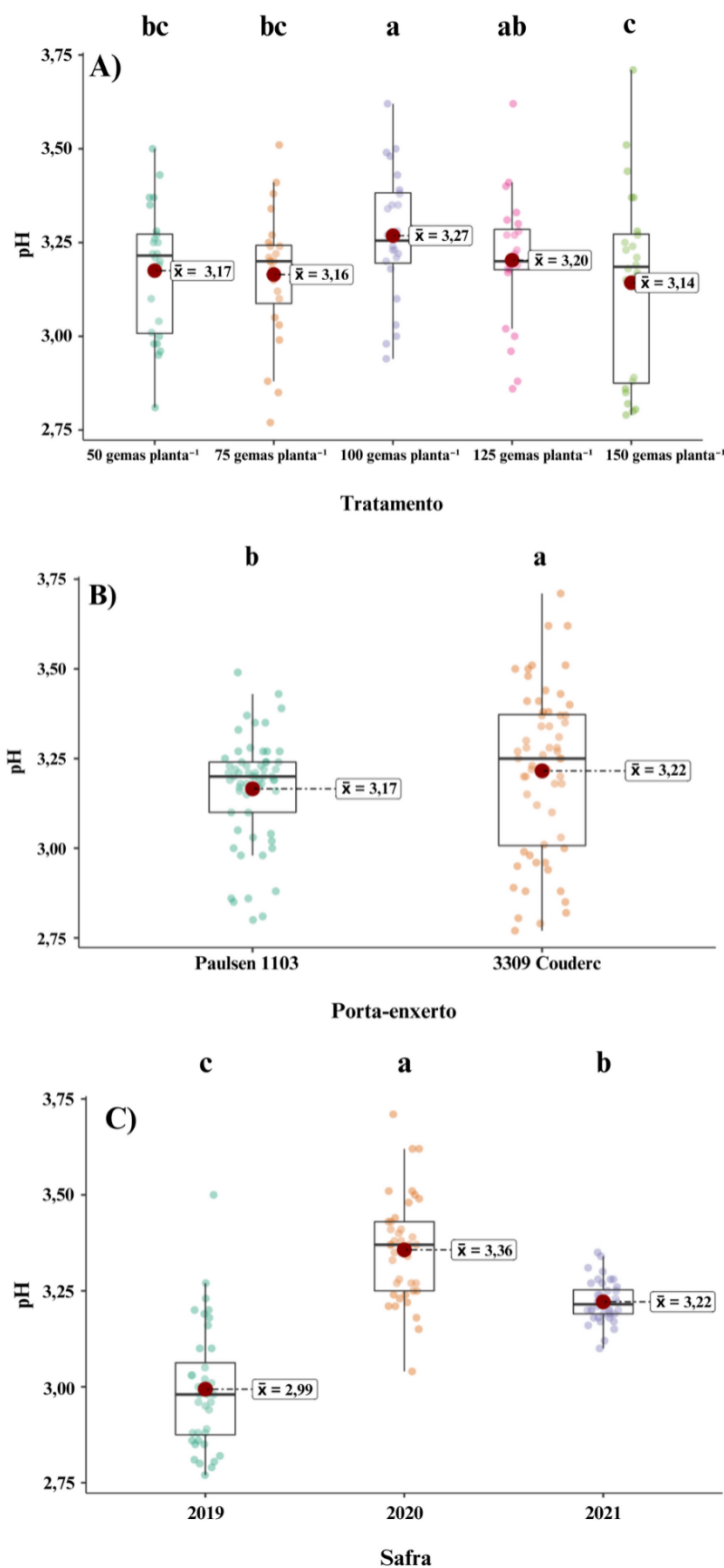
Diferente do observado em outras variáveis, a relação casca polpa⁻¹ não teve efeito significativo nem dos diferentes níveis de cargas de gema, quanto dos diferentes porta-enxertos, tendo um valor médio de 27% (Figura 107).

Entretanto, o fator safra teve efeito significativo sobre esta variável. A safra 2020 teve uma menor relação casca polpa⁻¹ em relação as demais safras avaliadas, com a diferença chegando a 7,1%.

Não houve interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Safra sobre a variável relação casca polpa⁻¹, como se pode observar na figura 108. Analisando o pH do mosto obtido dos cachos da videira, observa-se que houve efeito significativo dos fatores Tratamento, Porta-enxerto e Safra (Figura 109).

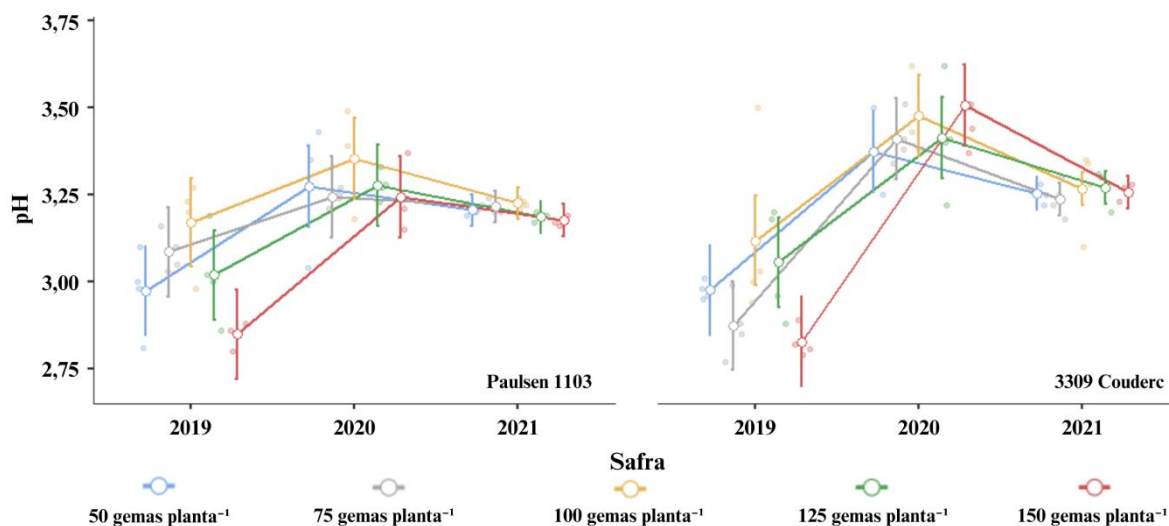
Quanto aos níveis de cargas de gemas na poda de frutificação, o valor do pH do mosto foi maior sob a carga de 100 gemas planta⁻¹ quando compara as cargas de 50, 75 e 150 gemas planta⁻¹, com a diferença chegando a 0,13 no valor desta variável.

Figura 109 - pH do mosto em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 110 - pH do mosto em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,351$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O segundo maior valor observado do pH do mosto foi sob a carga de 125 gemas planta⁻¹, fazendo com que este nível de cargas de gemas só difira do menor valor observado de pH do mosto, sob a carga de 150 gemas planta⁻¹.

Sobre os porta-enxertos, a utilização do 3309 Couderc resultou em um aumento no pH do mosto em relação ao Paulsen 1103, com a diferença média sendo de 0,05 para esta variável. Quanto ao fator safra, as três safras diferiram entre si. O maior valor de pH do mosto foi observado na safra 2020, seguido da safra 2021, e pôr fim a safra 2019, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 0,45.

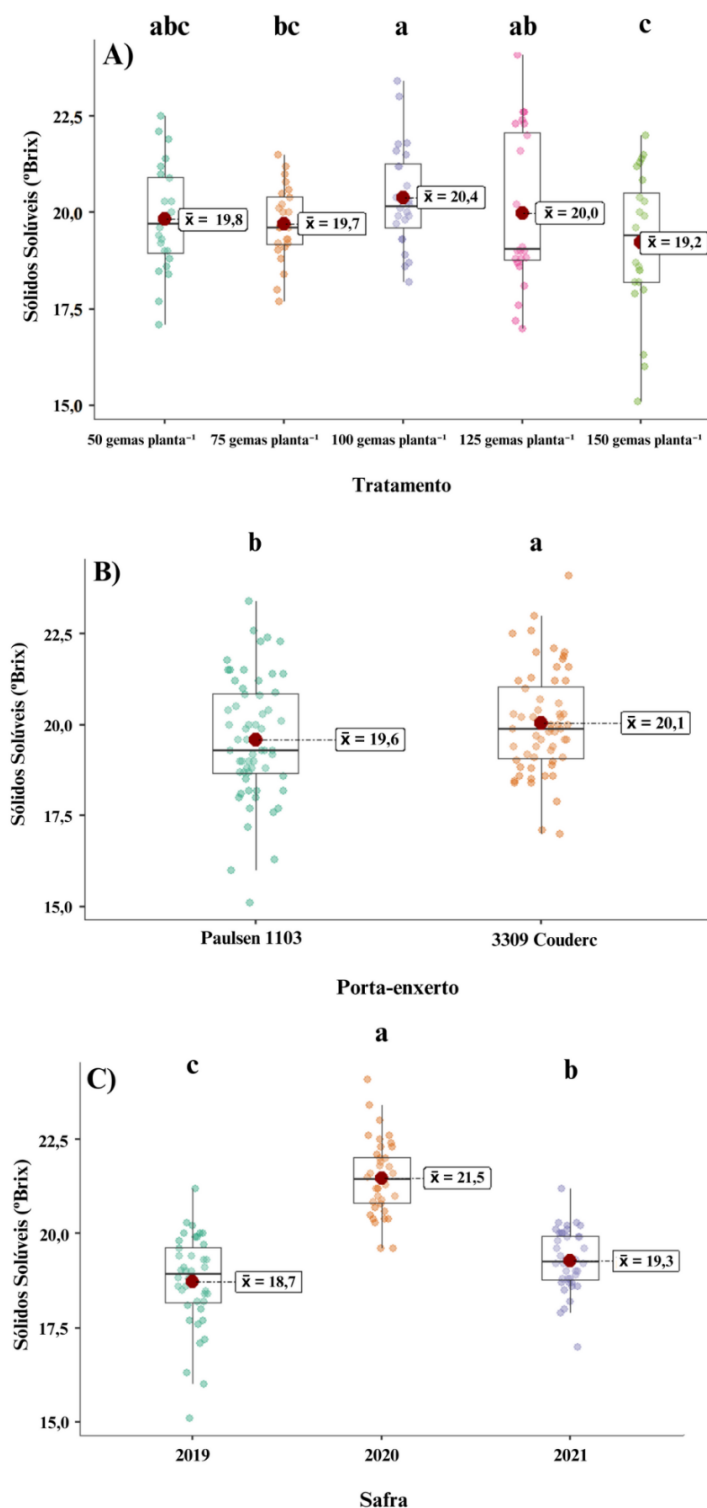
Observando a figura 110, percebe-se que não houve interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Safra para o pH do mosto obtido da videira.

Para a variável sólidos solúveis, os três fatores tiveram efeito significativo (Figura 111). Quanto aos diferentes níveis de cargas de gemas na poda de frutificação, houve uma separação gradativa destes níveis. O maior valor médio observado foi sob a carga de 100 gemas planta⁻¹, que foi superior em relação as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹. A diferença chegou a 1,2 °Brix.

O segundo maior valor observado de sólidos solúveis foi observado sob a carga de 125 gemas planta⁻¹, porém este nível de carga de gemas foi superior apenas em relação a carga de 150 gemas planta⁻¹.

Figura 111 - Sólidos solúveis (°Brix) do mosto em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear misto, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear misto, $p = 0,003$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear misto, $p < 0,001$).

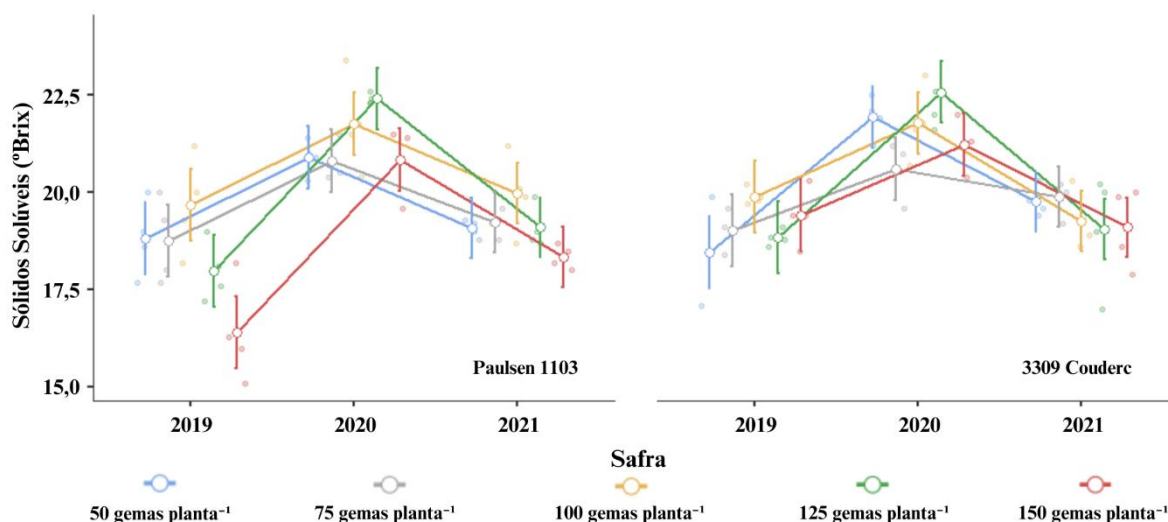
Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 112 - Sólidos solúveis (°Brix) do mosto em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,052$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

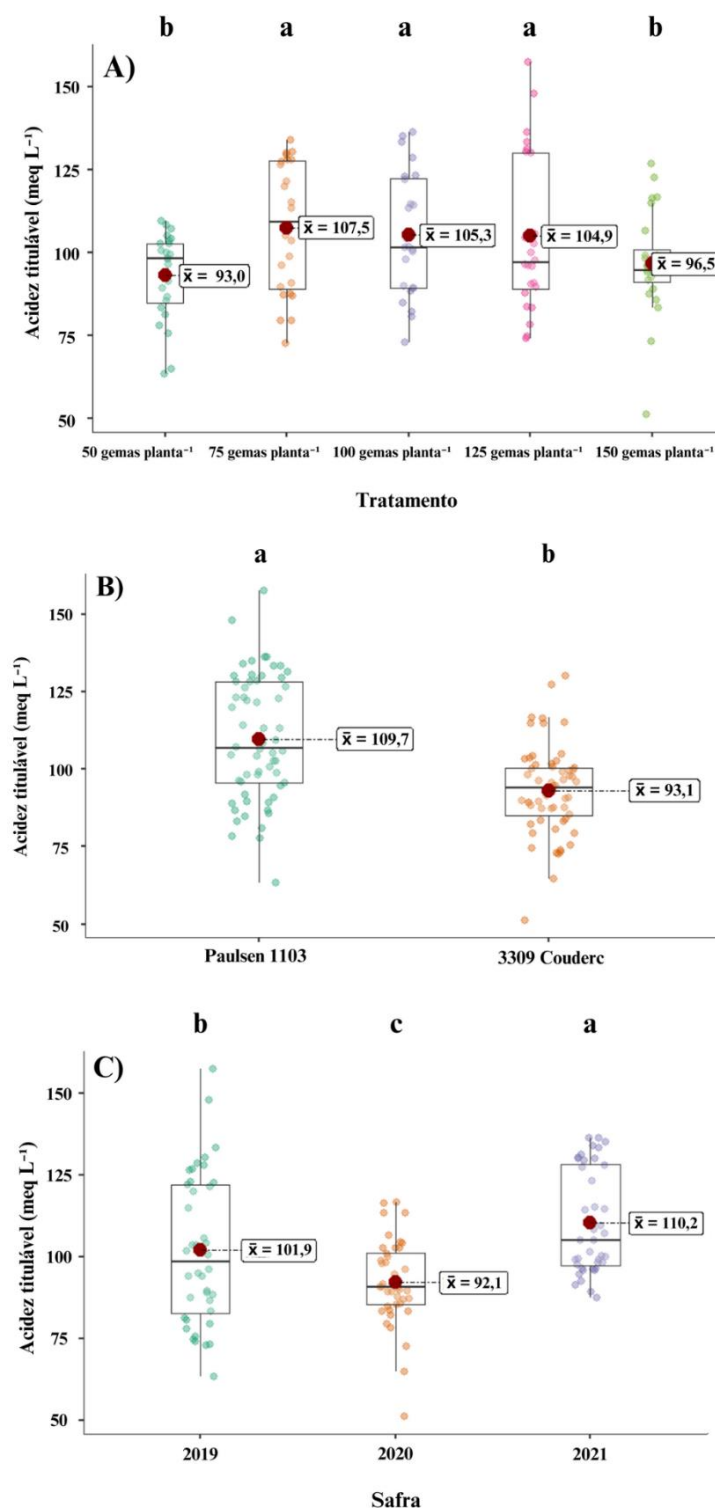
A carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um valor intermediário de sólidos solúveis, fazendo com que este nível de carga de gemas não difira das demais cargas de gema em relação aos sólidos solúveis.

O valor de sólidos solúveis observado na carga de 75 gemas planta⁻¹ a diferenciou, decrescendo o valor da variável, apenas em relação a carga de 100 gemas planta⁻¹, enquanto a carga de 150 gemas planta⁻¹, com o menor valor de sólidos solúveis observado, foi inferior em relação as cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹.

A utilização do porta-enxerto 3309 Couderc resultou em um maior teor de sólidos solúveis em relação ao Paulsen 1103, com uma diferença média de 0,5 °Brix. Quanto as safras, tendo as três com diferença significativa entre si, a safra de 2020 teve o maior valor observado de sólidos solúveis, seguida pela safra 2021, e pôr fim a safra de 2019, com a amplitude dos dados médios observados sendo de 2,8 °Brix.

Quanto a interação dos fatores estudados, não houve efeito significativo para o teor de sólidos solúveis do mosto (Figura 112). A variável acidez titulável do mosto teve efeito significativo dos fatores estudados em seu teor, como pode se observar na figura 113.

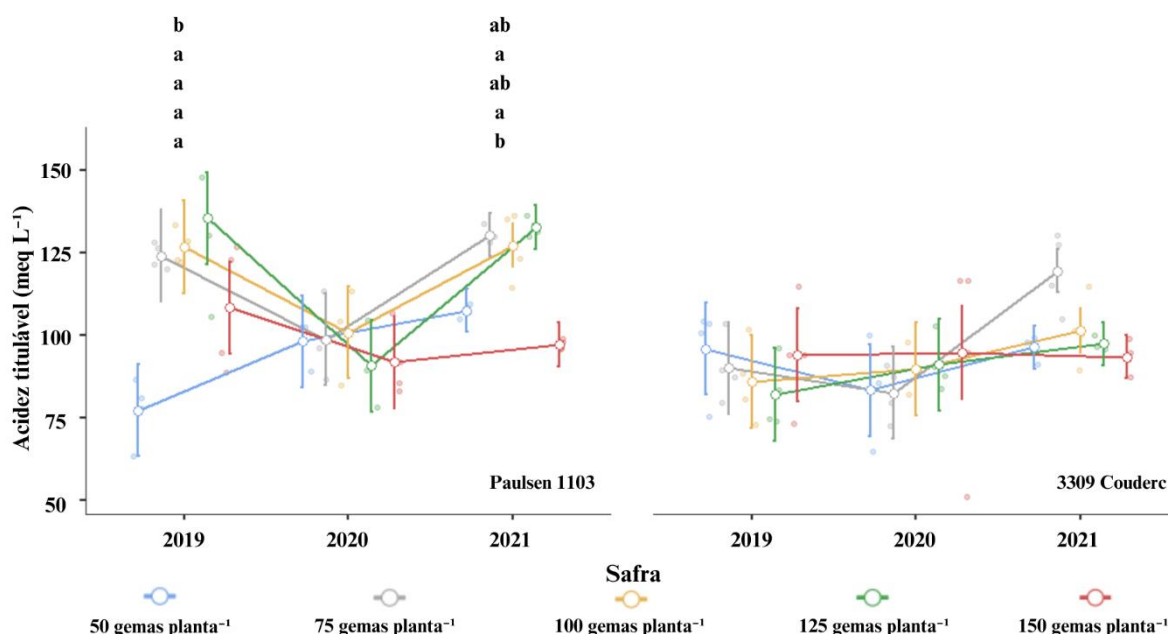
Figura 113 - Acidez titulável do mosto (meq L⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 114 - Acidez titulável do mosto (meq L⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,031$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A utilização das cargas de 75, 100 e 125 gemas planta⁻¹ resultou em um aumento da acidez titulável do mosto em relação as demais cargas de gema (Figura 113). A amplitude dos dados médios observados foi de 14,5 meq L⁻¹.

Quanto a influência do porta-enxerto, o teor de acidez titulável do mosto foi maior em plantas enxertadas sobre o Paulsen 1103 em relação ao 3309 Couderc, com a diferença média sendo de 16,6 meq L⁻¹.

As três safras diferiram entre si, sendo a safra 2021 a com o maior valor observado de acidez titulável, seguida pela safra 2019, e pôr fim a safra 2020, com a amplitude dos dados médios observados sendo de 18,1 meq L⁻¹.

Houve interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Safra para o teor de acidez titulável do mosto (Figura 114). Houve efeito dos diferentes níveis de cargas de gema na poda de frutificação sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, com exceção da safra 2020.

Na safra 2019, a utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um decréscimo no teor de acidez titulável do mosto em relação as demais cargas de gema na poda, com a diferença média chegando a 58,1 meq L⁻¹.

Na safra 2020, as cargas de 75 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em um valor superior de acidez titulável em relação a carga de 150 gemas planta⁻¹. A amplitude dos dados médios observados foi de 35,5 meq L⁻¹. As demais cargas de gemas não diferiram das supracitadas.

4.4 QUALIDADE ENOLÓGICA

Abordando as variáveis de qualidade enológica dos vinhos obtidos sob os diferentes fatores avaliados, na figura 115 se verifica que houve efeito dos diferentes fatores sobre o pH dos vinhos.

Quanto aos níveis de carga de gemas, a carga de 150 gemas planta⁻¹ reduziu o valor do pH do vinho em relação as demais cargas de gema avaliadas, com a diferença entre os valores médios chegando a 0,12.

Ainda sobre os diferentes níveis e cargas de gema na poda, as cargas de 75 e 125 gemas planta⁻¹ reduziram o valor do pH do vinho em relação as cargas de 50 e 100 gemas planta⁻¹. Quanto ao fator porta-enxerto, o 3309 Couderc resultou em vinhos com um menor valor de pH em relação ao Paulsen 1103, com a diferença média sendo de 0,11.

Para o fator Safra, houve diferença significativa entre as três safras avaliadas neste estudo. O menor valor de pH dos vinhos foi observado na safra 2020, seguida pela safra 2019 e pôr fim a safra 2021, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 0,17.

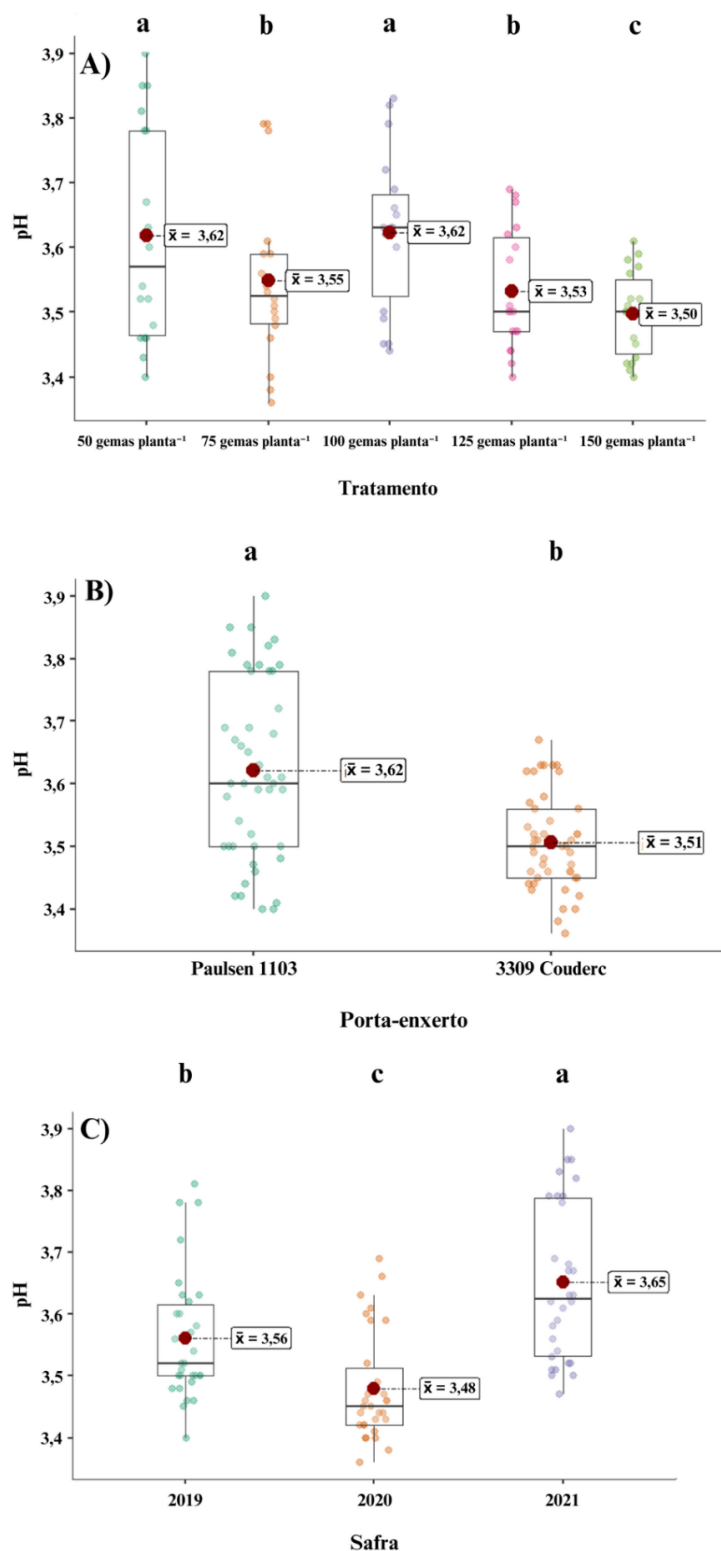
Os diferentes fatores avaliados tiveram uma interação significativa sob o valor do pH dos vinhos (Figura 116). Na safra 2019, as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹ reduziram o valor do pH dos vinhos em relação as cargas de 50 e 100 gemas planta⁻¹, com a amplitude entre os valores médios observado sendo de 0,32.

A carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou no maior valor observado de pH do vinho, que a diferenciou dos demais níveis de cargas de gemas, enquanto a carga de 100 gemas planta⁻¹ teve o segundo maior valor observado, a diferindo das demais cargas de gema com exceção ao nível de 125 gemas planta⁻¹.

Na safra 2020, sobre o Paulsen 1103, a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um menor valor de pH em relação as demais cargas de gemas, com exceção a carga de 50 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores observados foi de 0,24.

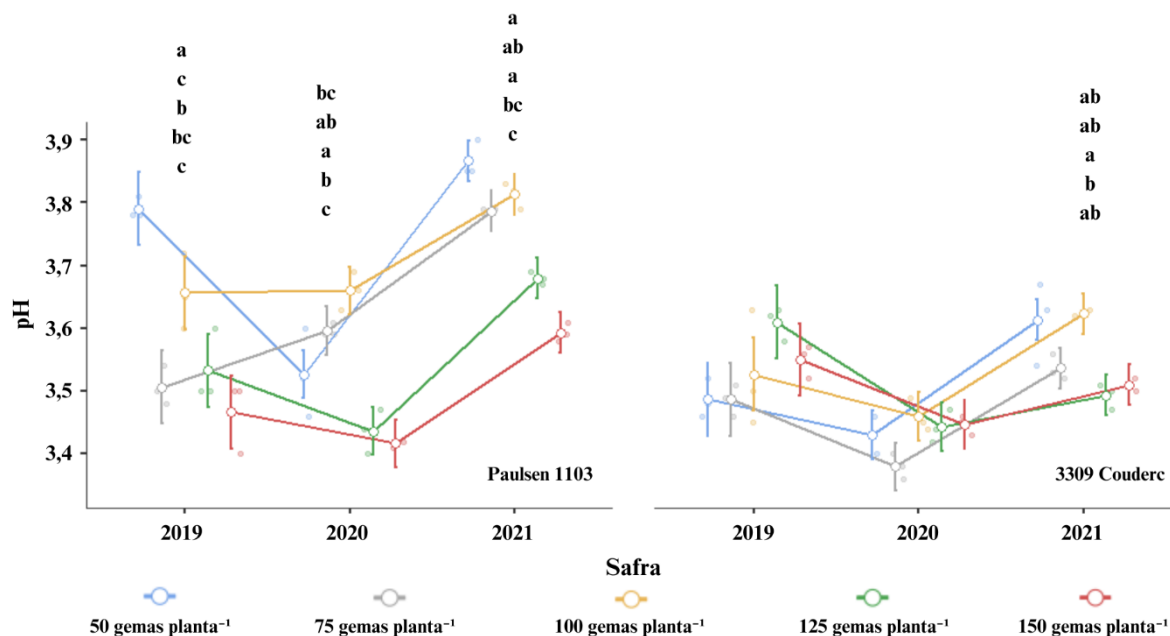
A carga de 50 gemas planta⁻¹ não se diferenciou, quanto ao valor do pH dos vinhos, dos níveis de carga de gemas de 75 e 125 gemas planta⁻¹. O maior valor de pH do vinho observado foi na carga de 100 gemas planta⁻¹, para esta safra, que diferiu dos demais níveis de cargas de gema, com exceção a carga de 75 gemas planta⁻¹.

Figura 115 - pH do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 116 - pH do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

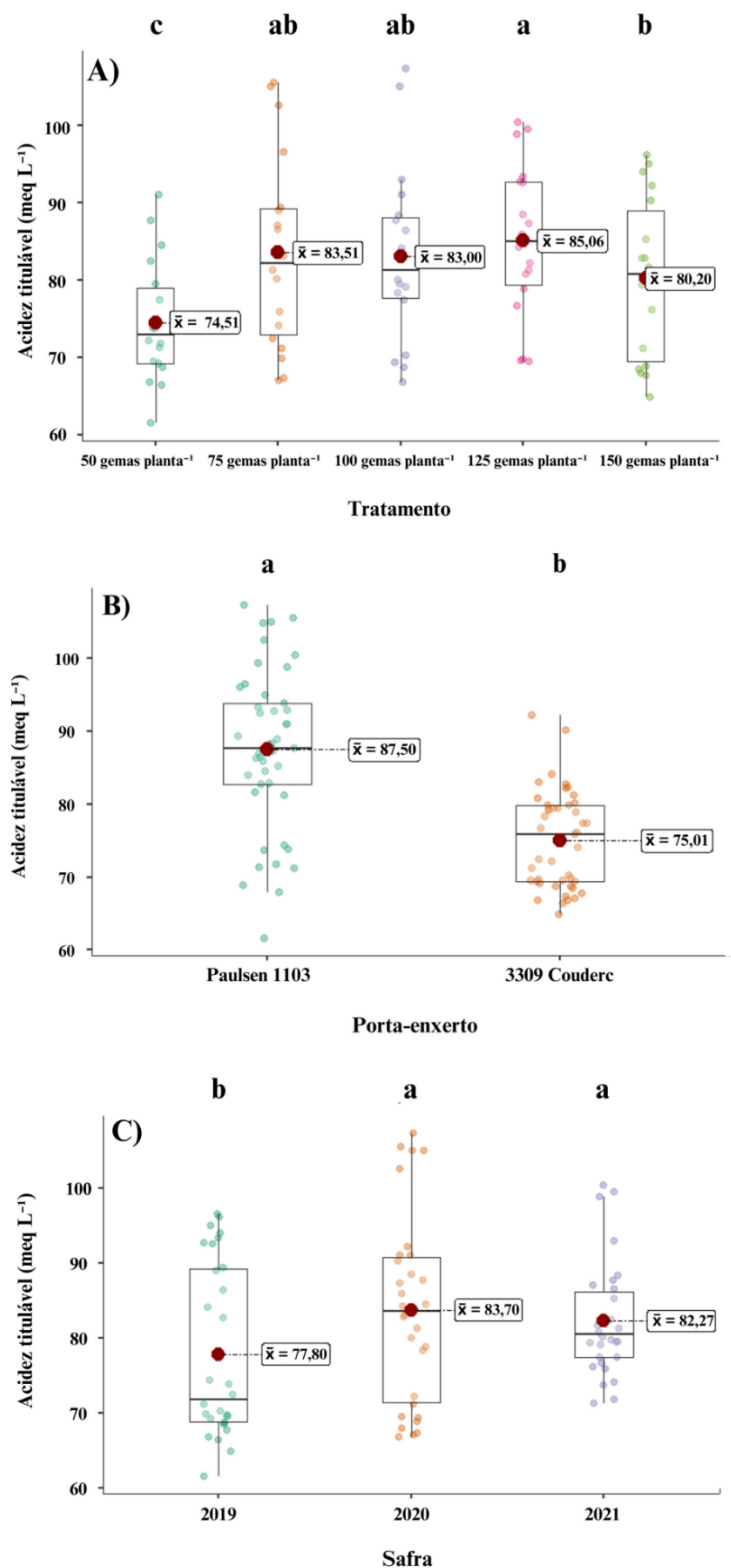
Ambos os porta-enxertos tiveram efeito significativo dos diferentes níveis de cargas de gemas na safra 2021 para o pH dos vinhos. A carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um valor menor do pH dos vinhos em relação as cargas de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹.

As cargas de 50 e 100 gemas planta⁻¹ resultaram em um valor de pH do vinho superior em relação as cargas de 125 e 150 gemas planta⁻¹, enquanto a carga de 75 gemas planta⁻¹ somente diferiu, sendo superior, em relação a carga de 105 gemas planta⁻¹.

Nesta mesma safra, sobre o 3309 Couderc, a carga de 125 gemas planta⁻¹ resultou em um menor valor de pH dos vinhos em relação a carga de 100 gemas planta⁻¹, com as demais cargas de gema não diferindo destas duas. A amplitude dos valores observado foi de 0,1.

Os diferentes fatores avaliados também tiveram efeito sobre a acidez titulável dos vinhos (Figura 117). A carga de 50 gemas planta⁻¹ reduziu a acidez titulável dos vinhos em relação as demais cargas de gemas avaliadas. O maior valor observado de acidez titulável foi sob a carga de 125 gemas planta⁻¹, porém ela diferiu apenas das cargas de 50 e 150 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 10,6 meq L⁻¹.

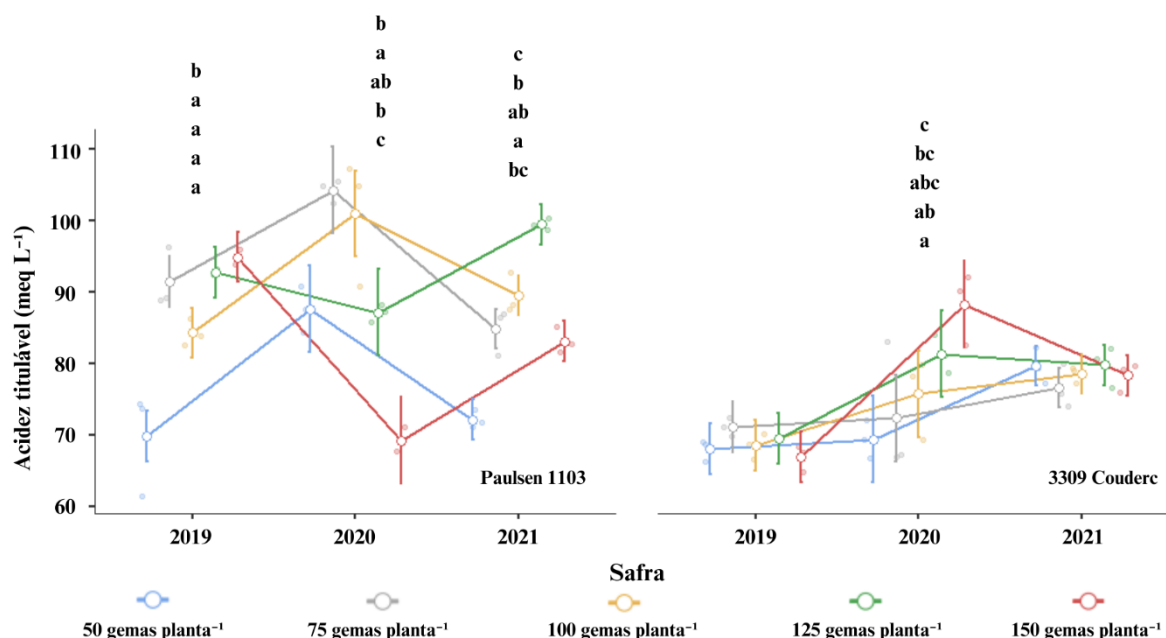
Figura 117 - Acidez titulável (meq L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 118 - Acidez titulável (meq L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A acidez titulável dos vinhos foi maior em vinhos provenientes do Paulsen 1103 em relação ao 3309 Couderc, com uma diferença média de 12,5 meq L⁻¹. Quanto as safras, a safra de 2019 teve um valor médio de acidez titulável do vinho inferior em relação as demais safras, com a amplitude dos dados médios observados de 5,9 meq L⁻¹.

A interação entre os fatores estudados foi significativa para a acidez titulável dos vinhos (Figura 118). Sobre o porta-enxerto 3309 Couderc, houve efeitos dos diferentes níveis de cargas de gemas na poda de frutificação somente na safra de 2020. Com uma separação gradativa entre os níveis de carga de gemas, a carga de 150 gemas planta⁻¹ teve o maior valor observado de acidez titulável dos vinhos, a diferindo das cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹, com a amplitude dos dados médios observados sendo de 18,9 meq L⁻¹.

A carga de 125 gemas planta⁻¹ resultou no segundo maior valor observado de acidez titulável dos vinhos, a diferindo da carga de 50 gemas planta⁻¹. Em seguida, a carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou em um valor intermediário de acidez titulável dos vinhos, fazendo com que ela não diferisse dos demais níveis de cargas de gemas na poda de frutificação. Por fim, a carga de 75 gemas planta⁻¹ resultou em uma acidez titulável do vinho menor em relação apenas da carga de 150 gemas planta⁻¹.

Quanto ao Paulsen 1103, na safra 2019, somente a carga de 50 gemas planta⁻¹ diferiu dos demais níveis de cargas de gema, resultando em um valor inferior ao das demais para a acidez titulável do vinho, com a amplitude dos dados médios observados sendo de 25,1 meq L⁻¹.

Na safra 2020, a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou no menor valor de acidez titulável em relação aos demais níveis de carga de gemas, com a amplitude dos dados médios observados sendo de 35 meq L⁻¹. A carga de 75 gemas planta⁻¹ resultou no maior valor observado nesta safra, diferenciado este nível de carga de gemas dos demais avaliados, com exceção ao nível de 100 gemas planta⁻¹.

Diferente do observado nas safras anteriores, sobre o Paulsen 1103, a carga de 125 gemas planta⁻¹ resultou no maior valor de acidez titulável do vinho em relação as demais cargas de gema, excetuando a carga de 100 gemas planta⁻¹, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 27,3 meq L⁻¹. O menor valor observado de acidez titulável do vinho foi sob a carga de 50 gemas planta⁻¹, sendo inferior as demais cargas, com exceção da carga de 150 gemas planta⁻¹.

A variável teor alcoólico do vinho teve efeito significativo dos fatores analisados no estudo (Figura 119). A carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou em um maior teor alcoólico em relação as cargas de 50 e 125 gemas planta⁻¹, com a diferença média chegando a 0,9 %. Os demais níveis de cargas de gema resultaram em valores intermediários, não as diferenciando dos níveis supracitados.

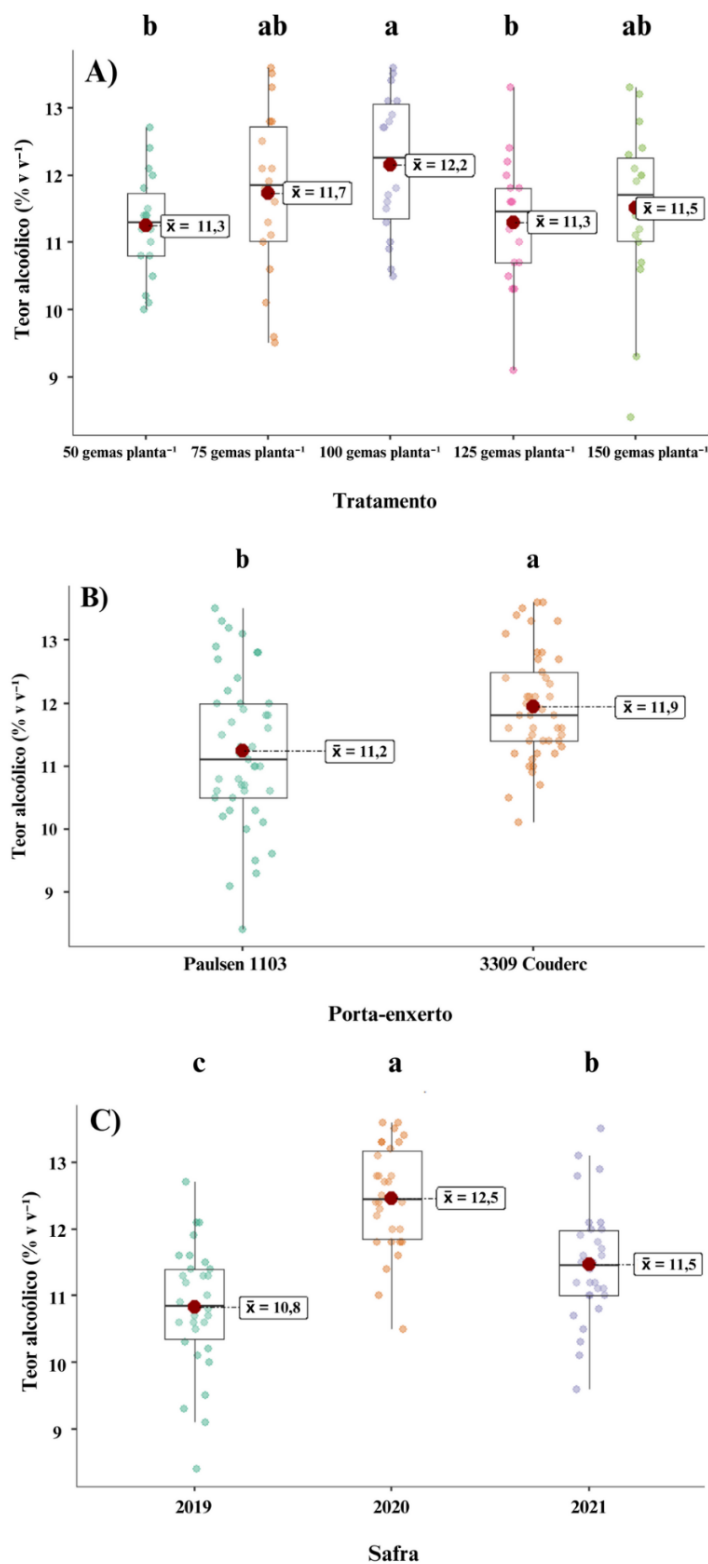
O teor alcoólico dos vinhos foi superior quando advindos de plantas sobre o porta-enxerto 3309 Couderc em relação ao Paulsen 1103, com a diferença média sendo de 0,7 %. Quanto as safras, houve diferença significativa entre as três.

O maior teor alcoólico observado foi na safra 2020, seguida pela safra 2021, e pôr fim a safra 2019, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 1,7 %. Para esta variável não houve efeito de interação dos fatores avaliados (Figura 120).

Continuando sobre as variáveis de qualidade dos vinhos, houve efeito dos diferentes fatores analisados sobre a intensidade da cor dos vinhos (Figura 121). Os níveis de carga de gemas de 75, 100 e 150 gemas planta⁻¹ resultou em vinho com a cor mais intensa em relação as outros dois níveis de carga de gemas na poda, com a amplitudes dos dados médios observados sendo de 1,01 A. U..

Figura 119 - Teor alcoólico do vinho (% v v⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear geral, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear geral, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear geral, $p < 0,001$).

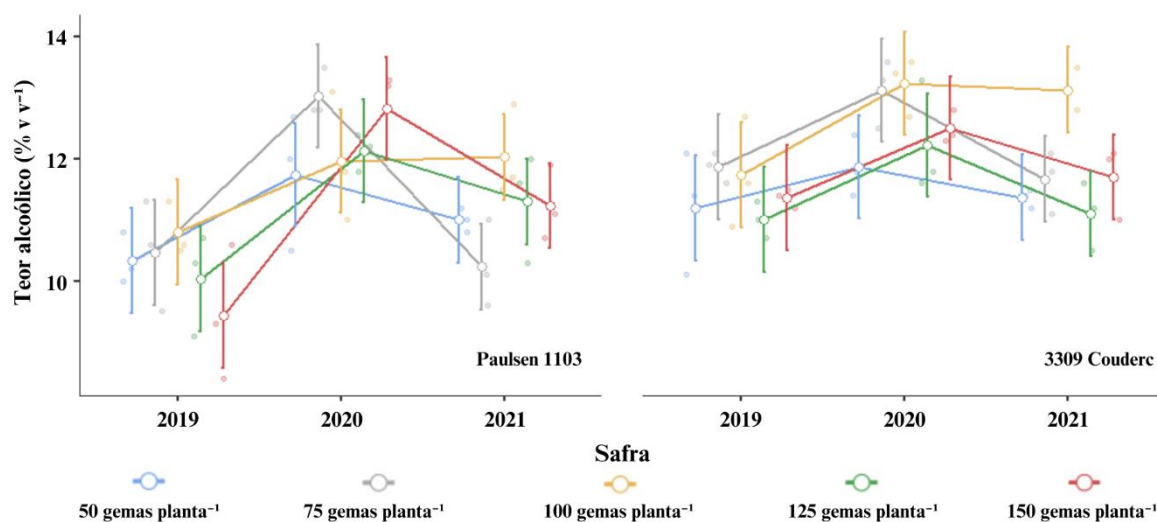
Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 120 - Teor alcoólico do vinho (% v v⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear geral, $p = 0,411$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

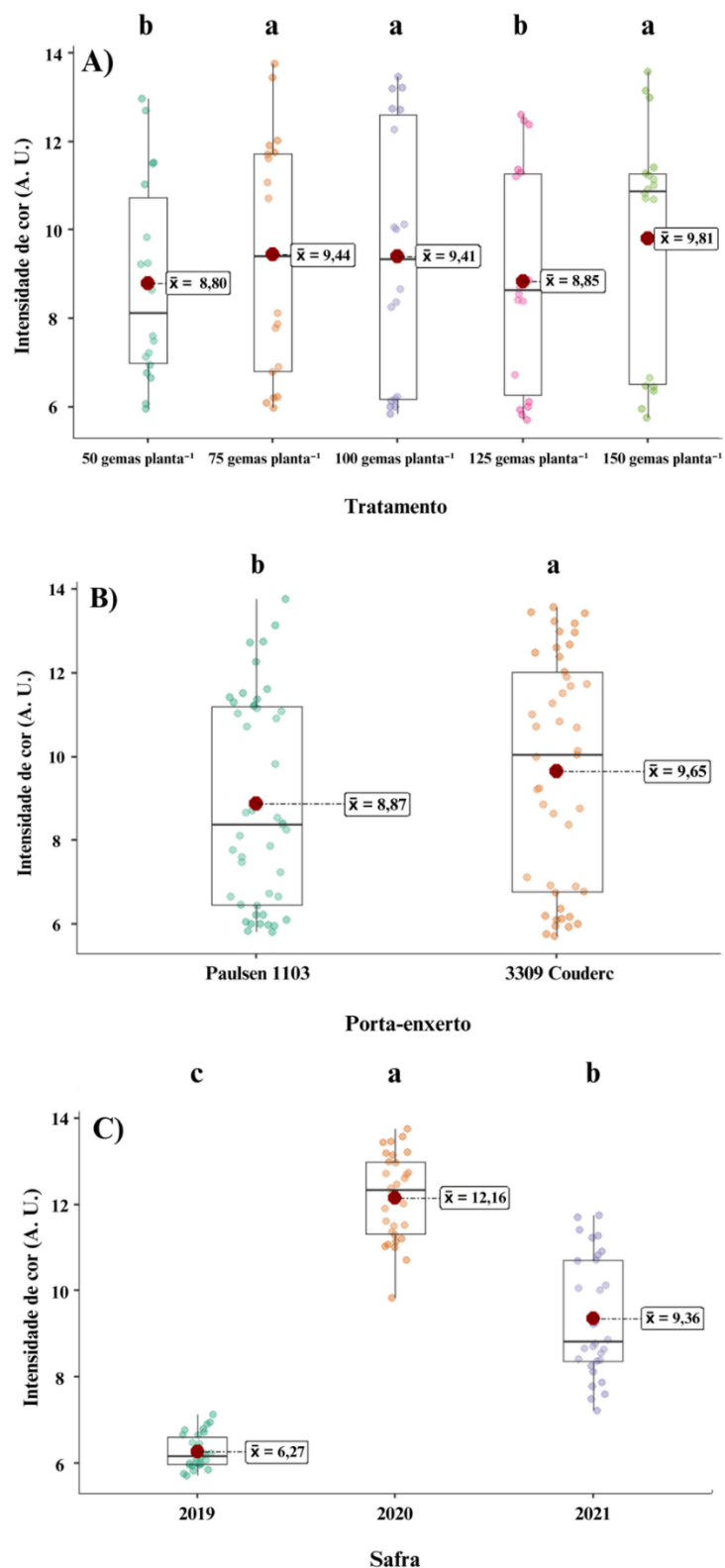
Os vinhos avaliados tiveram o maior valor de intensidade de cor quando feitos de uvas provenientes do 3309 Couderc em relação ao Paulsen 1103, com a diferença média sendo de 0,78 A. U.. Quanto as safras, ambas diferiram entre si, com o maior valor médio de intensidade de cor do vinho sendo na safra 2020, seguido pela safra 2021, e o menor valor médio observado sendo na safra 2019, que teve uma diferença média de 5,9 A. U. em relação ao maior valor observado.

A interação entre os fatores analisados foi significativa para a intensidade da cor dos vinhos (Figura 122). Em ambos os porta-enxertos, houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na poda na safra 2021.

Sobre o Paulsen 1103, a carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior intensidade de cor dos vinhos em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 3,75 A.U..

Quanto ao porta-enxerto 3309 Couderc, as cargas de 75 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em uma maior intensidade de cor dos vinhos em relação as cargas de 50 e 125 gemas planta⁻¹, com a carga de 100 gema planta⁻¹ resultando em um valor intermediário, fazendo com que esta última carga citada não difira das demais avaliadas para esta variável. A amplitude dos valores médios observados foi de 2,7 A. U. para estes fatores.

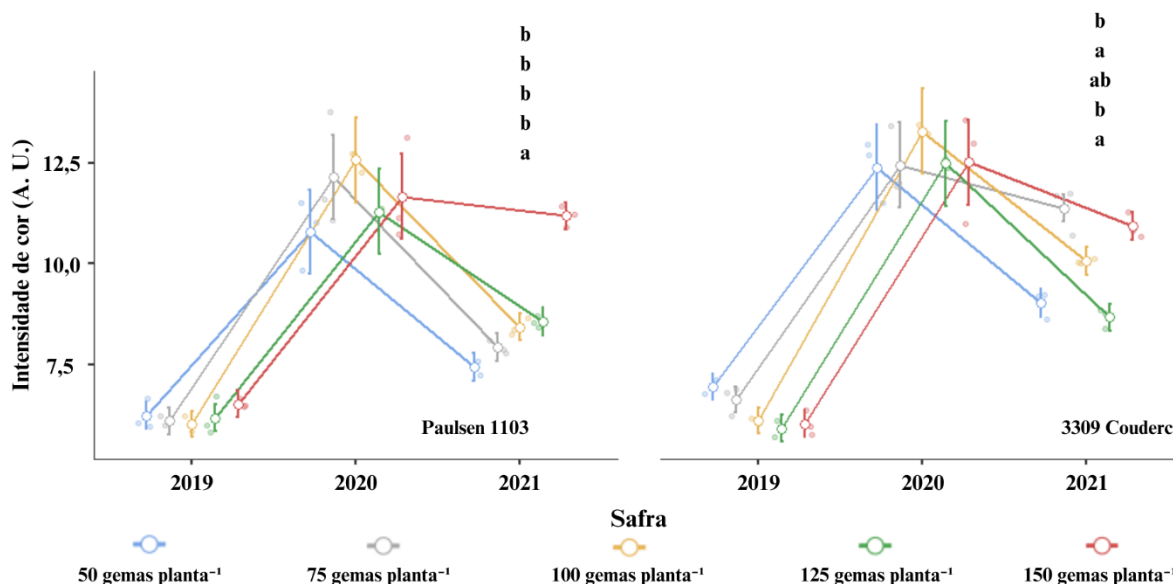
Figura 121 - Intensidade da cor do vinho (A. U.) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 122 - Intensidade da cor do vinho (A. U.) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

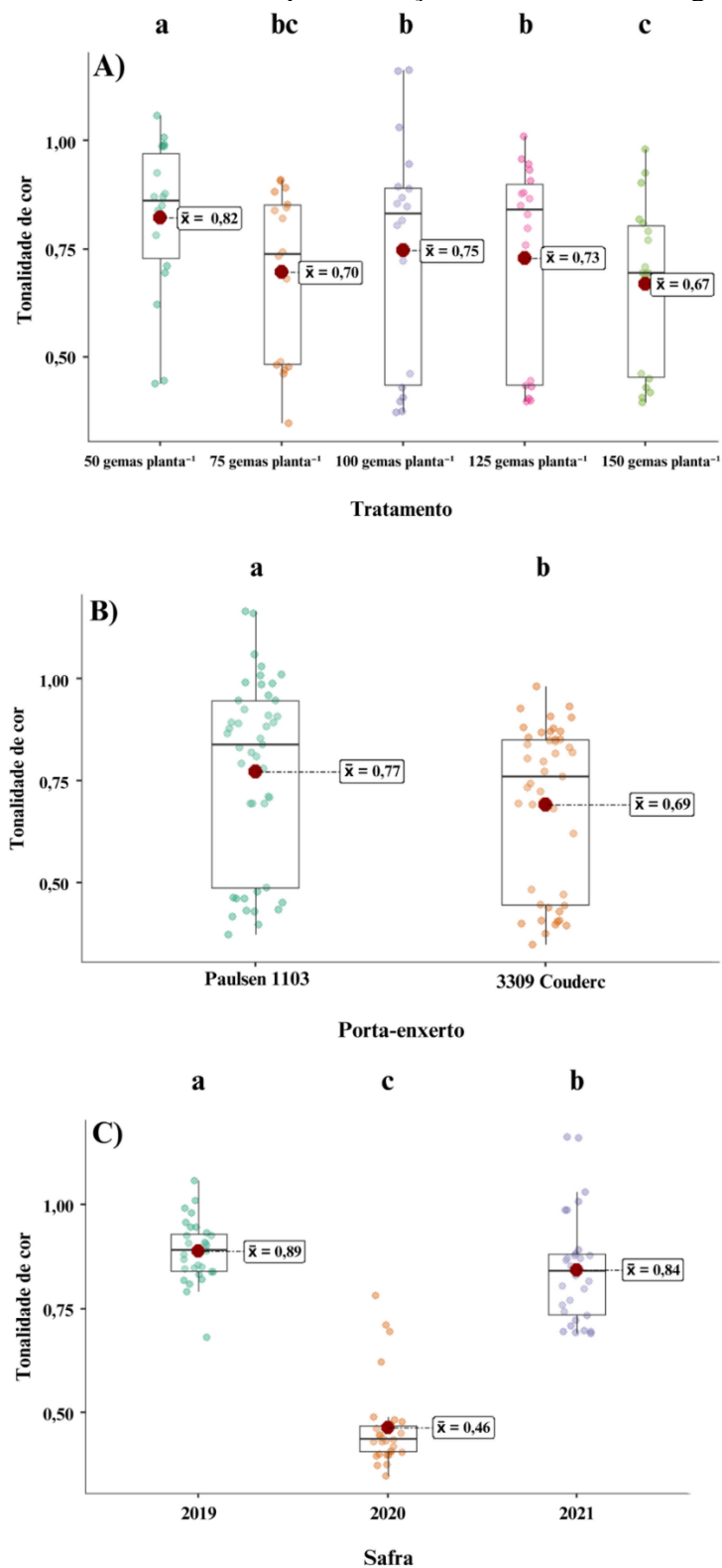
A tonalidade de cor dos vinhos também teve efeito dos diferentes fatores avaliados (Figura 123). A utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em uma menor tonalidade dos vinhos em relação as cargas de 50, 100 e 125 gemas planta⁻¹, não havendo diferença significativa apenas com a carga de 75 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,15.

A utilização da carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior tonalidade da cor dos vinhos, em relação as demais cargas de gema na poda, enquanto as cargas de 100 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em valores intermediários de tonalidade de cor. A carga de 75 gemas planta⁻¹ não diferiu das cargas de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹.

Quanto aos porta-enxertos, a utilização do 3309 Couderc resultou em vinhos de menor tonalidade em relação ao Paulsen 1103, com uma diferença média de 0,08. As três safras avaliadas também diferiram entre si, onde a menor tonalidade de cor dos vinhos observada foi na safra 2020, seguida pela safra 2021, e pôr fim a safra de 2019, com uma amplitude dos valores médios observados de 0,43 entre as safras.

A interação dos fatores foi significativa para a tonalidade de cor dos vinhos, como se observa na figura 124, sendo que não houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na poda sobre o porta-enxerto 3309 Couderc, nas três safras.

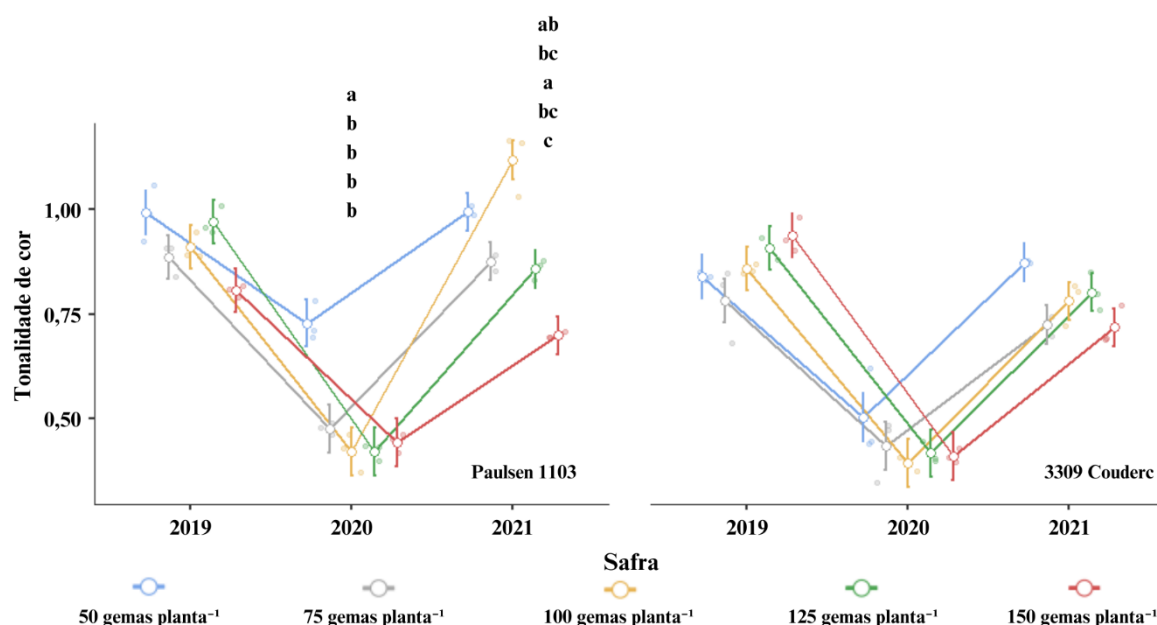
Figura 123 - Tonalidade da cor do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 124 - Tonalidade da cor do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



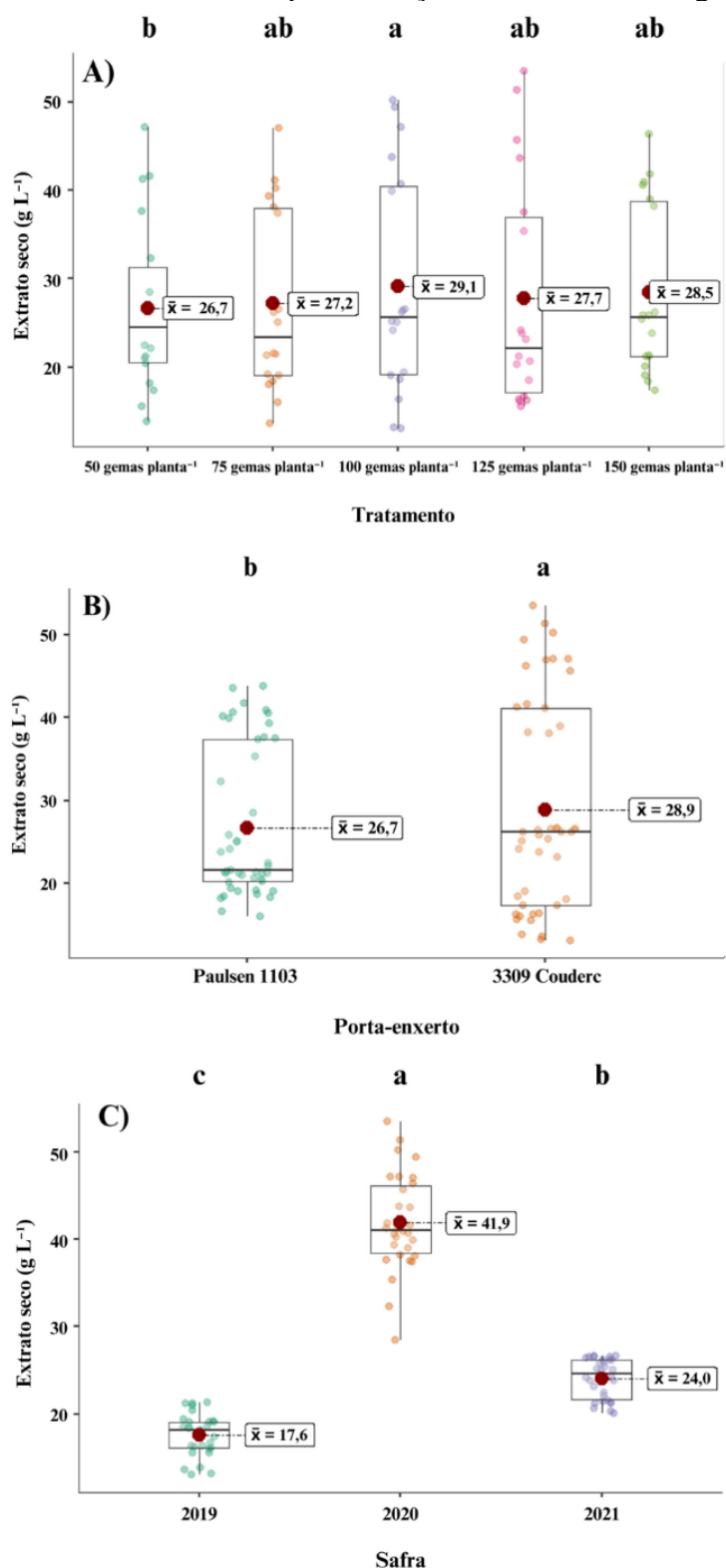
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na safra 2019 não houve efeito das diferentes cargas de gema sobre o Paulsen 1103. Na safra posterior, a carga de 50 gemas planta⁻¹ resultou em uma maior tonalidade de cor dos vinhos em relação às demais cargas de gema. A amplitude dos valores médios observado foi de 0,31.

Na safra 2021, sobre o Paulsen 1103, a menor tonalidade de cor dos vinhos foi sobre a carga de 150 gemas planta⁻¹, que diferiu em relação às cargas de 50 e 100 gemas planta⁻¹. As cargas de 75 e 125 gemas planta⁻¹ não diferiram da carga de 150 gemas planta⁻¹, porém também não diferiram da carga de 50 gemas planta⁻¹. Esta última carga de gemas mencionada, não diferiu do maior valor observado de tonalidade de cor dos vinhos, que foi sob a carga de 100 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,42 para estas condições.

Os diferentes fatores analisados também tiveram efeito significativo sobre o extrato seco dos vinhos analisados (Figura 125). A utilização do nível de carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou em um maior valor de extrato seco quando comparado aos vinhos produzidos sob a carga de 50 gemas planta⁻¹, com a diferença média sendo de 1,4 g L⁻¹. Os demais níveis de carga de gemas resultaram em valores intermediários desta variável, com estes níveis de carga de gemas não diferindo dos níveis supracitados.

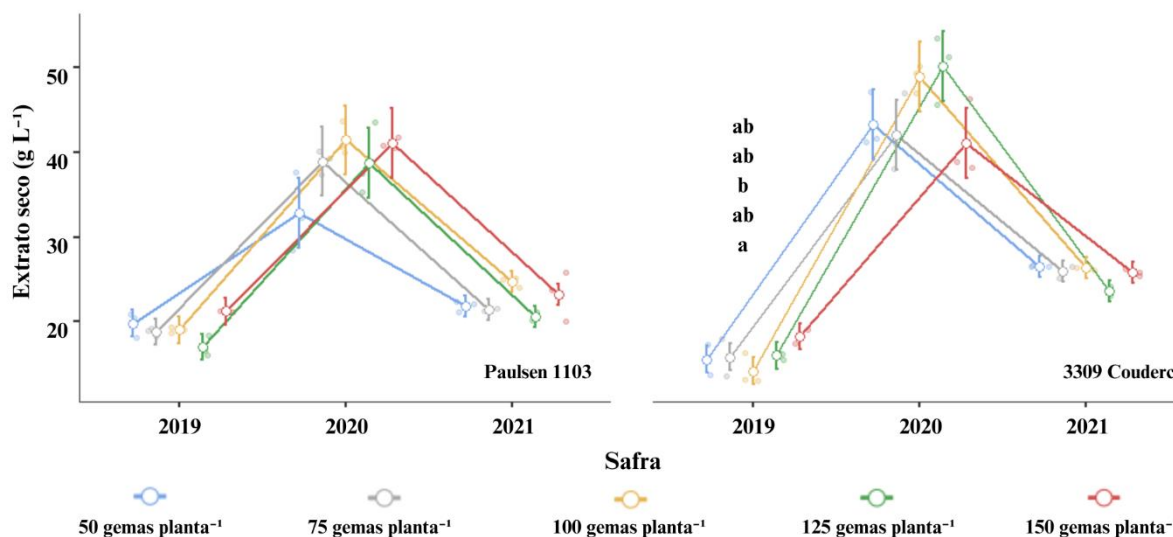
Figura 125 - Extrato seco (g L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p = 0,005$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 126 - Extrato seco (g L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p = 0,017$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

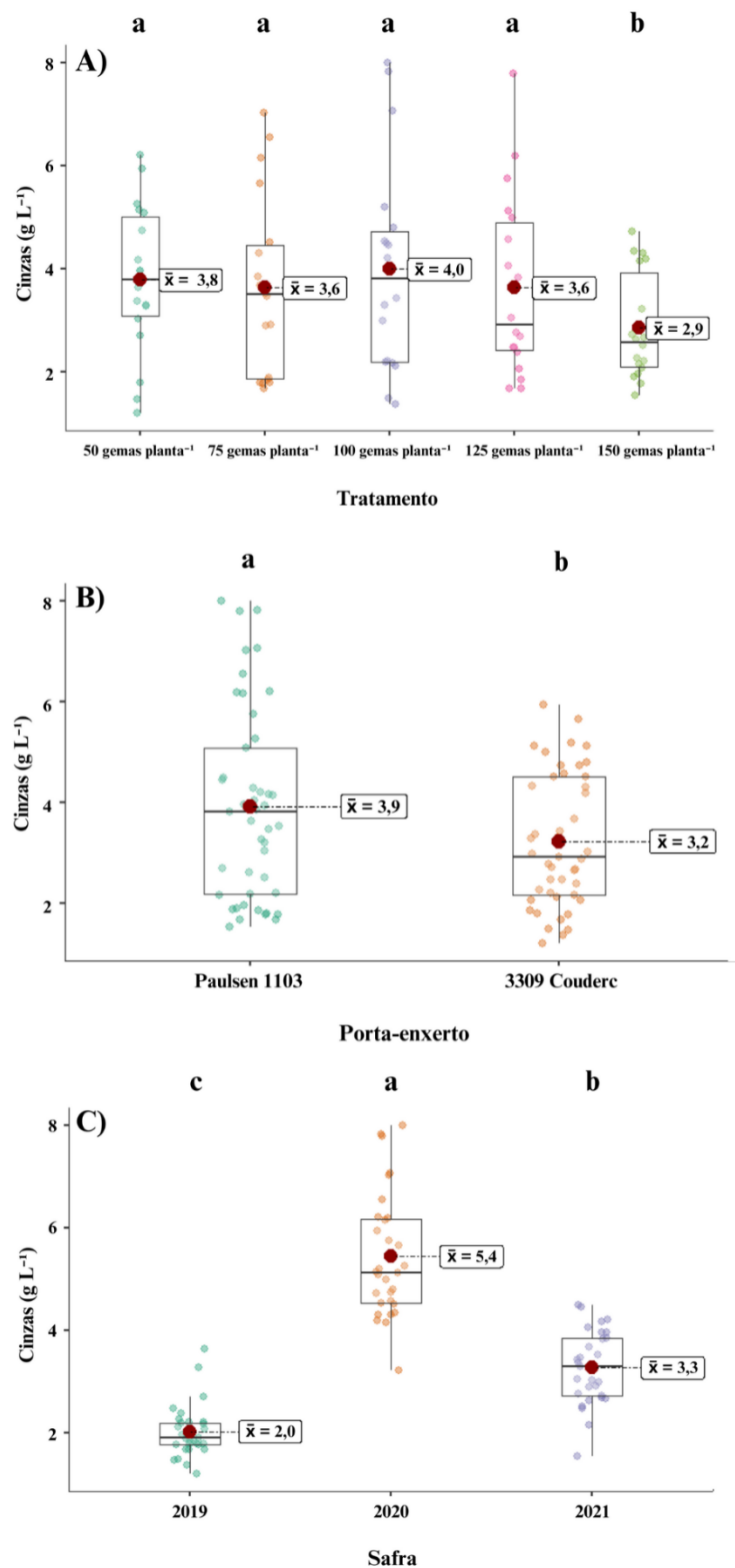
O extrato seco dos vinhos teve um valor superior sob o 3309 Couderc em comparação ao Paulsen 1103, com a diferença média sendo de $2,2 \text{ g L}^{-1}$. Houve diferença significativa entre as três safras avaliadas para esta variável, com o maior valor médio observado de extrato seco do vinho ocorrendo na safra 2020, seguida pela safra 2021, e o menor valor observado sendo na safra de 2019, com uma diferença média de $24,3 \text{ g L}^{-1}$ em relação à safra de 2020.

Houve a interação significativa dos fatores analisados sobre esta variável, como se observa na figura 126. Entretanto, não houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas sobre as plantas enxertadas sobre o Paulsen 1103, nas três safras avaliadas.

Observando os valores registrados para o porta-enxerto 3309 Couderc, houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na safra de 2019. A carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um valor observado de extrato seco dos vinhos superior em relação a carga de 100 gemas planta⁻¹, com a diferença média observada sendo de $4,1 \text{ g L}^{-1}$. Os demais níveis de cargas de gemas não diferiram destas duas, tendo valores médios observados intermediários entre elas.

Também houve efeito dos diferentes fatores sobre as cinzas dos vinhos analisados (Figura 127). A utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um menor teor de cinzas do vinho em relação aos demais níveis de carga de gemas, com a amplitude dos valores médios observados sendo de $1,1 \text{ g L}^{-1}$.

Figura 127 - Cinzas (g L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Quanto ao fator porta-enxerto, o teor de cinzas dos vinhos foi superior quando as plantas estavam enxertadas sobre o Paulsen 1103 em relação ao 3309 Couderc, com a diferença média sendo de $0,7 \text{ g L}^{-1}$.

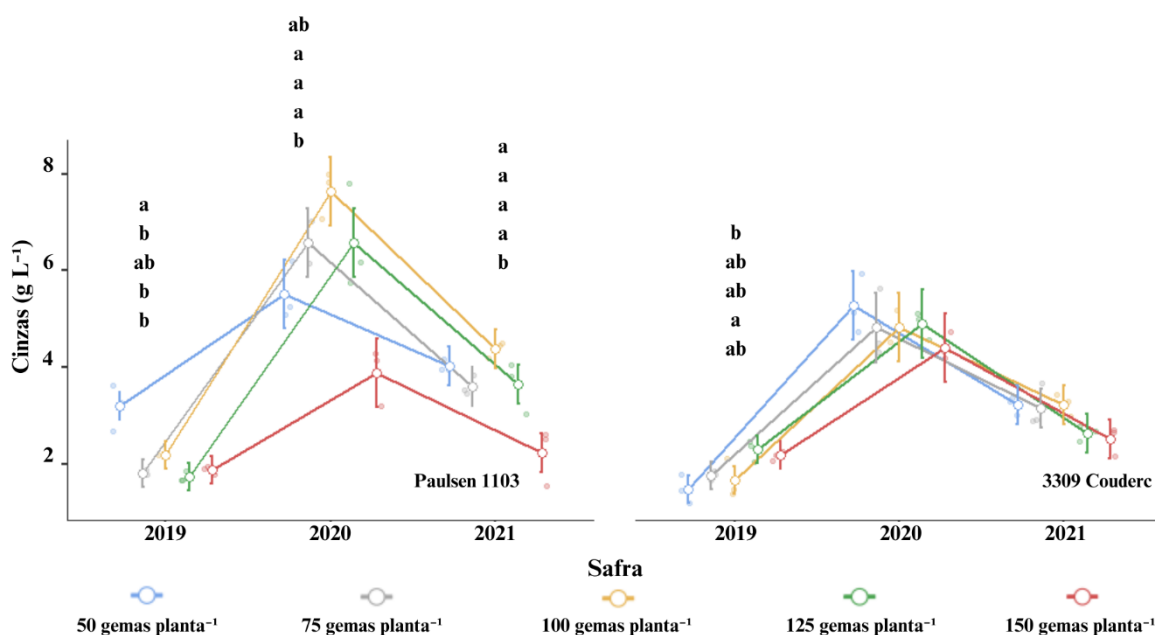
Em relação ao fator safra, da mesma maneira que aconteceu com o extrato seco dos vinhos, a safra de 2020 teve um valor superior em relação à safra de 2021, que por sua vez foi superior em relação à safra de 2019. A diferença média entre a safra de 2020 e 2019 foi de $3,4 \text{ g L}^{-1}$.

A interação entre os fatores foi significativa para as cinzas dos vinhos (Figura 128). Na safra de 2019, ambos os porta-enxertos tiveram efeito dos diferentes níveis de carga de gemas. Sobre o 3309 Couderc, a carga 125 de gemas planta^{-1} resultou em um maior valor de cinzas em relação a carga de 50 gemas planta^{-1} , com uma diferença média de g L^{-1} . Os demais níveis de carga de gemas não diferiram dos supracitados.

Sobre o Paulsen 1103, nesta mesma safra, a utilização da carga de 50 gemas planta^{-1} resultou em um maior teor de cinzas do vinho em relação as cargas de 75, 125 e 150 gemas planta^{-1} , com a carga de 100 gemas planta^{-1} não diferindo das demais. A amplitude entre os valores médios observados foi de $1,5 \text{ g L}^{-1}$.

Figura 128 - Cinzas (g L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Na safra 2020, sobre o Paulsen 1103 a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um menor teor de cinzas do vinho em relação as demais níveis de carga de gemas, com exceção a carga de 50 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observado foi de 3,7 g L⁻¹.

Na safra posterior, sobre o mesmo porta-enxerto, a carga de 150 gemas planta⁻¹ novamente resultou em um menor teor de cinzas do vinho em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 2,2 g L⁻¹.

O teor de antocianinas totais dos vinhos também teve efeito dos diferentes fatores analisados (Figura 129). Quanto aos níveis de carga de gemas na poda, o maior teor de antocianinas dos vinhos foi observado com a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹, sendo superior aos demais níveis de carga de gemas.

O menor valor observado de antocianinas dos vinhos foi sob a carga de 50 gemas planta⁻¹, sendo menor em relação aos demais níveis de cargas de gemas, com exceção a carga de 75 gemas planta⁻¹. A carga de 50 gemas planta⁻¹ teve uma diferença média de 87,5 mg L⁻¹ em relação a carga de 150 gemas planta⁻¹.

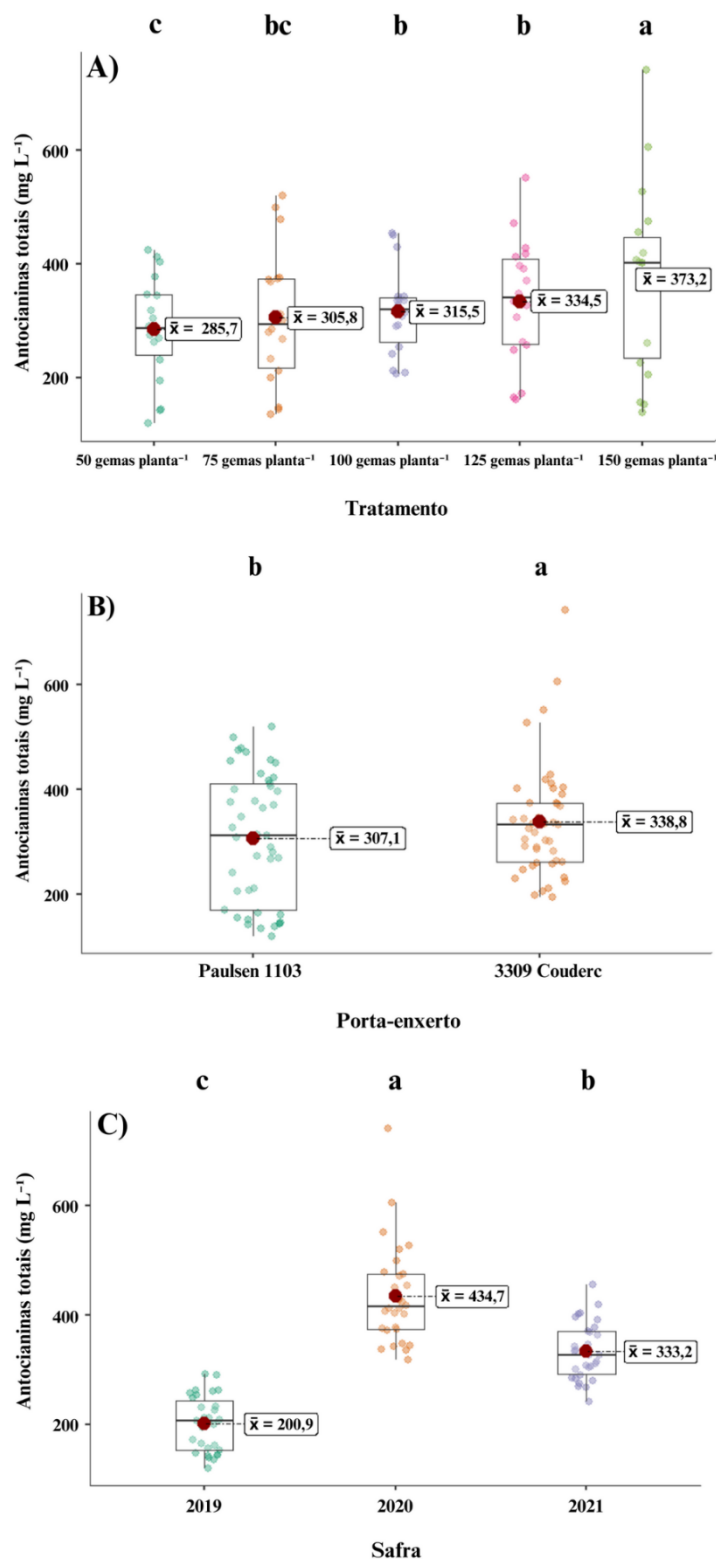
O 3309 Couderc resultou em um maior teor de antocianinas em relação ao Paulsen 1103, com uma diferença média de 31,7 mg L⁻¹. As três safras também diferiram quanto ao teor de antocianinas, tendo o mesmo comportamento observado no extrato seco e no teor de cinzas do vinho. O maior teor de antocianinas do vinho foi observado na safra de 2020, seguida pela safra 2021 e por fim na safra de 2019. A amplitude dos valores médios observados foi de 233,8 mg L⁻¹.

Houve efeito da interação dos fatores estudados sobre os teores de antocianinas totais dos vinhos avaliados (Figura 130). Para o porta-enxerto 3309 Couderc, foi observado efeito significativo dos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação somente na safra de 2020.

A carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um maior teor de antocianinas totais do vinho em relação aos demais níveis de carga de gemas estudados, com exceção da carga de 125 gemas⁻¹, que não diferiu dos demais níveis de carga de gemas estudadas. A maior diferença média observada com a carga de 150 gemas planta⁻¹ foi de 286,9 mg L⁻¹.

Na safra 2019, sobre o Paulsen 1103, o maior valor observado de antocianinas totais foi sobre o nível de 100 gemas planta⁻¹ diferenciado o dos demais níveis de cargas de gema, com exceção a carga de 125 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 73 mg L⁻¹.

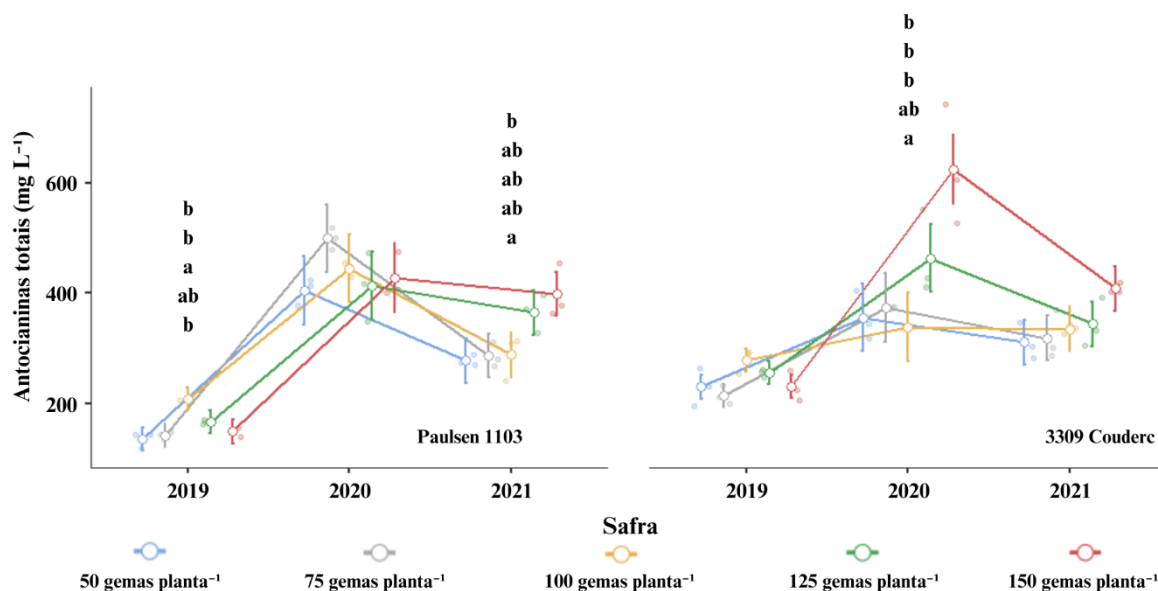
Figura 129 - Antocianinas totais (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 130 - Antocianinas totais (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

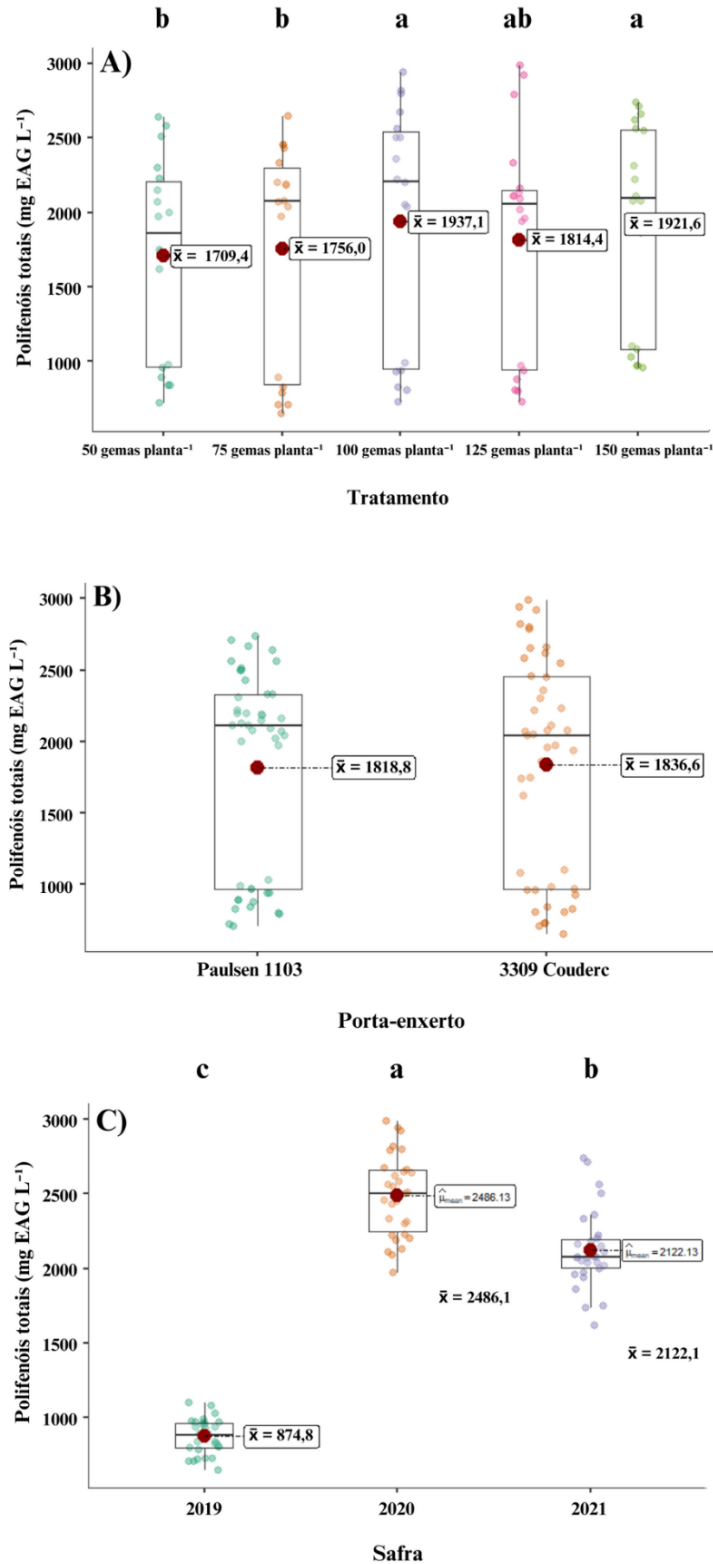
Na safra 2021, para o mesmo porta-enxerto, o nível de 150 gemas planta^{-1} resultou em um valor superior a carga de 50 gemas planta^{-1} , com uma diferença média no teor de antocianinas de $121,3 \text{ mg L}^{-1}$. Os demais níveis de carga de gemas na poda resultaram em valores intermediários, não diferenciando estes níveis dos supracitados.

Alterando o padrão visto nas variáveis anteriores, não houve efeito do porta-enxerto sobre o teor de polifenóis totais dos vinhos analisados (Figura 131), com o valor médio sendo de $1827,3 \text{ mg EAG L}^{-1}$.

Quanto aos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação, as cargas de 100 e 150 gemas planta^{-1} resultaram em valores superiores com relação as cargas de 50 e 75 gemas planta^{-1} , com a carga de 125 gemas planta^{-1} resultando em um teor intermediário de polifenóis totais, não a diferindo dos demais níveis de carga de gemas citados. A amplitude dos valores médios observados foi de $227,7 \text{ mg EAG L}^{-1}$.

Quanto ao fator safra, como já observado em outras variáveis, o maior teor de polifenóis totais foi observado na safra 2020, seguido pela safra 2021, e o menor valor observado, com uma diferença média de $1611,3 \text{ mg EAG L}^{-1}$ em relação ao maior valor observado, foi na safra 2019.

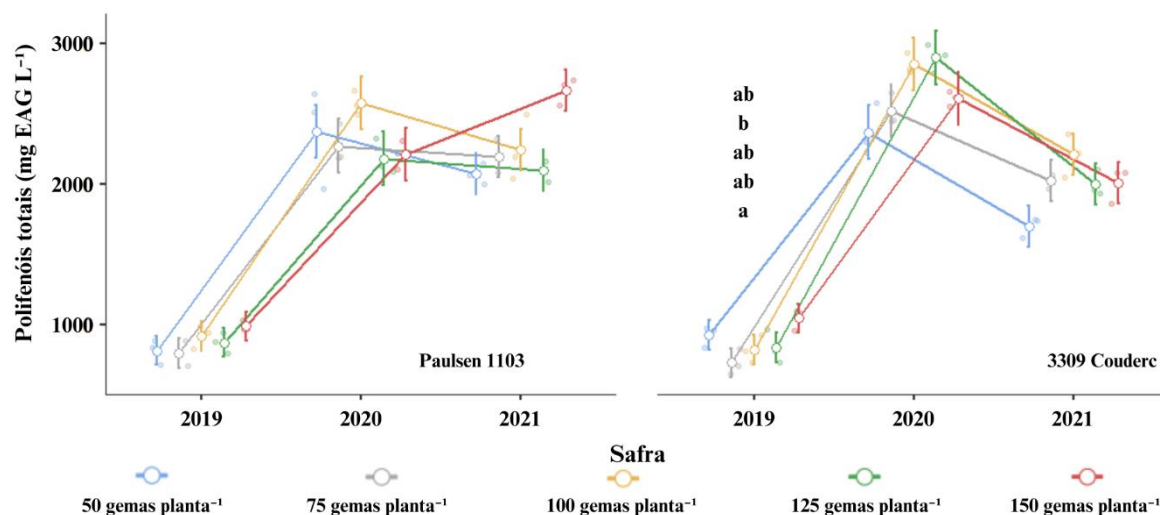
Figura 131 - Polifenóis totais (mg EAG L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo misto generalizado, $p = 0,501$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 132 - Polifenóis totais (mg EAG L⁻¹) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo misto generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

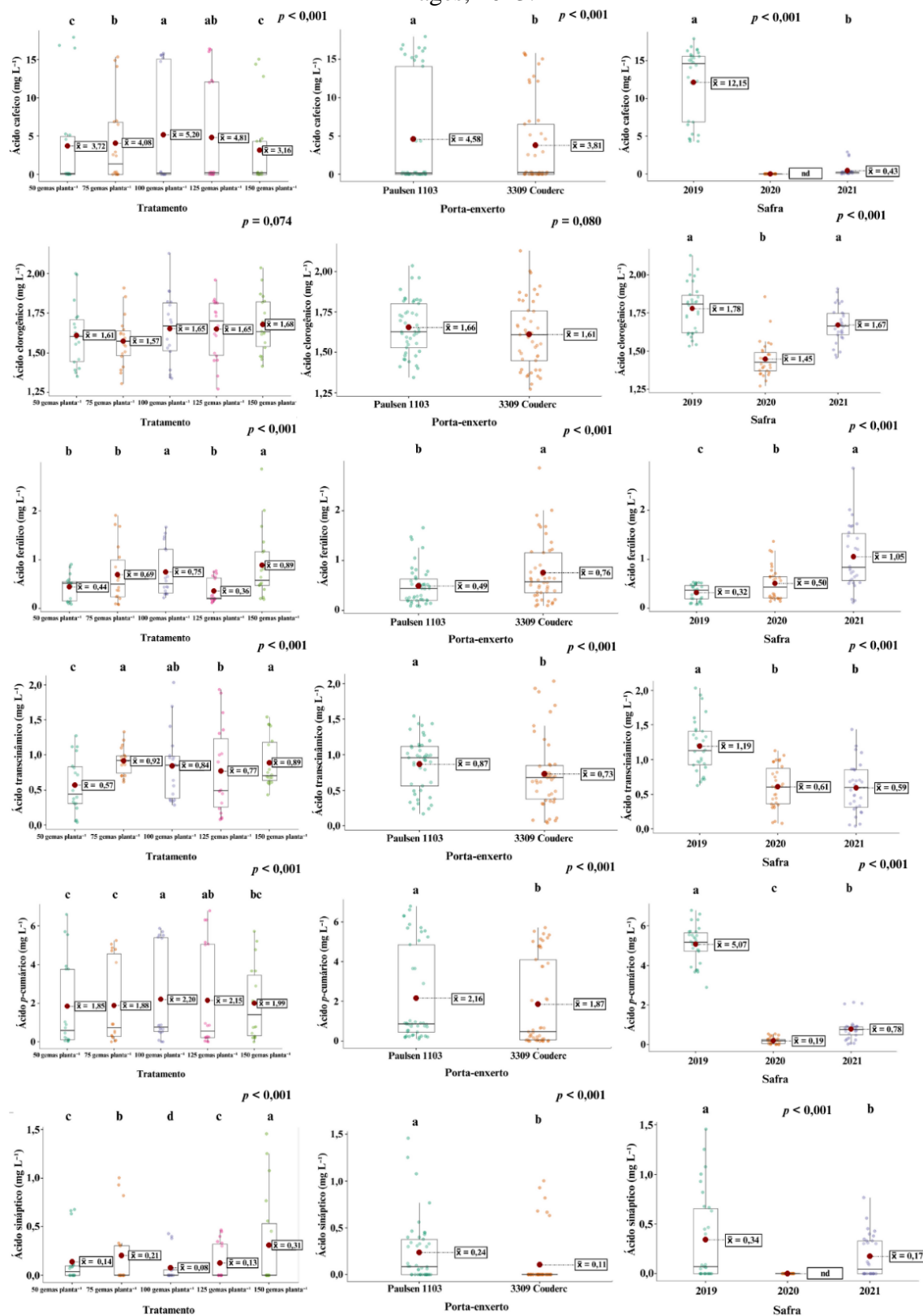
A interação dos fatores estudados foi significativa para o teor de polifenóis totais, observando-se efeito dos diferentes níveis de carga de gemas sobre o porta-enxerto 3309 Couderc, na safra 2019.

Nesta safra, a utilização da carga de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor maior de polifenóis totais em relação a carga de 75 gemas planta, com uma diferença média de 316,7 mg EAG L⁻¹. As demais cargas de gema não diferiram destas, em relação ao teor de polifenóis totais.

Em relação ao perfil fenólico dos vinhos, iniciando-se a observação dos dados obtidos pelos ácidos hidroxicinâmicos, houve efeito significativo dos fatores Tratamento (Níveis de carga de gemas na poda), Porta-enxerto e Safra para os compostos ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido transcinâmico, ácido *p*-cumárico e ácido sináptico. Houve efeito somente do fator safra para o ácido clorogênico (Figura 133).

A utilização da carga de 100 gemas planta⁻¹ resultou no maior valor observado de ácido cafeico nos vinhos em relação as demais cargas, com exceção a carga de 125 gemas planta⁻¹, que teve um valor intermediário entre o nível supracitado e o nível de 75 gemas planta⁻¹. As cargas de 50 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em valores inferiores aos obtidos nos demais níveis de carga de gemas na poda de frutificação, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 2,04 mg L⁻¹.

Figura 133 - Teor de Ácidos hidroxicinâmicos (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O porta-enxerto Paulsen 1103 resultou em um maior teor de ácido cafeico nos vinhos em relação ao 3309 Couderc, com a diferença média sendo de $0,77 \text{ mg L}^{-1}$. Em relação as safras, não foi detectado ácido cafeico nos vinhos da safra 2020, enquanto a safra de 2019 teve um maior teor deste ácido em relação à safra 2021, com a diferença média sendo de $11,72 \text{ mg L}^{-1}$.

O ácido clorogênico teve um teor médio de $1,63 \text{ mg L}^{-1}$ para os fatores Tratamento e Porta-enxerto. Quanto as safras, o teor observado deste composto fenólico na safra 2020 foi inferior as demais avaliadas, sendo que a diferença média entre esta safra e a de 2019 foi de $0,33 \text{ mg L}^{-1}$.

Para o ácido ferúlico, as cargas de 100 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um teor superior em comparação aos demais níveis de carga de gemas, tendo uma amplitude dos valores médios observados de $0,32 \text{ mg L}^{-1}$.

Quanto aos porta-enxertos, o teor de ácido ferúlico foi maior em vinhos provenientes do 3309 Couderc, com uma diferença média de $0,27 \text{ mg L}^{-1}$. As três safras diferiram entre si, com o maior valor sendo observado na safra 2021, seguida pela safra 2020, e com uma diferença média de $0,73 \text{ mg L}^{-1}$ em relação à safra 2021, o menor valor observado foi na safra 2019.

Os níveis de 75 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um maior teor de ácido transcinâmico em relação as demais níveis de carga de gemas, excetuando o nível de 100 gemas planta⁻¹, que não diferiu dos níveis supracitados e do nível de 125 gemas planta⁻¹. O nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um valor inferior de ácido transcinâmico em relação aos demais níveis de carga de gemas, com a amplitude dos valores médios sendo de $0,35 \text{ mg L}^{-1}$.

O ácido *p*-cumárico teve um maior teor observado nos vinhos provenientes dos níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹. Entretanto, o nível de 125 gemas planta⁻¹ não diferiu do nível de 150 gemas planta⁻¹. Os níveis de 50 e 75 gemas⁻¹, resultantes do menor teor deste composto fenólico, também não diferiram do nível de 150 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de $0,35 \text{ mg L}^{-1}$.

Quanto ao efeito do porta-enxerto, o Paulsen 1103 resultou em um valor superior do ácido *p*-cumárico em relação ao 3309 Couderc, com uma diferença média de $0,29 \text{ mg L}^{-1}$. Na safra 2019 foi observado o maior valor de ácido *p*-cumárico nos vinhos, seguido da safra 2021, e pôr fim a safra 2020, com uma diferença média de $4,88 \text{ mg L}^{-1}$ em relação à safra de 2019.

Houve uma separação distinta para os diferentes níveis de cargas de gema quanto ao teor de ácido sináptico (Figura 133). O maior valor observado deste composto fenólico foi sob o nível de 150 gemas planta⁻¹, seguido pelo nível de 75 gemas planta⁻¹, em seguida o nível de 125 gemas planta⁻¹. Os níveis de 50 e 100 gemas planta⁻¹ não diferindo entre si, sendo inferiores aos demais níveis. A amplitude dos valores médios observados foi de $0,23 \text{ mg L}^{-1}$.

O Paulsen 1103 resultou em um maior teor de ácido sináptico nos vinhos quando comparado ao 3309 Couderc, com uma diferença média de $0,13 \text{ mg L}^{-1}$. Quanto as safras, a safra de 2019 resultou em um teor superior deste composto fenólico em relação à safra 2021, com uma diferença média de $0,17 \text{ mg L}^{-1}$. Não foi detectado ácido sináptico nos vinhos provenientes da safra 2020.

Na figura 134 se observa a interação dos fatores para os diferentes ácidos hidroxicinâmicos identificados nos vinhos. Somente não houve efeito da interação dos fatores para o ácido clorogênico.

Sobre o Paulsen 1103, o teor de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um menor teor de ácido cafeico em relação aos demais níveis de cargas de gema na safra 2019. O maior teor deste composto foi observado sob o nível de 50 gemas planta, superior em relação aos demais, com exceção ao nível de 125 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de $12,66 \text{ mg L}^{-1}$.

Na safra 2021, sobre o Paulsen 1103, os níveis de 75 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em um maior teor de ácido cafeico no vinho em relação aos demais níveis, com exceção ao nível de 150 gemas planta⁻¹. A diferença média entre o maior e menor valor observado foi de $0,15 \text{ mg L}^{-1}$.

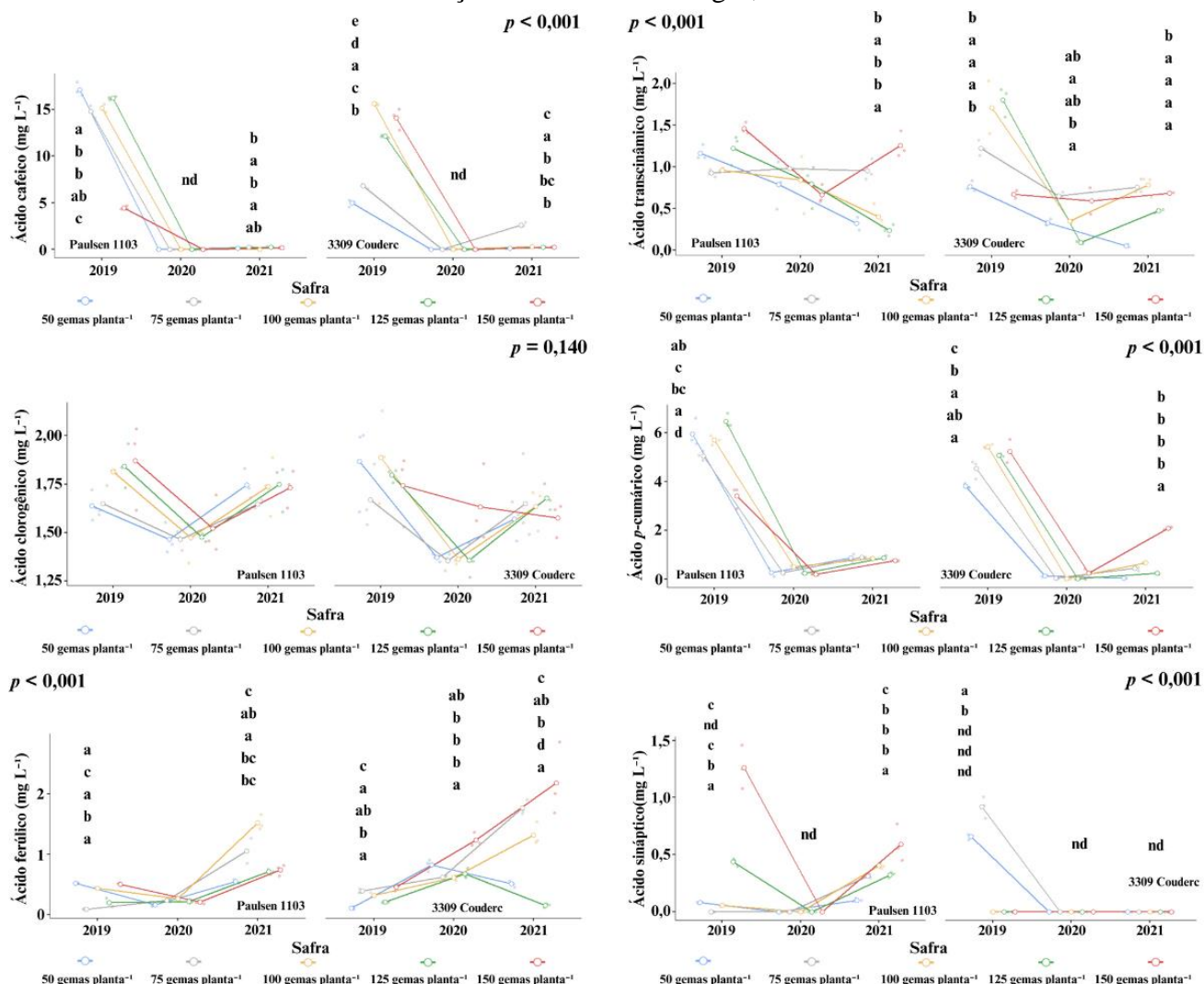
Sobre o 3309 Couderc, na safra 2019, houve uma separação distinta dos diferentes níveis de carga de gemas sobre o teor de ácido cafeico. O nível de 100 gemas planta⁻¹ resultou no maior teor deste composto fenólico, e em ordem decrescente do teor, os níveis de 150, 125, 75 e 50 gemas planta⁻¹, com este último nível tendo uma diferença média de $9,09 \text{ mg L}^{-1}$ em relação ao nível de 100 gemas planta⁻¹.

Na safra 2021, assim como na safra 2019, o nível de 100 gemas planta⁻¹ resultou em um maior teor de ácido cafeico em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda. O menor teor de ácido cafeico foi observado sob o nível de 50 gemas planta⁻¹, que diferiu dos demais níveis de carga de gemas com exceção ao nível de 125 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de $2,53 \text{ mg L}^{-1}$.

Quanto ao ácido ferúlico, na safra 2019, os níveis de 50, 100 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um teor superior deste composto em relação ao nível de 125 gemas planta⁻¹, que por sua vez foi superior ao nível de 75 gemas planta⁻¹, sobre o Paulsen 1103. A amplitude dos valores médios observados foi de $0,44 \text{ mg L}^{-1}$.

Figura 134 - Teor de Ácidos hidroxicinâmicos (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos da interação dos fatores analisados (Modelo linear generalizado).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Sobre o mesmo porta-enxerto, na safra 2021, houve uma mudança no padrão anteriormente visto. O nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um teor de ácido ferúlico menor em relação aos níveis de 75 e 100 gemas planta⁻¹. O nível de 75 gemas planta⁻¹ não diferiu dos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹. O nível de 100 gemas planta⁻¹ resultou no maior teor de ácido ferúlico em relação aos demais níveis, com exceção ao nível de 75 gemas planta⁻¹. A diferença média entre os níveis de 50 e 100 gemas planta⁻¹ foi de $0,98 \text{ mg L}^{-1}$.

Quanto ao 3309 Couderc, na safra 2019, os níveis de 75 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um teor superior de ácido ferúlico em relação aos demais níveis de carga de gemas, com exceção ao nível de 100 gemas planta⁻¹, que por sua vez também não diferiu do

nível de 125 gemas planta⁻¹. O nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um teor inferior de ácido ferúlico em relação aos demais níveis quanto, com uma diferença média de 0,35 mg L⁻¹ em relação ao maior valor observado.

Na safra 2020, a utilização do nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior de ácido ferúlico em relação aos demais níveis, com exceção ao nível de 50 gemas planta⁻¹, que não diferiu dos demais níveis de carga de gemas na poda. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,62

Na safra 2021 novamente o maior teor observado de ácido ferúlico foi sob o nível de 150 gemas planta⁻¹ em relação aos demais níveis, excetuando o nível de 75 gemas planta⁻¹, que não diferiu do supracitado e do nível de 100 gemas planta⁻¹. O nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um nível inferior aos supracitados, mas superior em relação ao nível de 125 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 2,03 mg L⁻¹.

Quanto aos teores de ácido transcinâmico, houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas sobre o Paulsen 1103 somente na safra 2021. A utilização dos níveis de 75 e 150 gemas planta⁻¹ resultou em um maior teor deste composto fenólico em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda de frutificação. A diferença média entre o maior e o menor valor observado foi de 1,02 mg L⁻¹.

Sobre o 3309 Couderc, na safra 2019, os níveis de 50 e 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor inferior de ácido transcinâmico em relação aos demais níveis de carga de gemas, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 1,04 mg L⁻¹.

Na safra posterior, o nível de 125 gemas planta⁻¹ resultou em um menor teor deste composto fenólico, porém, diferindo apenas dos níveis 75 e 150 gemas planta⁻¹, com os demais níveis não deferindo destes citados. A amplitudes dos valores médios observados do ácido transcinâmico para essas condições foi de 0,56 mg L⁻¹. Na safra 2021, somente o nível de 50 gemas planta diferiu dos demais, resultando em um valor inferior de ácido transcinâmico, com a diferença média chegando a 0,73 mg L⁻¹.

Em relação ao ácido *p*-cumárico, na safra 2019, o nível de 125 gemas planta⁻¹ resultou em um maior teor deste composto fenólico em relação aos níveis de 75, 100 e 150 gemas planta⁻¹, sobre o Paulsen 1103. O nível de 50 gemas planta⁻¹ não diferiu do maior valor observado deste composto, bem como em relação ao nível de 100 gemas planta⁻¹.

Por sua vez, o nível de 100 gemas planta⁻¹ também não diferiu do nível de 75 gemas planta⁻¹. A diferença média entre os valores observado chegou a 3,06 mg L⁻¹. As demais safras não tiveram efeito dos diferentes níveis de carga de gemas sobre o Paulsen 1103.

Quanto ao teor de ácido *p*-cumárico sobre o 3309 Couderc, na safra 2019, os níveis de 100 e 150 gemas planta⁻¹ resultou em um maior teor deste composto no vinho em relação aos níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 1,61 mg L⁻¹. O nível de 125 gemas planta⁻¹ não diferiu do nível de 75 gemas planta⁻¹, ao passo que este último foi superior ao nível de 50 gemas planta⁻¹ em comparação ao teor do ácido *p*-cumárico.

Na safra de 2020 não houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas sobre o teor de ácido *p*-cumárico nos vinhos, enquanto na safra 2021, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior ao dos demais níveis de carga de gemas na poda de frutificação. A diferença média entre o maior e o menor valor observados foi de 2,04 mg L⁻¹.

Analisando os valores observados do teor de ácido sináptico dos vinhos, este composto não foi detectado em ambos os porta-enxertos em 2020, e não foi detectado nos vinhos provenientes do 3309 Couderc na safra 2021.

Na safra 2019, sobre o 3309 Couderc, somente foi detectado ácido sináptico nos níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹, onde o menor nível de carga de gemas resultou em um maior teor deste composto fenólico, com uma diferença média de 0,26 mg L⁻¹.

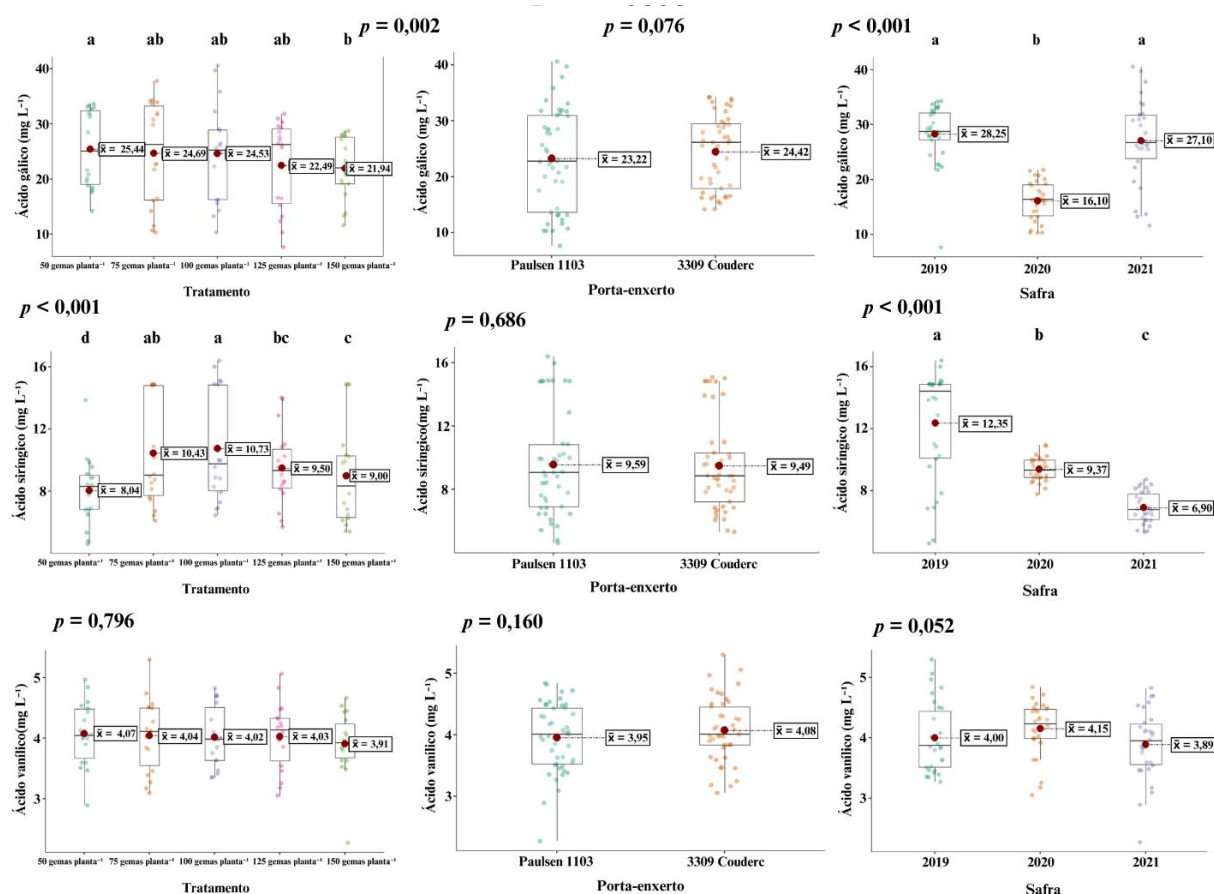
Nesta mesma safra, sobre o Paulsen 1103, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior aos demais níveis, tendo uma diferença média em relação ao menor valor observado de 0,26 mg L⁻¹. O segundo maior valor observado foi sob o nível de 125 gemas planta⁻¹, superior em relação aos níveis de 50 e 100 gemas planta⁻¹, enquanto no nível de 125 gemas planta não foi detectado este composto nos vinhos.

Na safra 2021, a utilização de do nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou no maior teor de ácido sináptico dos vinhos em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda de frutificação. De maneira oposta, o nível de 50 gemas planta⁻¹ teve um teor inferior aos demais níveis de carga de gemas, com a diferença média em relação ao maior valor observado sendo de 0,49 mg L⁻¹.

Na figura 135 se observa o efeito dos fatores avaliados no teor de ácidos hidroxibenzóicos no vinho. Não houve efeito do fator Porta-enxerto sobre o teor de ácido gálico dos vinhos, com um valor médio de 23,82 mg L⁻¹. O mesmo padrão pode ser observado para o ácido sirínico, com valor médio de 9,54 mg L⁻¹. Em relação ao ácido vanílico, não houve efeito dos três fatores analisados, com o valor médio desse composto sendo de 4,01 mg L⁻¹.

A utilização do nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em vinhos com um maior teor de ácido gálico em comparação aos provindos do nível de 150 gemas planta⁻¹, com uma diferença média de 3,5 mg L⁻¹. Os demais níveis não diferiram dos supracitados.

Figura 135 - Teor de Ácidos hidrobenczoicos (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Quanto as safras, a safra de 2020 teve um teor de ácido gálico dos vinhos inferior as demais avaliadas, com a diferença média entre o maior e o menor valor observado sendo de $12,15 \text{ mg L}^{-1}$.

Houve uma separação gradual entre os níveis de carga de gemas quanto ao teor de ácido siríngico dos vinhos. O maior valor observado foi sob a carga de 100 gemas planta⁻¹, que diferiu das demais, com exceção a carga de 75 gemas planta⁻¹, com o segundo maior valor observado.

O nível de 125 gemas planta⁻¹, com o terceiro maior valor observado, não diferiu do último nível citado e do nível de 150 gemas planta⁻¹. O nível de 50 gemas planta teve um teor inferior de ácido siríngico em relação aos demais níveis, com uma diferença média de $2,69 \text{ mg L}^{-1}$ em relação ao maior valor observado.

Para o fator Safra, as três safras diferiram entre si, sendo o maior valor observado na safra 2019, seguido pela safra 2020, e então pela safra 2021, com uma diferença média $5,45 \text{ mg L}^{-1}$ de em relação à safra 2019.

Quanto a interação dos fatores estudados sobre o teor de ácidos hidroxibenzoicos do vinho (Figura 136), houve efeito sobre o teor de ácido gálico e ácido sirínico, enquanto não houve efeito de interação para os teores de ácido vanílico dos vinhos.

Para o ácido gálico, não houve efeitos dos diferentes níveis de carga de gemas na safra 2019, em ambos os porta-enxertos. Na safra 2020, sobre o 3309 Couderc, também não houve efeitos dos diferentes níveis de cargas.

Sobre o Paulsen 1103, os níveis de 50 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um teor superior de ácido gálico no vinho em relação aos demais níveis de carga de gemas, com uma amplitude dos valores médios observados de $8,8 \text{ mg L}^{-1}$.

Na safra 2021, sobre o Paulsen 1103, o teor de ácido gálico dos vinhos foi inferior sob o nível de 150 gemas planta⁻¹ em relação aos demais níveis, com uma amplitude dos valores médios observados de $25,91 \text{ mg L}^{-1}$. Para o 3309 Couderc, os diferentes níveis não diferiram entre si com exceção as cargas de 50 e 75 gemas planta⁻¹, onde a carga de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior, com uma diferença média de $14,43 \text{ mg L}^{-1}$.

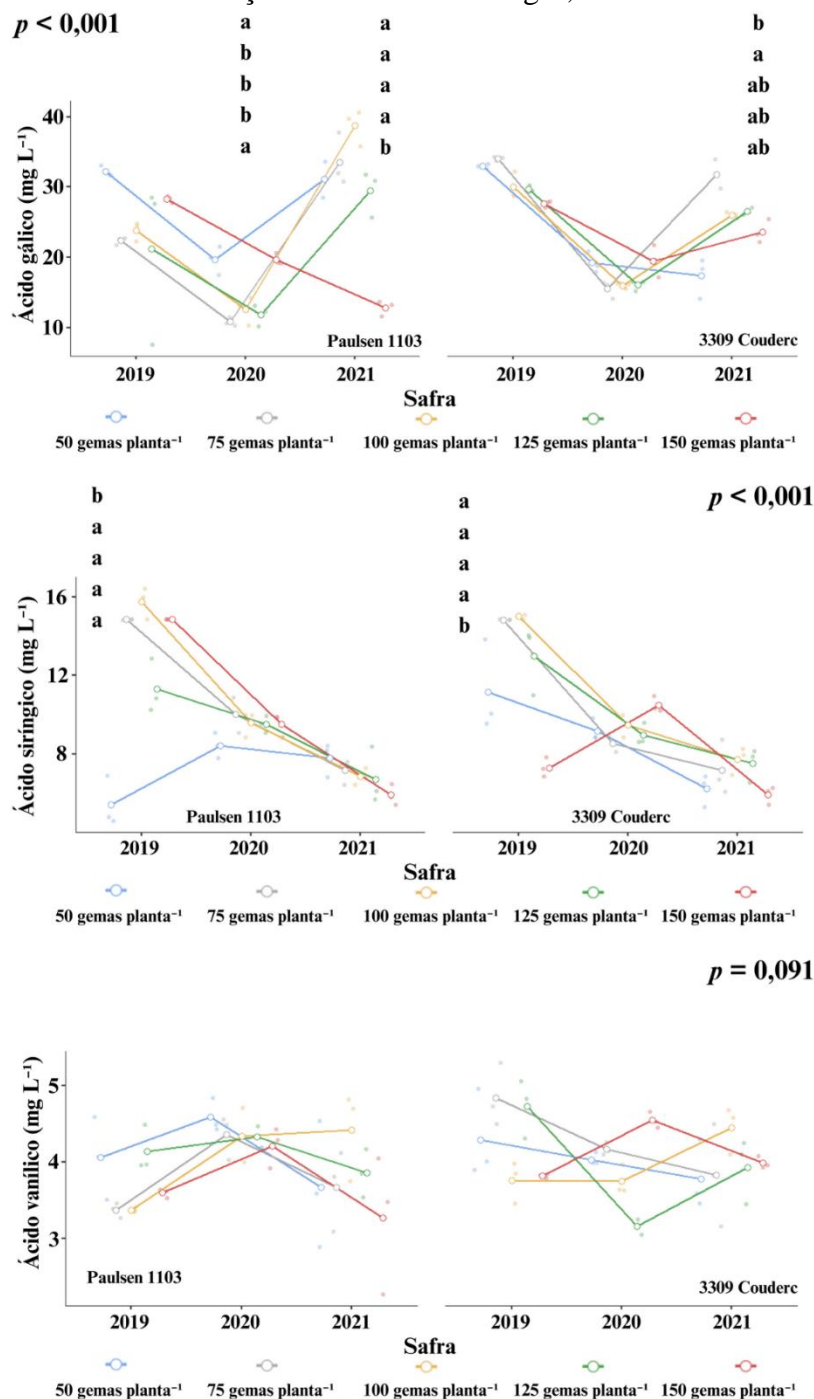
Quanto ao ácido sirínico, houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na poda somente na safra 2019, sobre ambos os porta-enxertos. O comportamento desta variável foi oposto para os dois porta-enxertos, sendo que sobre o Paulsen 1103 o menor teor deste composto fenólico foi no nível de 50 gemas planta⁻¹ ($10,32 \text{ mg L}^{-1}$ menor em relação ao maior valor médio observado) em relação aos demais níveis, enquanto no 3309 Couderc o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor inferior aos demais níveis de carga de gemas ($7,69 \text{ mg L}^{-1}$ menor em relação ao maior valor médio observado).

Houve efeito dos diferentes fatores analisados para o teor no vinho dos compostos florizina, resveratrol e hyperoside (Figura 137). A florizina teve um maior teor nos vinhos sob os níveis de 75, 100 e 125 gemas planta⁻¹ em relação ao nível de 50 gemas planta, que por sua vez teve um teor deste composto nos vinhos maior em relação ao nível de 150 gemas planta⁻¹ ($0,92 \text{ mg L}^{-1}$ menor em relação ao maior valor médio observado).

O teor de florizina nos vinhos foi superior quando provindos do Paulsen 1103 em relação ao 3309 Couderc, com uma diferença média de $0,32 \text{ mg L}^{-1}$. Quanto as safras, ambas diferiram entre si, onde o maior teor observado foi na safra 2019 ($1,9 \text{ mg L}^{-1}$ maior em relação ao menor valor médio observado), seguido da safra 2020, e por fim o menor teor observado na safra 2021.

Figura 136 - Teor de Ácidos hidroxibenzoicos (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos da interação dos fatores analisados (Modelo linear generalizado).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Em relação ao resveratrol, o nível de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior deste composto no vinho em relação aos demais níveis, com exceção ao nível de 125 gemas

planta⁻¹, que não diferiu dos demais níveis. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,17 mg L⁻¹.

O 3309 Couderc resultou em um teor de resveratrol no vinho superior em relação ao Paulsen 1103, com uma diferença média de 0,09 mg L⁻¹. As três safras também diferiram entre si, com o maior valor observado foi na safra 2021, seguida pela safra 2019, e pôr fim a safra 2020, com uma diferença média 0,62 mg L⁻¹ de em relação à safra 2021.

Os níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um menor teor de hyperoside nos vinhos em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda de frutificação, com uma amplitude dos valores médios observados de 0,2 mg L⁻¹.

Assim como o resveratrol, o maior teor de hyperoside foi observado em vinhos provindos do 3309 Couderc, superior em relação ao Paulsen 1103, com uma diferença média de 0,09 mg L⁻¹. A safra de 2019 teve um teor deste composto nos vinhos superior a safra 2021, com uma diferença de 1,15 mg L⁻¹. Não se detectou hyperoside nos vinhos da safra 2020.

Observando a interação dos fatores sobre o teor destes compostos fenólicos (Figura 138), não houve interação dos fatores sobre o teor de Resveratrol dos vinhos. Para a florizina, não houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na safra 2020, sobre o 3309 Couderc.

Na safra 2019, o nível de 100 gemas planta⁻¹ resultou em um teor de florizina no vinho superior em comparação ao nível de 125 gemas planta⁻¹, com uma diferença média de 1,53 mg L⁻¹. Os demais níveis de carga de gemas não diferiram dos supracitados.

Na safra 2020, sobre o mesmo porta-enxerto, a utilização do nível de 150 gemas planta reduziu o teor de florizina em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda, com a amplitude dos valores médios observado sendo de 1,7 mg L⁻¹.

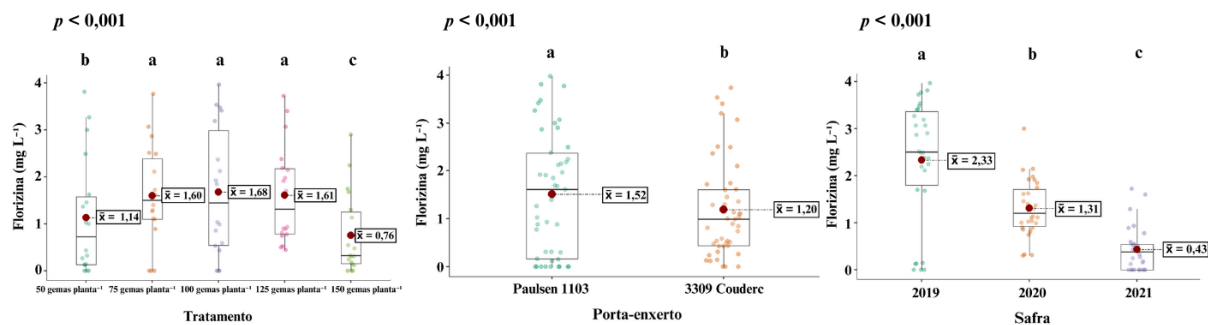
Não foi detectado florizina nos vinhos procedentes dos níveis de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹ sobre o Paulsen 1103, na safra 2021. O teor deste composto foi superior nos vinhos provindos do nível de 125 gemas planta em relação ao nível de 150 gemas planta, com uma diferença média de 0,72 mg L⁻¹.

Sobre o 3309 Couderc, na safra 2019, o teor de 125 gemas planta⁻¹ resultou em um teor inferior de florizina no vinho em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda, com uma amplitude dos valores médios observados de 3,26 mg L⁻¹. Não foi detectado florizina nos vinhos provindos do nível de 150 gemas planta⁻¹ nestas condições do estudo.

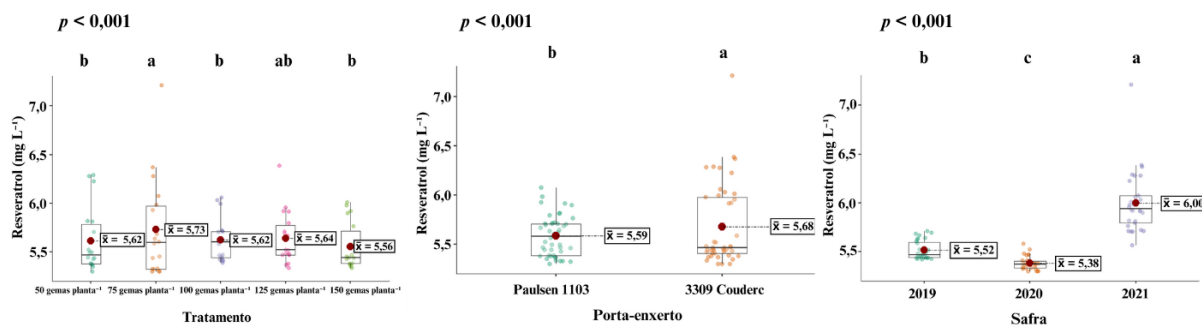
Na safra 2021, o nível de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um maior teor de florizina nos vinhos em comparação aos demais níveis, sobre o 3309 Couderc. A amplitude dos valores médios observados foi de 1,2 mg L⁻¹.

Figura 137 - Teor de Dihidrochalcona, Estilbenóide e Flavonol glicosídeo (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.

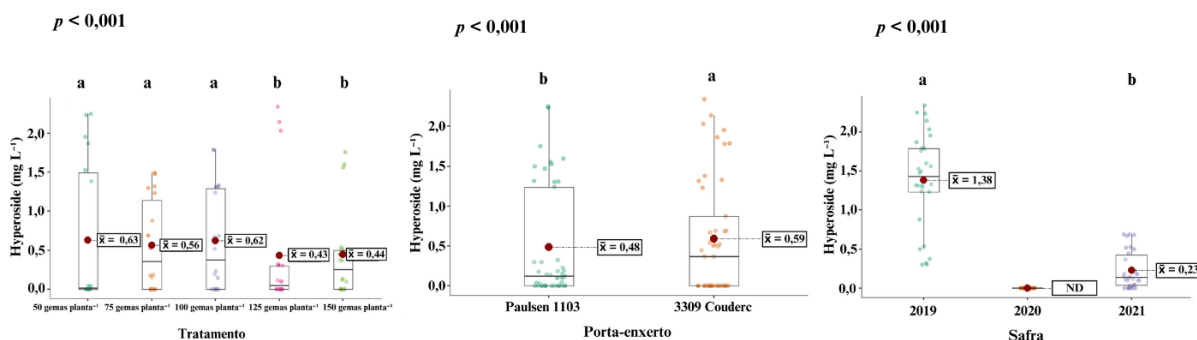
Dihidrochalcona



Estilbeno



Flavonol Glicosídeo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para o composto hyperoside, na safra 2019, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior deste composto em relação aos demais níveis, com exceção ao nível de 150 gemas planta. O nível de 125 gemas planta⁻¹ resultou no menor teor de hyperoside nos vinhos em relação aos demais níveis, com uma diferença de $1,7 \text{ mg L}^{-1}$, em relação ao maior teor observado nesta safra, sobre o porta-enxerto Paulsen 1103.

Sobre o 3309 Couderc, esta mesma safra, o nível de 125 gemas planta⁻¹ resultou no maior teor de hyperoside nos vinhos em relação aos demais níveis, com exceção do nível de 50 gemas planta⁻¹. O último nível citado não diferiu do nível de 100 gemas planta⁻¹, sendo que este teve um teor de hyperoside superior ao nível de 75 gemas planta⁻¹, que foi superior ao nível de 150 gemas planta⁻¹, com o menor valor observado do composto nestas condições, que teve uma diferença média de 1,7 mg L⁻¹ em relação ao nível de 125 gemas planta⁻¹.

Na safra 2021, não houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na poda para o porta-enxerto Paulsen 1103 e para o 3309 Couderc, sendo que neste último porta-enxerto, não se detectou hyperoside nos vinhos provindos dos níveis de 50 e 125 gemas planta⁻¹.

Para os flavonoides identificados nos vinhos, observa-se na figura 139 que com exceção do flavonol Mircetina, que não teve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na poda (valor médio de 3,25 mg L⁻¹), e do flavonol Rutina, que não teve efeito significativo de Porta-enxerto no teor do composto no vinho (valor médio de 9,03 mg L⁻¹), os demais compostos tiveram efeito dos três fatores analisados neste estudo.

O maior valor observado de (+)-catequina nos vinhos foi sob o nível de 100 gemas planta, que foi superior em relação aos níveis de 50 e 150 gemas planta. O segundo maior valor observado foi sob o nível de 125 gemas planta, que diferiu estatisticamente apenas do nível de 150 gemas planta. O nível de 75 gemas planta não diferiu dos outros 4 níveis de carga de gemas estudados. A amplitude dos valores médios observados foi de 1,59 mg L⁻¹.

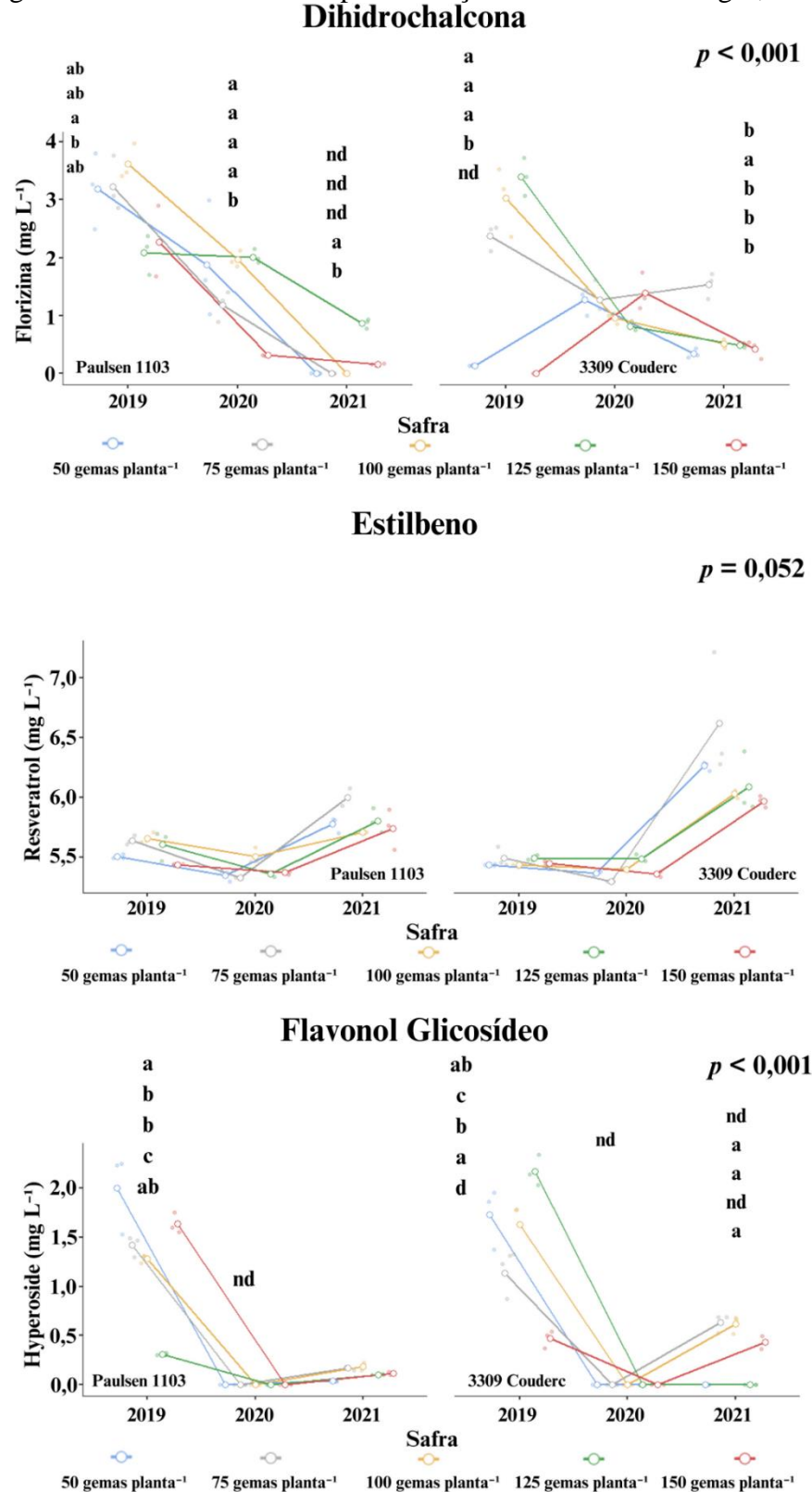
O 3309 Couderc resultou em um maior teor de (+)-catequina nos vinhos em relação ao Paulsen 1103, com uma diferença média de 0,83 mg L⁻¹. As três safras diferiram entre si, com o maior teor observado sendo na safra 2021, seguida pela safra 2019, e o menor valor, com uma diferença média de 5,1 mg L⁻¹ em relação ao maior valor observado, foi na safra 2020.

Os níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em um maior teor de (-)-epicatequina nos vinhos em relação aos demais níveis de carga de gemas estudados, com uma amplitude dos valores médios observados de 3,74 mg L⁻¹.

Quanto aos porta-enxertos, o Paulsen 1103 resultou em um teor de (-)-epicatequina superior em relação ao 3309 Couderc, com uma diferença, média de 2,55 mg L⁻¹. Ambas as safras diferiram, com o maior valor observado sendo na safra 2019, seguido pela safra 2021, e pôr fim a safra 2020, com uma diferença média em relação ao maior valor observado de 20,81 mg L⁻¹.

Para a mircetina, foi o 3309 Couderc que resultou em um maior teor deste composto nos vinhos, com uma diferença média de 0,93 mg L⁻¹ em relação ao Paulsen 1103.

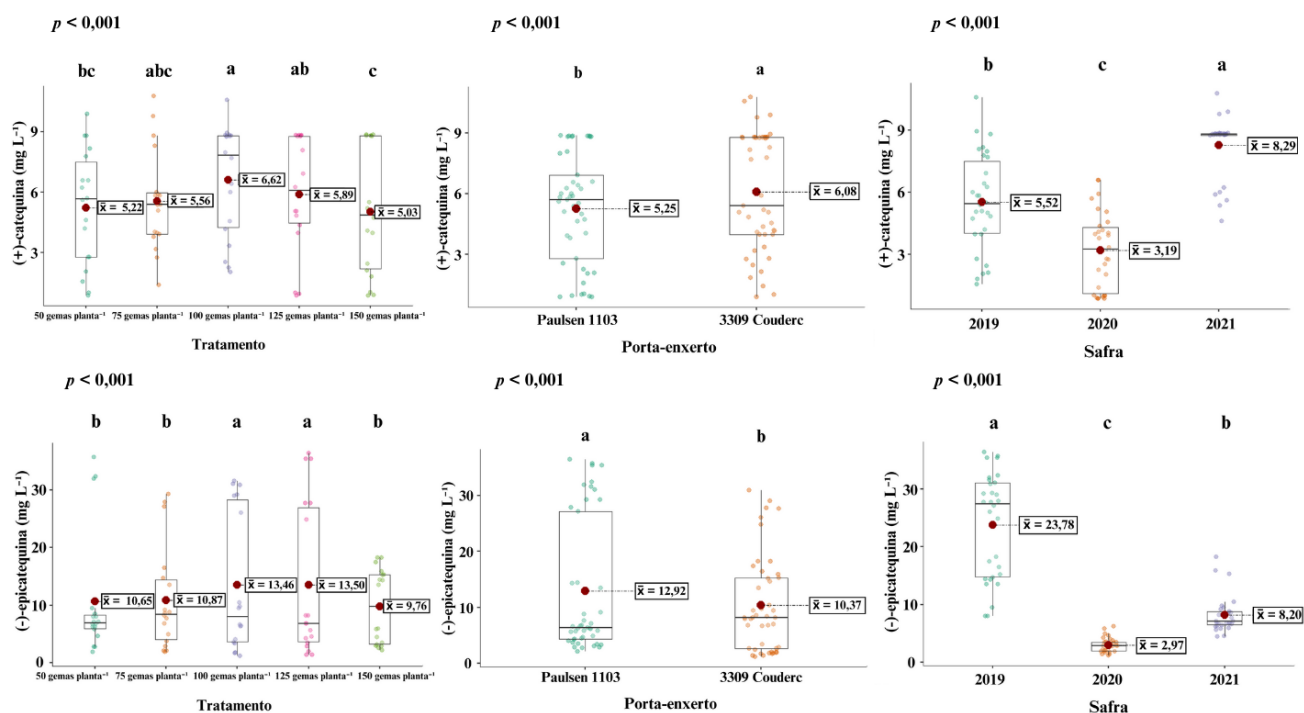
Figura 138 - Teor de Dihidrochalcona, Estilbenóide e Flavonol glicosídeo (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos da interação dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



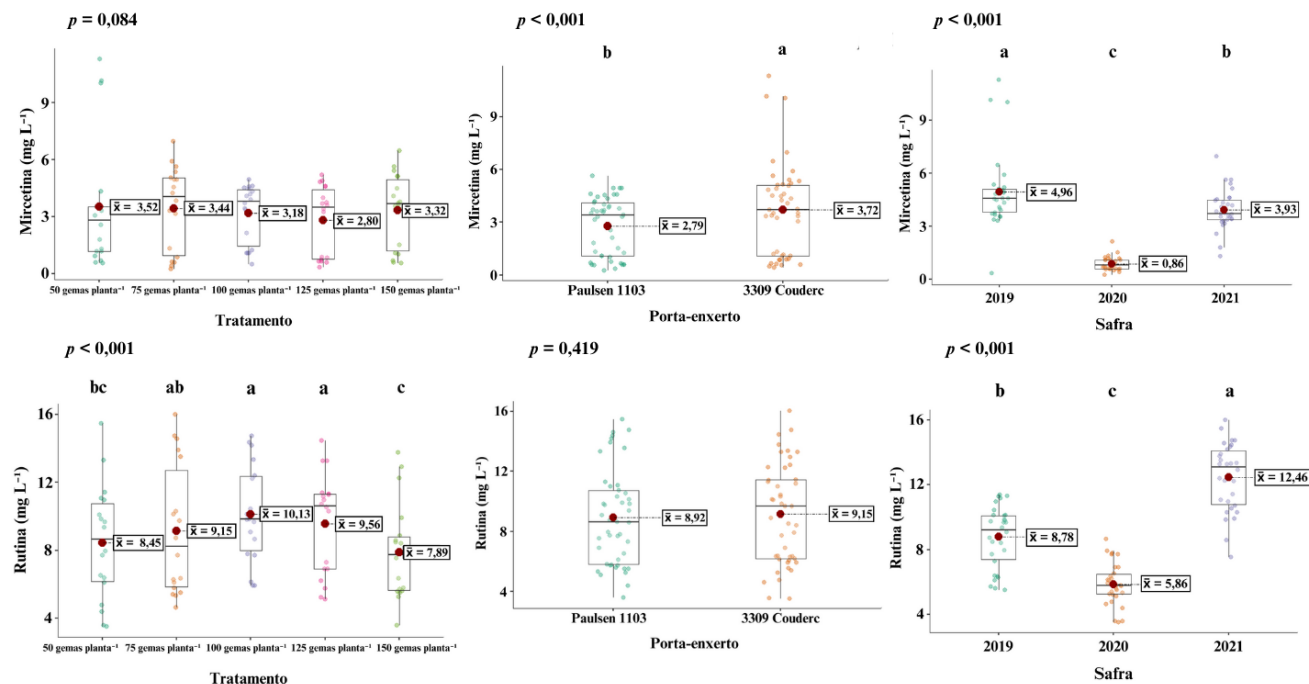
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 139 - Teor de Flavonóides (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeitos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.

Flavanóis



Flavonóis



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Quanto ao fator safra, a safra 2019 teve o maior teor de mircetina observado, diferindo da safra 2021, que por sua vez foi superior a safra 2020, com a amplitude dos valores médios sendo de $1,03 \text{ mg L}^{-1}$.

Em relação ao composto rutina, os níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram nos maiores teores deste composto, sendo superior aos demais, com exceção ao nível de 75 gemas planta⁻¹. O nível de 75 gemas planta⁻¹ teve um valor intermediário entre os níveis supracitados e o nível de 50 gemas planta⁻¹, não diferindo destes. O menor teor de rutina nos vinhos foi sob o nível de 150 gemas planta⁻¹, que foi inferior aos demais com exceção ao nível de 50 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de $2,44 \text{ mg L}^{-1}$.

Houve efeito da interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Safra para os quatro flavonoides detectados nos vinhos (figura 140). Para o composto (+)-catequina, não se observou efeito dos diferentes níveis de carga de gemas, para ambos os porta-enxertos, na safra 2021.

Na safra 2019, sobre o Paulsen 1103, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um menor teor de (+)-catequina em comparação aos demais níveis, tendo uma diferença média de $4,95 \text{ mg L}^{-1}$ em relação ao maior valor observado nestas condições. O padrão oposto foi observado sobre o 3309 Couderc, na mesma safra, pois o menor valor observado foi sob o nível de 150 gemas planta⁻¹, sendo inferior aos demais níveis de carga de gemas estudados, com a amplitude dos valores médios observados sendo de $6,94 \text{ mg L}^{-1}$.

Na safra 2020, sobre o Paulsen 1103, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um maior teor de (+)-catequina em relação aos demais níveis, com exceção ao nível de 75 gemas planta⁻¹. O nível de 100 gemas planta⁻¹ não diferiu apenas do nível de 75 gemas planta⁻¹, tendo um teor deste composto no vinho superior aos demais níveis de carga de gemas na poda. A amplitude dos valores médios observados foi de $5,36 \text{ mg L}^{-1}$.

Nesta mesma safra, sobre o 3309 Couderc, diferente do observado sobre o Paulsen 1103, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um menor teor de (+)-catequina em relação aos demais níveis, com exceção ao nível de 75 gemas planta⁻¹. Este nível teve uma diferença média de $3,56 \text{ mg L}^{-1}$ em relação ao maior valor observado.

Quanto a (-)-epicatequina, sobre o Paulsen 1103, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor deste composto inferior aos demais níveis de carga de gemas na safra 2019. Este nível teve uma diferença média de $21,67 \text{ mg L}^{-1}$ em relação ao maior valor observado.

Na safra posterior, apenas os níveis de 50 e 150 gemas planta⁻¹ diferiram entre si, onde o menor nível de carga de gemas resultou no maior teor do composto fenólico nos vinhos. A

diferença média foi de 2,84 mg L⁻¹ entre estes dois níveis de carga de gemas na poda de frutificação.

Na safra 2021 o maior valor observado de (-)-epicatequina foi sob o nível de 75 gemas planta⁻¹, que se diferenciou dos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹. Estes dois últimos níveis não diferiram dos níveis de 50 e 100 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi 3,18 de mg L⁻¹.

Quando observados os resultados obtidos sobre o 3309 Couderc, na safra 2019, os níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em teores superiores de (-)-epicatequina no vinho em relação aos demais níveis de carga de gemas na poda.

De maneira oposta, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um teor inferior deste composto em relação aos demais níveis estudados, com uma diferença média 20,18 mg L⁻¹ de em relação ao maior o valor de (-)-epicatequina observado nestas condições.

Na safra 2020, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior de (-)-epicatequina nos vinhos em comparação aos níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹, com uma diferença média de 1,41 mg L⁻¹ em relação ao menor valor observado. Os demais níveis não diferiram dos três supracitados quanto ao teor de (-)-epicatequina nos vinhos avaliados nestas condições.

Na última safra avaliada, os níveis de 100 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em vinhos com um maior teor de (-)-epicatequina em comparação aos demais níveis de carga de gemas na poda. A amplitude dos valores médios observados foi de 6,59 mg L⁻¹.

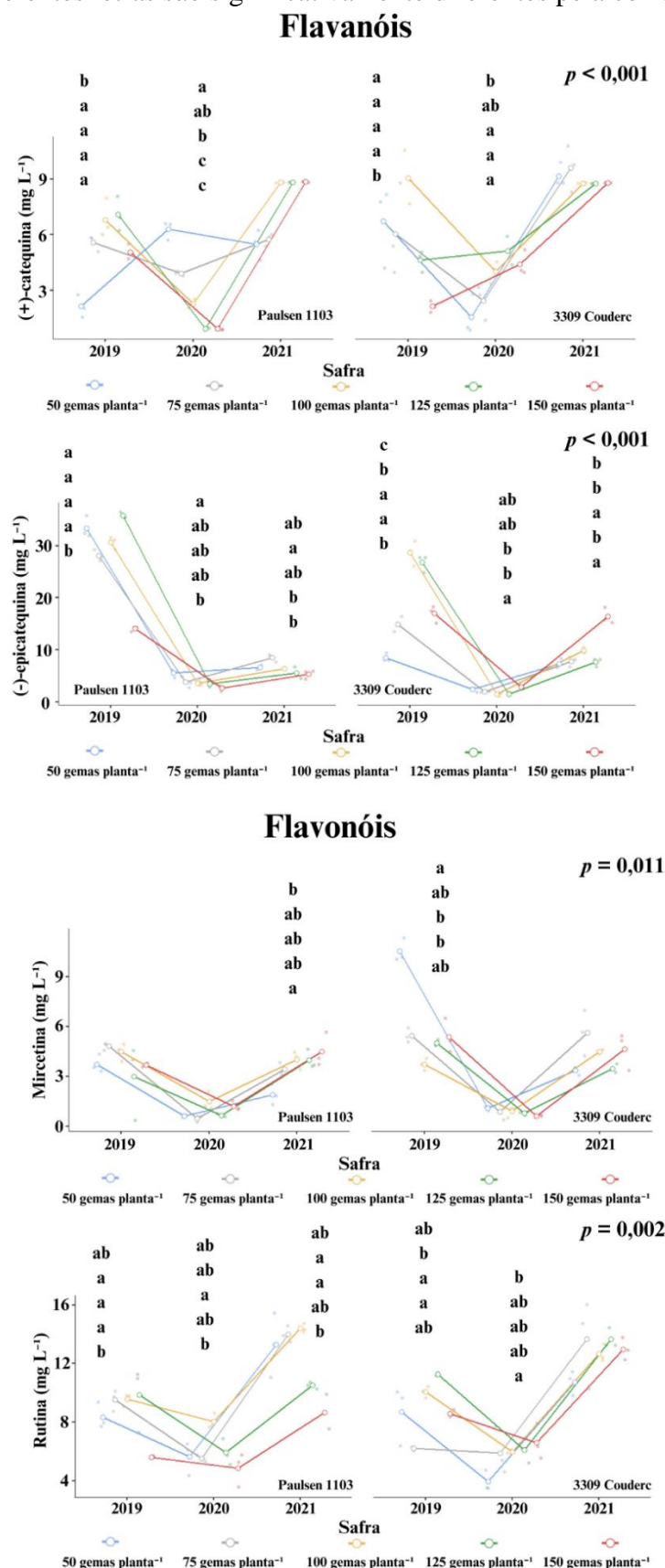
Não houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação sobre o teor de mircetina dos vinhos nas safras 2019 e 2020 para o porta-enxerto Paulsen 1103, e nas safras 2020 e 2021 para o porta-enxerto 3309 Couderc (Figura 140).

Na safra 2021, sobre o Paulsen 1103, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior de mircetina nos vinhos em comparação ao observado sob o nível de 50 gemas planta⁻¹, tendo uma diferença média de 2,59 mg L⁻¹. Os demais níveis de carga de gemas na poda não diferiram dos supracitados nestas condições.

Sobre o 3309 Couderc, na safra 2019, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um teor superior de mircetina nos vinhos, diferindo dos níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹, enquanto os demais níveis de carga de gemas não diferiram dos supracitados. A amplitude dos valores médios observados foi de 6,79 mg L⁻¹.

Figura 140 - Teor de Flavonóides (mg L^{-1}) do vinho em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeitos da interação dos fatores analisados (Modelo linear generalizado). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para o composto rutina, em relação ao Paulsen 1103, o nível de 150 gemas planta⁻¹ diminuiu o teor deste composto em relação aos demais níveis de carga de gemas, com exceção ao nível de 50 gemas planta⁻¹ (que não diferiu dos demais), na safra 2019. A amplitude dos valores médios observados foi de 4,24 mg L⁻¹.

Na safra seguinte, de maneira similar, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou no menor teor deste composto nos vinhos, porém diferiu apenas do nível de 100 gemas planta⁻¹, que por sua vez não diferiu dos demais níveis de carga de gemas na poda de frutificação. A diferença média entre estes dois níveis de carga de gemas foi de 3,16 mg L⁻¹ rutina nos vinhos.

Mantendo um padrão similar ao observado nas outras safras, novamente o menor valor observado de rutina nos vinhos, na safra 2021, foi verificado nos vinhos provindos do nível de 150 gemas planta⁻¹, diferindo dos níveis de 75 e 100 gemas planta⁻¹, com a amplitude dos valores médios observados sendo de 5,75 mg L⁻¹. Os demais níveis de carga de gemas não diferiram dos supracitados.

Em relação ao teor de rutina nos vinhos provindos de 3309 Couderc, na safra 2019, o nível de 75 gemas planta⁻¹ diminuiu o teor do composto em comparação aos níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹, com os demais níveis de carga de gemas não diferindo dos supracitados. A amplitude dos valores médios observados foi de 5,07 mg L⁻¹.

Na safra 2020, somente os níveis de 50 e 150 gemas planta⁻¹ diferiram entre si, sendo o maior nível de carga de gema superior em relação ao teor de rutina nos vinhos, com uma diferença média de 2,66 mg L⁻¹ entre os níveis supracitados. Não houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas no teor de rutina dos vinhos produzidos na safra 2021.

4.5 ASPECTOS ECONÔMICOS

Abordando o impacto dos diferentes fatores analisados sobre aspectos econômicos da vitivinicultura, na figura 141 se observa que os diferentes níveis de carga de gemas, os diferentes porta-enxertos e as safras avaliadas, tiveram efeito sobre o tempo necessário para a realização da poda das videiras.

Em relação aos níveis de carga de gemas na poda, conforme se aumentou o nível de carga de gemas, aumentou o tempo necessário para se realizar a poda, de maneira linear. Todos os níveis e carga de gemas diferiram entre si, e a amplitude dos valores médios observados foi de 0,9 min planta⁻¹.

Quanto aos porta-enxertos, o 3309 Couderc resultou em um menor tempo requerido para a realização da poda, com uma diferença média de 0,4 min planta⁻¹. A safra 2020 teve o

menor tempo de poda observado, seguido pela safra 2020, e pôr fim a safra 2021. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,4 min planta⁻¹.

Houve efeito da interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * Safra sobre o tempo de poda (Figura 142). Sobre o Paulsen 1103, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de poda em comparação aos demais níveis de carga de gemas, na safra 2019. O nível de 75 gemas planta⁻¹ diferiu dos outros três níveis de carga de gemas estudados, resultando em um menor tempo de poda. A amplitude dos valores médios observados foi de 1,3 min planta⁻¹.

Na safra seguinte houve uma separação gradual entre os diferentes níveis de tempo de poda, sobre o Paulsen 1103. O menor valor de tempo de poda foi observado no nível de 50 gemas planta⁻¹, que diferiu dos níveis de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹. O segundo menor valor foi observado no nível de 75 gemas planta⁻¹, que por sua vez diferiu dos níveis de 125 e 150 gemas⁻¹. O maior tempo de poda ocorreu sob o nível de 150 gemas planta⁻¹, diferindo dos níveis de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹, tendo uma diferença média de 0,8 min planta⁻¹ em relação ao nível de 50 gemas planta⁻¹.

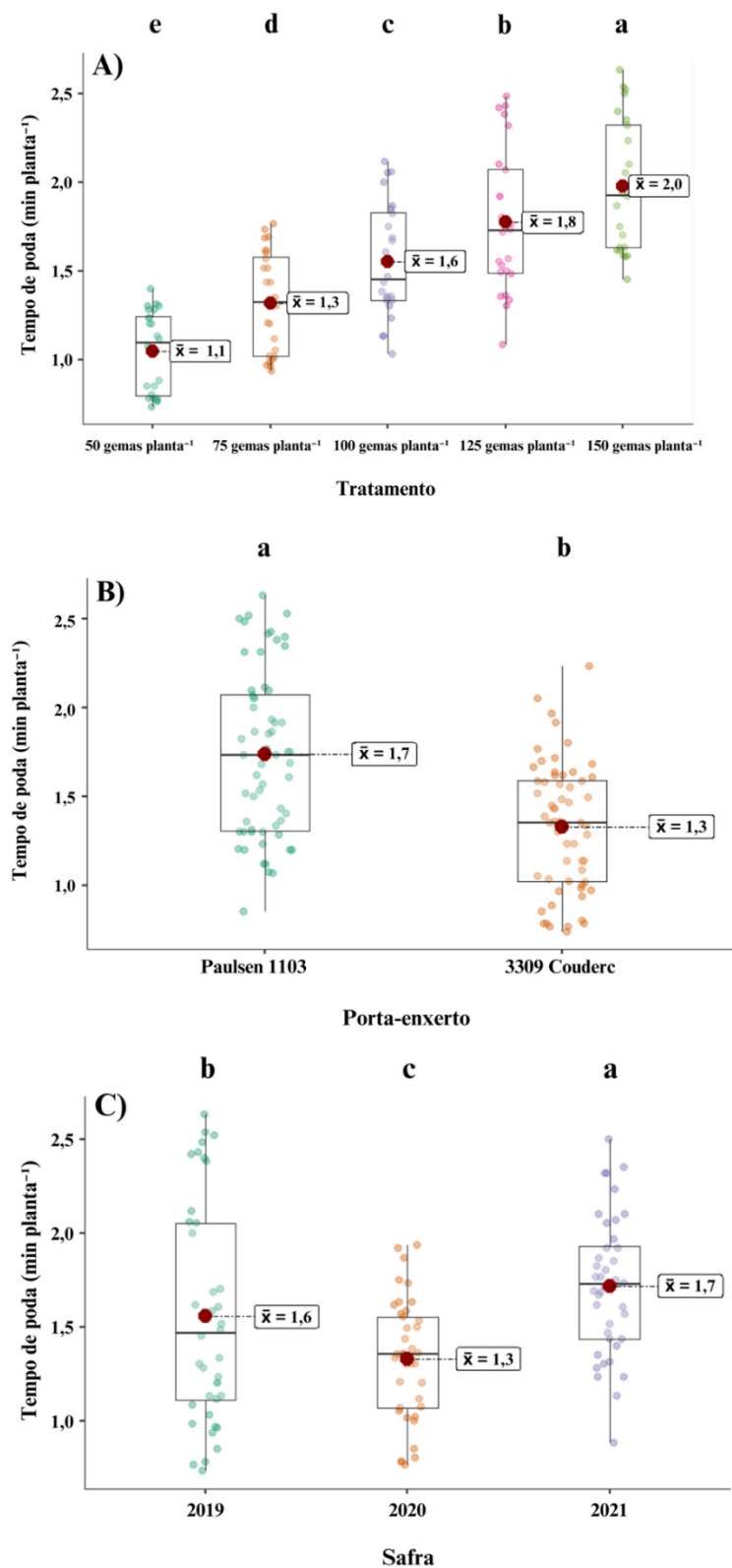
Na safra 2021, sobre o mesmo porta-enxerto, o padrão observado para o tempo de poda foi similar ao ocorrido na safra anterior. O nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou no menor tempo de poda em comparação aos demais níveis, tendo uma diferença média de 1 min planta⁻¹ em comparação ao maior valor médio observado. O nível de 75 gemas planta⁻¹ resultou no segundo menor tempo de poda, diferindo dos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹. Novamente o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou no maior valor observado de tempo de poda, porém não diferindo do nível de 125 gemas planta⁻¹, nestas condições.

Quanto ao 3309 Couderc, na safra 2019, ocorreu o mesmo padrão visto na safra 2020 do Paulsen 1103, onde houve uma separação gradual dos diferentes níveis de carga de gemas, onde o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de poda em relação aos níveis de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹.

Em seguida, o nível de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de poda em comparação aos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹, enquanto este último foi superior aos níveis de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,8 min planta⁻¹.

Na safra 2020, para este porta-enxerto, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de poda em relação aos demais níveis de carga de gemas. O nível de 75 gemas planta⁻¹ diferiu dos outros três níveis de carga de gemas estudados, resultando em um menor tempo de poda. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,8 min planta⁻¹.

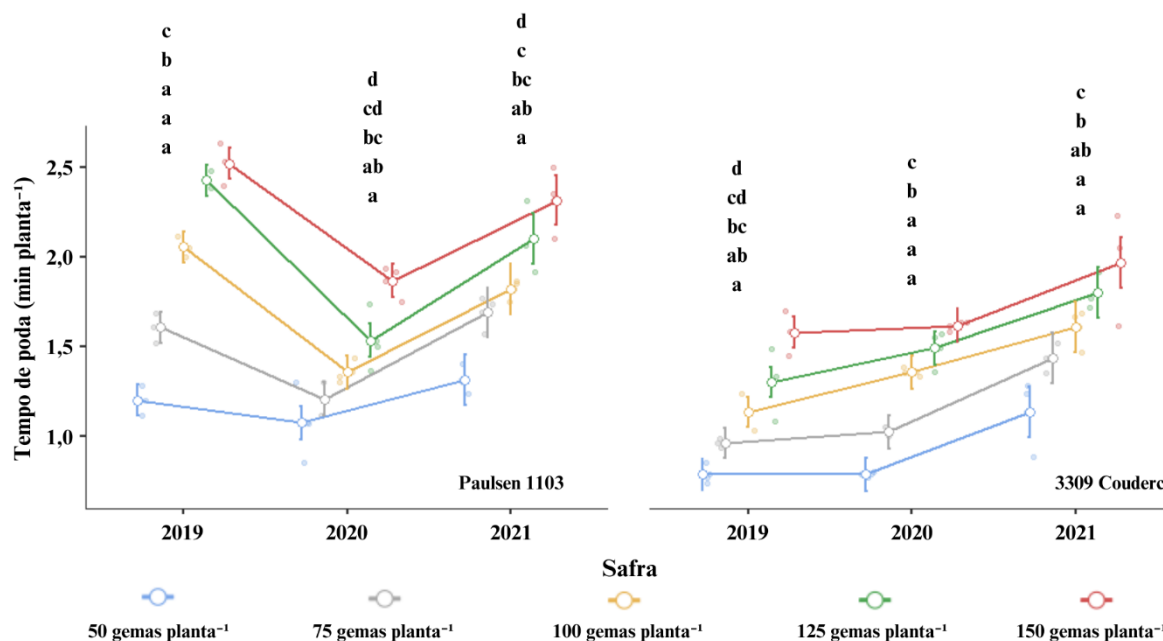
Figura 141 - Tempo de poda (min planta⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 142 - Tempo de poda (min planta⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



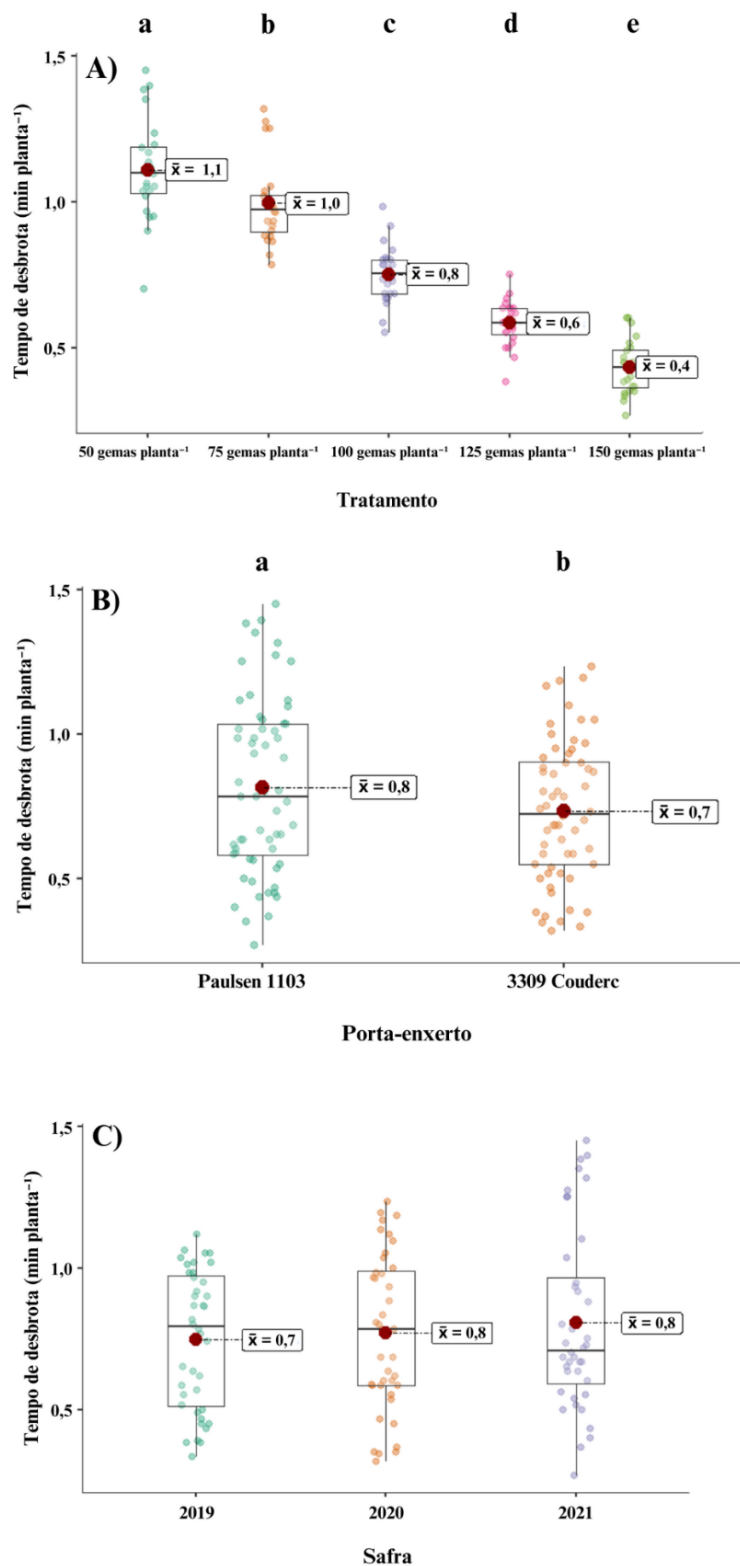
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na safra 2021, novamente o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de poda em relação aos demais níveis de carga de gemas. O nível de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de poda em comparação aos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹. Os últimos níveis de carga de gemas citados resultaram em um maior tempo de poda, não diferindo apenas do nível de 100 gemas planta⁻¹. A diferença observada nestas condições entre o maior e o menor valor registrado foi de 0,8 min planta⁻¹.

Analisando os efeitos dos diferentes fatores sobre o tempo de desbrota das videiras (Figura 143), há uma separação distinta dos diferentes níveis de carga de gemas para esta variável, ou seja, os diferentes níveis de carga de gemas na poda diferiram entre si. O tempo de desbrota diminuiu, de forma linear, conforme se aumentou o nível de carga de gemas. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,7 min planta⁻¹.

Em relação ao porta-enxerto, o Paulsen 1103 resultou em um maior tempo de desbrota em comparação ao 3309 Couderc, com uma diferença média de 0,1 min planta⁻¹. Quanto às safras, não houve efeito deste fator sobre o tempo de desbrota da videira, sendo observado um valor médio de 0,76 min planta⁻¹.

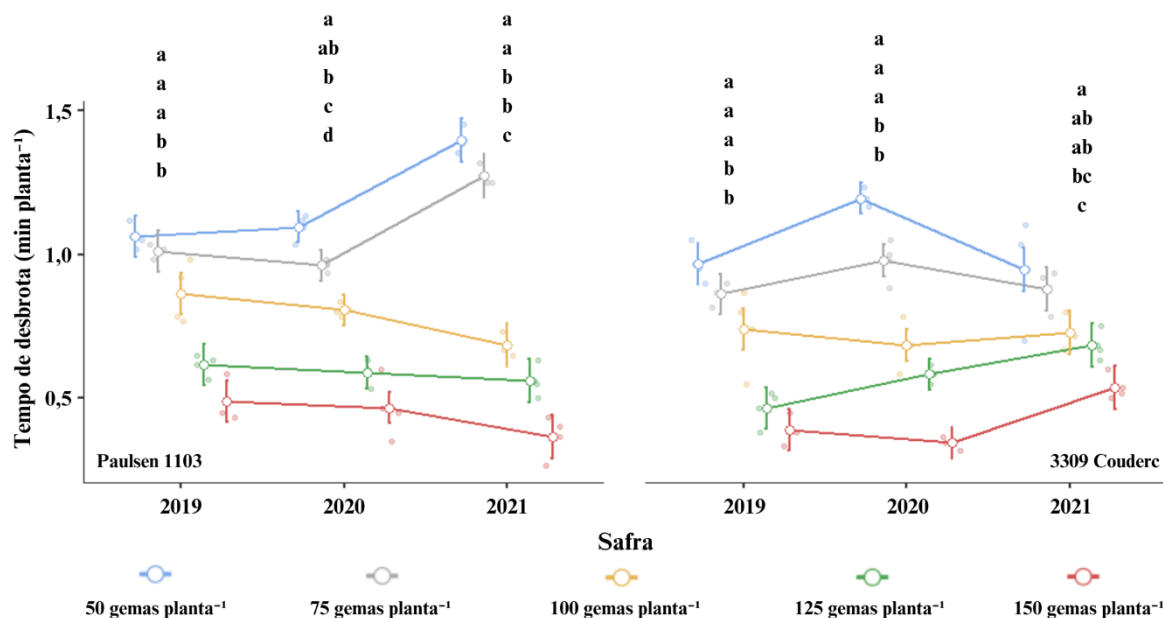
Figura 143 - Tempo de desbrota (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,116$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 144 - Tempo de desbrota (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Houve efeito da interação dos fatores estudados sobre o tempo de desbrota (Figura 144). Na safra 2019, sobre ambos os porta-enxertos, e na safra 2020, sobre o 3309 Couderc, os níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um menor tempo de desbrota em comparação aos demais níveis. A amplitudes dos valores médios observados foi de 0,6 min planta para o Paulsen 1103, enquanto para o 3309 Couderc foram de 0,6 min planta⁻¹ e 0,9 min planta⁻¹, para as safras 2019 e 2020.

Na safra 2020, sobre o Paulsen 1103, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de desbrota em comparação aos demais níveis de carga de gemas, tendo uma diferença média de 0,6 min planta⁻¹ em comparação ao menor valor médio observado. O nível de 125 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de desbrota em relação aos outros três níveis de carga de gemas estudados. O nível 50 gemas planta⁻¹ resultou no maior tempo de desbrota nestas condições, porém não diferiu do nível de 75 gemas planta⁻¹, que resultou em um valor intermediário entre este nível e o de 100 gemas planta⁻¹.

Na safra posterior, sobre o mesmo porta-enxerto, novamente o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou no menor tempo de desbrota em comparação aos demais níveis, com uma diferença média de 1 min planta⁻¹ em relação ao menor valor médio observado para esta

variável. Os níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em um menor tempo de desbrota em relação aos níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹, com estes últimos resultando no maior tempo de desbrota observado para estas condições.

Na mesma safra, sobre o 3309 Couderc, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou no menor tempo de desbrota, diferindo dos níveis de 50, 75 e 100 gemas planta⁻¹. O nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou no maior tempo de desbrota, diferindo apenas dos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 0,4 min planta⁻¹.

Quanto ao tempo de desfolha, houve efeito dos diferentes fatores estudados (Figura 145). Os níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um maior tempo de desfolha em comparação aos demais níveis, sendo que a diferença média entre o maior e o menor valor observados foi de 1,9 min planta⁻¹. Os outros três níveis estudados diferiram entre si, sendo o tempo de desfolha maior sob o nível de 100 gemas⁻¹, seguido pelo nível de 75 gemas planta⁻¹, e por fim o nível de 50 gemas planta⁻¹.

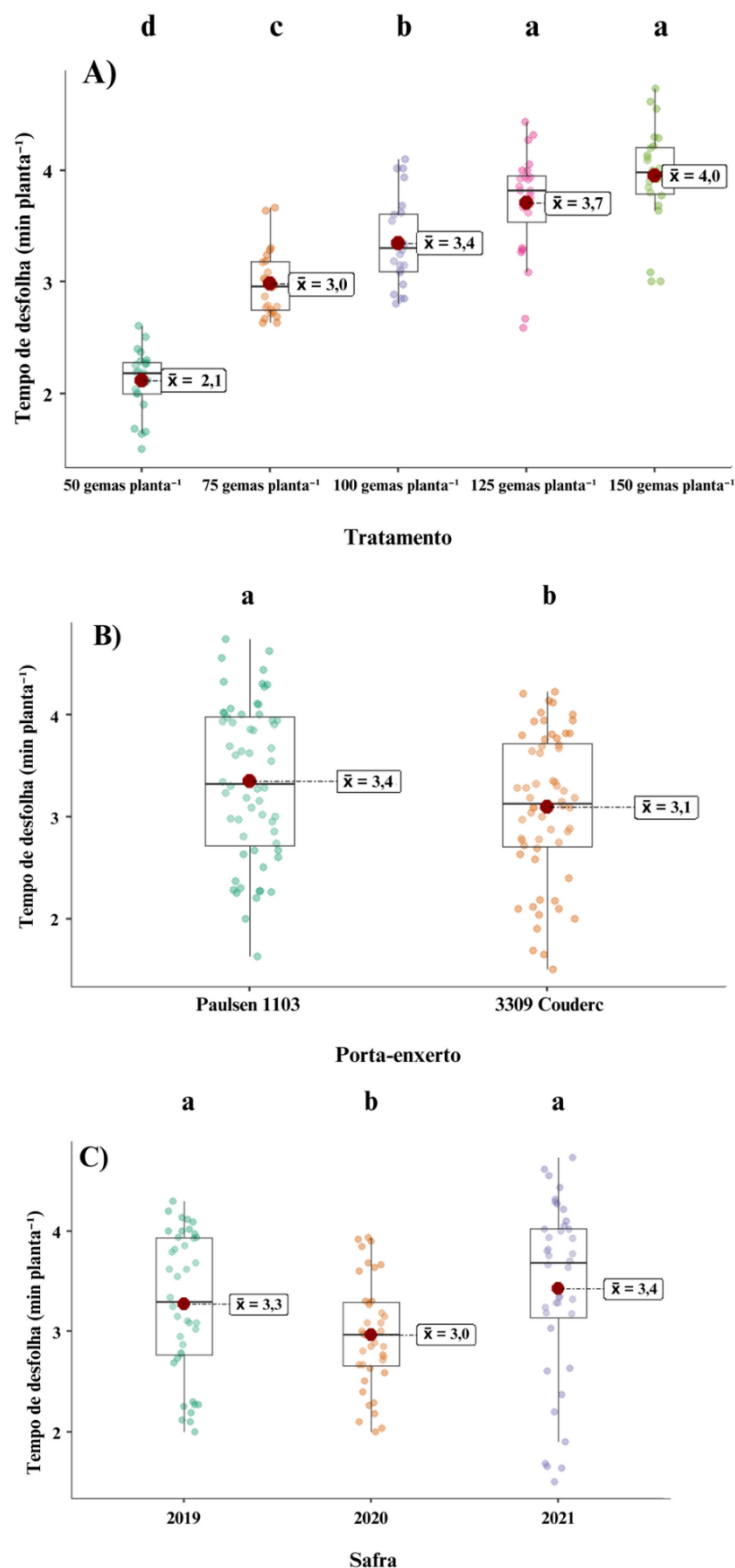
O Paulsen 1103 resultou em um maior tempo de desfolha em comparação ao 3309 Couderc, com uma diferença, média de 0,3 min planta⁻¹. As safras de 2019 e 2021 tiveram um maior tempo de desfolha em comparação a safra de 2020, havendo uma diferença média de 0,4 min planta⁻¹ entre a safra 2020 e o maior valor observado para esta variável.

Houve efeito da interação dos fatores Tratamento * Porta-enxerto * safra para o tempo de desfolha das videiras, como pode se observar na figura 146. O nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou no menor tempo de desfolha em comparação aos demais níveis na safra 2020, para o Paulsen 1103, e na safra 2021, para o 3309 Couderc. A amplitudes dos valores médios observados foram, respectivamente, 1,3 min planta⁻¹ e 2,2 min planta⁻¹.

Para o Paulsen 1103, nas safras 2019 e 2021, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou no menor tempo de desfolha em comparação aos demais níveis de carga de gemas utilizados. O nível de 75 gemas planta⁻¹ teve o segundo menor tempo de desfolha observado, diferindo dos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹, enquanto o nível de 100 gemas planta⁻¹ resultou em um valor intermediário entre estes níveis, não diferindo deles. A amplitude dos valores médios observados foram, respectivamente, 1,8 min planta⁻¹ e 2,3 min planta⁻¹.

Quanto ao 3309 Couderc, na safra 2019, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou no menor tempo de desfolha em comparação aos demais níveis de carga de gemas, tendo uma diferença média de 2 min planta⁻¹ a em relação ao maior valor observado nestas condições. O segundo menor valor observado foi sob o nível de 75 gemas planta⁻¹, que diferiu dos demais níveis com exceção ao nível de 100 gemas planta⁻¹. Este último nível também não diferiu do nível de 125 gemas planta⁻¹, enquanto o último citado não diferiu do nível de 150 gemas planta⁻¹.

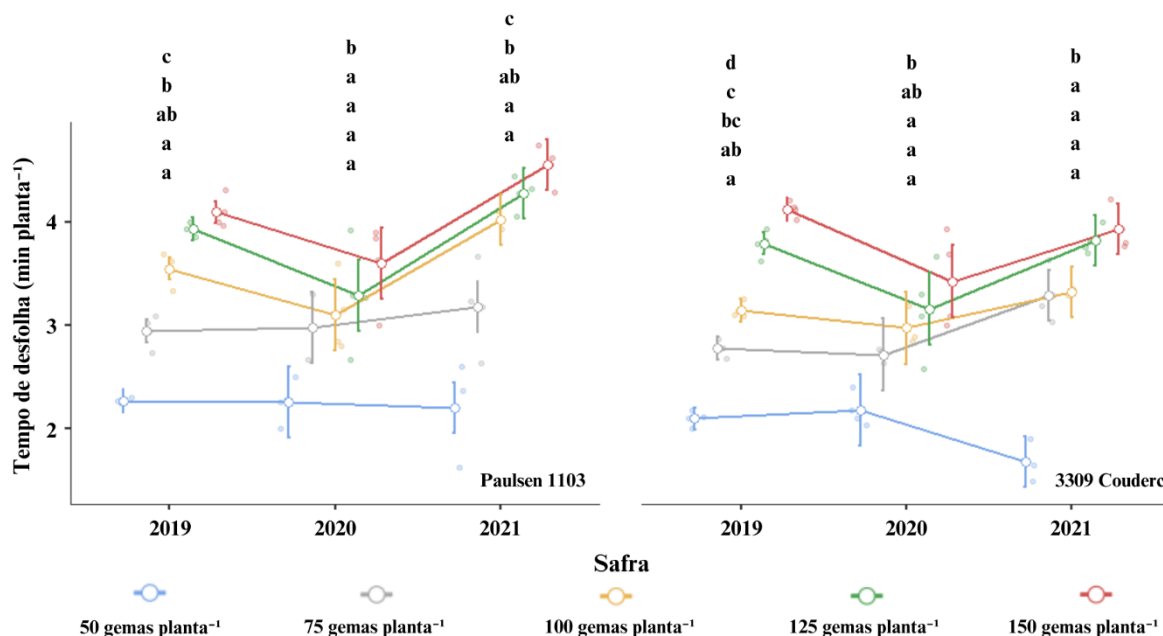
Figura 145 - Tempo de desfolha (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 146 - Tempo de desfolha (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,048$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



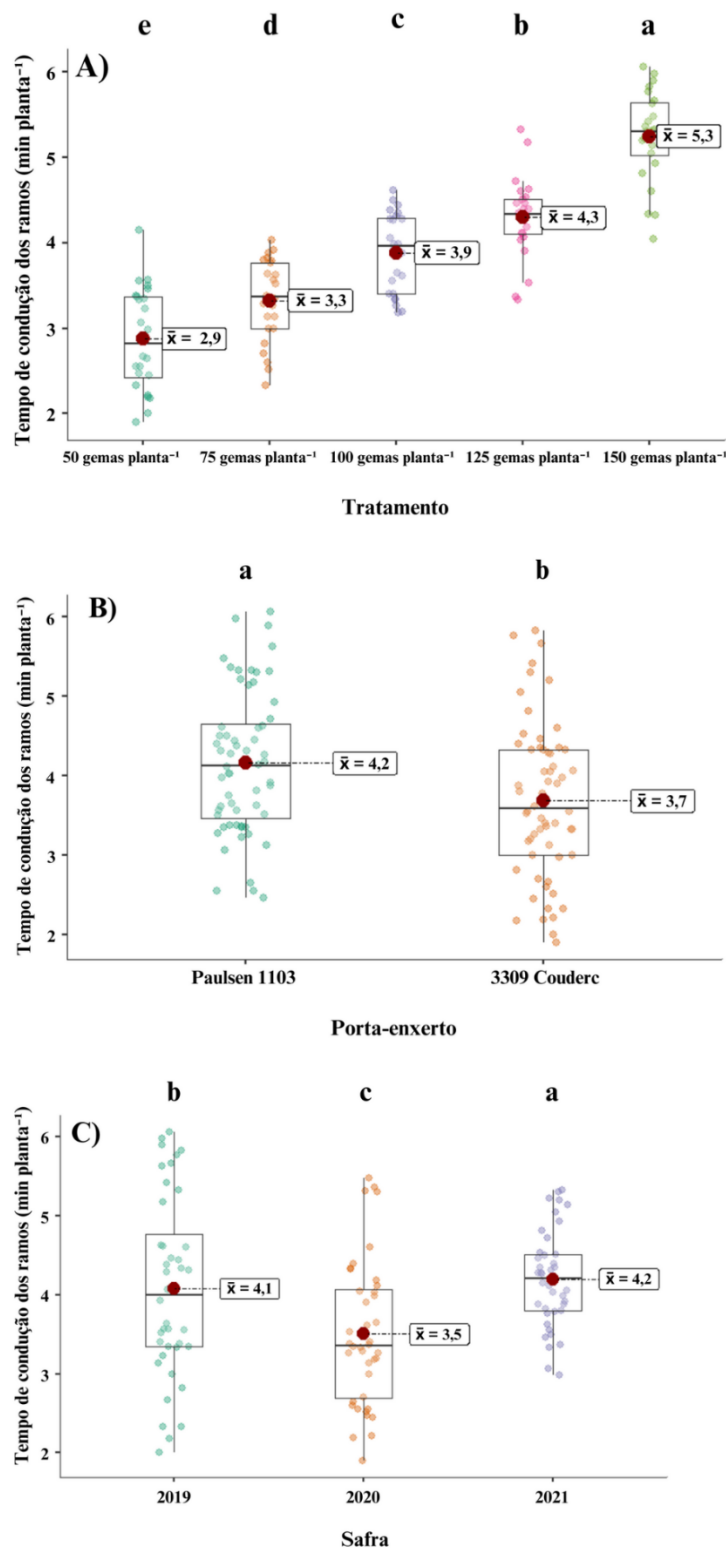
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na safra 2020, sobre o 3309 Couderc, o nível de 50 gemas planta^{-1} resultou no menor tempo de desfolha em comparação aos demais níveis de carga de gemas, com exceção ao nível de 75 gemas planta^{-1} , que não diferiu do nível supracitados e dos demais níveis de carga de gemas avaliados. A amplitude dos valores médios observados foi de 1,3 min planta^{-1} .

Quanto ao tempo de condução dos ramos, houve efeito dos diferentes fatores sobre esta variável (Figura 147). Os níveis de cargas de gemas diferiram entre si, havendo um comportamento linear, onde houve incremento do tempo de condução dos ramos conforme se aumentou o nível de carga de gemas, havendo uma diferença média entre os níveis de 50 e 150 gemas planta^{-1} de 2,4 min planta^{-1} .

Foi observado sob o Paulsen 1103 um maior tempo de condução dos ramos em comparação ao 3309 Couderc, havendo uma diferença média de 0,5 min planta^{-1} . Quanto as safras, ambas diferiram entre si, onde o menor valor observado foi na safra 2020, seguida pela safra 2021, e pôr fim a safra 2019, com uma amplitude dos valores médios observados de min planta^{-1} .

Figura 147 - Tempo de condução dos ramos (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear geral, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear geral, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear geral, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A interação dos fatores também foi significativa para o tempo de condução dos ramos (Figura 148). Na safra 2019, sobre o Paulsen 1103, os níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultaram no menor tempo de condução dos ramos, diferindo dos demais níveis.

Intermediariamente, os níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹ resultaram em um menor tempo de condução dos ramos em comparação ao nível de 150 gemas planta⁻¹, tendo este último nível uma diferença média de 2,5 min planta⁻¹ em relação ao menor valor observado desta variável nas condições citadas.

Nesta mesma safra, sobre o 3309 Couderc, os níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultaram no menor tempo de condução dos ramos em comparação aos demais níveis de carga de gemas.

O nível de 100 gemas planta⁻¹ diferiu, sendo inferior ao nível de 125 gemas planta⁻¹, que por sua vez teve o mesmo comportamento em comparação ao nível de 150 gemas planta⁻¹, que resultou no maior tempo de condução dos ramos. A amplitude dos valores médios observados foi de 3,4 min planta⁻¹.

Na safra 2020, sobre o Paulsen 1103, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou no menor tempo de condução dos ramos observado, diferindo dos demais níveis. O segundo menor valor observado foi sob o nível de 75 gemas planta⁻¹, que diferiu dos demais níveis com exceção ao nível de 100 gemas planta⁻¹.

Este último nível também não diferiu do nível de 125 gemas planta⁻¹, que por sua vez resultou em um tempo de condução dos ramos menor em comparação a nível de 150 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 2,8 min planta⁻¹.

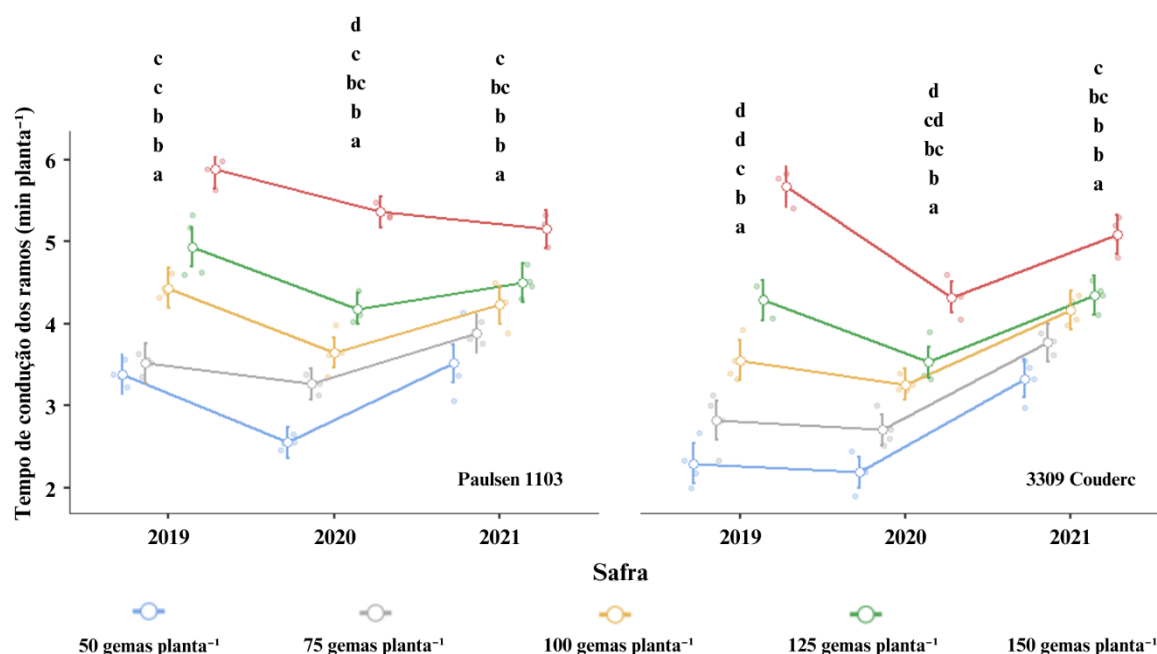
Nesta mesma safra, sobre o 3309 Couderc, o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou no maior tempo de condução dos ramos em relação aos demais níveis, com uma diferença média de 2,2 min planta⁻¹ em comparação ao menor valor observado nestas condições.

Os demais níveis tiveram uma separação gradual, com o segundo maior tempo observado sendo no nível de 125 gemas planta⁻¹, que foi superior em relação aos níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹.

O nível de 100 gemas planta⁻¹ não diferiu dos níveis de 75 e 125 gemas planta⁻¹. O menor valor observado do tempo de condução foi sob o nível de 50 gemas planta, que somente não diferiu do nível de 75 gemas planta⁻¹.

Na safra 2021, em ambos os porta-enxertos, o nível de 150 gemas planta⁻¹ novamente resultou no maior tempo de condução dos ramos em comparação aos demais níveis de carga de gemas.

Figura 148 - Tempo de condução dos ramos (min planta⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear geral, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



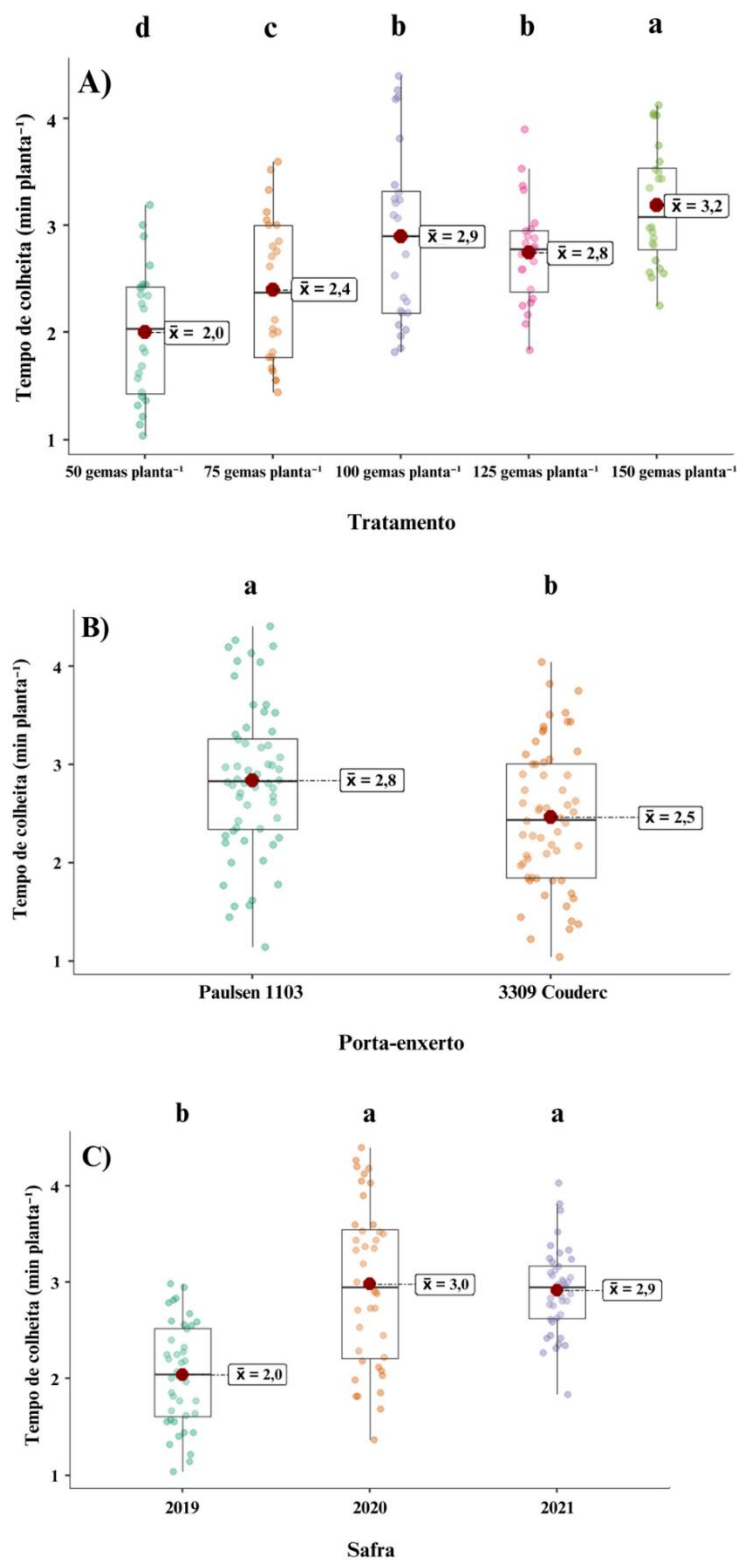
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Os níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram no segundo maior tempo de condução dos ramos, diferindo do nível de 50 gemas planta⁻¹. O último nível citado resultou no menor tempo de condução dos ramos, sendo inferior aos demais níveis com exceção ao nível de 75 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 1,6 min planta⁻¹ para o Paulsen 1103 e 1,8 min planta⁻¹ para o 3309 Couderc.

Diferente do observado nas variáveis anteriores dos aspectos econômicos do manejo, não houve uma separação distinta dos níveis de carga de gemas na poda de frutificação para o tempo de colheita (Figura 149).

O maior tempo de colheita observado foi sob o nível de 150 gemas planta⁻¹, sendo superior aos demais níveis avaliados, tendo uma diferença média 1,2 de min planta⁻¹ em relação ao menor valor observado. Os níveis de 100 e 125 gemas planta⁻¹ não diferiram entre si, resultando em um tempo de colheita superior em comparação aos demais níveis. O nível de 75 gemas planta⁻¹ teve um tempo de colheita superior ao tempo de colheita observado no nível de 50 gemas planta⁻¹.

Figura 149 - Tempo de colheita (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.

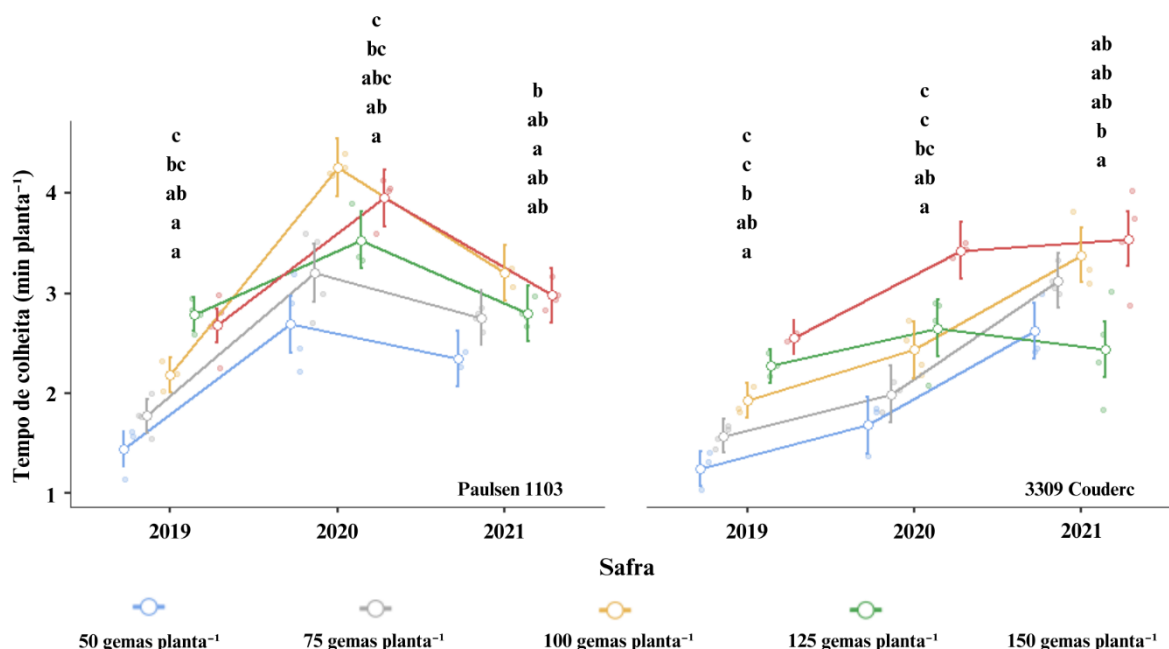


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 150 - Tempo de colheita (min planta^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%).

Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O tempo de colheita foi maior sob o Paulsen 1103 em comparação ao 3309 Couderc, com uma diferença média de $0,3 \text{ min planta}^{-1}$. Quanto ao fator safra, as safras 2020 e 2021 tiveram um tempo de colheita maior em comparação à safra 2019, com uma diferença média de $1 \text{ min planta}^{-1}$ entre o maior e o menor valor observados para esta variável.

Houve efeito da interação dos fatores sobre o tempo de colheita (Figura 150). Na safra 2019, sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, os níveis e 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em um maior tempo de colheita em relação aos níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹, onde a amplitude dos valores médios observados foi de $1,4 \text{ min planta}^{-1}$. O nível de 100 gemas planta⁻¹ não diferenciou do nível de 75 gemas planta⁻¹ e dos níveis de maior tempo de colheita, enquanto o nível de 75 gemas planta⁻¹ não se diferenciou do nível de 50 gemas planta⁻¹.

Na safra seguinte, sobre o mesmo porta-enxerto, houve uma separação gradual dos níveis de carga de gemas quanto ao tempo de colheita. O maior tempo de colheita por planta foi sob o nível de 150 gemas planta⁻¹, que se diferenciou dos níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹.

O nível de 125 gemas planta, segundo maior valor médio de tempo de colheita, foi superior apenas em comparação ao nível de 50 gemas planta⁻¹. O nível de 100 gemas planta⁻¹

não diferiu dos outros 4 níveis de carga de gemas na poda de frutificação, enquanto o nível de 75 gemas planta⁻¹ não diferiu do nível de 50 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de 1,6 min planta⁻¹.

Na safra 2021, alterando o padrão visto nas safras anteriores, sobre o Paulsen 1103, apenas os níveis de 50 e 100 gemas planta⁻¹ diferiram entre si, com os demais níveis tendo valores intermediários entre estes citados. O nível de 100 gemas planta⁻¹ resultou em um incremento médio de 0,9 min planta⁻¹ em relação ao nível de 50 gemas planta⁻¹ para o tempo de colheita.

Para o 3309 Couderc, os níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹ resultaram em um menor tempo de colheita em relação aos demais níveis na safra de 2019. A amplitude dos valores médios observados foi de 1,3 min planta⁻¹. O nível de 125 gemas planta⁻¹ não diferiu dos níveis de 100 e 150 gemas planta⁻¹, sendo que o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um maior tempo de colheita em relação ao nível de 100 gemas planta⁻¹.

Na safra 2020, o padrão foi similar ao visto na safra anterior, onde o maior tempo de colheita foi resultado do uso do nível de 150 gemas planta⁻¹, sendo superior aos demais com exceção ao nível de 125 gemas planta⁻¹.

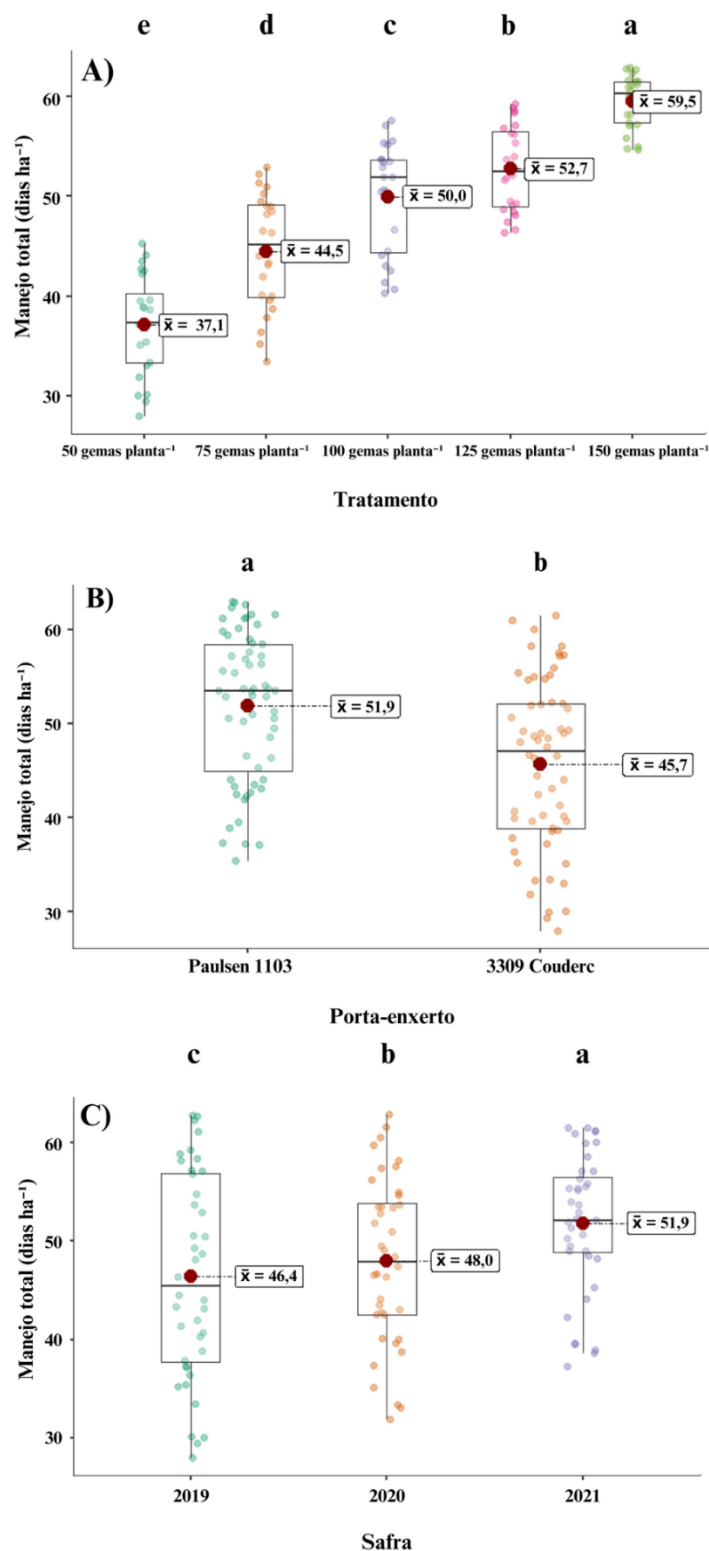
Novamente o nível de 125 gemas planta não diferiu do nível de maior tempo de colheita e do nível de 100 gemas planta⁻¹, entretanto, nesta safra, o último nível citado também não diferiu dos níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹, que resultaram no menor tempo de colheita em comparação aos demais níveis. A amplitude dos valores médios observados foi de 1,8 min planta⁻¹.

Na safra 2021, sobre o mesmo porta-enxerto, apenas os níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹ diferiram, onde o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um incremento de 1,1 min planta⁻¹ em relação ao outro nível citado.

Quanto ao tempo necessário para a realização do manejo total, ou seja, o somatório do tempo requerido para a realização das variáveis abordadas anteriormente, houve efeito dos diferentes fatores estudados (Figura 151). Houve uma separação distinta dos diferentes níveis de carga de gemas na poda, onde o aumento do nível de carga de gemas na poda resultou no aumento do tempo necessário para o manejo total do vinhedo. A amplitude dos valores médios observados foi de aproximadamente 22 dias ha⁻¹.

O Paulsen 1103 resultou em um incremento médio de aproximadamente 6 dias ha⁻¹ em relação ao 3309 Couderc. As três safras avaliadas também diferiram entre si, onde o maior tempo de manejo foi na safra 2021, seguida pela safra 2020, e pôr fim a safra 2019, com uma diferença média de 5,5 dias ha⁻¹ em relação ao maior valor observado.

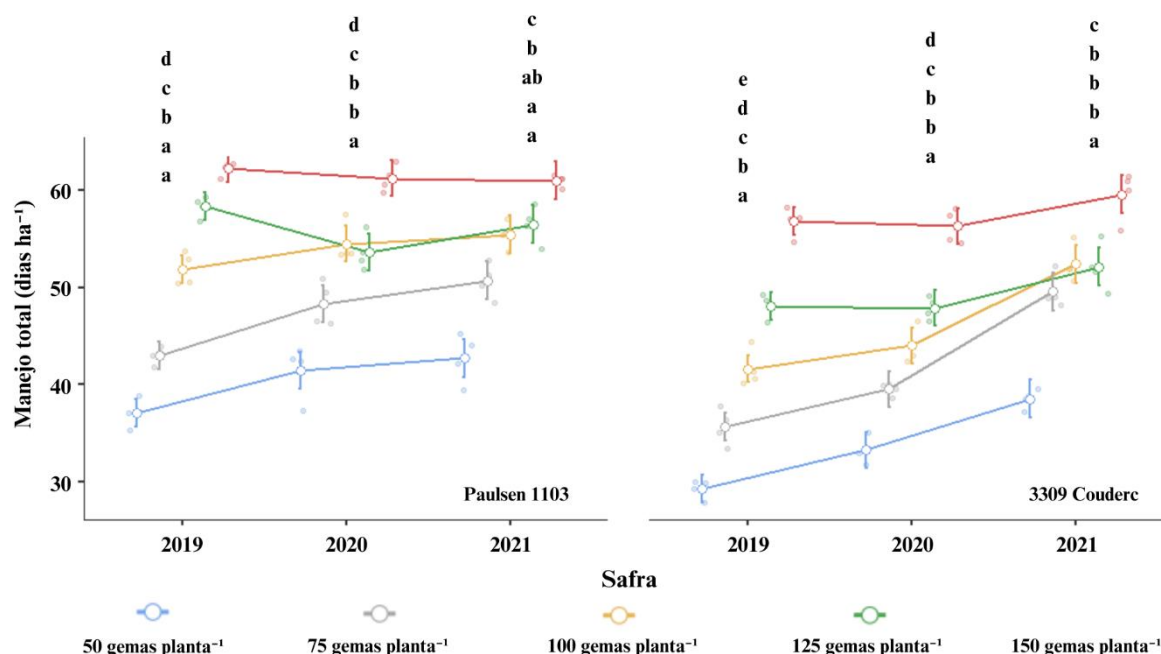
Figura 151 - Manejo total do vinhedo (dias ha⁻¹) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 152 - Manejo total do vinhedo (dias ha^{-1}) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.

Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



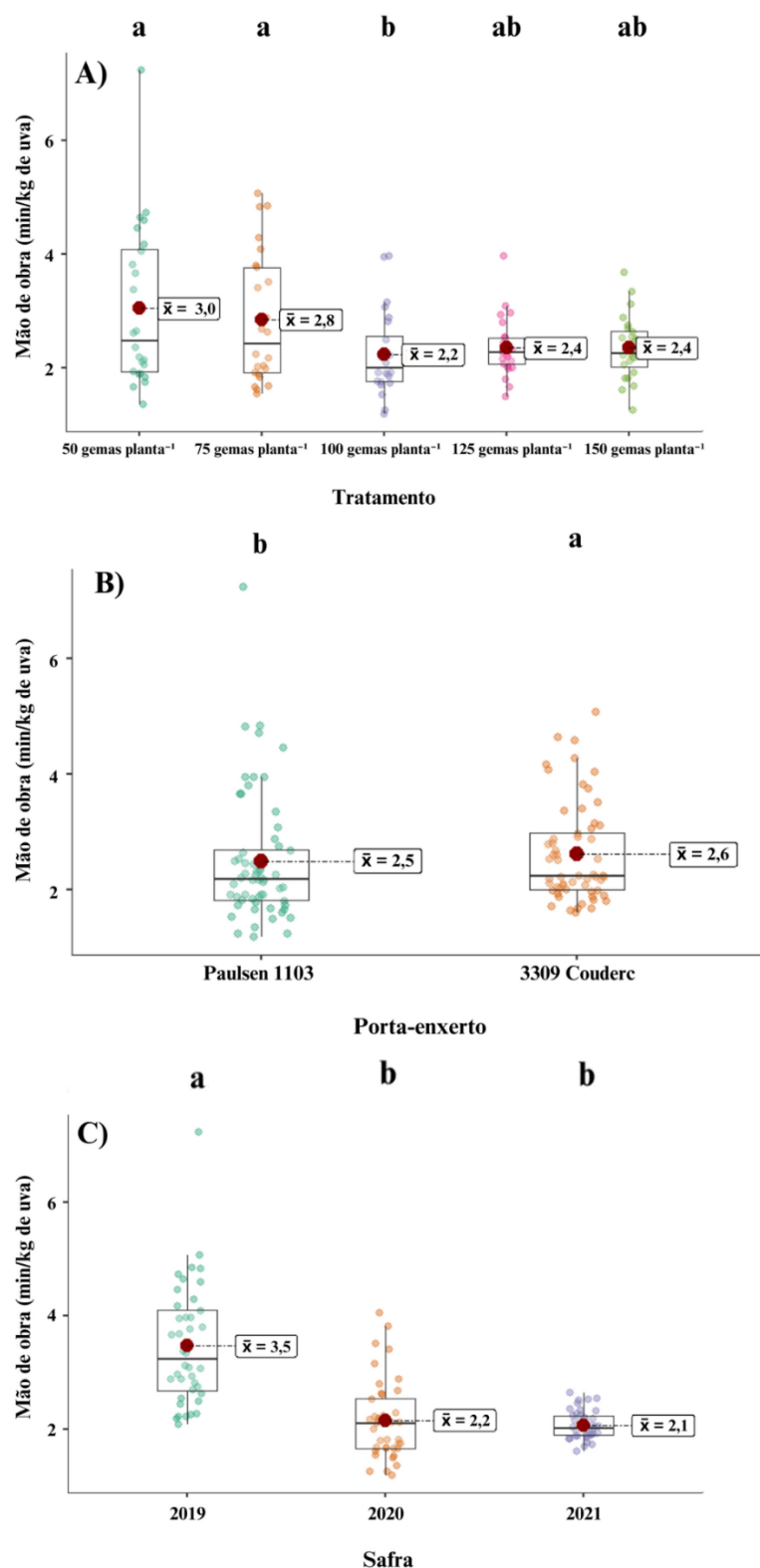
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Houve efeito da interação dos fatores avaliados (Figura 152). Na safra 2019, os níveis de 125 e 150 gemas planta^{-1} resultaram em um maior tempo de manejo total em relação aos demais níveis, sobre o Paulsen 1103, com a amplitude dos valores médios observado sendo de aproximadamente 25 dias ha^{-1} .

Ainda nesta safra, o nível de 100 gemas planta^{-1} resultou em um tempo de manejo total superior ao nível de 75 gemas planta^{-1} , que por sua vez foi superior ao nível de 50 gemas planta^{-1} . Sobre o 3309 Couderc, houve uma separação distinta dos diferentes níveis de carga de gemas, com o tempo de manejo total aumentando com o aumento do nível de carga de gemas utilizado. A diferença entre o maior e menor valor observado foi de aproximadamente 27,5 dias ha^{-1} .

Na safra 2020, para ambos os porta-enxertos, o nível de 150 gemas planta^{-1} resultou em um maior tempo de manejo total em comparação aos demais níveis de cargas de gemas. Os níveis de 125 e 100 gemas planta^{-1} não diferiram entre si, resultando em um maior tempo de manejo total em relação ao nível de 75 gemas planta^{-1} , e este último nível foi superior ao nível de 50 gemas planta^{-1} , que decresceu o tempo de manejo total médio em aproximadamente 20 dias ha^{-1} para o Paulsen 1103, e aproximadamente 23 dias ha^{-1} para o 3309 Couderc.

Figura 153 - Mão de obra (min/Kg de uva) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. A) Efeito do fator Tratamento (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$), B) Efeito do fator Porta-enxerto (Modelo linear generalizado, $p = 0,004$) e C) Efeito do fator Safra (Modelo linear generalizado, $p < 0,001$). Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. Lages, 2023.

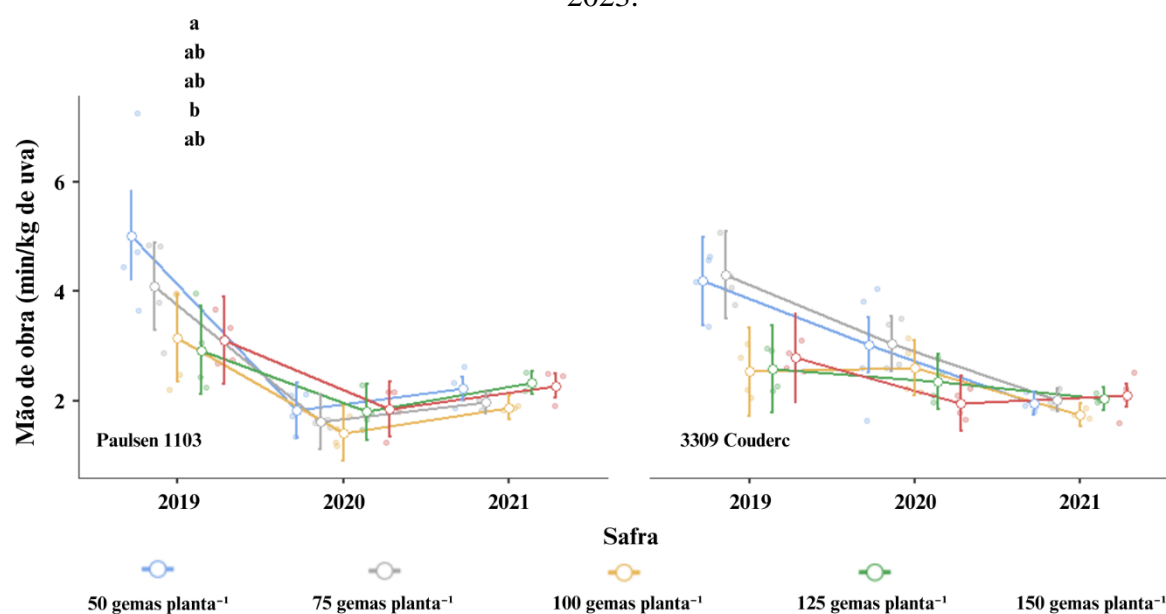


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na safra 2021, sobre o Paulsen 1103, o nível de 50 gemas planta⁻¹ resultou no menor tempo de manejo total em relação aos demais níveis de carga de gemas, com uma diferença média de aproximadamente 18 dias ha⁻¹ em relação ao maior valor observado. O nível de 75 gemas planta⁻¹ resultou em um menor tempo de manejo em comparação aos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹, tendo estes dois últimos níveis não diferindo entre si, resultando no maior tempo de manejo total do vinhedo.

Figura 154 - Mão de obra (min/Kg de uva) em função de diferentes cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos. Efeito da interação Tratamento * Porta-enxerto * Safra (Modelo linear generalizado, $p = 0,229$).

Valores médios marcados com diferentes letras são significativamente diferentes pela correção de Bonferroni. As barras verticais denotam os intervalos de confiança (95%). Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para o 3309 Couderc, o nível de 50 gemas planta⁻¹ também resultou no menor tempo de manejo total. Os níveis de 75, 100 e 125 gemas planta⁻¹ não diferiram entre si, sendo inferiores ao tempo de manejo total requerido para o nível de 150 gemas planta⁻¹. A amplitude dos valores médios observados foi de aproximadamente 21 dias ha⁻¹.

Finalizando as variáveis que abordam os aspectos econômicos impactados pelos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação, houve efeito dos diferentes valores estudados sobre o tempo de mão de obra requerida para a produção de 1 Kg de uva (Figura 153).

Os níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹ resultaram em valores intermediários de mão de obra, não diferindo dos demais níveis de cargas de gemas na poda. Os níveis de 50 e 75 gemas

planta⁻¹ resultaram em uma maior mão de obra necessária para a produção de uva em comparação ao nível de 100 gemas planta⁻¹, que reduziu em média 0,8 min/kg de uva em comparação ao maior valor observado.

Quanto ao porta-enxerto, o Paulsen 1103 resultou em um incremento de 0,1 min/kg de uva em relação ao 3309 Couderc. As safras 2020 e 2021 necessitaram de menos mão de obra para a produção de uva, com uma amplitude dos valores médios observados de 1,4 min/kg de uva.

Não houve interação dos fatores analisados sobre a mão de obra requerida para a produção de uva, porém houve efeito simples dos diferentes níveis de cargas de gema na safra 2019, sobre o Paulsen 1103 (Figura 154).

Somente os níveis de 50 e 125 gemas planta diferiram entre si, sendo que o maior valor observado de mão de obra para a produção de uva foi no menor nível de carga de gemas avaliado. A diferença média entre estes níveis foi de 2,1 min/kg de uva.

4.6 ANÁLISES MULTIVARIADAS

A figura 155 mostra a matriz de correlação das variáveis analisadas neste estudo, com exceção aos compostos fenólicos identificados em CLAE e as variáveis de fertilidade e número de cachos por gema.

A variável comprimento de ramo do ano (Comp_R) se correlacionou positivamente (valor $\geq 0,6$) com as variáveis índice SPAD (ISPAD), massa de cacho (Mas_cac), índice de fertilidade dos ramos (In_Fer_ra), comprimento médio do entrenó dos sarmentos (Dia_ent), diâmetro do 10º nós do sarmento (D10g), massa de ráquis (Mas_raq), número de bagas (Nu_bag), índice de compactação de cacho (Ind_com), pH do vinho (pHvin), tonalidade de cor (Tonal), cinzas do vinho (Cinzas) e o tempo de desbrota (Desbr_min).

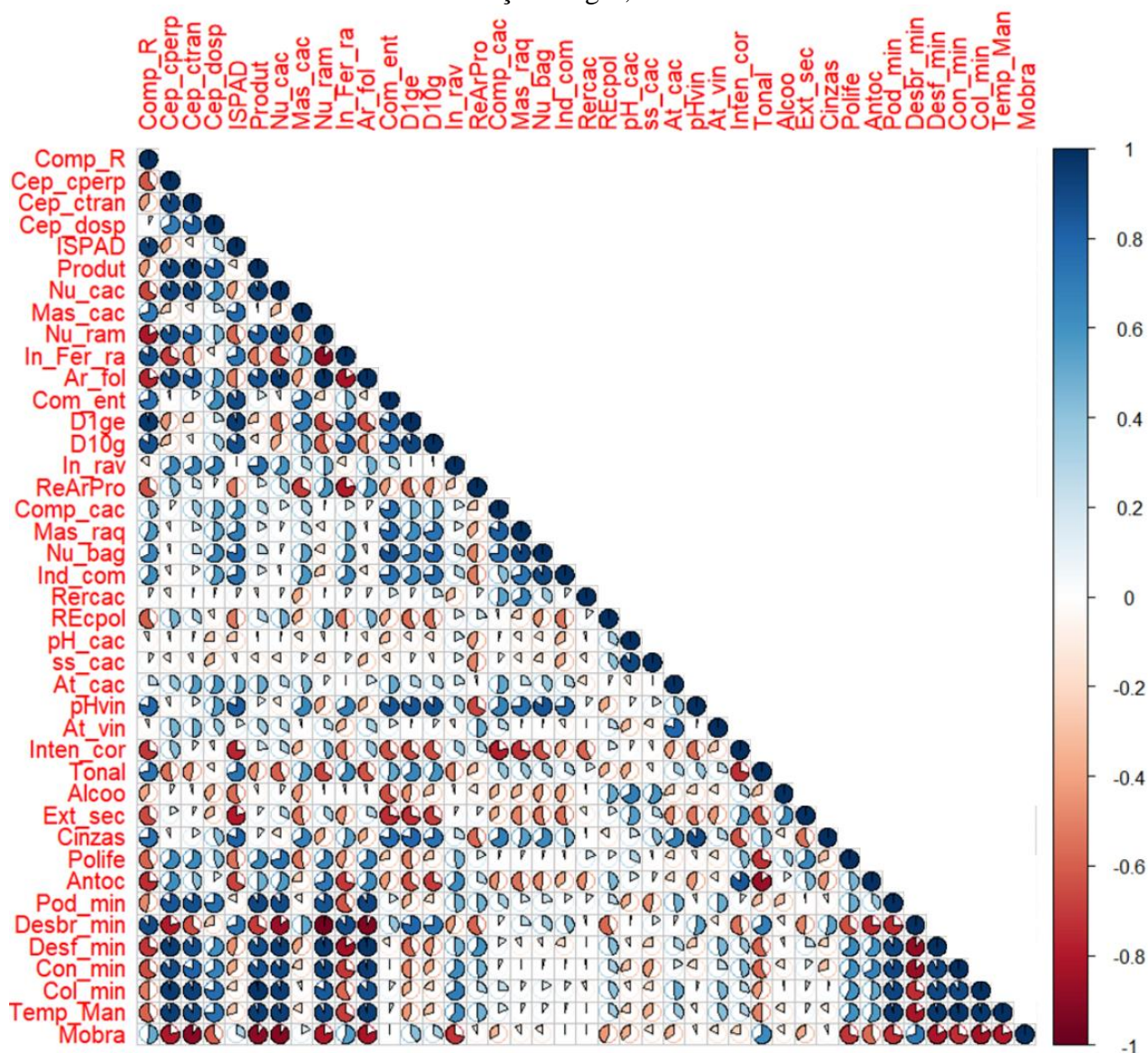
De maneira oposta, a variável comprimento de ramo do ano se correlacionou negativamente (valor $\leq 0,6$) com o IRFA perpendicular ao cordão da planta (Cep_cperp), número de cachos por planta (Nu_cac), número de ramos por planta (Nu_ram), área foliar da planta (Ar_fol), relação área foliar/produção (ReArPro), relação casca polpa⁻¹ (REcpol), intensidade da cor dos vinhos (Inten_cor), extrato seco dos vinhos (Ext_sec), polifenóis totais do vinho (Polife), antocianinas totais do vinho (Antoc), tempo de desfolha (Desf_min), tempo de condução dos ramos (Com_min) e o tempo de manejo total (Temp_man).

O IRFA perpendicular ao cordão da planta se correlacionou positivamente com o IRFA transversal ao cordão da planta (Cep_ctrans), o IRFA perpendicular ao dossel da planta

(Cep_dosp), a produtividade (Produt), ao número de cachos por planta, ao número de ramos por planta, a área foliar da planta, ao índice de Ravaz (In_rav), aos polifenóis do vinho, as antocianinas do vinho, o tempo de poda (Pod_min), e aos tempos de desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo.

O IRFA perpendicular ao cordão teve correlação negativa com as variáveis índice de fertilidade dos ramos, tempo de desbrota e o tempo de mão de obra necessário para produção dos frutos (Mobra).

Figura 155 - Matriz de correlação das variáveis avaliadas em videiras Cabernet Sauvignon, sobre dois porta-enxertos, submetidas a diferentes níveis de cargas de gema na poda de frutificação. Lages, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O IRFA transversal ao cordão da planta se correlacionou positivamente as variáveis IRFA perpendicular ao dossel do vinhedo, número de cachos por planta, número de ramos, área foliar, índice de Ravaz, acidez titulável do mosto (At_cac), polifenóis do vinho, tempo de poda, desfolha, condução dos ramos, colheita e do manejo total do vinhedo. Esta mesma variável se correlacionou negativamente com as variáveis tempo de desbrota e a mão de obra.

O IRFA perpendicular ao dossel do vinhedo teve correlação negativa com a variável mão de obra, enquanto teve correlação positiva com as variáveis Produtividade, número de cachos, número de ramos, área foliar, índice de Ravaz, acidez titulável do mosto, polifenóis do vinho, tempo de poda, desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo.

O índice SPAD se correlacionou positivamente com as variáveis massa de cacho, índice de fertilidade dos ramos, comprimento do entrenó, diâmetros 1º e do 10º nó do sarmento, comprimento do cacho (Comp_cac), massa de ráquis, número de bagas, índice de compactação, pH dos vinhos, cinzas do vinho, e tempo de desbrota. De maneira oposta, se correlacionou negativamente com as variáveis número de ramos, intensidade da cor dos vinhos, teor alcoólico dos vinhos (Alcoo) extrato seco e antocianinas totais dos vinhos.

A produtividade da videira se correlacionou positivamente com as variáveis número de cachos, número de ramos, área foliar da planta, índice de Ravaz, polifenóis do vinho, tempo de poda, desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo. Correlacionou-se negativamente com o tempo de desbrota e o tempo de mão de obra.

A variável número de cachos se correlacionou positivamente com as variáveis número de ramos, área foliar da planta, índice de Ravaz, polifenóis e antocianinas dos vinhos, tempo de poda, desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo. Correlacionou-se negativamente com as variáveis índice de fertilidade de ramos, diâmetro do 1º nó do sarmento, tonalidade da cor do vinho, tempo de desbrota e de mão de obra necessária para a produção dos frutos.

A massa de cachos se correlacionou negativamente com a relação área foliar/produção. Esta variável teve correlação positiva com as variáveis índice de fertilidade de ramos, comprimento do entrenó dos sarmentos, diâmetro do 1º nó do sarmento e índice de compactação do cacho.

O número de ramos por planta se correlacionou positivamente com a área foliar da planta, a relação área foliar/produção, os polifenóis e antocianinas dos vinhos, o tempo de poda, desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo. As variáveis índice de fertilidade de ramos, diâmetro do 1º e 10º nó do sarmento, tonalidade da cor dos vinhos e mão de obra se correlacionaram negativamente com o número de ramos por planta.

O índice de fertilidade de ramos se correlacionou positivamente com as variáveis diâmetro do 1º e 10º nó do sarmento, número de bagas e índice de compactação dos cachos, pH e tonalidade da cor dos vinhos, tempo de desbrota e mão de obra para a produção dos frutos. Esta variável se correlacionou negativamente com as variáveis área foliar e relação área foliar/produção, antocianinas do vinho, tempo de poda, desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo.

A área foliar por planta teve correlação positiva com as variáveis relação área foliar/produção, polifenóis e antocianinas do vinho, o tempo de poda, desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo. O diâmetro do 1º nó do sarmento, a tonalidade da cor dos vinhos, o tempo de desbrota e a mão de obra tiveram uma correlação negativa com a área foliar por planta.

O comprimento do entrenó dos sarmentos teve uma correlação positiva como diâmetro do 1º e 10º nó do sarmento, com o comprimento do cacho, a massa de ráquis, o número de bagas e o índice de compactação do cacho, o pH e as cinzas do vinho. O comprimento do entrenó do sarmento teve uma correlação negativa com a intensidade da cor, o teor alcoólico e o extrato seco dos vinhos.

O diâmetro do 1º nó do sarmento se correlacionou positivamente com o diâmetro do 10º nó do sarmento, a massa da ráquis, o número de bagas, o índice de compactação do cacho, o pH e a tonalidade da cor do vinho, as cinzas do vinho e o tempo de desbrota. As variáveis relação área foliar/produção, relação casca polpa⁻¹, a intensidade de cor e o extrato seco do vinho, antocianinas totais do vinho e o tempo de desfolha tiveram uma correlação negativa com o diâmetro do 1º nó do sarmento.

O diâmetro do 10º nó do sarmento se correlacionou positivamente com a massa da ráquis, o número de bagas, o índice de compactação do cacho, o pH e a tonalidade da cor do vinho, as cinzas do vinho e o tempo de desbrota. As variáveis intensidade da cor dos vinhos, o extrato seco e as antocianinas totais do vinho tiveram uma correlação negativa com o diâmetro do 10º nó do sarmento.

O índice de Ravaz se correlacionou positivamente com as antocianinas totais do vinho, o tempo de condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo. A mão de obra necessária para a produção dos frutos teve correlação negativa com o índice de Ravaz.

A relação área foliar/produção teve correlação positiva com a variável tempo de desfolha, enquanto teve correlação negativa com as variáveis pH do vinho, cinzas do vinho e tempo de desbrota.

O comprimento dos cachos teve uma correlação positiva com a massa de ráquis e o número de bagas, com o pH do vinho. O comprimento dos cachos se correlacionou negativamente com a intensidade da cor dos vinhos.

A massa de ráquis teve uma correlação positiva com o número de bagas, o índice de compactação do cacho e com o pH do vinho. A intensidade da cor dos vinhos se correlacionou negativamente com a massa de ráquis.

O número de bagas teve uma correlação positiva com o índice de compactação do cacho, o pH e as cinzas do vinho. A intensidade da cor do vinho teve uma correlação negativa com o número de bagas do cacho. O índice de compactação do cacho se correlacionou positivamente com o pH do vinho, enquanto teve uma correlação negativa com o extrato seco do vinho.

A relação ráquis cacho⁻¹ teve uma correlação negativa com a intensidade de cor dos vinhos, e a relação casca polpa⁻¹ teve uma correlação negativa com o tempo de desbrota. O pH do mosto teve uma correlação positiva com o teor de sólidos solúveis do mosto, bem como o teor alcoólico e o extrato seco dos vinhos.

Os sólidos solúveis do mosto tiveram uma correlação positiva com o teor alcoólico dos vinhos. A acidez titulável do mosto teve uma correlação positiva com a acidez titulável e as cinzas do vinho.

O pH do vinho teve correlação positiva com as cinzas do vinho e correlação negativa com a intensidade da cor do vinho. A intensidade da cor do vinho teve uma correlação positiva com o extrato seco e as antocianinas totais do vinho, e uma correlação negativa com a tonalidade de cor e as cinzas do vinho.

A tonalidade de cor do vinho se correlacionou positivamente com o tempo de desbrota e a mão de obra para a produção dos frutos, enquanto se correlacionou negativamente com o extrato seco dos vinhos, os polifenóis e antocianinas dos vinhos, o tempo de desfolha e condução dos ramos.

O teor alcoólico dos vinhos se correlacionou positivamente com o extrato seco dos vinhos, enquanto o extrato seco se correlacionou positivamente com os polifenóis dos vinhos. Os polifenóis do vinho, as antocianinas do vinho e o tempo de poda tiveram uma correlação positiva com o tempo de desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo, enquanto tiveram uma correlação negativa com as variáveis tempo de desbrota e mão de obra.

O tempo de desbrota se correlacionou positivamente com a mão de obra para produção dos frutos, enquanto teve uma correlação negativa com o tempo de desfolha, condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo.

O tempo de desfolha se correlacionou positivamente com o tempo de condução dos ramos, colheita e manejo total do vinhedo, enquanto se correlacionou negativamente com a mão de obra. O tempo de condução dos ramos se correlacionou positivamente com o tempo de colheita e manejo total do vinhedo, enquanto se correlacionou negativamente com a mão de obra. O tempo de colheita se correlacionou positivamente com o tempo de manejo total do vinhedo. Estas duas variáveis se correlacionaram negativamente com a mão de obra.

Na figura 156 está a análise de componentes principais contendo as variáveis analisadas na matriz de correlação explanada anteriormente. A primeira componente explica 43% da variância e a segunda componente explica 26,9%, resultando no total de 69,9% da variância total.

A primeira componente se correlacionou positivamente com os níveis de 124 e 150 gemas planta⁻¹ sobre o Paulsen 1103, e 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹ sobre o 3309 Couderc. Essa componente se correlacionou negativamente com os níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹ sobre o Paulsen 1103, e 50 gemas planta⁻¹ sobre o 3309 Couderc.

A segunda componente teve uma correlação positiva com o nível de 100 gemas planta⁻¹ sobre o Paulsen 1103, e uma correlação negativa com o nível de 75 gemas planta⁻¹ sobre o 3309 Couderc.

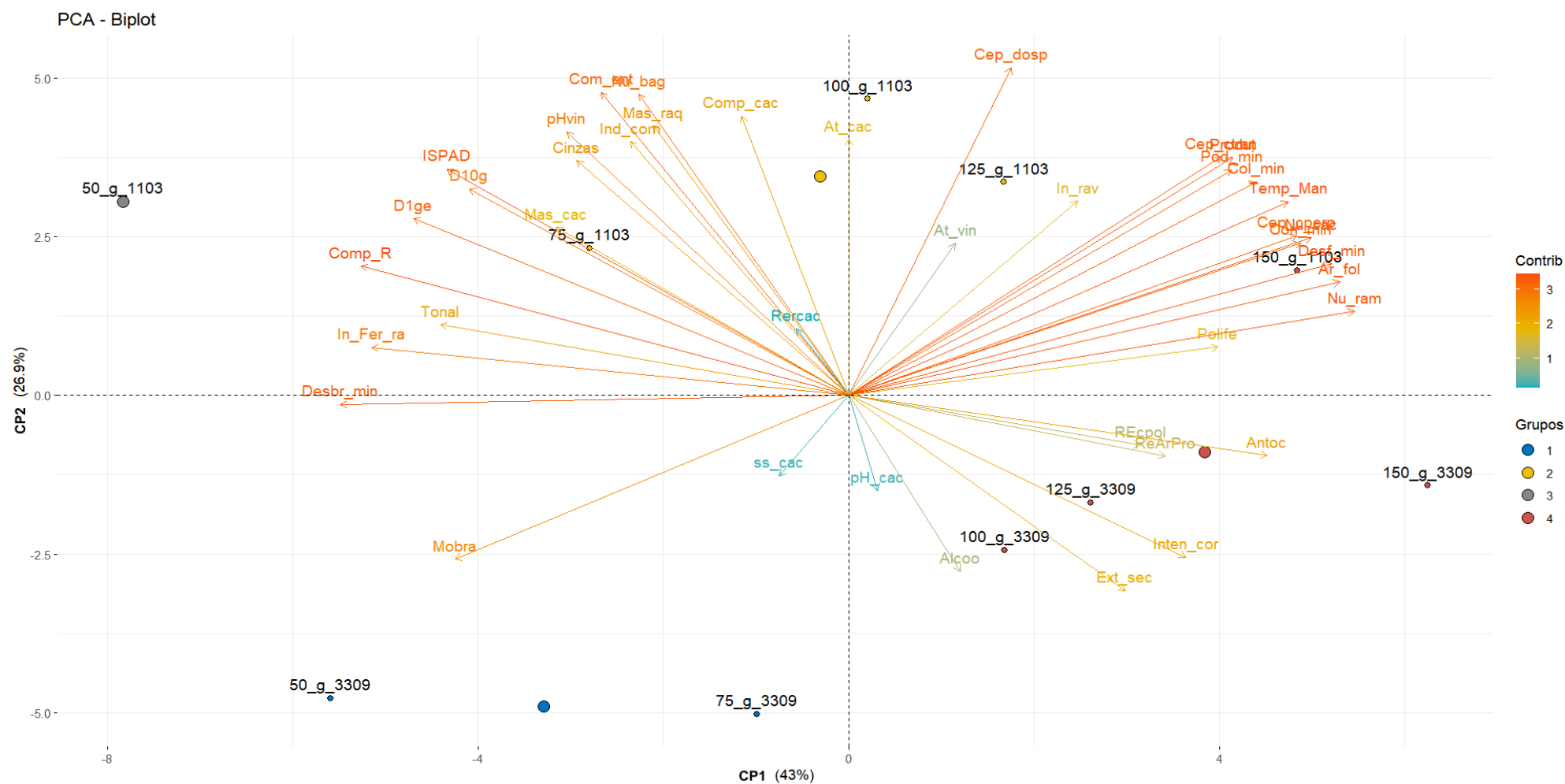
A primeira componente foi teve as maiores contribuições, ou seja, está mais relacionada, com as variáveis número de ramos, área foliar da planta, tempo de desfolha, número de cachos, tempo total de manejo do vinhedo, tempo de colheita, produtividade, tempo de poda, IRFA perpendicular e transversal ao cordão, Polifenóis antocianinas do vinho, intensidade de cor e extrato do vinho.

As variáveis tempo de desbrota, índice de fertilidade de ramos, comprimento do ramo, índice SPAD, diâmetro do 1º e 10º nó do sarmento, tonalidade da cor do vinho e mão de obra tiveram uma correlação negativa com a primeira componente.

A segunda componente se correlacionou positivamente com a IRFA perpendicular ao dossel, a acidez titulável do mosto, o comprimento dos cachos, índice SPAD, o número de bagas, o pH do vinho, o comprimento do entrenó do sarmento, a massa de ráquis, cinzas do vinho e o índice de compactação dos cachos. Se relacionaram de maneira negativa a segunda componente as variáveis mão de obra, extrato seco e intensidade de cor do vinho.

As variáveis de equilíbrio vegeto-produtivo estão relacionadas a primeira componente, porém tiveram uma contribuição mediana para esta componente. Com exceção a massa e comprimento de cachos, as demais variáveis de interesse produtivo estão relacionadas a primeira componente.

Figura 156 - Análise de componentes principais (ACP) de diferentes níveis de cargas de gema na poda de frutificação da videira Cabernet Sauvignon enxertada sobre dois porta-enxertos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

As variáveis relacionadas ao vigor vegetativo, com exceção da área foliar e número de ramos, estão relacionados de forma negativa a primeira componente, enquanto as variáveis de interesse na qualidade do vinho, estão correlacionados de forma positiva com a primeira componente.

A segunda componente tem uma correlação positiva tanto com as variáveis de rendimento quanto com as de vigor vegetativo. Ela se relaciona de maneira negativa, porém de forma moderada a fraca, com as variáveis de interesse no vinho, com exceção aos polifenóis totais e a acidez titulável do vinho.

A análise de componentes principais separou as combinações de níveis de carga de gemas e os porta-enxertos em quatro grupos, sendo um grupo correlacionado a primeira componente, contendo os níveis de 150 gemas planta⁻¹ no Paulsen 1103 e 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹ sobre o 3309 Couderc.

Um segundo grupo formado teve uma correlação positiva com a segunda componente, contendo os níveis de 75, 100 e 125 gemas planta⁻¹ sobre o Paulsen 1103. O terceiro grupo teve uma correlação negativa em relação a segunda componente, contendo os níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹ sobre o 3309 Couderc. Por fim, o quarto grupo, contando apenas o nível de 50 gemas planta⁻¹ sobre o Paulsen 1103, se correlacionou negativamente a primeira componente.

5 DISCUSSÃO

5.1 CRESCIMENTO VEGETATIVO E PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS

O impacto dos níveis de carga de gemas sobre o comprimento médio dos sarmentos foi aumentando a cada safra, com apenas o nível de 50 gemas planta⁻¹ diferindo dos níveis de 100, 125 e 150 gemas planta⁻¹ na safra 2019, para na safra 2021 haver uma separação distinta entre os níveis de carga de gemas na poda. A amplitude entre os valores médios reforça este padrão, já que na primeira safra é de aproximadamente 8 cm, enquanto na última safra esse valor chegou a 37 cm.

Este padrão ocorre pelo fato de todas as plantas terem cargas similares anteriormente ao estudo, e com o passar das safras, irem acumulando os efeitos dos diferentes níveis de carga gemas na poda, na acumulação de carboidratos como reserva, na brotação e fertilidade das gemas (GREVEN *et al.*, 2015).

O aumento do número de gemas na poda diminui o crescimento vegetativo dos ramos, bem como a utilização de um nível de poucas gemas por planta favorece o crescimento

vegetativo (BENISMAIL *et al.*, 2007; NIKOLAOU *et al.*, 2020; WÜRZ *et al.*, 2020a; AL-SAIF *et al.*, 2023; WÜRZ *et al.*, 2023).

O mesmo comportamento citado acima é visto para o diâmetro do 1º e 10º nó do sarmento, porém são diferenças que na prática não são visíveis, por se tratar de amplitudes de no máximo 1 mm. Este feito, entretanto, não foi observado para o comprimento médio do entrenó dos sarmentos, assim como ocorreu em outros estudos (WÜRZ *et al.*, 2020a; WÜRZ *et al.*, 2023).

Estas 4 variáveis foram influenciadas pelo porta-enxerto, onde o Paulsen 1103 resultou em um maior vigor vegetativo em relação ao 3309 Couderc. O Paulsen 1103 é classificado como um porta-enxerto vigoroso, enquanto o 3309 Couderc é classificado de vigor intermediário, de acordo com diferentes estudos (BRIGHENTI *et al.*, 2011; BRIGHENTI *et al.*, 2012, DE SOUZA *et al.*, 2021).

As safras afetaram de maneiras diferentes estas 4 variáveis, devido a interação dos fatores. Para o comprimento médio do sarmento, após os três anos de influência dos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação bem como a condição de mais de 1500 mm de precipitação e temperatura média próximo a 15°C desde o início do ciclo resultaram no maior comprimento médio dos sarmentos em relação aos outras duas safras.

A primeira safra teve um comprimento médio dos entrenós do sarmento superior as demais, e isto pode estar relacionado ao volume de precipitação superior em relação as outras safras, estimulando o crescimento vegetativo. Outro fator que contribuiu nesta safra, foi a ocorrência de dias de nublados e com pouca luz, estimulando o desenvolvimento do comprimento de entrenó (GREER *et al.*, 2010; GONZÁLEZ *et al.*, 2019; ZAMORANO *et al.*, 2021).

Como a videira procura equilíbrio da parte vegetativa, modulando a biomassa dos organismos vegetativos, o comportamento visto para o comprimento médio do entrenó, teve o efeito inverso no diâmetro do 1º e 10º nó do sarmento, inclusive pela competição trófica na formação dos tecidos da planta (TORREGROSSA *et al.*, 2021). Würz *et al.* (2020a) não encontraram diferença significativa para estas duas variáveis em seu estudo, apesar de a amplitude entre os valores médios observados para o diâmetro do 10º nó do sarmento serem maior do que a vista neste estudo.

O número de ramos teve uma alta correlação com o número de gemas deixados na poda de frutificação, sendo que, como já visto em outros estudos, na medida em que se aumenta o número de gemas deixadas, ocorre a diminuição da brotação destas com o passar do tempo

(GREVEN *et al.*, 2014; WÜRZ *et al.*, 2020a; AL-SAIF *et al.*, 2023; ÇELEBİ; KAMILOĞLU, 2023; WÜRZ *et al.*, 2023).

O maior vigor da planta pela utilização do Paulsen 1103 também resultou em um maior número de ramos. Quanto as safras, o número de ramos foi diminuindo com o passar das safras avaliadas. Isto se deve a dominância apical e acrotonia da videira, que teve seu efeito sendo expresso na planta com o decorrer das safras, principalmente no nível onde eram deixadas 4 gemas por elemento de poda, como se pode observar na figura 65 (WÜRZ *et al.*, 2020; TORREGROSA *et al.*, 2021).

A área foliar aumenta com o número de ramos, já que se aumentando o número de ramos, aumenta-se o número de folhas e por consequência a área foliar total da planta (ÇELEBİ; KAMILOĞLU, 2023; WÜRZ *et al.*, 2023).

Entretanto, como há uma disputa por carboidratos e uma modulação da biomassa para equilibrar a planta, em níveis maiores, como foi no caso do nível de 150 gemas planta⁻¹, esse comportamento deixa de ser linear, tanto que neste estudo, este nível não diferiu do nível anterior a ele, com 125 gemas planta⁻¹. Isto também se deve com a queda na porcentagem de brotação 150 gemas planta⁻¹, principalmente na safra 2021 (WÜRZ *et al.*, 2020; TORREGROSA *et al.*, 2021).

Novamente o maior vigor do Paulsen fez com que o valor médio dessa variável fosse maior em relação ao 3309 Couderc, enquanto para o fator safra, a seca que ocorreu na safra 2020 resultou em uma menor área foliar das plantas em comparação as demais safras (ZAMORANO *et al.*, 2021).

A IRFA medida na posição perpendicular ao cordão da planta mostrou somente o nível de 50 gemas planta⁻¹ sendo inferior aos demais. Isto ocorre devido ao menor número de ramos, consequentemente de área foliar, nos estádios fenológicos BBCH 61 e BBCH81, e ao menor número de cachos, quando a leitura é realizada em BBCH 89 (NUZZO, 2004).

Em cada safra, onde houve efeito simples dos níveis de carga de gemas dentro dos porta-enxertos, observa-se o menor valor médio observado sendo do nível de 50 gemas planta⁻¹. Este resultado corrobora com os encontrados por Würz *et al.* (2019a) e Würz *et al.* (2021c). Ressalva-se que estes estudos foram realizados em vinhedos sob um sistema de condução de espaldeira.

Quanto ao efeito da safra, o que pode ter diferenciado a safra 2021 em relação as demais, são os fatos de a safra 2019 teve alta pluviosidade, o que favoreceu ao ataque de doenças fúngicas (dados coletados, mas não presentes na tese), favorecendo a senescência das folhas; a menor pluviosidade na safra 2020, diminuindo a expansão da área foliar.

Quando a IRFA foi medida na posição transversal do cordão, a quantidade de cachos teve uma maior participação na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, devido a correlação do padrão dos diferentes níveis de carga de gemas no valor desta variável e no número de cachos por planta, além de que o maior valor observado foi na safra 2020, onde houve a maior produtividade do vinhedo no estudo.

Além desse fator, novamente a alta precipitação na safra 2019 e a senescência de folhas atacadas por doença fúngica podem ter influenciado este comportamento. Este resultado corrobora com os encontrados por Würz *et al.* (2019a) e Würz *et al.* (2021c).

A IRFA medida perpendicular ao dossel, na altura mediana dele, teve o mesmo comportamento que a IRFA medida perpendicular ao cordão. Isto pode estar ligado a plasticidade da videira e ao efeito da condução dos ramos, onde as folhas podem se sobrepor ou não, e afetam a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (TORREGROSSA *et al.*, 2021).

O menor nível de carga de gemas, principalmente no momento da colheita, não consegue compensar o menor número de ramos com sua área foliar, sendo assim inferior aos demais níveis. Nos estádios iniciais, como os níveis menores possuem um desenvolvimento mais rápido (dados coletados, não presentes na tese), compensam a diferença no número de ramos e área foliar. Esse comportamento foi observado por Würz *et al.* (2019b).

A safra de 2020 diferiu das demais, sendo observável uma IRFA menor no estádio BBCH 89 na safra 2019, que pode estar correlacionado a senescência de folhas devido ao ataque de doenças, enquanto na safra 2021, o IRFA no estádio BBCH 61 é menor, o que pode refletir devido a precipitação acumulada superior a 120 mm próximo a época da floração na safra 2020, estimulando o crescimento dos ramos.

Outro ponto relevante, para as três posições de medição da IRFA, é que no estádio BBCH 61, como os sarmentos ainda estão pequenos, já houve a desbrota e não há a presença de cachos, a IRFA é menor do que nos demais estádios fenológicos. Os maiores valores de IRFA são no estádio fenológicos BBCH81, já que no estádio BBCH 89, já há a senescência de folhas, devido a diferentes fatores bióticos e abióticos.

Nas três posições de medição da IRFA, o Paulsen 1103 resultou em um maior valor em relação ao 3309 Couderc, estando isso ligado ao vigor vegetativo resultante do porta-enxerto (BRIGHENTI *et al.*, 2011; BRIGHENTI *et al.*, 2012, DE SOUZA *et al.*, 2021), que influenciou tanto o comprimento do ramo quanto a área foliar, bem como a produtividade que será discutida posteriormente.

O nível de 50 gemas planta⁻¹ teve um índice SPAD maior em relação aos demais níveis de carga de gemas nas duas primeiras safras. Nestas duas primeiras safras também se nota um crescimento linear discreto para esta variável, com o decorrer safra. Este resultado difere do encontrado por Würz *et al.* (2023), porém corrobora com o encontrado por Al-Saif *et al.* (2023).

O índice tem correlação significativa com o teor de N nas folhas e representa o conteúdo de clorofila (ATES, KAYA, 2021; POU *et al.*, 2022; AL-SAIF *et al.*, 2023). Sendo assim, o menor número de ramos e folhas reflete em um maior acúmulo do N na folha, já que há uma competição por nutrientes pelos órgãos vegetativos da planta. A menor carga de frutos acompanhado do desenvolvimento vegetativo também pode explicar a maior atividade fotossintética (ARRIZABALAGA-ARRIAZU *et al.*, 2021).

Entretanto essa diferença, nas condições do estudo, é notada só em um extremo, enquanto nos demais níveis, a planta acaba adaptando a absorção do N ao número de ramos e folhas (NIKOLAOU *et al.*, 2020; VERDENAL *et al.*, 2021). Esse maior volume de ramos afeta a evapotranspiração e absorção de nutrientes, bem como o desenvolvimento radicular, pela produção de foto assimilados e auxina.

Quanto ao fator safra, o maior índice SPAD foi na última safra, safra onde ocorreu também o maior comprimento dos ramos. Isto está relacionado as condições propícias para o crescimento dos ramos e o desenvolvimento radicular, com a não ocorrência de seca e temperaturas médias maiores, principalmente no início do ciclo.

O efeito de acrotonia e dominância apical também afetou a fertilidade das gemas da videira. Aumentar o nível de carga de gemas resultou em uma menor fertilidade das gemas, bem como as gemas basais possui uma menor fertilidade em relação as medianas e apicais (WÜRZ *et al.*, 2019a; BASSIONY, 2020; WÜRZ *et al.*, 2021d).

O Paulsen 1103 aumentou a fertilidade das gemas, e isto pode estar ligado ao maior vigor das raízes e capacidade de absorção de nutriente. Quanto as safras, o maior acúmulo térmico e a menor precipitação, ou seja, um maior número de dias ensolarados, aumentou a fertilidade de gemas dos sarmentos (BOTELHO *et al.*, 2006; WÜRZ *et al.*, 2019a).

O mesmo comportamento foi observado no número de cachos por gema com exceção do efeito Tratamento. Não há uma amplitude ampla no número de cachos do sarmento, que normalmente é de 1 cacho para a Cabernet Sauvignon nas condições do estudo. Por isso, somente o nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou em um menor número de cachos potenciais por gema em relação aos demais níveis. Este resultado corrobora com o encontrado por WÜRZ *et al.* (2019a) e WÜRZ *et al.* (2021d).

5.2 COMPONENTES DE RENDIMENTO E ÍNDICES DE EQUILÍBRIO VEGETO-PRODUTIVO

Há uma correlação entre o número de gemas deixado na poda de frutificação e o número de sarmentos, e entre o número de sarmentos e o número de cachos da videira MIELE; RIZZON, 2013; ÇELEBİ; KAMILOĞLU, 2023). O mesmo resultado foi visto em outros estudos (WÜRZ *et al.*, 2020a; AL-SAIF *et al.*, 2023; WÜRZ *et al.*, 2023).

Apesar disso, este estudo demonstra que a partir do nível de 100 gemas planta⁻¹, começa a diminuir tanto a brotação dos ramos quanto a fertilidade das gemas, o que acaba resultando em uma quebra do padrão linear de aumento de gemas deixadas na poda e número de cachos.

Além disto, devido a interação dos fatores, altas cargas de produção necessitam de vigor vegetativo e absorção de nutrientes, bem como resiliência a estresses abióticos, o que acabou resultando em uma superioridade do Paulsen 1103 em relação ao 3309 Couderc nestas condições. É importante ressaltar o sistema de condução, que suporta essa carga e permite a videira obter um maior equilíbrio vegeto-produtivo em comparação a mesma combinação de cultivar e porta-enxerto, porém em um sistema de condução em espaldeira (BRIGHENTI *et al.*, 2010; BRIGHENTI *et al.*, 2011).

Apenas a safra 2019 diferiu das demais, e isto está correlacionado a maior precipitação e ocorrência de doenças fúngicas (Dados coletados, não presente na tese). Para o número de cachos, a safra 2020 ainda produziu um maior número de cachos em relação à safra 2021, porém cachos de menor massa, como demonstrado neste estudo. Isto está relacionado as condições de seca da safra 2020, que fica mais evidente com a superioridade do Paulsen 1103 sobre o 3309 Couderc para esta variável (BUESA *et al.*, 2017; CHACÓN-VOZMEDIANO *et al.*, 2020).

A maior carga de cachos também afetou a massa deste, devido a competição por fotoassimilados (FAWZI *et al.*, 2010; KHAMIS *et al.*, 2017). Este resultado diverge do encontrado por Würz *et al.* (2023), porém a avaliação destes autores foi realizada em um sistema de condução em espaldeira, com menores cargas de gemas na poda de frutificação.

De maneira similar ao visto quanto a fertilidade de gemas dos sarmentos, o índice de fertilidade de ramos foi menor nos níveis de 125 e 150 gemas planta⁻¹, onde se utilizou 3 e 4 gemas por elemento de poda. A correlação entre estas variáveis explica este resultado, onde há uma maior proximidade entre o número de cachos e o número de ramos nas menores cargas de gemas na poda. Este resultado diverge do encontrado em outros estudos (WÜRZ *et al.*, 2020a; WÜRZ *et al.*, 2023).

O aumento da produtividade advindo do aumento da carga de gemas, e os diferentes porta-enxertos, não resultaram no aumento do índice de Ravaz da Cabernet Sauvignon. O aumento da produtividade causado tanto pelo efeito do porta-enxerto quanto dos níveis de carga de gemas, veio acompanhado do aumento da biomassa vegetativa, não alterando o índice de Ravaz.

Este resultado diverge do encontrado em outros estudos similares (BRIGHENTI *et al.*, 2011; WÜRZ *et al.*, 2020a; AL-SAIF *et al.*, 2023; WÜRZ *et al.*, 2023). O clima úmido e o solo com alto teor de matéria orgânica torna um desafio alcançar o equilíbrio vegeto-produtivo do vinhedo (BORGHEZAN *et al.*, 2011; WÜRZ *et al.*, 2023).

O fator safra teve maior efeito sobre o índice de Ravaz da videira, onde o efeito da menor pluviosidade da safra 2020 resultou em um valor médio do índice de Ravaz dentro do valor citado na literatura para vinhedos em condições (GRAFFA; MONTAGUE; KAR, 2022; POU *et al.*, 2022), devido ao menor acúmulo de biomassa nos órgãos vegetativos e maior produtividade do vinhedo.

Um padrão similar aconteceu com a relação área foliar/produção, que também aborda o equilíbrio vegeto-produtivo da videira. Somente houve diferença para estas duas variáveis no fator Safra, já o valor da biomassa vegetal está no denominador da equação no índice de Ravaz, e no numerador para a relação área foliar/produção. Logo, a safra 2019, teve a combinação entre uma menor produtividade e uma área foliar maior que a safra 2020. O resultado encontrado diverge do encontrado em um estudo similar realizado por WÜRZ *et al.* (2023).

Alguns autores sugerem que o intervalo de 0,7-1,4 m² kg⁻¹ ou 0,8 - 1,2 m² kg⁻¹ é o ideal para a relação entre área foliar e produção de uva (KLIEWER; DOKOOZLIAN, 2005; PASTORE *et al.*, 2011; SIVILOTTI *et al.*, 2020). O menor valor encontrado para o fator tratamento foi de 4,56 m² kg⁻¹, enquanto para a safra, foi de 3,3 m² kg⁻¹ na safra 2020, indicando um excesso de área foliar para a quantidade de uva produzida nestas condições.

Não houve um padrão claro para o comprimento do cacho, número de bagas por cacho e o índice de compactação diante dos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação. Os resultados encontrados divergem do encontrado por Würz *et al.* (2023), onde o aumento da carga de gemas aumentou o comprimento do cacho, não houve efeito dos diferentes níveis de carga de gemas no número de bagas, porém o aumento do número de gemas deixados na poda de frutificação diminuiu o índice de compactação dos cachos.

Al-Saif *et al.* (2023) observou um maior número de bagas por cacho em níveis intermediários de carga de gemas, e o decréscimo do índice de compactação dos cachos com maiores cargas de gemas na poda de frutificação, já que o aumento da carga causou a redução

do comprimento dos cachos. Fawzi *et al.* (2015) diverge destes estudos, onde o aumento do nível de carga de gemas na poda resultou no aumento do índice de compactação dos cachos, causado pelo decréscimo do número de bagas por cacho.

O índice de compactação dos cachos é uma característica complexa, desencadeada por fatores fisiológicos como o comprimento do internódio do ráquis da inflorescência ou simplesmente bagas menores (ZIEGLER *et al.*, 2020).

O efeito do Tratamento é menor quando comparado ao efeito do Porta-enxerto e Safra. O Paulsen 1103 resultou no maior número de bagas e índice de compactação de cachos. Estas duas variáveis foram diminuindo com o decorrer das safras. Maiores temperaturas causam a redução do índice de compactação, o que é observado nas safras 2020 e 2021, que também tem o maior comprimento dos cachos (ANTOLÍN *et al.*, 2021).

Também não houve um padrão claro para o efeito dos diferentes níveis de carga de gemas na poda de frutificação sobre a massa de ráquis dos cachos. Fawzi *et al.* (2015) observou os maiores valores médios da massa de ráquis para níveis intermediários de carga de gemas na poda frutificação em seu estudo (91, 98 e 105 gemas planta⁻¹, poda mista e sistema Y de condução).

Esta variável teve uma correlação positiva com o comprimento do entrenó dos sarmentos, e teve o maior valor médio observado na safra 2019. Logo, o aumento da massa de ráquis pode ser influência do maior volume de precipitação na safra (HUNTER *et al.*, 2014) e da ocorrência de mais dias nublados.

Somente o fator Safra afetou a relação casca polpa⁻¹, onde o menor valor desta relação foi na safra 2020, que tem como característica o menor volume de precipitação. Esta variável também está correlacionada negativamente ao comprimento médio dos sarmentos. O menor vigor das plantas causa o incremento da relação casca polpa⁻¹ (FILIPPETTI *et al.*, 2013).

Diferente do encontrado por Allegro *et al.* (2019), esta variável não teve seu incremento com o decréscimo da área foliar ou com o incremento da relação área foliar/produção.

Em uvas destinadas a vinificação em tinto, deseja-se um acréscimo na relação casca polpa⁻¹, já que os compostos que os principais compostos fenólicos relacionados a qualidade enológica estão presentes na casca (CHAVARRIA *et al.*, 2009).

O pH e os sólidos solúveis do mosto tiveram um padrão similar quanto ao efeito do fator tratamento. O nível de 150 gemas planta⁻¹ causou o decréscimo destas variáveis, estando isso relacionado a competição de nutrientes e fotoassimilados, que influenciam estas variáveis.

Ao mesmo tempo, a carga intermediária (100 gemas planta⁻¹), pode ter causado um equilíbrio na distribuição destes entre os cachos, similar ao observado por Al-Saif *et al.* (2023).

Würz *et al.* (2023) não observaram diferença no teor de sólidos solúveis com os diferentes níveis de carga de gemas na poda, enquanto foi observado em uma safra o aumento do pH com o aumento do nível de carga de gemas.

O 3309 Couderc aumentou o pH e os sólidos solúveis do mosto. Em condições similares, Brighenti *et al.* (2011) encontraram o mesmo resultado para os sólidos solúveis, porém diverge quanto ao pH do mosto. Estes resultados podem estar relacionados a condições de vigor e expressão genética do porta-enxerto (GOLDAMMER, 2015; CHITARRA *et al.*, 2017; RIAZ *et al.*, 2019; BRIGHENTI *et al.*, 2021).

A safra 2020 teve os maiores resultados médios destas variáveis, relacionado isto a menor precipitação que caracteriza esta safra. Este fator pode ter influenciado na fotossíntese da planta, bem como a menor massa dos cachos, o que pode indicar uma concentração de fotoassimilados e nutrientes que interferem no pH e sólidos solúveis do mosto. A maturação deficiente da uva, causada especialmente por motivos climáticos, elevada fertilidade do solo e alta produtividade do vinhedo, diminuiu os sólidos solúveis dos mostos (MENEGUZZO *et al.*, 2006).

A acidez titulável do mosto decresceu com a utilização do maior e do menor nível de carga de gemas na poda, o que demonstra que tanto o excesso de carga produtiva quanto o excesso de crescimento vegetativo, podem resultar em um menor teor de acidez no mosto. Este resultado diverge do encontrado em outros estudos (FAWZI *et al.*, 2015; AL-SAIF *et al.*, 2023; WÜRZ *et al.*, 2023).

Este efeito se deve principalmente ao Paulsen 1103, já que não foi observado efeito simples dos níveis de carga de gemas na poda sobre o 3309 Couderc, nas três safras. O Paulsen 1103 origina vinhos mais ácidos e de menor teor de sólidos solúveis em comparação a porta-enxertos híbridos de *V. riparia* x *V. rupestris*, como o 3309 Couderc (MIELLE; RIZZON, 2017; MIELLE; RIZZON, 2019a; MIELLE; RIZZON, 2019c).

Würz *et al.* (2014) não observaram diferença para esta variável em relação a estes porta-enxertos, enquanto Brighenti *et al.* (2011) observou em uma safra um maior teor da acidez dos vinhos no 3309 Couderc.

A acidez titulável também foi impactada pela safra de 2020, onde a menor precipitação e dias ensolarados podem ter influenciado na respiração e afetaram a acidez do mosto através do consumo de ácido málico na respiração dos cachos (RIZZON; MIELLE, 2002).

5.3 QUALIDADE ENOLÓGICA

O pH do vinho teve o decréscimo com o nível de 150 gemas planta⁻¹, estando isso relacionado a competição de nutrientes e fotoassimilados, que influenciam estas variáveis. Uma menor carga de gemas na poda resulta em uma menor competição, e ao mesmo tempo, a carga intermediária (100 gemas planta⁻¹), pode ter causado um equilíbrio na distribuição destes entre os cachos.

O pH do vinho tem correlação positiva com o comprimento de ramos e o índice SPAD, ou seja, variáveis que refletem a absorção de nutrientes e atividade fotossintética da planta, que tem influência sobre o valor de pH do mosto, e por consequência do vinho.

O potássio exerce grande influência no pH do vinho, pois ele diminui sua acidez através, principalmente, da salificação do ácido tartárico. A 'Cabernet Sauvignon' é uma das cultivares que apresenta pH mais elevado (MIELE; RIZZON; GIOVANNINI, 2009).

O mesmo fator ligado a absorção de nutrientes, atividade fotossintética e influência disto sobre o pH do vinho pode explicar o maior valor desta variável para o Paulsen 1103, bem como para a safra 2021, enquanto na safra 2020, de menor vigor, o pH dos vinhos foi menor.

Rizzon; Miele (2006) observam o pH foi mais elevado em safra onde houve excesso hídrico na fase de maturação e de colheita da uva, além de elevada produtividade dos vinhedos, para a cultivar Isabel.

A baixa carga de frutos combinado com o excesso de crescimento vegetativo, bem como o excesso de carga de frutos e alta competição por fotoassimilados, reduziu a acidez titulável dos vinhos, principalmente no primeiro caso. O Paulsen 1103 origina vinhos mais ácidos em comparação ao 3309 Couderc (MIELLE; RIZZON, 2017; MIELLE; RIZZON, 2019a; MIELLE; RIZZON, 2019c).

Diferente do visto na acidez do mosto, a safra 2019 e 2021 não mantiveram a acidez, reduzindo os níveis, sendo que a safra 2019 resultou em uma acidez menor em relação as outras safras. Nestas duas safras, devido a maior precipitação e absorção de nutrientes, inclusive o potássio, pode ter favorecido a precipitação do ácido tartárico na forma de bitartarato de potássio durante a vinificação (CHAVARRIA *et al.*, 2011).

Refletindo o padrão visto no teor de sólidos solúveis, que tem um comportamento similar a acidez titulável, o teor alcoólico decresce com altas cargas de produção ou o excesso de crescimento vegetativo.

O equilíbrio entre a carga da cultura e a área foliar fotossintética é um fator determinante, que afeta amplamente a produtividade e a qualidade dos frutos na maioria das

cultivares de *Vitis vinifera* L., que subsequentemente influenciam a qualidade final do vinho (GUTIÉRREZ-GAMBOA *et al.*, 2019; ARRILLAGA *et al.*, 2021).

O Paulsen 1103 origina vinhos de menor teor alcoólico em comparação ao 3309 Couderc (MIELLE; RIZZON, 2017; MIELLE; RIZZON, 2019a; MIELLE; RIZZON, 2019c). O excesso de chuva reduziu o teor alcoólico dos vinhos, enquanto a menor precipitação da safra 2020 resultou em maiores teores alcoólicos observados.

O maior crescimento vegetativo em relação a produção de cachos, que tem seu efeito mais pronunciado nos níveis de 50 e 125 gemas planta⁻¹, diminuiu a intensidade de cor dos vinhos.

A intensidade de cor do vinho tem alta correlação com o teor alcoólico dos vinhos, pelo fato da estabilidade química do vinho que melhora com o maior teor alcoólico, bem como os fatores que aumentam o teor alcoólico, que foram a maior produção de carboidratos pelo 3309 Couderc, e a menor precipitação, como na safra 2020, favorecem a produção dos compostos que influenciam na cor do vinho.

A maior incidência de luz nos cachos favorece a produção de pigmentos e copigmentos do vinho que estabilizam e aumentam a cor (PÖTTER *et al.*, 2010; ALLEBRANDT *et al.*, 2020).

A tonalidade de cor dos diminuiu com o aumento da carga de gemas na poda de frutificação. Além do efeito negativo do excesso de vigor vegetativo nos níveis de menor carga de gemas na poda na produção de fotoassimilados e maior nível de pH do vinho, os maiores níveis de carga de gemas estão associados a maiores níveis de antocianinas totais, que será abordado adiante.

Würz *et al.* (2019a) não observaram efeito dos diferentes níveis de carga de gemas intensidade e tonalidade da cor dos extratos obtidos das cascas da Cabernet Franc em um sistema de condução espaldeira.

De maneira similar, o 3309 Couderc também teve um impacto positivo para o vinho, diminuindo a tonalidade da cor, bem como o efeito da safra de 2020, pelos mesmos fatores que melhoraram a intensidade de cor e o teor alcoólico. Estes fatores também impactaram positivamente o extrato seco dos vinhos, aumentando o seu teor nos vinhos. A presença dos ácidos orgânicos, açúcares redutores, polissacarídeos, pectinas e elementos minerais aumenta o extrato seco, isto estando relacionado a estes fatores climáticos e de porta-enxerto (MENEGUZZO *et al.*, 2006).

A maturação deficiente da uva, causada especialmente por motivos climáticos, elevada fertilidade do solo e alta produtividade do vinhedo, diminuiu os sólidos solúveis dos mostos e,

consequentemente, o teor de extrato dos vinhos (MENEGUZZO *et al.*, 2006). Além do efeito do porta-enxerto e safra, o nível de 50 gemas planta⁻¹ reduziu o extrato seco em relação ao nível de 100 gemas planta⁻¹.

O aumento da competição por nutrientes causado pelo nível de 150 gemas planta⁻¹, o menor vigor e eficiência na absorção de nutrientes do 3309 Couderc, e o excesso de chuva ocorrido na safra de 2019, causaram o decréscimo do teor de cinzas do vinho.

O aumento do nível de carga de gemas aumentou o teor de antocianinas e polifenóis totais nos vinhos. Estas variáveis estão correlacionadas negativamente ao comprimento médio dos sarmentos, e correlacionada positivamente a área foliar. Como o sistema em Y permite uma melhor iluminação dos cachos, o efeito do aumento do dossel vegetativo não comprometeu os teores de antocianinas totais e polifenóis totais (SUN *et al.*, 2012; CAMPOS *et al.*, 2016; WÜRZ *et al.*, 2019c).

Em estudo similar, Würz *et al.* (2019a) não observaram efeito dos diferentes níveis de carga de gemas no conteúdo de polifenóis da uva Cabernet Franc em um sistema de condução espaldeira, apesar da correlação negativa entre o vigor vegetativo e o teor de compostos fenólicos do vinho. Em um estudo avaliando sistemas de condução, sistemas com maior dossel vegetativo aumentaram o teor de antocianinas, de maneira similar ao visto neste estudo (WÜRZ *et al.*, 2019c).

O Paulsen 1103 diminuiu o teor de antocianinas totais do vinho. O maior vigor vegetativo aumenta respiração, causando desequilíbrio entre fotossíntese e respiração. Plantas mais equilibradas acumulam nas bagas maiores quantidades de carboidratos, que são precursores das antocianinas (BRIGHENTI *et al.*, 2010).

Apesar disto, o efeito do porta-enxerto não foi significativo para o teor de polifenóis totais do vinho. Este resultado corrobora com o observado por Brighenti *et al.* (2011). O excesso de chuva da safra 2019 diminuiu significativamente os teores de antocianinas e polifenóis totais do vinho, ao passo que a safra de 2020, devido as suas características climáticas, resultou no maior teor destes compostos.

5.4 ASPECTOS ECONÔMICOS

O Paulsen 1103, devido ao seu maior vigor em relação ao 3309 Couderc, influenciou no incremento de todas as variáveis do aspecto econômico, com exceção a mão de obra, onde a maior produtividade deste porta-enxerto em relação ao 3309 Couderc, fez com que o Paulsen 1103 necessitasse de um menor tempo de manejo para a produção de uva.

De maneira geral, havendo algumas exceções, o aumento do nível de carga de gemas teve um aumento linear das variáveis tempo de poda, tempo de desfolha, tempo de condução dos ramos, tempo de colheita e manejo total do vinhedo. O comportamento inverso aconteceu para o tempo de desbrota.

Isto se dá pela correlação direta entre o número de gemas deixadas na poda e o tempo de poda; o número de ramos e área foliar total correlacionada ao tempo de desfolhas e condução dos ramos; a correlação entre o número de ramos e o número de cachos e produtividade, fazendo necessário um maior tempo de colheita. A soma de todos esses fatores resulta no maior tempo de manejo total do vinhedo. Würz *et al.* (2022) encontraram um resultado similar em seu estudo.

Quanto ao tempo de desfolha, o decréscimo no número de ramos que ocorre principalmente no nível de 150 gemas planta⁻¹, influenciou na ausência de diferença entre esse nível e o de 125 gemas planta⁻¹.

Já para o tempo de colheita, os níveis de 100 gemas planta⁻¹ e 125 gemas planta⁻¹ não diferiram. Isto pode estar relacionado a queda da fertilidade de gema com o aumento do nível de carga de gemas, não tornando linear a relação entre o número de ramos e número de cachos, devido ao efeito de acrotonia e dominância apical (WÜRZ *et al.*, 2020; TORREGROSA *et al.*, 2021), além da possibilidade de haver uma aproximação ao equilíbrio vegeto-produtivo pelo nível de 100 gemas planta⁻¹, resultando em uma maior produtividade (COLA *et al.*, 2014; CONIBERTI *et al.*, 2018).

O tempo de poda é influenciado pelo crescimento vegetativo da safra anterior, sendo que na safra 2019, com valor intermediário, as plantas tinham uma carga de gemas similar à do nível intermediário avaliado neste estudo. Esta safra, onde o comprimento do entrenó dos sarmentos e diâmetro do 1º nó do sarmento tiveram valores médios superiores as demais safras, podem ter resultado no menor tempo necessário para a poda na safra posterior.

A safra 2021 foi superior estatisticamente em relação à safra 2019, mas em termos práticos, a diferença não tem efeito significativo no manejo de poda do vinhedo, já que a diferença média é de 0,1 minuto.

As condições de safra não afetaram o tempo de desbrota, até pela rapidez desse manejo. Já o tempo de desfolha foi menor na safra 2020, podendo estar relacionado a menor área foliar causada pela menor precipitação observada nesta safra (ZAMORANO *et al.*, 2021).

A safra 2019 teve um menor tempo de colheita em relação as demais, isto estando ligado as condições favoráveis a doenças fúngicas, causando perda da produtividade e, por consequência, menor tempo de colheita.

O manejo total, sendo o somatório de todos os manejos, resultou na safra 2021 tendo o maior valor observado, tanto pela produtividade similar à de 2020 e o vigor vegetativo similar a safra de 2019, ou seja, ambos os aspectos resultaram na maior necessidade de manejo, enquanto a safra de 2020 tem um valor intermediário, principalmente pelo tempo de colheita, devido a produtividade observada nesta safra.

A menor produtividade observada na safra 2019 teve efeito direto na mão de obra, fazendo com que o valor desta variável seja maior nessa safra em relação as demais.

Apesar de serem informações de grande valia para o produtor e para a pesquisa científica, a literatura sobre estudos similares é escassa para a videira.

6 CONCLUSÃO

A utilização de um maior nível de carga de gemas na poda aumentou a produtividade da cultivar Cabernet Sauvignon sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc.

O nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou na maior produtividade para ambos os porta-enxertos, enquanto o Paulsen 1103 resultou na maior produtividade para estas condições. Entretanto, há a interação entre a safra, o porta-enxerto utilizado e o nível de carga de gemas, exigindo que sempre se observe as condições para a tomada de decisão na escolha do nível de carga de gemas.

O aumento do número de gemas deixadas na poda de frutificação aumentou o tempo necessário para o manejo da videira. O nível de 150 gemas planta⁻¹ resultou no maior tempo necessário para realizar os manejos da videira, bem como a utilização do porta-enxerto Paulsen 1103.

A utilização de um maior nível de carga de gemas na poda de frutificação não proporcionou uma melhora no equilíbrio vegeto-produtivo da videira, sobre ambos os porta-enxertos. Há a interação entre os fatores, bem como há impacto sobre a relação área foliar/produção.

Neste estudo, a safra teve maior influência sobre o equilíbrio vegeto-produtivo da videira do que o porta-enxerto e os níveis de carga de gemas, sendo que anos de menor pluviosidade proporcionam a melhora dos aspectos de rendimento da videira. Entretanto, tanto o índice Ravaz quanto a relação área foliar/produção tem valores que denotam o excesso de crescimento vegetativo da videira nas condições do estudo.

O nível de carga de gemas, o porta-enxerto e principalmente a safra interferem nos índices de maturação tecnológica, havendo a interação entre eles. De maneira geral, o excesso

de carga ou um baixo número de folhas, resultam em valores mais distantes dos desejados para vinificação. Em todos os níveis de carga de gemas, a quantia de sólidos solúveis foram abaixo do desejado.

Há uma interação entre o porta-enxerto, os níveis de carga de gemas na poda e a safra sobre a composição química dos vinhos. Há um maior efeito da safra sobre esses aspectos em comparação ao nível de carga de gemas na poda e o porta-enxerto. O aumento do nível de carga de gemas resultou em um maior conteúdo de compostos fenólicos e antocianinas nos vinhos.

Maiores níveis da carga de gemas na poda de frutificação da cultivar Cabernet Sauvignon, sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e 3309 Couderc, não afetaram os aspectos químicos e fenólicos dos vinhos produzidos.

Não há ganho em qualidade enológica, ou seja, impacto significativo nos teores de pH, aumento dos sólidos solúveis e acidez titulável das uvas, bem como no teor alcoólico, composição fenólica e coloração nos vinhos produzidos sob níveis de 50 e 75 gemas planta⁻¹. Sendo assim, não há compensação pela qualidade em diminuir a produção, além do aumento do desequilíbrio vegeto-produtivo da Cabernet Sauvignon enxertada sobre o Paulsen 1103 e o 3309 Couderc na região de elevada altitude de Santa Catarina, devido ao excesso de vigor vegetativo.

Apesar do aumento do tempo de manejo, o ganho em produtividade tem compensação econômica para o produtor. Bem como o Paulsen 1103, pela sua produtividade e maior resiliência perante o stress hídrico, tem compensação pelo maior crescimento vegetativo.

São necessários mais estudos analisando se a utilização de maiores níveis de carga de gemas mantém a produtividade e a qualidade enológica das uvas e dos vinhos. A parte fisiológica da planta, principalmente a fertilidade de gemas é um ponto que necessita atenção e cuidado do produtor, já que o nível de 150 gemas planta⁻¹ causou uma redução significativa da fertilidade de gemas.

Entretanto, é importante salientar que a utilização de maiores níveis de carga de gemas na poda em relação ao normalmente praticado na região, aumenta a produtividade e a rentabilidade do produtor, não prejudicando a qualidade dos vinhos. Sendo assim, em condições similares a do estudo, sugere-se que o produtor trabalhe com níveis de carga de 100 gemas planta⁻¹ ou níveis superiores.

O objetivo deste estudo não é fornecer um número fixo de gemas para serem deixados na poda, já que isso dependerá do tempo para a realização desse manejo e das condições do vinhedo do produtor, mas mostrar o efeito de utilizar uma baixa ou uma alta carga de gemas, sendo que nas condições deste estudo, deixar uma carga de gemas alta teve um impacto positivo

na rentabilidade do produtor. Deve-se levar em consideração a safra, a incidência de doenças, a nutrição das plantas, a disponibilidade de mão de obra do produtor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGATI, G.; AZZARELLO, E.; POLLASTRI, S.; TATTINI, M. Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. **Plant Science**, v. 196, p. 67-76, November 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2012.07.014>

AGNEW, R.; TROUGHT, M. C. T.; GREVEN, M.; BRADY, J. **The impact of site selection and vine management on Sauvignon blanc fruit and vine development within Marlborough**. Wine growing for the future: sixth international cool climate symposium for viticulture & oenology. 6–10 February 2006; Christchurch, New Zealand (New Zealand Society for Viticulture and Oenology: Hevelock North, New Zealand) p. 41, 2006.

AHMAD, W.; JUNAID, M.; NAFEEES, M.; FAROOQ, M.; SALEE, B. A. Effect of pruning severity on growth behavior of spur and bunch morphology of grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v. 6, n. 1, p. 160-161, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Basharat-Saleem/publication/242161881_Effect_of_Pruning_Severity_on_Growth_Behavior_of_Spur_and_Bunch_Morphology_of_Grapes_Vitis_vinifera_L_Cv_Perlette/links/00463529cd45ea68ef000000/Effect-of-Pruning-Severity-on-Growth-Behavior-of-Spur-and-Bunch-Morphology-of-Grapes-Vitis-vinifera-L-Cv-Perlette.pdf

AL-SAIF, A. M.; FAHMY, M. A.; BAGHDADY, G. A.; EL-RAZIK, A. M. A.; KABSHA, E. A.; FAROUK, M. H.; HAMDY, A. E. The Impact of Bud Load on Berry Quality, Yield, and Cluster Compactness in H4 Strain Grapevines. **Agronomy**, v. 13, n. 9, p. 2431, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy13092431>

ALAM, M. A.; SUBHAN, N.; HOSSAIN, H.; HOSSAIN, M.; REZA, H. M.; RAHMAN, M. M.; ULLAH, M. O. Hydroxycinnamic acid derivatives: a potential class of natural compounds for the management of lipid metabolism and obesity. **Nutrition & Metabolism**, v. 13, n. 7, p. 1-13, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12986-016-0080-3>

ALEM, H., TORREGROSA, L.; RIGOU, P.; SCHNEIDER, R.; OJEDA, H. Effect of the plant sink/source balance on the metabolic content of the *Vitis vinifera* L. red grape. **European**

Journal of Agronomy, v. 122, p. 126168, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126168>

ALLEBRANDT, R. MARCON FILHO, J. L.; DE BEM, B. P.; WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Fenologia da variedade Merlot produzida sobre três porta-enxertos em elevadas altitudes de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 7, p. 36-46, 2015.

ALLEBRANDT, R. MARCON FILHO, J. L.; WÜRZ, D. A.; DE BEM, B. P.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Pruning methods on the yield performance and oenological potential of 'Nebbiolo' grapevine. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.11, p.1017-1022, nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017001100007>

ALLEBRANDT, R.; MOREIRA, M. A.; MARCON FILHO, J. L.; WÜRZ, D. A.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L.; CANOSSA, A. T. Efeito do porta-enxerto sobre a concentração de compostos fenólicos em vinhos Cabernet Sauvignon e Merlot. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n.4, p. 399-406, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711942020399>

ALLEGRO, G.; PASTORE, C.; VALENTINI, G.; FILIPPETTI, I. Effects of delayed winter pruning on vine performance and grape composition in cv. Merlot. **BIO Web of Conferences**, v. 13, e04003, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191304003>

ALLEGRO, G.; PASTORE, C.; VALENTINI, G.; FILIPPETTI, I. The Evolution of Phenolic Compounds in *Vitis vinifera* L. Red Berries during Ripening: Analysis and Role on Wine Sensory—A Review. **Agronomy**, v. 11, n. 5, p. 999, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050999>

AMORIM, D. A. DE; REGINA, M. de A.; FÁVERO, A. C.; MOTA, R. V.; PEREIRA, G. E. Elaboração de vinho tinto fino. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v.27, n.234, p.65-76, set./oul. 2006.

AN, S. H.; CHOI, G. S.; AHN, J. H. Biosynthesis of fraxetin from three different substrates using engineered *Escherichia coli*. **Applied Biological Chemistry**, v. 63, n. 1, p. 1-6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00543-9>

ANDI, S.A.; GHOLAMI, M.; FORD, C. M., MASKANI, F. The effect of light, phenylalanine and methyl jasmonate, alone or in combination, on growth and secondary metabolism in cell suspension cultures of *Vitis vinifera*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 199, p. 111625, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.111625>

ANDI, S. A.; GHOLAMI, M.; FORD, C. M.; MASKANI, F. Impact of light irradiance on the biosynthesis of ABA-elicited phenolic compounds in suspension-cultured *Vitis vinifera* L. cells. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 146, p. 387-400, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02077-4>

ANDZEIEWSKI, S.; OLIVEIRA, D. C.; BERNARDI, D.; BOTTON, M. Resistance of Grapevine Genotypes (*Vitis* spp.) to *Daktulosphaira vitifoliae* (Hemiptera: Phylloxeridae) in Brazil: Implications for Pest Management. **Environmental Entomology**, v. 51, n. 6, p. 1166-1171, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/nvac074>

ANTOLÍN, M. C.; TOLEDO, M.; PASCUAL, I.; IRIGOYEN, J. J.; GOICOECHEA, N. The Exploitation of Local *Vitis vinifera* L. Biodiversity as a Valuable Tool to Cope with Climate Change Maintaining Berry Quality. **Plants**, v. 10, n. 1, e71, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10010071>

ANZANELLO, R.; DE CHRISTO, M. C. Temperatura base inferior, soma térmica e fenologia de cultivares de videira e quivizeiro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 3, p. 313-322, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711832019313>

ANZANELLO, R.; FIALHO, F. B.; DOS SANTOS, H. P. Chilling requirements and dormancy evolution in grapevine buds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 364-371, Jul/Aug. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542018424014618>

ARNOLD, C.; SCHNITZLER, A. Ecology and Genetics of Natural Populations of North American *Vitis* Species Used as Rootstocks in European Grapevine Breeding Programs *Front. Frontiers in plant science*, v. 11, p. 866, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00866>

ARORA, V.; SHARMA, NA.; TARIQUE, M.; VYAS, G.; SHARMA, R. B. An Overview of Flavonoids: A Diverse Group of Bioactive Phytoconstituents. *Current Traditional Medicine*, v. 9, n. 3, p. 1-12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2174/2215083808666220321150234>

ARRILLAGA, L.; ECHEVERRÍA, G.; IZQUIERDO, B.; REY, J. J.; PALLANTE, A.; FERRER, M. Response of Tannat (*Vitis vinifera* L.) to pre-flowering leaf removal in a humid climate. *OENO One*, v. 55, n.2, p. 251–266, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4613>

ARRIZABALAGA-ARRIAZU, M.; MORALES, F.; IRIGOYEN, J. J.; HILBERT, G.; PASCUAL, I. Growth and physiology of four *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo clones under future warming and water deficit regimes. *Australian journal of grape and wine research*, v. 27, n. 3, p. 295-307, July 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12494>

ARU, V.; NITTNAUS, A. P.; SØRENSEN, K. M.; ENGELSEN, S. B.; TOLDAM-ANDERSEN, T. B. Effects of Water Stress, Defoliation and Crop Thinning on *Vitis vinifera* L. cv. Solaris: Part I: Plant Responses, Fruit Development and Fruit Quality. *Metabolites*, v. 12, n. 4, p. 363, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo12040363>

ATES, F.; KAYA, O. The Relationship Between Iron and Nitrogen Concentrations Based On Kjeldahl Method and SPAD-502 Readings in Grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. 'Sultana Seedless'). *Erwerbs-Obstbau*, v. 63, n. 1, p. 53-59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00580-8>

BABEȘ, A.; CĂLUGĂR, A.; POP, E. A.; ARTEM, V.; RANCA, A. Effect of vine pruning level and maceration period on the quality of red wines (*Vitis vinifera* L. Cv. Cabernet sauvignon). *Agricultura*, v. 113, n. 1 - 2, p. 32-39, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15835/agrisp.v113i1-2.13789>

BARROSO, E. G.; ARAÚJO, C. W.; DE MENDONÇA, C. E. A. Os benefícios dos flavonoides do vinho tinto e do suco de uva tinto para a prevenção de doenças cardiovasculares: uma revisão de literatura. **Revista Eletrônica da Estácio Recife**, v. 8, n. 1, 2022.

BATISTA, Â. G.; DA SILVA-MAIA, J. K.; MARÓSTICA JR., M. R. Generation and alterations of bioactive organosulfur and phenolic compounds. *In: RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; AMAYA-FARFAN, J. Chemical Changes during Processing and Storage of Foods.* Academic Press, 2021. p. 537-577. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817380-0.00011-7>

BENISMAIL, M. C.; BENNAOUAR, M.; ELMRIBTI, A. Effect of Bud Load and Canopy Managemant on Growth and Yield Components of Grape cv. ‘Cardinal’ under mild climatic conditions of Agadir Are of Morocco. **Acta Horticulturae**, v. 754, p. 197-204, 2007.

BERES, C.; COSTA, G. N. S.; CABEZUDO, I.; DA SILVA-JAMES, N. K.; TELES, A. S. C.; CRUZ, A. P. G.; MELLINGER-SILVA, C.; TONON, R. V.; CABRAL, L. M. C.; FREITAS, S. P. Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. **Waste management**, v. 68, p. 581-594, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.017>

BERLAND, H.; ALBERT, N. W.; STAVLAND, A.; JORDHEIM, M.; MCGHIE, T. K.; ZHOU, Y.; ZHANG, H.; DEROLES, S. C.; SCHWINN, K. E.; JORDAN, B. R.; DAVIES, K. M.; ANDERSEN, Ø. M. Auronidins are a previously unreported class of flavonoid pigments that challenges when anthocyanin biosynthesis evolved in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 40, p. 20232-20239, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1912741116>

BEZERRA, J. D. C.; FRANÇA, S. A.; DO NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S.; DE CASTRO, F. M., DA SILVA, N. V.; BARBOSA, S. N. Biossíntese de lignina em plantas submetidas ao déficit hídrico. **Pubvet**, v. 14, p. 132, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n9a653.1-14>

BIMPILAS, A.; PANAGOPOULOU, M.; TSIMOGIANNIS, D.; OREOPOULOU, V. Anthocyanin copigmentation and color of wine: The effect of naturally obtained

hydroxycinnamic acids as cofactors. **Food Chemistry**, v. 197, p. 39–46, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.095>

BIMPILAS, A.; TSIMOGIANNIS, D.; BALTA-BROUMA, K.; LYMPEROPOULOU, T.; OREOPOULOU, V. Evolution of phenolic compounds and metal content of wine during alcoholic fermentation and storage. *Food Chemistry*, V. 178, p. 164-171, July 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.090>

BLANCQUAERTI, E. H.; OBERHOLSTER, A. J.; RICARDO-DA-SILVA, M.; DELOIRE, A. J. Effects of abiotic factors on phenolic compounds in the Grape Nerry - a review. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 40, n. 1, p. 1-14, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79042019000100012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 30 janeiro 2023.

BLANK, M.; SAMER, S; STOLL, M. Grapevine rootstock genotypes influences berry and wine phenolic composition (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir). **OENO One**, v. 56, n. 1, p. 133-144, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.1.4459>

BONTPART, T.; MARLIN, T.; VIALET, S.; GUIRAUD, J. L.; PINASSEAU, L.; MEUDEC, E.; SOMMERER, N.; CHEYNIER, V.; TERRIER, N. Two shikimate dehydrogenases, *VvSDH3* and *VvSDH4*, are involved in gallic acid biosynthesis in grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 11, p. 3537–3550, May 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw184>

BORDIGA, M.; LORENZO, C.; PARDO, F.; SALINAS, M.R.; TRAVAGLIA, F.; ARLORIO, M.; COÏSSON, J.D.; GARDE-CERDÁN, T. Factors influencing the formation of histaminol, hydroxytyrosol, tyrosol, and tryptophol in wine: Temperature, alcoholic degree, and amino acids concentration. **Food Chemistry**, v. 197, p. 1038–1045, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.112>

BORGHEZAN, M. Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: Revisão. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 32, n.2, p. 126-141, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1051/ctv/20173202126>

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F. A.; DA SILVA, A. L. Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de variedades de videira à campo (*Vitis vinifera* L.). **Ciência e Técnica Vitivinícola**, Dois Portos, v. 25, n. 1, p. 1-7, 2010.

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F.A.; DA 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, Brasília, abril, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400009>

BORGHEZAN, M.; VILLAR, L.; DA SILVA, T. C.; CANTON, M.; GUERRA, M. P.; CAMPOS, C. G. M. Phenology and Vegetative Growth in a New Production Region of Grapevines: Case Study in São Joaquim, Santa Catarina, Southern Brazil. **Open Journal of Ecology**, v. 4, p. 321-335, maio, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4236/oje.2014.46030>

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M. Fertilidade de Gemas de Videira: Fisiologia e fatores envolvidos. **Ambiência**, v. 2, p. 129-144, 2006.

BOZZOLO, A.; THOMAS, A. L.; JACKIE L. HARRIS, J. L.; LIU, C.; KWASNIEWSKI, M.; STRIEGLER, R. K. Performance of ‘Chambourcin’ Winegrape on 10 Different Root Systems in Southern Missouri, USA. **HortTechnology**, v. 33, n. 3, p. 253-261, 2023.

BRASIL. **Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014**. Regulamenta a Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8198.htm>. Acesso em: 1 jan. 2023.

BRASIL. **Instrução normativa nº 14, de 08 de fevereiro de 2018**. Complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho e Derivados da Uva e do Vinho, na forma desta Instrução Normativa e do seu Anexo. Publicado em 09 de março de 2018a. Diário Oficial da União, v. 9, p. 4-6.

BRASIL. **Instrução normativa nº 48, de 31 de agosto de 2018.** A Instrução Normativa nº14, de 8 de fevereiro de 2018, passa a vigor com as seguintes alterações. Publicado em 06 de setembro de 2018b. Diário Oficial da União, edição 173, seção 1, página 15.

BRASIL. **Instrução normativa nº 49, DE 4 DE NOVEMBRO DE 2011.** Estabelece as Práticas Enológicas Lícitas para a elaboração de vinho e mosto de uva e para a uva destinada à industrialização. Publicado em 07 de novembro de 2011. Diário Oficial da União.

BRASIL. **Lei nº 7.678/1988, de 08 de novembro de 1988.** Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/17678.htm>. Acesso em: 1 jan. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.970/2004, de 12 de novembro de 2004.** Altera dispositivos da Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.970.htm>. Acesso em: 1 jan. 2023.

BRIGHENTI, A. F.; BRIGHENTI, E.; BONIN, V.; RUFATO, L. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.7, p.1162-1167, jul, 2013a.

BRIGHENTI, A.F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A. MADEIRA, F. C. Desponte dos ramos da videira e seu efeito na qualidade dos frutos de ‘merlot’ sobre os porta-enxertos ‘paulsen 1103’ e ‘couderc 3309’. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 1, p. 019-026, março, 2010.

BRIGHENTI, A.F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A. SCHLEMPER, C. Desempenho vitivinícola da Cabernet Sauvignon sobre diferentes porta-enxertos em região de altitude de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 1, p. 096-102, Março 2011.

BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A.; WÜRZ, D. A.; DUARTE, A. E.; BRIGHENTI, E. Effect of Different Rootstocks on Productivity and Quality of ‘Cabernet Sauvignon’ Grapevine Produced in High Altitude Regions of Santa Catarina State, Brazil. *Acta horticulturae*, v. 931, p. 379-384, 2012. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.931.44

BRIGHENTI, A. F.; CIPRIANI, R.; MALINOVSKI, L. I.; VANDERLINDE, G.; ALLEBRANDT, R.; FELDBERG, N. P.; SILVA, A. L. Ecophysiology of three Italian cultivars subjected to two pruning methods in Santa Catarina, Brazil. *In: IX International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology 1157*. p. 381-388, 2013b.

BRIGHENTI, A. F.; DA 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, vol. 49, n.6, p.465-474, 2014.

BRIGHENTI, A. F.; BRIGHENTI, E.; PASA, M.S. Vitivinicultura de altitude: realidade e perspectivas. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.29, supl., p.140-146, 2016.

BRIGHENTI, A. F.; VANDERLINDE, G.; SOUZA, E. L. de; FELDBERG, N. P. de; BRIGHENTI, E.; DA SILVA, A. L. Variedades e Porta-enxertos. *In: RUFATO, L.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; BOGO, A.; KRETZSCHMAR, A. A. A Cultura da Videira: Vitivinicultura de Altitude*. Florianópolis: UDESC, 2021. 577 p.

BRIGHENTI, E.; TONIETTO, J. **O clima de São Joaquim para a viticultura de vinhos finos: classificação pelo sistema CCM Geovitícola**. 2004.

BRILLANTE, L.; MARTÍNEZ-LUSCHER, J.; YU, R.; PLANK, C. M.; SANCHEZ, L.; BATES, T. L.; BRENNEMAN, C.; OBERHOLSTER, A.; KURTURAL, S. K. Assessing spatial variability of grape skin flavonoids at the vineyard scale based on plant water status mapping. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, p. 5255–5265, 2017.

BRITO, P. L.; NEVES, N. de A.; VALENTE, M. E. R.; PANTOJA, L.; DOS SANTOS, A. S. Diagnóstico da qualidade química de vinhos produzidos na região Sul do estado de Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e3479119763-e3479119763, 2020.

BRUNETTI, C.; SEBASTIANI, F.; TATTINI, M. Review: ABA, flavonols, and the evolvability of land plants. **Plant Science**, v. 280, p. 448-454, March 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.12.010>

BUBOLA, M.; RUSJAN, D.; LUKIĆ, I. Crop level vs. leaf removal: Effects on Istrian Malvasia wine aroma and phenolic acids composition. **Food Chemistry**, v. 312, p. 126046, May 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126046>

BUESA, I.; PÉREZ, D.; CASTEL, J.; INTRIGLIOLO, D. S.; CASTEL, J. R. Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Alexandria. **Aust. J. Grape Wine Res.**, v. 23, p. 251-259, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12280>

CALIARI, V.; DE SOUZA, A. L. K.; DE SOUZA, E. L.; MUNIZ, J. N. In: PORRO, D.; STEFANINI, M. **Tecnologias para o desenvolvimento da vitivinicultura de Santa Catarina**: relatório das atividades desenvolvidas. Trento: Provincia autonoma di Trento, 2016.

CALIARI, V.; ZANUS, M. C. Caracterização sensorial dos vinhos finos tranquilos e espumantes de regiões de altitudes de Santa Catarina. In: PANDOLFO, C.; VIANNA, L. F. de N. (org.). **Vinhos de Altitude de Santa Catarina**: Caracterização da região produtora, indicadores e instrumentos para proposição de uma indicação geográfica. Florianópolis: Epagri, 2020. 181-192 p.

CALIARI, V. Enologia. In: RUFATO, L.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; BOGO, A.; KRETZSCHMAR, A. A. **A Cultura da Videira**: Vitivinicultura de Altitude. Florianópolis: UDESC, 2021. 577 p.

CALLILI, D.; SÁNCHEZ, C. A. P. C.; CAMPOS, O. P.; CARNEIRO, D. C. DOS S.; SCUDELETTI, A. C. B.; TECCHIO, M. A. Fenologia, demanda térmica e evolução da maturação da uva ‘BRS Vitória’ cultivada sobre diferentes porta-enxertos em condições subtropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 45, p. e-999, 2023.

CAMPOS, C. G. C.; MALINOVSKI, L. I.; VIEIRA, H. J.; SILVA, A. L. D. Global solar radiation interception by grapevines trained to a vertical trellis system. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 38, n. 3, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452016689>

CANAS, S. Phenolic Composition and Related Properties of Aged Wine Spirits: Influence of Barrel Characteristics. A Review. **Beverages**, v. 3, n. 4, p. 55, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages3040055>

CAPPELLO, F. P.; SPÓSITO, M. B.; OSAKI, M. Production costs and profitability of ‘Niagara Rosada’ table grape grown in different regions of São Paulo state. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. e-774, 2017.

CARDOSO, A.D. **O vinho, da uva a garrafa**, 2007 Editora Âncora; isbn:9789727802081 Portugal 424 p.

CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; DOS SANTOS, H. P.; MANDELLI, F. Padrões de interceptação de radiação solar em vinhedos com e sem cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 161-171, 2010.

CASTALDO, L.; NARVÁEZ, A.; IZZO, L.; GRAZIANI, G.; GASPARI, A.; DI MINNO, G.; RITIENI, A. Red Wine Consumption and Cardiovascular Health. **Molecules**, v. 24, n. 19, p. 3626, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24193626>

CASTAÑEDA, C. S.; ALMANZA-MERCHÁN, P. J.; PINZÓN, E. H.; CELY-REYES, G. E.; SERRANO-CELY, P. A. Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 2, p. 329-337, 2018.

CASTILLO-MUÑOZ, N.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GARCÍA-ROMERO, E.; M.; GÓMEZ, V.; H. VELDEERS, A. H.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Flavonol 3-O-Glycosides Series of *Vitis vinifera* Cv. Petit Verdot Red Wine Grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2009, v. 57, n. 1, p. 209–219, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf802863g>

CASTILLO-MUÑOZ, N.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GARCÍA-ROMERO, E.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Flavonol profiles of *Vitis vinifera* white grape cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n.7, p. 699–705, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.03.017>

CEBRIÁN-TARANCÓN, C.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, R.; SALINAS, M. R.; ALONSO, G. L.; OLIVA, J.; ZALACAIN, A. Toasted vine-shoot chips as enological additive. **Food Chemistry**, v. 263, p. 96-103, October 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.105>

ÇELEBİ, H.; KAMILOĞLU, Ö. Effects of different numbers of buds per unit trunk cross-section area on growth, yield and quality in the ‘Prima’ grape (*Vitis vinifera* L.) Cultivar. **Pakistan Journal of Botany**, v. 55, n. 2, p. 739-748, 2023.

CHACÓN-VOZMEDIANO, J. L.; MARTÍNEZ-GASCUEÑA, J.; GARCÍA-NAVARRO, F. J.; JIMÉNEZ-BALLESTA, R. Effects of Water Stress on Vegetative Growth and ‘Merlot’ Grapevine Yield in a Semi-Arid Mediterranean Climate. **Horticulturae**, v. 6, n. 4, e95. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040095>

CHAVARRIA, G.; DOS SANTOS, H. P.; MANDELLI, F.; MARODIN, G. A. B.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S. Potencial produtivo de videiras cultivadas sob cobertura de plástico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, p. 141-147, 2009.

CHAVARRIA, G.; DOS SANTOS, H. P.; ZANUS, M. C.; MARODIN, G. A. B.; ZORZAN, C. Cobertura plástica sobre o vinhedo e suas influências nas características físico-químicas do mosto e do vinho. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 33, n. 3, Set 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000093>

CHITARRA, W.; PERRONE, I.; AVANZATO, C. G.; MINIO, A.; BOCCACCI, P.; SANTINI, D.; GILARDI, G.; SICILIANO, I.; GULLINO, M. L.; DELLEDONNE, M.; MANNINI, F.; GAMBINO, G. Grapevine grafting: Scion transcript profiling and defense-related metabolites induced by rootstocks. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 654, 2017.

CHOWANIAK, M.; RASHIDOV, N.; NIEMIEC, M.; GAMBUS, F.; LEPIARCZYK, A. The Impact of Training Systems on Productivity and GHG Emissions from Grapevines in the Sughd Region in Northern Tajikistan. **Agronomy** 2020, 10, 818.

CHRISTENSEN, L. P., LEAVITT, G. M., HIRSCHFELT, D. J. AND BIANCHI, M. L. The effects of pruning level and post-budbreak cane adjustment on Thompson Seedless raisin production and quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 45, p. 141-149, 1994.

CINCOTTA, F.; VERZERA, A.; PRESTIA, O.; TRIPODI, G.; LECHHAB, W.; SPARACIO, A.; CONDURSO, C. Influence of leaf removal on grape, wine and aroma compounds of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot under Mediterranean climate. **European Food Research and Technology**, v. 248, p. 403–413, 2022.

CLINGELEFFER, P. R. Influence of canopy management systems on vine productivity and fruit composition. *In: Recent Advances in Grapevine Canopy Management*. Davis: University of California. p.13-19. 2009.

CLINGELEFFER, P. R.; KERRIDGE, G. H.; RÜHL, E. H. Rootstock effects on growth and fruit composition of low-yielding winegrape cultivars grown in a hot Australian climate. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 28, n. 2, p. 242-254, 2022.

COLA, G.; MARIANI, L.; SALINARI, F.; CIVARDI, S.; BERNIZZONI, F.; GATTI, M.; PONI, S. Description and testing of a weather-based model for predicting phenology, canopy development and source–sink balance in *Vitis vinifera* L. cv. Barbera. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 184, p. 117-136, January 2014.

COLLINS, C.; WANG, X.; LESEFKO, S.; DE BEI, R.; FUENTES, S. Effects of canopy management practices on grapevine bud fruitfulness. **OENO One**, v. 54, n. 2, p. 313-325, 2020.

COMEXTAT/MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Exportação de vinhos, espumantes e suco de uva – mercado externo (litros). Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>> Acesso em 05 de Janeiro de 2023.

CONIBERTI, A.; FERRARI, V.; DISEGNA, E.; GARCIA PETILLO, M.; LAKSO, A. N. Under-trellis cover crop and planting density to achieve vine balance in a humid climate. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 65-74, January 2018.

CORDENTE, A. G.; ESPINASE NANDORFY, D.; SOLOMON, M.; SCHULKIN, A.; KOLOUCHOVA, R.; FRANCIS, I. L.; SCHMIDT, S. A. Aromatic Higher Alcohols in Wine: Implication on Aroma and Palate Attributes during Chardonnay Aging. **Molecules**, v. 26, n. 16, p. 4979, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26164979>

CORSO, M.; VANNOZZI, A.; ZILIOTTO, F.; ZOUINE, M.; MAZA, E.; NICOLATO, T.; VITULO, N.; MEGGIO, F.; VALLE, G.; BOUZAYEN, M.; MÜLLER, M.; MUNNÉ-BOSCH, S.; LUCCHIN, M.; BONGHI, C. Grapevine rootstocks differentially affect the rate of ripening and modulate auxin-related genes in cabernet sauvignon berries. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 69, 2016.

COVAS, M. I.; MIRÓ-CASAS, E.; FITÓ, M.; FARRÉ-ALBADALEJO, M.; GIMENO, E.; MARRUGAT, J.; DE LA TORRE, R. Bioavailability of tyrosol, an antioxidant phenolic compound present in wine and olive oil, in humans. **Drugs Under Experimental and Clinical Research**, v. 29, n.5-6, p.203-206, Jan 2003.

DA SILVA, L. C.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; BRIGHENTI, A. F.; SCHLEMPER, C. Níveis de produção em vinhedos de altitude da cv. Malbec e seus efeitos sobre os compostos fenólicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 675-680, 2008.

DA SILVA, L. C.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A.; MARCON FILHO, J. L. Raleio de cachos em vinhedos de altitude e qualidade do vinho da cultivar Syrah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 148-154, 2009.

DA SILVA, L. C. Balanço de Carboidratos da Videira. In: RUFATO, L.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; BOGO, A.; KRETZSCHMAR, A. A. **A Cultura da Videira: Vitivinicultura de Altitude**. Florianópolis: UDESC, 2021. 577 p.

DAI, Z. W.; VIVIN, P.; ROBERT, T.; MILIN, S.; LI, S. H.; GÉNARD, M. Model-based analysis of sugar accumulation in response to source–sink ratio and water supply in grape (*Vitis vinifera*) berries. *J*, v. 36, n.6, p. 527-540, 2009.

DAL MAGRO, L.; FOGAÇA, M. A. de F. Efeito dos diferentes tipos de poda seca na produção e na qualidade da uva Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n.7, p.28-34, 2015.

DALBÓ, M.; FELDBERG, N. Agronomic behavior of grape rootstocks resistant to young vine decline in Santa Catarina State, Brazil. *In: BIO web of conferences*. EDP Sciences, p. 01017, 2016.

DE BEM, B. P.; BOGO, A.; EVERHART, S.; CASA, R. T.; GONÇALVES, M. J.; MARCON FILHO, J. L.; DA CUNHA, I. C. Effect of Y-trellis and vertical shoot positioning training systems on downy mildew and botrytis bunch rot of grape in highlands of southern Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 185, p. 162-166, março 2015.

DE LIRA, M. M. C.; OLIVEIRA, L. D. DA S.; DO VALE, C. N. C.; LEÃO, P. C. DE S.; DE MOURA, M. S. B. Influência dos sistemas de condução no microclima da videira ‘Chenin blanc’. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, 2018.

DE LORENZIS, G.; SQUADRITO, M.; ROSSONI, M.; DI LORENZO, G. S.; BRANCADORO, L.; SCIENZA, A. Study of intra-varietal diversity in biotypes of Aglianico and Muscat of Alexandria (*Vitis vinifera* L.) cultivars. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 23, n. 1, p. 132-142, February 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12247>

DE MACEDO, T. A.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; DA SILVA, L. C.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Manejo do dossel vegetativo e qualidade físico-química dos cachos de ‘Sangiovese’ e ‘Tempranillo’ em região microclimática de altitude. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 2, p. 146-152, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/6052>. Acesso em: 7 janeiro. 2023.

DE REZENDE, Fernanda Mendes et al. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. In: HIDALGO, E. M. P. *et al.* **VI Botânica no Inverno 2016**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, 2016. 223 p.

DE ROSAS, I.; DEIS, L.; BALDO, Y.; CAVAGNARO, J.B.; CAVAGNARO, P.F. High Temperature Alters Anthocyanin Concentration and Composition in Grape Berries of Malbec, Merlot, and Pinot Noir in a Cultivar-Dependent Manner. **Plants**, v. 11, n. 7, p. 926, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11070926>

DEL-CASTILLO-ALONSO, M. Á.; MONFORTE, L.; TOMÁS-LAS-HERAS, R.; MARTÍNEZ-ABAIGAR, J.; NÚÑEZ-OLIVERA, E. Phenolic characteristics acquired by berry skins of *Vitis vinifera* cv. Tempranillo in response to close-to-ambient solar ultraviolet radiation are mostly reflected in the resulting wines. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, p. 401–409, 2020.

DE SOUZA, A. L. K.; CAMARGO, S. S.; EDSON LUIZ DE SOUZA, E. L.; FELDBERG, N. P.; BENDER, A. Influence of grafting production method on agronomic performance of wine grape varieties. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, n. 6, e-020, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452021020>

DEL-CASTILLO-ALONSO, M. Á.; MONFORTE, L.; TOMÁS-LAS-HERAS, R.; RANIERI, A.; CASTAGNA, A.; MARTÍNEZ-ABAIGAR, J.; NÚÑEZ-OLIVERA, E. Secondary metabolites and related genes in *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo grapes as influenced by ultraviolet radiation and berry development. **Physiologia Plantarum**, v. 173, n. 3, p. 709-724, 2021.

DELIĆ, M.; BEHMEN, F.; MATIJAŠEVIĆ, S.; MANDAL, Š.; HAMIDOVIĆ, S.; MURTIĆ, S. Influence of crop load on the yield and grape quality of Merlot and Vranac (*Vitis vinifera* L.) varieties in Trebinje vineyard. **Acta agriculturae Slovenica**, v. 117, n. 4, p. 1-7, 2021.

DESGAGNÉ-PENIX, I. Biosynthesis of alkaloids in Amaryllidaceae plants: a review. **Phytochemistry Reviews**, v. 20, p. 409-431, 2021.

DIAS, C.; DOMÍNGUEZ-PERLES, R.; AIRES, A.; TEIXEIRA, A.; ROSA, E.; BARROS, A.; SAAVEDRA, M. J. Phytochemistry and activity against digestive pathogens of grape (*Vitis vinifera* L.) stem's (poly) phenolic extracts. **LWT-Food science and technology**, v. 61, n. 1, p. 25-32, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.033>

DIMOPOULOU, M.; TROIANOU, V.; PARAMITHIOTIS, S.; PROKSENIA, N.; KOTSERIDIS, Y. Evaluation of malolactic starters in white and rosé winemaking of Moschofilero wines. **Applied Sciences**, v. 12, n. 11, ep. 5722, 2022.

DIXON, R.A. **The influence of vine vigour and crop load on Sauvignon blanc vine growth and fruit composition in Marlborough, New Zealand**. 2009 94p. (Thesis). Lincoln University, Canterbury, New Zealand, 2009.

DRY, N. **Grapevine Rootstocks: Selection and Management for South Australian Vineyard**. Adelaide: Lythrum Press, 2007. 85 p.

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 4, p. 140-148, 1998.

DOMINGOS, S.; NOBREGA, H.; RAPOSO, A.; CARDOSO, V.; SOARES, I.; RAMALHO, J. C.; LEITÃO, A. E.; OLIVEIRA, C. M.; GOULAO, L. F. Light management and gibberellic acid spraying as thinning methods in seedless table grapes (*Vitis vinifera* L.): Cultivar responses and effects on the fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 68–77, 2016.

DO NASCIMENTO, J. S.; CONCEIÇÃO, J. C. S.; SILVA, E. DE O. Biotransformation of Coumarins by Filamentous Fungi: An Alternative Way for Achievement of Bioactive Analogs. **Mini-Reviews in Organic Chemistry**, v. 16, n. 6, p. 568-577, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2174/1570193X15666180803094216>

DOS SANTOS, H. P. **Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 9 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 71).

DOS SANTOS, H. P. Aspecto ecofisiológico no manejo da videira ferramentas para o incremento da qualidade enológica. *In: SILVEIRA, S. V.; HOFFMAN, A.; GARRIDO, L. da R. Produção integrada de uva para processamento: implantação do vinhedo, cultivares e manejo da planta.* v. 3 2015. 72 p.

DOS SANTOS, K. C.; STEFFENS, C. A.; DO AMARANTE, C. V. T.; FENILI, C. L.; LUGARESI, A.; HEINZEN, A. S. Ecophysiology and Vegetative and Productive Behavior of 'Chardonnay' Vines under Protected Cultivation Systems in Serra Catarinense of Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 44, n. 2, p. 24-36, 2022.

DOS SANTOS, P. J. F. C.; CUNHA, H.; FRANCO-DUARTE, R. A enologia de leveduras não-*Saccharomyces*. **Vida Rural**, n. 1873, p. 40-44, 2022.

DUDLEY, J. I.; LEKLI, I.; MUKHERJEE, S.; DAS, M.; BERTELLI, A. A. A.; DAS, D. K. Does White Wine Qualify for French Paradox? Comparison of the Cardioprotective Effects of Red and White Wines and Their Constituents: Resveratrol, Tyrosol, and Hydroxytyrosol. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 56, n. 20, p. 9362–9373, September 2008. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf801791d>

ECHAVE, J.; BARRAL, M.; FRAGA-CORRAL, M.; PRIETO, M. A.; SIMAL-GANDARA, J. Bottle Aging and Storage of Wines: A Review. **Molecules**, v. 26, n.3, p. 713, 2021.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI)/ CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA (CEPA). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2019-2020**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2020. 175 p.

EPEE, P. T. M.; SCHELEZKI, O. J.; PARKER, A. K.; TROUGHT, M. C. T.; WERNER, A.; HOFMANN, R. W.; ALMOND, P.; FOURIE J. Characterizing retained dormant shoot attributes to support automated cane pruning on *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 28, n. 3, p. 508-520, 2022.

ESATBEYOGLU, T.; EWALD, P.; YASUI, Y.; YOKOKAWA, H.; WAGNER, E.A.; MATSUGO, S.; WINTERHALTER, P.; RIMBACH, G. Chemical characterization, free radical

scavenging, and cellular antioxidant and anti-inflammatory properties of a stilbenoid-rich root extract of *Vitis vinifera*. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2016, n. 11, p. 8591286, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/8591286>

ESPEJO, F. Role of commercial enzymes in wine production: A critical review of recent research. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 1, p. 9-21, 2021.

ESPARZA, I.; MOLER, J.A.; ARTETA, M.; JIMÉNEZ-MORENO, N.; ANCÍN-AZPILICUETA, C. Phenolic composition of grape stems from different Spanish varieties and vintages. **Biomolecules**, v. 11, n. 8, p. 1221, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11081221>

FALCÃO, L.D.; CHAVES, E.S.; BURIN, V.; FALCÃO, A.P.; GRIS, E.F.; BONIN, V.; BORDIGNON-LUIZ, M.T. Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v.35, n.3, p.271-282, 2008.

FAWZI, M. I. F.; HAGGAG, L. F.; SHAHIN, M. F. M.; MERWAD, M. A.; GENAIDY, E. A. E. Effect of Vine Bud Load on Bud Behavior, Yield, Fruit Quality and Wood Ripening of Superior Grape Cultivar. **Int. J. Agric. Technol.**, v. 11, p. 1275-1284, 2015.

FAWZI, M. I. F.; SHAHIN, M. F.M.; KANDIL, E. A. Effect of Bud Load on Bud behavior, yield, cluster characteristics and some biochemical contents of the cane of Crimsom Seedless grapevines. **Journal of American Science**, Marsland Press, v. 6, n. 12, p. 187-194, 2010.

FELIPPETO, J.; ALLEBRANDT, R.; CIOTTA, M. N. Maturação e composição das uvas Cabernet Sauvignon e Merlot produzidas na região de São Joaquim, SC. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.29, n.2, p.74-79, maio/ago. 2016.

FERNÁNDEZ-MAR, M. I.; MATEOS, R.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; PUERTAS, B.; CANTOS-VILLAR, E. Bioactive compounds in wine: Resveratrol, hydroxytyrosol and melatonin: A review. **Food Chemistry**, v. 130, n. 4, p.797–813, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.023>

FERREIRA, A.M.; MENDES-FAIA, A. The role of yeasts and lactic acid bacteria on the metabolism of organic acids during winemaking. **Foods**, v. 9, n. 9, ep. 1231, 2020.

FILIPPETTI, I.; ALLEGRO, G.; VALENTINI, G.; PASTORE, C.; COLUCCI, E.; INTRIERI, C. Influence of vigour on vine performance and berry composition of cv. Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). **OENO One**, v. 47, n. 1, p. 21-33, 2013.

FLAMINI, R.; MATTIVI, F.; ROSSO, M.D.; ARAPITSAS, P.; BAVARESCO, L. Advanced Knowledge of Three Important Classes of Grape Phenolics: Anthocyanins, Stilbenes and Flavonols. **International Journal of Molecular Science**, v. 14, n. 10, p. 19651-19669, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms141019651>

FOGAÇA, M. A. de F. Diferentes tipos de poda e aplicação de Cianamida Hidrogenada na produção da variedade Cabernet Sauvignon. **Revista Thema**, v. 21, n. 3, p. 678-687, 2022.

FREGONI, M. **Viticultura di qualità**. Lungodige Galtorossa: Informatore Agrário, 1998. 707p.

FRIEDMAN, M. Antibacterial, Antiviral, and Antifungal Properties of Wines and Winery Byproducts in Relation to Their Flavonoid Content. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 62, n. 26, p. 6025-6042, 2014.

GABASTON, J.; EMMA CANTOS-VILLAR, E.; BIAIS, B.; WAFFO-TEGUO, P.; RENOUF, E.; CORIO-COSTET, M. F.; RICHARD, T.; MÉRILLON, J. M. Stilbenes from *Vitis vinifera* L. waste: a sustainable tool for controlling *Plasmopara viticola*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 65, n. 13, p. 2711-2718, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00241>

GAMBETTA, J. M.; HOLZAPFEL, B. P.; STOLL, M.; FRIEDEL, M. Sunburn in grapes: A review. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 604691, January 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.604691>

GARAVANI, A.; CAPRI, C.; DEL ZOZZO, F.; DITI, I.; PONI, S.; GATTI, M. Relationship between intra-parcel variability and carbon allocation and sequestration in a mature Barbera (*Vitis vinifera* L.) vineyard ecosystem. **Scientia Horticulturae**, v. 309, ep. 111617, February 2023.

GARRIDO, J.; BORGES, F. Wine and grape polyphenols — A chemical perspective. **Food Research International**, v. 54, n.2, p. 1844–1858, 2013.

GATTI, M.; GARAVANI, A.; SQUERI, C.; CAPRI, C.; DITI, I.; D'AMBROSIO, R.; FRIONI, T.; SCOTTI, C.; PONI, S. Inter-row floor management is a powerful factor for optimising vine balance in a non-irrigated organic Barbera vineyard in northern Italy. **European Journal of Agronomy**, v. 136, p. 126490, May 2022.

GINSBURGH, V.; MONZAK, M.; MONZAK, A. Red wines of Medoc: What is wine tasting worth?. **Journal of Wine Economics**, v. 8, n. 2, p. 159-188, 2013.

GOLDAMMER, T. Grape grower's handbook. **A Guide to Viticulture for Wine Production**, 2015.

GONZÁLEZ, C. V.; JERÉZ, D. N.; JOFRÉA, M. F.; GUEVARA, A.; PRIETO, J.; MAZZA, C.; WILLIAMS, L. E.; GIORDANO, C. V. Blue light attenuation mediates morphological and architectural acclimation of *Vitis vinifera* cv. Malbec to shade and increases light capture. **Environmental and Experimental Botany**, v. 157, p. 112-120, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.09.023>

GOUFO, P.; SINGH, R. K.; CORTEZ, I. A Reference List of Phenolic Compounds (Including Stilbenes) in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Roots, Woods, Canes, Stems, and Leaves. **Antioxidants**, v. 9, n. 5, p. 398, 2020.

GOUOT, J. C.; SMITH, J. P.; HOLZAPFEL, B. P.; WALKER, A. R.; BARRIL, C. Grape berry flavonoids: a review of their biochemical responses to high and extreme high temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 70, n. 2, p. 397–423, January 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ery392>

GRAFF, E.; MONTAGUE, T.; KAR, S. Secondary Bud Growth and Fruitfulness of *Vitis Vinifera* L. 'Grenache' Grafted to Three Different Rootstocks and Grown within the Texas High Plains AVA. **International Journal of Fruit Science**. v.22, p. 64-77, Jan 2022.

GREER, D. H.; WESTON, C.; WEEDON, M. Shoot architecture, growth and development dynamics of *Vitis vinifera* cv. Semillon vines grown in an irrigated vineyard with and without shade covering. **Functional Plant Biology**, v. 37, p. 1061-1070, 2010.

GREVEN, M. M.; NEAL, S. M.; HALL, A. J.; BENNETT, J. S. Influence of retained node number on Sauvignon Blanc grapevine phenology in a cool climate. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 21, n. 2, p. 209-301, 2015.

GRIESSER, M.; WEINGART, G.; SCHOEDL-HUMMEL, K.; NEUMANN, N.; BECKER, M.; VARMUZA, K.; LIEBNER, F.; SCHUHMACHER, R.; FORNECK, A. Severe drought stress is affecting selected primary metabolites, polyphenols, and volatile metabolites in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. Pinot noir). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 88, p. 17-26, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.01.004>

GRIS, E. F.; MATTIVI, F.; FERREIRA, E. A.; VRHOVSEK, U.; WILHELM FILHO, D.; PEDROSA, R. C.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Stilbenes and Tyrosol as Target Compounds in the Assessment of Antioxidant and Hypolipidemic Activity of *Vitis vinifera* Red Wines from Southern Brazil. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.59, n. 14, p. 7954–7961, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf2008056>

GUERRERO, R. F.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; PUERTAS, B.; RICHARD, T.; CANTOS-VILLAR, E. Comparative analysis of stilbene concentration in grapevine shoots of thirteen *Vitis* during a three-year study. **Industrial Crops and Products**, v. 156, p. 112852, November 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112852>

GUIDONI, S.; FERRANDINO, A.; NOVELLO, V. Effects of Seasonal and Agronomical Practices on Skin Anthocyanin Profile of Nebbiolo Grapes. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 59, p. 22-29, March 2008. DOI: <https://doi.org/10.5344/ajev.2008.59.1.22>

GÜLER, E. Polyphenols, organic acids, and their relationships in red grapes of *Vitis vinifera* and *Isabella* (*Vitis labrusca*) under arid conditions. **European Food Research and Technology**, v. 249, p. 913-921, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04183-9>

GUERRINI, S.; MANGANI, S.; ROMBOLI, Y.; LUTI, S.; PAZZAGLI, L.; GRANCHI, L. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* Strains on Health-Promoting Compounds in Wine. **Fermentation**, v. 4, n. 2, p. 26, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation4020026>

GUTIÉRREZ-ESCOBAR, R.; ALIAÑO-GONZÁLEZ, M. J.; CANTOS-VILLAR, E. Wine Polyphenol Content and Its Influence on Wine Quality and Properties: A Review. **Molecules**, v. 26, n. 3, p. 718, 2021.

GUTIÉRREZ-GAMBOA, G.; DÍAZ-GALVÉZ, I.; VERDUGO-VÁSQUEZ, N.; MORENO-SIMUNOVIC, Y. Leaf-to-Fruit Ratios in *Vitis vinifera* L. cv. “Sauvignon Blanc”, “Carmenère”, “Cabernet Sauvignon”, and “Syrah” Growing in Maule Valley (Chile): Influence on Yield and Fruit Composition. **Agriculture**, v. 9, n. 8, p. 176, 2019.

HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. H. M. B.; NAHAR, K.; HOSSAIN, S.; AL MAHMUD, J.; HOSSEN, S.; MASUD, A. A. C.; MOUMITA; FUJITA, M. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, v. 8, n. 3, p. 31, 2018.

HERNANDES, J.L.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BLAIN, G.C.; ROLIM, G.S. Evaluation of vertical and “Y” training systems and overhead plastic cover on ‘Niagara Rosada’ Grape yield during summer and winter growing seasons. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 123-130, 2013.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MOURA, M. F. Vantagens e limites dos principais sistemas de condução de videiras utilizados no Brasil. **Visão agrícola**, nº 14, p. 22-27, junho, 2021.

HIDALGO, L. **Tratado de viticultura general**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 983p.

HOECKEL, P. H. de O.; FREITAS, C. A. de; FEISTEL, P. R. A política comercial brasileira e sua influência no setor vitivinícola. **Revista Perspectiva Econômica**. v.13, n.1, p.24-43, jan./jul. 2017.

HOWELL, G. Stanley. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 52, n. 3, p. 165-174, 2001.

HROBOŇOVÁ, K.; SÁDECKÁ, J. Coumarins content in wine: Application of HPLC, fluorescence spectrometry, and chemometric approach. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 1, p. 200-209, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04048-2>

HUNTER, J. J.; VOLSCHEK, C. G.; NOVELLO, V.; STREVER, A. E.; FOUCHE, G. W. Integrative Effects of Vine Water Relations and Grape Ripeness Level of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz/Richter 99. I. Physiological Changes and Vegetative-Reproductive Growth Balances. **S. Afr. J. Enol. Vitic.**, v. 35, n. 2, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> > Acesso em 06 de janeiro de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, Ministério da agricultura e pecuária (INMET). Dados histórico anuais, estações automáticas. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acesso em 01 de Janeiro de 2023.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE (OIV). **Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts Vol. 1 and 2 issue includes Resolution adopted in Sofia (Bulgaria)**. OIV, Paris, 2018. 770 p.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE (OIV). World Statistics. 2023. Disponível em: <<https://www.oiv.int/what-we-do/global-report?oiv>> Acesso em 5 de janeiro de 2023.

INTRIERI, C.; FILIPPETTI, I. **Innovations and outlook in grapevine training systems and mechanization in North–Central Italy**. In: American society for enology and viticulture annual meeting, v. 50. Seattle, WA. Proceedings... Seattle: The American Society for Enology and Viticulture, p. 170–184, 2000.

JACKSON, D. I.; STEANS, G. F.; HEMMINGS, P. C. Vine response to increased node numbers. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 35, n. 3, p. 161-163, 1984.

JACKSON, D.I.; LOMBARD, P.B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – a review. **American Journal of Enology and Viticulture, Davis**, v. 44, n. 4, p. 409-430, 1993.

JACKSON, R. S. **Wine Science: Principles and Applications**. 3rd ed. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press, 2008, 751 p.

JAMOVİ (Version 2.3) [Computer Software]. The jamovi project, 2023. Disponível em: <https://www.jamovi.org> Acesso em 02 jan 2023.

JEANDET, P. *et al.* Phytostilbenes as agrochemicals: Biosynthesis, bioactivity, metabolic engineering and biotechnology. **Natural product reports**, v. 38, n. 7, p. 1282-1329, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0NP00030B>

JESUS, S. V; MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 815-185, 2008.

JIAO, S.; ZENG, F.; HUANG, Y.; ZHANG, L.; MAO, J.; CHEN, B. Physiological, biochemical and molecular responses associated with drought tolerance in grafted grapevine. **BMC Plant Biology**, v. 23, n. 1, p. 1-18, 2023.

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, Davis**, v. 51, n. 3, p. 249-261, 2000.

KALKAN, N. N.; KARADOĞAN, B.; KADIOĞLU, Z.; ESMEK, Í.; ALBAYRAK, S.; KAYA, O. Response of Karaerik Grape Cultivar (*Vitis vinifera* L.) to Two Training Systems and Three Trunk Heights. **Erwerbs-Obstbau**, v. 64, n. Suppl 1, p. 119-127, 2022a.

KALKAN, N. N.; BOZKURT, A.; GECIM, T.; KARADOĞAN, B.; BAHAR, E.; KAYA, O. Influence of pruning severity in the table grape variety 'Karaerik' (*Vitis vinifera* L.). **Mitteilungen Klosterneuburg**, v. 72, n. 2, p. 137-145, 2022b.

KARIMI, R.; KOULIVAND, M.; OLLAT, N. Soluble sugars, phenolic acids and antioxidant capacity of grape berries as affected by iron and nitrogen. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 41, n. 7, p. 117, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2910-1>

KELLER, M. **The Science of Grapevines**. 3rd Ed., London: Elsevier Academic Press, 2020. p. 467.

KELLER, M., ROMERO, P., GOHIL, H., SMITHYMAN, R. P., RILEY, W. R., CASASSA, L. F.; HARBERTSON, J. F. Deficit irrigation alters grapevine growth, physiology, and fruit microclimate. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 67, p. 426–435, 2016.

KHAN, M. M.; AKRAM, M. T.; QADRI, R. W. K.; AL-YAHYAI, R. Role of Grapevine Rootstocks in Mitigating Environmental Stresses: A review. **Journal of Agricultural and Marine Sciences**, 2020, Volume 25, Issue 2.

KHAMIS, M. A.; ATAWIA, A. A. R.; EL-BADAWY, H. E. M.; ABD EL-SAMEA, A. A. M. Effect of Buds Load on Growth, Yield and Fruit Quality of Superior grapevines. **Middle East Journal of Agriculture Research**, v. 6, n. 1, p. 152-160, 2017.

KHATER, F.; FOURNAND, D.; VIALET, S.; MEUDEC, E.; CHEYNIER, V.; TERRIER, N. Identification and functional characterization of cDNAs coding for hydroxybenzoate/hydroxycinnamate glucosyltransferases co-expressed with genes related to proanthocyanidin biosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 3, p. 1201–1214, February 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/err340>

KIDMAN, C. M.; DRY, P. R.; MCCARTHY, M.G.; COLLINS, C. Reproductive performance of Cabernet Sauvignon and Merlot (*Vitis vinifera* L.) is affected when grafted to rootstocks. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 19, n. 3, p. 409-421, 2013.

KLIEWER, M. W.; 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.

KOCSIS, M.; ABRANKÓ, L.; AYAYDIN, F.; CSEPREGI, K.; PAPP, N.; TESZLÁK, P.; JAKAB, G. Main leaf polyphenolic components of berry color variant grapevines and their acclimative responses to sunlight exposure. **Applied Science**, v. 5, n.4, p. 1955–1969, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/app5041955>

KONG, J.; WU, J.; GUAN, L.; HILBERT, G.; DELROT, S.; FAN, P.; LIANG, Z.; WU, B.; MATUS, J. T.; GOMÈS, E.; DAI, Z. Metabolite analysis reveals distinct spatio-temporal accumulation of anthocyanins in two teinturier variants of cv. ‘Gamay’ grapevines (*Vitis vinifera* L.). **Planta**, v. 253, n. 84, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03613-4>

KÖSE, B.; KARABULUT, B.; CEYLAN, K. Effect of rootstock on grafted grapevine quality. **European Journal of Horticultural Science**, v. 79, n. 4, p. 197-202, 2014.

KOVALENKO, Y.; VANDERWEIDE, J.; TINDJAU, R.; ZANDBERG, W. F.; CASTELLARINV, S. D. Timing and severity of crop load management influences technological maturity, terpene synthase expression and free terpene accumulation in Gewürztraminer grapes (*Vitis vinifera* L.). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.28, n. 4, p. 638-650, October 2022.

KRAUS, C.; PENNINGTON, T.; HERZOG, K.; HECHT, A.; FISCHER, M.; VOEGELE, R. T.; HOFFMANN, C.; TÖPFER, R.; KICHERER, A. Effects of canopy architecture and microclimate on grapevine health in two training systems. **Vitis** 57, 53–60 (2018).

KURTURAL, S. K.; DAMI, I. E.; TAYLOR, B. H. Effects of pruning and cluster thinning on yield and fruit composition of ‘Chambourcin’ grapevines. **HortTechnology**, v. 16, n. 2, p. 233–240, 2006.

KYRALEOU, M.; KALLITHRAKA, S.; KOUNDOURAS, S.; CHIRA, K.; HAROUTOUNIAN, S.; SPINTHIROPOULOU, H.; KOTSERIDIS, Y. Effect of vine training system on the phenolic composition of red grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Xinomavro). **Oeno One**, v. 49, n. 1, p. 71-84, 2015.

LAKSO, A.N.; SACKS, G.L. Vine balance: What is it and how does it change over the season? In: **Recent Advances in Grapevine Canopy Management**. University of California,

Davis, p. 21 – 25. 2009.

LAVRENCIĆ, P.; PETERLUNGER, E.; SIVILOTTI, P. Water stress and root hydraulic conductivity in grapevine grafted on different rootstocks. *In: International Workshop on Advances in Grapevine and Wine Research* 754. 2005. p. 283-288.

LEÃO, P. C. S.; CHAVES, A. R. de M. Training systems and rootstocks on yield and agronomic performance of ‘Syrah’ grapevine in the Brazilian semiarid. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 2019.

LEÃO, P. C. S.; CHAVES, A. R. de M. Agronomic responses of grapevine ‘Chenin Blanc’ as a function of training systems and rootstocks. **Scientia Agricola**, v.78, n.1, e20180413, 2020.

LI, L.; ZHANG, M.; ZHANG, S.; CUI, Y.; SUN, B. Preparation and Antioxidant Activity of Ethyl-Linked Anthocyanin-Flavanol Pigments from Model Wine Solutions. **Molecules**, v. 23, n. 5, p. 1066, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23051066>

LIMA, A.; OLIVEIRA, C.; SANTOS, C.; CAMPOS, F. M.; COUTO, J. A. Phenolic composition of monovarietal red wines regarding volatile phenols and its precursors. **European Food Research and Technology**, v. 244, p. 1985–1994, June 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3110-8>

LIU, X.; JIA, B.; SUN, X.; AI, J.; WANG, L.; WANG, C.; ZHAO, F.; ZHAN, J.; HUANG, W. Effect of Initial PH on Growth Characteristics and Fermentation Properties of *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 4, p. 800–808, 2015.

LIU, X.; LE BOURVELLEC, C.; GUYOT, S.; RENARD, C. M. G. C. Reactivity of flavanols: Their fate in physical food processing and recent advances in their analysis by depolymerization. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 5, p. 4841-4880, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12797>

LÓPEZ-MIRANDA, S.; YUSTE, J.; LISSARRAGUE, J. R. Effects of bearing unit, spur or cane, on yield components and bud Productivity. **Vitis** 43 (1), 47-48, 2004.

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.

LOSSO, F. B.; PEREIRA, R. M. F. DO A. A vitivinicultura de altitude em Santa Catarina (Brasil): espaços privilegiados para o turismo. **Turismo & Sociedade**, Curitiba, vol. 7, n. 3, p. 418-445, julho de 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/tes.v7i3.38857>

LUBIN, B. C. R.; INBAR, N.; PINKUS, A.; STANEVSKY, M.; COHEN, J.; RAHIMI, O.; ANKER, Y.; SHOSEYOV, O.; DRORI, E. Ecogeographic Conditions Dramatically Affect Trans-Resveratrol and Other Major Phenolics' Levels in Wine at a Semi-Arid Area. **Plants**, v. 11, n.5, p. 629, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11050629>

MAFRA, S.H.; CASSOL, P.C.; MIQUELUTTI, D.J.; ERNANI, P.R.; GATIBONI, L.C.; FERREIRA, E.Z.; BARROS, M.; ZALAMENA, J.; GROHSKOPF, M.A. Atributos químicos do solo e estado nutricional de videira Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) na Serra Catarinense. **Revista Ciências Agroveterinárias**, v. 10, p. 44-53, 2011.

MAJNOONI, M. B.; FAKHRI, S.; SHOKOOHINIA, Y.; MOJARRAB, M.; KAZEMI-AFRAKOTI, M.; FARZAEI, M. H. Isofraxidin: Synthesis, biosynthesis, isolation, pharmacokinetic and pharmacological properties. **Molecules**, v. 25, n. 9, p. 2040, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25092040>

MARCHIOSI, R.; DOS SANTOS, W. D.; CONSTANTIN, R. P.; DE LIMA, R. B.; SOARES, A. R.; FINGER-TEIXEIRA, A.; MOTA, T. R.; DE OLIVEIRA, D. M.; FOLETTO-FELIPE, M. DE P.; ABRAHÃO, J.; FERRARESE-FILHO, O. Biosynthesis and metabolic actions of simple phenolic acids in plants. **Phytochemistry Reviews**, v. 19, p.865–906, June 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09689-2>

MALGARIM, M. B.; AINOVICZ, A. P.; EULEUTERIO, M. D.; PIERIN, F. F.; DIAS, J. S.; SOZIM, M. Diferentes tipos de poda na produção da videira cv. Bordô. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, s. 1, p. 1203-1206, 2009.

MALOHLAVA, I. T. C.; SIMON, S.; VANDERLINDE, G.; BRIGHENTI, A. F.; MALINOVSKI, L. I.; MUNHOZ, B.; BRIGHENTI, E.; SILVA, A. L. Ecophysiology of 'Cabernet Sauvignon' and 'Merlot' grown at different altitudes in Santa Catarina State, Brazil. *In: X International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology 1188*, p. 197-204, 2016.

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. *In: XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): IV* 1115. p. 203-210, 2014.

MALINOVSKI, L.I.; VIEIRA, H. J.; CAMPOS, C. G. C.; STEFANINI, M.; SILVA, A. L. Climate and Phenology: Behavior of Autochthonous Italian Grapevine Varieties in the Uplands of Southern Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v.8, p.26-33, 2016.

MANDELLI, F.; MIELE, A. Poda. *In: CAMARGO, U.A.; MIELE, A.; GUERRA, C.C.; HICKEL, E.; MANDELLI, F.; MELO, G.W.; KUHN, G.B.; TONIETTO, J.; PROTAS, J.F.S.; MELLO, L.M.R.; GARRIDO, L.R.; BOTTON, M.; ZANUS, M.C.; SÔNEGO, O.R.; SORIA, S.J.; FAJARDO, T.V.M. Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. 2003. cap 6. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/index.htm>. Acesso em: 20 de mar. 2022.*

MANSOUR, G.; GHANEM, C.; MERCENARO, L.; NASSIF, N.; HASSOUN, G.; DEL CARO, A. Effects of altitude on the chemical composition of grapes and wine: a review. **OENO One**, v. 56, n. 1, p. 227-239, March 2022. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.1.4895>

MARCON FILHO, J. L. **Sistemas de condução na produção de uvas viníferas e composição química e aromática de vinhos da região de altitude de Santa Catarina**. Tese - (Doutorado em Produção vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016. 201 p.

MARCON FILHO, J. L.; SCHLEMPER, C.; DE MACEDO, T. A.; MENEGUZZI, A.; DE BEM, B. P.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Lyre and trellis training systems on the berry composition of 'Cabernet Sauvignon' in the Brazilian highlands. *In: IX International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology* **1157**. p. 417-422, 2013.

MARCON FILHO, J. L.; HIPÓLITO, J.S.; MACEDO, T. A.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva 'Cabernet Franc' em duas safras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.12, p.2150 - 2156, 2015.

MARCON FILHO, J. L.; RUFATO, L.; BOGO, A.; MACEDO, T. A.; WÜRZ, D. A.; KRETZSCHMAR, A. A. A Viticultural performance of Cabernet Sauvignon clones in highland region of southern Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 5: (e-483), 2019.

MARCON FILHO, J. L.; WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; ALLEBRANDT, R.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L. Agronomic performance of 'Sauvignon Blanc' variety trained in Y-trellis and vertical shoot position trellis in a high-altitude region of southern Brazil. **Ciência e Técnica Vitivinícola**. v. 35, n. 2, p. 167–175, 2020.

MARIN, A. C.; STOCKER, P.; CHINNICI, F.; CASSIEN, M.; THÉTIOT-LAURENT, S.; VIDAL, N.; RIPONI, C.; ROBILLARD, B.; CULCASI, M.; PIETRI, S. Inhibitory effect of fungoid chitosan in the generation of aldehydes relevant to photooxidative decay in a sulphite-free white wine. **Food Chemistry**, v. 350, p. 129222, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129222>

MARTIN, L.; VILA, H.; BOTTINI, R.; BERLI, F. Rootstocks increase grapevine tolerance to NaCl through ion compartmentalization and exclusion. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 42, p. 1-11, 2020.

MARTÍNEZ-LÜSCHER, J.; KURTURAL, S. K. Same season and carry-over effects of source-sink adjustments on grapevine yields and non-structural carbohydrates. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 695319, 2021.

MATTIOLI, R.; FRANCIOSO, A.; MOSCA, L.; SILVA, P. Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. **Molecules**, v. 25, n. 17, p. 3809, 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>

MELLO, L.M.R.; MACHADO, C.A.E. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2019**. Comunicado Técnico 214, Embrapa Uva e Vinho, 21 p. Julho 2020.

MENDONÇA, T. D. R.; MOTA, R. V. D.; SOUZA, C. R. D.; DIAS, F. A. N.; PIMENTEL, R. M. D. A.; REGINA, M. D. A. Manejo da poda da videira Chardonnay em região de altitude no Sudeste Brasileiro. **Bragantia**, v. 75, p. 57-62, 2016.

MENEGUZZI, A.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A. F.; WÜRZ, D. A.; RUFATO, L.; DA SILVA, A. L. Fertility of buds and pruning recommendation of different grapevine varieties grown in altitude regions of Santa Catarina State, Brazil. *Revista Ceres*, v. 67, n. 1, p. 30-34, 2020. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202067010005>

MIELE, A.; RIZZON, L.A. Intensidades da poda seca e do desbaste de cacho na composição da uva Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, p. 1081-1092, 2013.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Rootstock-scion interaction: 1. Effect on the yield components of Cabernet Sauvignon grapevine. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, 2017.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Rootstock-scion interaction: 2. Effect on the composition of Cabernet Sauvignon grape must. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, 2017b.

MIELE, A. Rootstock-scion interaction: 6. Phenology, chilling and heat requirements of Cabernet Sauvignon grapevine. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, 2019.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Rootstock-scion interaction: 3. Effect on the composition of Cabernet Sauvignon wine. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, 2019a.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Rootstock-scion interaction: 4. Effect on the sensory characteristics of Cabernet Sauvignon wine. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, 2019b.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Rootstock-scion interaction: 5. Effect on the evolution of Cabernet Sauvignon grape ripening. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, 2019c.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; GIOVANNINI, E. Efeito do porta-enxerto no teor de nutrientes em tecidos da videira "cabernet sauvignon". **Rev. Bras. Frutic.**, v. 31, n. 4, Dez 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000400031>

MIELE, A.; MANDELLI, F. **Poda seca**. In: Uva para processamento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/uva-para-processamento/producao/tratos-culturais/poda-seca>> Acesso em 05 de jan. 2023.

MIGICOVSKY, Z.; QUIGLEY, M. Y.; MULLINS, J.; ALI, T.; SWIFT, J. F.; AGASAVEERAN, A. R.; DOUGHERTY, J. D.; GRANT, B. M.; KORKMAZ, I.; MALPEDDI, M. R.; MCNICHOL, E. L.; SHARP, A. W.; HARRIS, J. L.; HOPKINS, D. R.; JORDAN, L. M.; KWASNIEWSKI, M. T.; STRIEGLER, R. K.; DOWTIN, A. L.; STOTTS, S.; COUSINS, P.; CHITWOOD, D. H. X-ray imaging of 30 year old wine grape wood reveals cumulative impacts of rootstocks on scion secondary growth and Ravaz index. **Horticulture Research**, v. 10, n. 1, p. 226, January 2023.

MAS, A.; GUILLAMON, J. M.; TORIJA, M. J.; BELTRAN, G.; CEREZO, A. B.; TRONCOSO, A. M.; GARCIA-PARRILLA, M. C. Bioactive Compounds Derived from the Yeast Metabolism of Aromatic Amino Acids during Alcoholic Fermentation. **BioMed Research International**, v. 2014, p. 1–7, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/898045>

MINNAAR, P.; VAN DER RIJST, M.; HUNTER, J. J. Grapevine row orientation, vintage, and grape ripeness effect on anthocyanins, flavan-3-ols, flavonols and phenolic acids: I. **Vitis vinifera** L. cv. Syrah grapes. **OENO One**, v. 56, n. 1, p. 275-293, 2022.

MINUSSI, R.; ROSSI, M.; BOLOGNA, L.; CORDI, L.; ROTILIO, D.; PASTORE, G. M.; DURÁN, N. Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines. **Food**

Chemistry, v. 82, n. 3, p. 409-416, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00590-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00590-3)

MNICH, E. *et al.* Phenolic cross-links: building and de-constructing the plant cell wall. **Natural Product Reports**, v. 37, n. 7, p. 919-961, 2020.

MORATA, A.; GONZÁLEZ, C.; TEFAYE, W.; LOIRA, I.; SUÁREZ-LEPE, J. A. Maceration and Fermentation: New Technologies to Increase Extraction. *In*: MORATA, A. **Red wine technology**. Academic Press, 2019. p. 35-49.

MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, C. **Wine Chemistry and Biochemistry**. 1 ed. Springer, 2009, 735p.

MUKHERJEE, S.; LEKLI, I.; GURUSAMY, N.; BERTELLI, A. A. A.; DAS, D. K. Expression of the longevity proteins by both red and white wines and their cardioprotective components, resveratrol, tyrosol, and hydroxytyrosol. *Free Radical Biology & Medicine*, v. 46, p. 573–578, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2008.11.005>

MUNHOZ, B. WELTER, J. F.; PESCADOR, R.; BRIGHENTI, A. F.; DA SILVA, A. L. Fertilidade e análise de reservas em gemas das videiras ‘Greco di Tufo’, ‘Coda di Volpe’ e ‘Viognier’ cultivadas em São Joaquim - Santa Catarina. **Agropecuaria Catarinense**, Florianópolis, v. 29, n. 1, p. 68-72, 2016.

MUÑIZ-CALVO, S.; BISQUERT, R.; PUIG, S.; GUILLAMÓN, J. M. Overproduction of hydroxytyrosol in *Saccharomyces cerevisiae* by heterologous overexpression of the *Escherichia coli* 4-hydroxyphenylacetate 3-monooxygenase. **Food chemistry**, v. 308, p. 125646, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125646>

NABAVI, S. M. *et al.* Flavonoid biosynthetic pathways in plants: Versatile targets for metabolic engineering. **Biotechnology Advances**, v. 38, p. 107316, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.11.005>

NARDELLO, I. C.; DE SOUZA, A. L. K.; CALIARI, V.; MALGARIM, M. B. Rootstock competition and planting spacing for cv. 'vermentino' in an altitude region of Santa Catarina. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 37, n. 2, p. 178-191, 2022.

NEMZER, B.; KALITA, D.; YASHIN, A. Y.; YASHIN, Y. I. Chemical Composition and Polyphenolic Compounds of Red Wines: Their Antioxidant Activities and Effects on Human Health—A Review. **Beverages**, v. 8, p. 1, 2022.

NIKOLAOU, N.; KOUKOURIKOU, M.; KARAGIANNIDIS, N. Effects of various rootstocks on xylem exudates cytokinin content, nutrient uptake and growth patterns of grapevine *Vitis vinifera* L. cv. Thompson seedless. **Agronomie**, v. 20, n. 4, p. 363-373, 2000. DOI: 10.1051/agro:2000133

NODARI, E. S.; FRANK, Z. Vinhos de Altitude no Estado de Santa Catarina: a afirmação de uma identidade. **Revista Tempo e Argumento**, Florianópolis, v. 11, n. 26, p. 183 - 200, jan./abr. 2019. Disponível em: <http://www.revistas.udesc.br/index.php/tempo/article/view/2175180311262019183>. Acesso em 10 de junho de 2020.

NOVIELLO, M.; CAPUTI, A.F.; SQUEO, G.; PARADISO, V. M.; GAMBACORTA, G.; CAPONIO, F. Vine Shoots as a Source of Trans-Resveratrol and ϵ -Viniferin: A Study of 23 Italian Varieties. **Foods**, v. 11, n. 4, p.553, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11040553>

NUZZO, V. Crop load effects on leaf area evolution and light interception in 'Montepulciano' grapevines (*Vitis vinifera* L.) trained to 'tendone' system. **Acta Horticulturae**, v. 652, 133-139, 2004. Doi: 10.17660/ActaHortic.2004.652.1510.17660/ActaHortic.2004.652.15

O'DANIEL, S.B.; ARCHBOLD, D. D.; KURTURAL, S. K. Effects of balanced pruning severity on Traminette (*Vitis* spp.) in a warm climate. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 63, n. 2, p. 284– 290, 2012.

OOSALO, A. A.; NASELI, F.; ALIREZALU, A.; DARVISHZADEH, R.; EBRAHIMI, S. N. Phenylalanine promotes phenolic compounds and quality of Qızıl Uzun grape (*Vitis vinifera*

L.) fruit by regulating expression patterns of PAL and CHS genes and modulating the antioxidant system. **Research Square**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1821067/v1>

ORLANDO, T. das G. S.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; SANTOS, A. O.; HERNANDES, J. L. Comportamento das cultivares Cabernet Sauvignon e Syrah em diferentes porta-enxertos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 749-755, maio/jun., 2008.

ORTEGA-FARIAS, S.; RIVEROS-BURGOS, C. Modeling phenology of four grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.) in Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 250, p. 38-44, 2019.

OSETTE-ALCARAZ, A.; BAUTISTA-ORTÍN, A. B.; ORTEGA-REGULES, A. E.; GÓMEZ-PLAZA, E. Combined use of pectolytic enzymes and ultrasounds for improving the extraction of phenolic compounds during vinification. **Food and Bioprocess Technology**, v. 12, p. 1330-1339, 2019.

PADILLA-GONZÁLEZ, G. F.; GROSSKOPF, E.; SADGROVE, N. J.; SIMMONDS, M. S. J. Chemical Diversity of Flavan-3-Ols in Grape Seeds: Modulating Factors and Quality Requirements. **Plants**, v. 11, n. 6, p. 809, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11060809>

PAGAY, V.; ZUFFEREY, V.; LAKSO, A. N. The influence of water stress on grapevine (*Vitis vinifera* L.) shoots in a cool, humid climate: growth, gas exchange and hydraulics. **Functional Plant Biology**, v. 43, n. 9, p. 827-837, 2016.

PAGAY, V.; FURLAN, T.S.; KIDMAN, C.M.; NAGAHATENNA, E. Long-term drought adaptation of unirrigated grapevines (*Vitis vinifera* L.). **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 34, p. 215–225, 2022.

PANCERI, C. P.; FAGHERAZZI, M. M.; CANOSSA, A. T.; MACHADO, B. D.; BRIGHENTI, A. F.; BRIGHENTI, E. Cordão esporonado x guyot: influência da intensidade de poda sobre os aspectos produtivos e qualitativos da uva chardonnay em região de altitude de Santa Catarina. **Congrega Urcamp**, vol. 15, nº15, 2018, p. 985-997.

PAPASTAMOULIS, Y.; RICHARD, T.; NASSRA, M.; BADO, A.; KRISA, S.; HARAKAT, D.; MONTI, J. P.; MÉRILLON, J. M.; WAFFO-TEGUO, P. Viniphenol A, a complex resveratrol hexamer from *Vitis vinifera* stalks: Structural elucidation and protective effects against amyloid- β -induced toxicity in PC12 cells. **Journal of Natural Products**, v. 77, n. 2, p. 213-217, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/np4005294>

PARAMITHIOTIS, S.; STASINO, V.; TZAMOURANI, A.; KOTSERIDIS, Y.; DIMOPOULOU, M. Malolactic Fermentation—Theoretical Advances and Practical Considerations. **Fermentation**, v. 8, n. 10, p. 521, 2022.

PASCUAL, G.; LÓPEZ, M. D.; VARGAS, M.; ARANDA, M.; CAÑUMIR, J. A. Next Generation Ingredients Based on Winemaking By-Products and an Approaching to Antiviral Properties. **Foods**, v. 11, n. 11, p. 1604, 2022.

PASTORE, C.; ZENONI, S.; TORNIELLI, G. B.; ALLEGRO, G.; DAL SANTO, S.; VALENTINI, G.; INTRIERI, C.; PEZZOTTI, M.; FILIPPETTI, I. Increasing the source/sink ratio in *Vitis vinifera* (cv Sangiovese) induces extensive transcriptome reprogramming and modifies berry ripening. **BMC Genomics**, v. 12, n. 631, p. 1-23, 2011.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; TECCHIO, M. A.; PEZZOPANE, J. R. M. Influência do sistema de condução no microclima, na produtividade e na qualidade de cachos da videira 'Niagara Rosada', em Jundiaí-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 313-317, 2007.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; BLAIN, G. C.; BARDIN-CAMPAROTTO, L. Produtividade e qualidade da 'Cabernet sauvignon' sustentada em espaldeira e manjedoura na forma de Y. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 806-810, Setembro, 2015.

PELLEGRINO, A.; CLINGELEFFER, P.; COOLEY, N. E.; WALKER, R. Management practices impact vine carbohydrate status to a greater extent than vine productivity. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2014.

PERDICARO, D. J.; LANZI, C. R.; FONTANA, A. R.; ANTONIOLLI, A. ; PICCOLI, P.; MIATELLO, R. M.; DIEZA, E. R.; VAZQUEZ PRIETO, M. A. Grape pomace reduced

reperfusion arrhythmias in rats with a high-fat-fructose diet. **Food & function**, v. 8, n. 10, p. 3501-3509, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1039/c7FO01062A>

PÉREZ-NAVARRO, J.; IZQUIERDO-CAÑAS, P. M.; MENA-MORALES, A.; MARTÍNEZ-GASCUEÑA, J.; CHACÓN-VOZMEDIANO, J. L.; ESTEBAN GARCÍA-ROMERO, E.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; GÓMEZ-ALONSO, S. Genotypic variation in phenolic composition of novel white grape genotypes (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 102, p. 103987, September 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103987>

PETERSON, J. C. D.; WALKER, M. Andrew. Influence of grapevine rootstock on scion development and initiation of senescence. **Catalyst: Discovery into Practice**, v. 1, n. 2, p. 48-54, 2017.

PHANSALKAR, R. S.; NAM, J. W.; LEME-KRAUS, A. A.; GAN, L. S.; ZHOU, B.; MCALPINE, J. B.; CHEN, S. N.; BEDRAN-RUSSO, A. K.; PAULI, G. F. Proanthocyanidin Dimers and Trimers from *Vitis vinifera* Provide Diverse Structural Motifs for the Evaluation of Dentin Biomodification. **Journal of Natural Products**, v. 82, n. 9, p. 2387–2399, August 2019. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.8b00953>

PIVA, G. G.; CASALTA, E.; LEGRAS, J. L.; TESNIÈRE, C.; SABLAYROLLES, J. M.; FERREIRA, D.; ORTIZ-JULIEN, A.; GALEOTE, V.; MOURET, J. R. Characterization and Role of Sterols in *Saccharomyces cerevisiae* during White Wine Alcoholic Fermentation. **Fermentation**, v. 8, n.2, p. 90, 2022.

PLAVŠIĆ, I.; LIŠOV, N.; GAJEVIĆ, S.; IGNJATOVIĆ, I. S.; PETROVIĆ, A. Comparison of different extraction methods for quantification of individual phenolic compounds in wine by liquid chromatography. In: KOVACEVIC, D. **Proceedings of the XIII International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2022”**, Onlajn izd. - El. Zbornik, Sarajevo, p. 541-544, 2022.

PONGRACZ, D. P. **Rootstocks for Grape-vines**. 1983.

PONI, S.; GATTI, M.; PALLIOTTI, A.; DAI, Z.; DUCHENE, E.; TRUONG, T. T.; FERRARA, G.; MATARRESE, A. M. S.; GALLOTTA, A.; BELLINCONTRO, A.; MENCARELLI, F.; TOMBESI, S. Grapevine quality: A multiple choice issue. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 445-462, 2018.

PORGALI, E.; BÜYÜKTUNCEL, E. Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of native red wines by high performance liquid chromatography and spectrophotometric methods. **Food Research International**, v. 45, n. 1, p. 145-154, 2012.

PORRO, D.; STEFANINI, M.; VOLTOLINI, M J. Descrição das 36 variedades viníferas avaliadas em Regiões de Altitude de Santa Catarina - Projeto Trento, SC. In: PALLADINI, L. A.; BRIGHENTI, A. F.; DE SOUZA, A. L. K.; DA SILVA, A. L. **Potencial de variedades de uvas viníferas nas regiões de altitude de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2021. 212p.

PÖTTER, G. H.; DAUDT, C. E.; BRACKAMNN, A.; LEITE, T. T.; PENNA, N. G. Desfolha parcial em videiras e seus efeitos em uvas e vinhos Cabernet Sauvignon da região da Campanha do Rio Grande do Sul, Brasil. **Cienc. Rural**, v. 40, n. 9, Set 2010 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000900025>

POTTER, R. O.; DE CARVALHO, A. P.; FLORES, C. A.; BOLOGNA, I. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 42, Rio de Janeiro, 2004.

POU, A.; RIVACOBÁ, L.; PORTU, J.; MAIRATA, A.; LABARGA, D.; GARCÍA-ESCUADERO, E.; MARTÍN, I. How Rootstocks Impact the Scion Vigour and Vine Performance of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 2022, ID 9871347, 2022.

PUELLES, M.; BALDA, P.; LABARGA, D.; MAIRATA, A.; GARCÍA-ESCUADERO, E.; GUADALUPE, Z.; AYESTARÁN, B.; POU, A. Utilization of Vertical Cordon System to Improve Source-Sink Balance and Wine Aroma under Water Shortage Conditions of Maturana Blanca. **Agronomy**, v. 12, n. 6, p. 1373, 2022.

RAVAZ, L. **Sur la brunissure de lavigne**. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, v. 136, n. 1, p. 1276-1278. 1911.

REBOLLO-ROMERO, I.; Edwin Fernández-Cruz, Fernando Carrasco-Galán, Eva Valero, Emma Cantos-Villar, Ana B. Cerezo, Ana M. Troncoso, M. Carmen GarciaParrilla Factors influencing the production of the antioxidant hydroxytyrosol during alcoholic fermentation: Yeast strain, initial tyrosine concentration and initial must. **Lwt**, v. 130, p. 109631, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109631>

RENOUF, V.; TREGOAT, O.; ROBY, J-P.; VAN LEEUWEN, C. Soils, rootstocks and grapevine varieties in prestigious Bordeaux vineyards and their impact on yield and quality. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Talence, v.44, n.3, p.127-134, 2010.

RIAZ, S.; PAP, D.; URETSKY, J.; LAUCOU, V.; BOURSIQUOT, J M.; KOCSIS, L.; WALKER, M. A. Genetic diversity and parentage analysis of grape rootstocks. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 132, p. 1847-1860, 2019.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Traité d'oenologie**. 2. Chimie du vin: stabilisation et traitements. Paris: Dunod, 1998. v.2. 519p.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÉCHE, B.; LONVAUD, A. **Handbook of Enology**: Volume 1: the microbiology of wine and vinifications. 2ed. Wiley & Sons, 2006. 481p.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology, volume 2**: The chemistry of wine stabilization and treatments. John Wiley & Sons, 3 ed. 2021. 560 p.

RIHAK, Z.; PRUSOVA, B.; PROKES, K.; BARON, M. The Effect of Different Fining Treatments on Phenolic and Aroma Composition of Grape Musts and Wines. **Fermentation**, v. 8, n. 12, p. 737, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation8120737>

RINALDO, A. R.; CAVALLINI, E.; JIA, Y.; MOSS, S. M.; MCDAVID, D. A.; HOOPER, L. C.; ROBINSON, S. P.; TORNIELLI, G. B.; ZENONI, S.; FORD, C. M.; BOSS, P. K.; WALKER, A. R. A grapevine anthocyanin acyltransferase, transcriptionally regulated by VvMYBA, can produce most acylated anthocyanins present in grape skins. **Plant physiology**, v. 169, n.3, p. 1897-1916, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.15.01255>

RISTIC, R.; ILAND, P. G. Relationships between seed and berry development of *Vitis vinifera* L. cv Shiraz: developmental changes in seed morphology and phenolic composition **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 11, n.1, p. 1-16, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00278.x>

RIZZON, L. A. Análises clássicas dos vinhos. In: RIZZON, L. A. **Metodologia para análise do vinho**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2010. 126 p.

RIZZON, L. A.; DALL'AGNOL, I. **Vinho Tinto**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2007. 50 p.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 192-198, Aug. 2002.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Efeito da safra vitícola na composição da uva, do mosto e do vinho Isabel da Serra Gaúcha, Brasil. **Cienc. Rural**, v. 36, n. 3, Jun 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000300036>

ROMBOLI, Y.; MANGANI, S.; BUSCIONI, G.; GRANCHI, L.; VINCENZINI, M. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida zemplinina* on quercetin, vitisin A and hydroxytyrosol contents in Sangiovese wines. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 31, p. 1137–1145, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-015-1863-9>

ROSA, A. M.; PESCADOR, R.; DA SILVA, A. L.; BRIGHENTI, A. F.; BRUNETTO, G. Fertilidade e reservas de carbono e nitrogênio em gemas de sarmentos das viníferas 'Cabernet Sauvignon' e 'Nebbiolo'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 576-584, 2014.

ROSÁRIA, M.; OLIVEIRA, M.; CORREIA, A. C.; JORDÃO, A. M. Impact of Cross-Flow and Membrane Plate Filtrations under Winery-Scale Conditions on Phenolic Composition, Chromatic Characteristics and Sensory Profile of Different Red Wines. **Processes**, v. 10, n. 2, p. 284, 2022.

ROUSSERIE, P.; RABOT, A.; GENY-DENIS, L. From Flavanols Biosynthesis to Wine Tannins: What Place for Grape Seeds? **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 67, n. 5, p. 1325–1343, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05768>

SÁENZ-NAVAJAS, M. P.; FERNÁNDEZ-ZURBANO, P.; FERREIRA, V. Contribution of Nonvolatile Composition to Wine Flavor. **Food Reviews International**, v. 28, n. 4, p. 389–411, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1080/87559129.2012.660717>

SÁEZ, V.; GAYOSO, C.; RIQUELME, S.; PÉREZ, J.; VERGARA, C.; MARDONES, C.; VON BAER, D. C18 core-shell column with in-series absorbance and fluorescence detection for simultaneous monitoring of changes in stilbenoid and proanthocyanidin concentrations during grape cane storage. **Journal of Chromatography B**, v. 1074–1075, p. 70–78, February 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2017.12.028>

SANCHEZ-RODRIGUEZ, L. A.; DIAS, C. T. S.; SPOSITO, M. B. Physiology and production of ‘Niagara Rosada’ grapevine in vertical shoot positioning and in Y-shaped training systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1948–1956, 2016.

SANCHEZ-RODRIGUEZ, L. A.; SPOSITO, M. B. Influence of the trellis/training system on the physiology and production of *Vitis labrusca* cv. Niagara Rosada in Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 109043, 2020.

SANTOS-BUELGA, C.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. M.; GONZÁLEZ-MANZANO, S. Phenolic Acids and Derivatives: Description, Sources, Properties, and Applications. In: CAROCHO, M.; HELENO, S. A.; BARROS, L. **Natural Secondary Metabolites: From Nature, Through Science, to Industry**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 37–72. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-18587-8_3

SARANRAJ, P.; SIVASAKTHIVELAN, P.; DENAYROLLES, M.; RAY, R. C. Lactic acid bacteria and malolactic fermentation in winemaking. *In*: RAY, R. C. **Lactic Acid Bacteria in Food Biotechnology**. Elsevier, 2022. p. 87-96.

SARTORI, L.; GAMBELLA, F. Comparison of mechanical and manual cane pruning operations on three varieties of grape (Cabernet Sauvignon, Merlot, and Prosecco) in Italy. **Transactions of the ASABE**, v. 57, n. 3, p. 701-707, 2014.

SCHNEIDER, K. **Características físico-químicas e dinâmica populacional de microrganismos autóctones durante a fermentação espontânea do mosto de Cabernet Sauvignon das regiões de altitude catarinenses**. Dissertação (Mestrado em Ecossistemas Agrícolas e Naturais), Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2022. 76p.

SCOTT, W. T., JR.; SMID, E. J.; NOTEBAART, R. A.; BLOCK, D. E. Curation and Analysis of a *Saccharomyces cerevisiae* Genome-Scale Metabolic Model for Predicting Production of Sensory Impact Molecules under Enological Conditions. **Processes**, v. 8, n.9, p. 1195, 2020. <https://doi.org/10.3390/pr8091195>

SCRIMGEOUR, N.; NORDESTGAARD, S.; LLOYD, N. D. R.; WILKES, E. N. Exploring the effect of elevated storage temperature on wine composition. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, The Australian Wine Research Institute: 60th Anniversary Issue, v. 21, n.1, p. 713-722, December 2015.

SÉFORA-SOUSA, M.; ANGELIS-PEREIRA, D. Mecanismos moleculares de ação anti-inflamatória e antioxidante de polifenóis de uvas e vinho tinto na aterosclerose. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 617-626, 2013.

SENTHILKUMAR, S.; VIJAYAKUMAR, R. M.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; DEVI, D. D. Effect of pruning severity on vegetative, physiological, yield and quality attributes in grape (*Vitis vinifera* L.): A Review. **Current Agriculture Research Journal**, v. 3, n. 1, p. 42, 2015.

SERRA, I.; STREVER, A.; MYBURGH, P. A.; DELOIRE, A. The interaction between rootstocks and cultivars (*Vitis vinifera* L.) to enhance drought tolerance in grapevine. **Australian Journal of grape and wine Research**, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2014.

SHAHIDI, F.; VAMADEVAN, V.; YOUNG OH, W. Y.; PENG, H. Phenolic compounds in agri-food by-products, their bioavailability and health effects. **Journal of Food Bioactives**, v. 5, p. 57–119, 2019.

SHAULIS, N.J.; OBERLE, G.D. Some effects of pruning severity and training on Fredonia and Concord grapes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 51, n. 1, p. 263–270, 1948.

SILVA, M. A.; JULIEN, M.; JOURDES, M.; TEISSEDRE, P. L. Impact of closures on wine post-bottling development: A review. **European Food Research and Technology**, v. 233, p. 905-914, 2011.

SINGH, P.; ARIF, Y.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. The role of quercetin in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 166, p. 10-19, September 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.05.023>

SIVILOTTI, A. P.; FALCHIA, R.; HERRERA, J. C.; ŠKVARČ, B.; BUTINAR, L.; LEMUT, M. S.; BUBOLAC, M.; SABBATINI, P.; LISJAKD, K.; VANZOD, A. Impact of Leaf Removal, Applied Before and After Flowering, on Anthocyanin, Tannin, and Methoxypyrazine Concentrations in ‘Merlot’ (*Vitis vinifera* L.) Grapes and Wines. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 64, n. 22, p. 4487–4496, 2016.

SIVILOTTI, A. P.; FALCHIA, R.; HERRERA, J. C.; ŠKVARČ, B.; BUTINAR, L.; LEMUT, M. S.; BUBOLAC, M.; SABBATINI, P.; LISJAKD, K.; VANZOD, A. Combined Effects of Early Season Leaf Removal and Climatic Conditions on Aroma Precursors in Sauvignon Blanc Grapes. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 65, n. 38, p. 8426–8434, 2017.

SIVILOTTI, A. P.; FALCHIA, R.; VANDERWEIDEB, J.; SABBATINI, P.; BUBOLAC, M.; VANZOD, A.; LISJAKD, K.; PETERLUNGERA, E.; HERRERA, J. C. Yield reduction through cluster or selective berry thinning similarly modulates anthocyanins and

proanthocyanidins composition in Refosco dal peduncolo rosso (*Vitis vinifera* L.) grapes. **Scientia Horticulturae**, v. 264, ep. 109166, April 2020.

SIMONETTI, G.; BRASILI, E.; PASQUA, G. Antifungal Activity of Phenolic and Polyphenolic Compounds from Different Matrices of *Vitis vinifera* L. against Human Pathogens. **Molecules**, v. 25, n. 16, p. 3748, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25163748>

SKALICKA-WOZNIAKA, K.; ORHANB, I. A. E.; CORDELLC, G.; NABAVIE, S. M.; BUDZYNSKA, B. Implication of coumarins towards central nervous system disorders. **Pharmacological Research**, v. 103, p.188–203, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2015.11.023>

SMART, R.; ROBINSON, M. Sunlight into wine. **A handbook for winegrape canopy management**. Winetitles: Adelaide, SA, Australia, 1991. 88 p.

SQUERI, C.; MIRAS-MORENO, B.; GATTI, M.; GARAVANI, A.; PONI, S.; LUCINI, L.; TREVISAN, M. Gas exchange, vine performance and modulation of secondary metabolism in *Vitis vinifera* L. cv Barbera following long-term nitrogen deficit. **Planta**, v. 253, n. 73, 2021.

SOUBEYRAND, E.; BASTEAU, C.; HILBERT, G.; VAN LEEUWEN, C.; DELROT, S.; GOMÈS, E. Nitrogen supply affects anthocyanin biosynthetic and regulatory genes in grapevine cv. Cabernet-Sauvignon berries. **Phytochemistry**, v. 103, p. 38–49, 2014.

SOUSA, F. M.; FERREIRA, R. J. R.; DE SÁ, S. V. M.; CUNHA, S. C. S.; FERNANDES, J. DE O. Novel Analytical Approach to Assess the Profile of Volatile Phenols in Portuguese Red Wines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 26, n. 1, p. 90-100, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12421>

SPRING, J. L.; ZUFFEREY, V.; VERDENAL, T.; VIRET, O. Influence of the rootstock on the behavior of Pi-not noir under the conditions of the central Valais. **Trends in Horticulture**, v. 2, n. 1, p. 25-35, 2019.

STAMATIADIS, S.; TASKOS, D.; TSADILUS, C.; CHRISTOFIDES, C.; TSADILA, E.; SCHLEPERS, J. S. Relation of ground sensor canopy reflectance to biomass production and grape color in two Merlot vineyards. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, p.415–422, 2006.

STROBL, M. Red Wine Bottling and Packaging. *In*: MORATA, A. **Red wine technology**. Academic Press, 2019. p. 323-339.

SUN, Y.; LIU, Q.; XI, B.; DAI, H. Study on the regulation of anthocyanin biosynthesis by exogenous abscisic acid in grapevine. **Scientia Horticulturae**, v. 250, p. 294–301, 2019.

SUO, H.; TIAN, R.; LI, J.; ZHANG, S.; CUI, Y.; LI, L.; SUN, B. Compositional characterization study on high-molecular-mass polymeric polyphenols in red wines by chemical degradation. **Food Research International**, v. 123, p. 440–449, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.056>

TANAKA, T.; IUCHI, A.; HARADA, H.; HASHIMOTO, S. Potential Beneficial Effects of Wine Flavonoids on Allergic Diseases. **Diseases**, v. 7, n. 1, p. 8, 2019

TANDONNET, J. P.; SOYER, J. P.; GAUDILLÈRE, J. P.; DECROOCQ, S.; BORDENAVE, L.; OLLATT, N. Long term effects of nitrogen and water supply on conferred vigour and yield by SO4 and Riparia Gloire de Montpellier rootstocks. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 42, n. 2, p. 89, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6^a ed. 2017.

TEDESCO, S.; FEVEREIRO, P.; KRAGLER, F.; PINA, A. Plant grafting and graft incompatibility: A review from the grapevine perspective. **Scientia Horticulturae**, v. 299, p. 111019, 2022.

TELLO, J.; IBÁÑEZ, M. J. Evaluation of indexes for the quantitative and objective estimation of grapevine bunch compactness. **Vitis**, v. 53, n.1, p. 9-16, 2014.

TEKER, T.; SOLTEKIN, O.; ALTINDIŞLI, A. Effects of extreme bud load and leaf removal treatments on leaf water potential, stomatal conductance and ripening of 'Sultana' (*Vitis vinifera* L.). In: **XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Viticulture: Primary Production and Processing 1276**. p. 205-212, 2018.

THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING. Disponível em: <https://www.r-project.org/> Acesso em 8 dezembro 2022.

TORREGROSA, L.; CARBONNEAU, A.; KELNER, J. J. The shoot system architecture of *Vitis vinifera* ssp. *Sativa*. **Scientia Horticulturae**, v. 288, p. 110404, October 2021.

TROUGHT, M. C. T.; BENNETT, J. **Influence of training system on Sauvignon blanc grapevine performance 2004–2009**. Report to New Zealand Winegrowers (New Zealand Winegrowers: Auckland, New Zealand), 2009.

TROUGHT, M. C. T.; NAYLOR, A. P.; FRAMPTON, C. Effect of row orientation, trellis type, shoot and bunch position on the variability of Sauvignon Blanc (*Vitis vinifera* L.) juice composition. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 23, n. 2, p. 240-250, June 2017.

TULADHAR, P.; SASIDHARAN, S.; SAUDAGAR, P. Role of phenols and polyphenols in plant defense response to biotic and abiotic stresses. In: JOGAIAH, S. **Biocontrol agents and secondary metabolites: Applications and Immunization for Plant Growth and Protection**. Woodhead Publishing, 2021. p. 419-441. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822919-4.00017-X>

TZACHRISTAS, A.; PASVANKA, K.; CALOKERINOS, A.; PROESTOS, C. Polyphenols: Natural Antioxidants to Be Used as a Quality Tool in Wine Authenticity. **Applied Sciences**, v. 10, n. 17, p. 5908, 2020.

TZACHRISTAS, A.; DASENAKI, M.; AALIZADEH, R.; THOMAIDIS, N. S.; PROESTOS, C. LC-MS based metabolomics for the authentication of selected Greek white wines. **Microchemical Journal**, v. 169, p. 106543, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106543>

UNTERKOFER, J.; MUHLACK, R. A.; JEFFERY, D. W. Processes and purposes of extraction of grape components during winemaking: current state and perspectives. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 104, p. 4737-4755, 2020.

URVIETA, R.; JONES, G.; BUSCEMA, F.; BOTTINI, R.; FONTANA, A. Terroir and vintage discrimination of Malbec wines based on phenolic composition across multiple sites in Mendoza, Argentina. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2021.

USHA, K.; SINGH, B. Effect of macro and micro-nutrient spray on fruit yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.) Cv. Perlette. **Acta Horticulturae**, v. 594, p. 197–202, 2002

VALÍN, M. I.; ARAÚJO-PAREDES, C.; MENDES, S.; DAFONTE, J.; ALONSO, J.; RODRIGUES, A. S.; CANCELA, J.J. Training systems evaluation of *Vitis vinifera* L. 'Alvarinho' (Vinhos Verdes PDO region) to physiological and productive parameters. In: **International Symposium on Precision Management of Orchards and Vineyards 1314**. 2019. p. 375-382

VASCONCELOS, M. C.; GREVEN, M.; WINEFIELD, C. S.; TROUGHT, M. C. T.; RAW, V. The flowering process of *Vitis vinifera*: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 60, n. 4, p. 411–434, 2009.

VERDENAL, T.; DIENES-NAGY, A.; SPANGENBERG, J. E.; ZUFFEREY, V.; SPRING, J. L.; VIRET, O.; MARIN-CARBONNE, J.; LEEUWEN, C. V. Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review. **OENO One**, v. 55, n. 1, p.1-43, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.1.3866>

VERMA, N.; SHUKLA, S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, n. 4, p. 105-113, December 2015.

VIANNA, L. F.; MASSIGNAN, A.M.; PANDOLFO, C.; DORTZBACH, V.F.V. Agronomic and edaphoclimatic characterization high altitude vineyards. **Revista Ciência Agroveterinárias**, Lages, v.15, p.215 - 226, 2016.

VIANNA, L. F. de N.; PANDOLFO, C.; MASSIGNAM, A. M.; DORTZBACH, D.; VIEIRA, V. F. Panorama da vitivinicultura de altitude em Santa Catarina de 2009 a 2019. *In*: PANDOLFO, C.; VIANNA, L. F. de N. (org.). **Vinhos de Altitude de Santa Catarina: Caracterização da região produtora, indicadores e instrumentos para proposição de uma indicação geográfica**. Florianópolis: Epagri, 2020. 17-26 p.

VISIOLI, F.; PANAITE, S.-A.; TOMÉ-CARNEIRO, J. Wine's Phenolic Compounds and Health: A Pythagorean View. **Molecules**, v. 25, n. 18, p. 4105, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25184105>

VERNHET, A. Red wine clarification and stabilization. *In*: MORATA, A. **Red wine technology**. Academic Press, 2019. p. 237-251.

VILLA, F.; SILVA, D. F.; MARTELO, R.; RITTER, G. Comportamento agronômico de cultivares de videiras finas em diferentes épocas de poda. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.7, n.3, p. 17-26, 2018

WAFFO-TÉGUO, P.; KRISA, S.; PAWLUS, A. D.; RICHARD, T.; MONTI, J. P.; MÉRILLON, J. M. Grapevine stilbenoids: Bioavailability and neuroprotection. *In*: RAMAWAT, K.; MÉRILLON, J. M. (eds). **Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes**. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 2275-2309, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_74

WANG, H. W.; SUN, K.; GUAN, Y. X.; QIU, M. H.; ZHANG, L.; DAI, C. C. Fungal endophyte *Phomopsis liquidambari* biodegrades soil resveratrol: a potential allelochemical in peanut monocropping systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 13, p. 5899-5909, October 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9865>

WANG, Y.; CHEN, W. K.; GAO, X. T.; HE, L.; YANG, X. H.; HE, F.; DUAN, C. Q.; WANG, J. Rootstock-mediated effects on Cabernet Sauvignon performance: Vine growth, berry ripening, flavonoids, and aromatic profiles. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 2, p. 401, 2019b.

WINKLER, A.J.; COOK, J.A.; KLIEWER, W.M.; LIDER, L.A. **General viticulture**. Berkeley: University of California, 1974. 710p.

WINSTEL, D.; GAUTIER, E.; MARCHAL, A. Role of oak coumarins in the taste of wines and spirits: Identification, quantitation, and sensory contribution through perceptive interactions. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 68, n. 28, p. 7434-7443, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c02619>

WISDOM, J. M. B.; CONSIDINE, J. A. Whole-vine resources modify within-vine relationships between growth parameters and metabolites in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet-Sauvignon. **OENO One**, v. 56, n. 3, p. 205-217, 2022

WOOLDRIDGE, J.; LOUW, P.; CONRADIE, W. Effects of rootstock on grapevine performance, petiole and must composition, and overall wine score of *Vitis vinifera* cv. Chardonnay and Pinot noir. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 31, n. 1, p. 45-48, 2010. ISSN 0253-939X.

WARSCHEFSKY, E. J.; KLEIN, L. L.; FRANK, M. H.; CHITWOOD, D. H.; LONDO, J. P.; VON WETTBERG, E. J. B.; MILLE, A. J. Rootstocks: diversity, domestication, and impacts on shoot phenotypes. **Trends in plant science**, v. 21, n. 5, p. 418-437, 2016.

WÜRZ, D. A. **Influência da carga de gemas no desempenho agrônômico e enológico de uvas viníferas em Região de Altitude de Santa Catarina**. 2018. Tese (Doutorado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018. 171 p.

WÜRZ, D. A.; ALLEBRANDT, R.; DE BEM, B. P.; CANOSSA, A. T.; REINEHER, J.; RUFATO, L.; BRIGHENTI, A. F.; KRETZSCHMAR, A. A. Efeito da carga de gemas da videira ‘Sauvignon Blanc’ na intensidade de antracnose (*Elsinoe ampelina*). **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 5, n. 1, p. 75-78, 2019d.

WÜRZ, D. A.; ALLEBRANDT, R.; MARCON FILHO, J. L.; DE BEM, B. P.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. 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. 91-99, 2018a.

WÜRZ, D. A.; BONIN, B.; BRIGHENTI, A. F.; CANOSSA, A. T.; REINEHR, J.; ALLEBRANDT, R.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. Efeito da carga de gemas da videira 'Cabernet Franc' na interceptação da radiação solar e na fertilidade de gemas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 4, p. 453-458, 2019a.

WÜRZ, D. A.; BONIN, B. F.; BRIGHENTI, A. F.; CANOSSA, A. T.; REINEHR, J.; ALLEBRANDT, R.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. 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**, v. 19, n. 2, p. 171-177, 2020a.

WÜRZ, D. A.; BONIN, B.; BRIGHENTI, A. F.; CANOSSA, A. T.; REINEHR, J.; ALLEBRANDT, R.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Fenologia e maturação da videira 'Cabernet Franc' em função de diferentes cargas de gemas em região de elevada altitude de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.18, n.4, p. 450-465, 2019b.

WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; ALLEBRANDT, R.; BEM, B. P.; BONIN, B. F.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, E.; RUFATO, L. Desponte semi-mecanizado como alternativa de otimização da mão-de-obra e redução dos custos operacionais do manejo de poda verde da videira. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 3, p. 440-443, 2018b.

WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; ALLEBRANDT, R.; MARCON FILHO, J. L.; BEM, B. P.; ARAÚJO FILHO, J. V.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Early leaf removal as a strategy to control *Botrytis cinerea* rot in Cabernet Sauvignon grapevine at high altitude regions. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.2, p.111- 117, 2017.

WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; ALLEBRANDT, R.; RUFATO, L. Agronomic performance of 'Sauvignon Blanc' grapevine with different bud loads, in an altitude region of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.58, e03336, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03336>.

WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; BONIN, B.; ALLEBRANDT, R.; DE EBM, B.; RUFATO, L. Aumento da carga de gemas da videira Sauvignon Blanc e seu efeito na interceptação da radiação solar e fertilidade de gemas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e542101422479-e542101422479, 2021d.

WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L. Avaliação do teor de clorofila da videira ‘Sauvignon Blanc’ em função do aumento da carga de gemas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n.3, p. 504-508, 2023. DOI: 10.5965/223811712232023504

WÜRZ, D. A.; MARCON FILHO, J. L.; ALLEBRANDT, R.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Efeito do manejo da cobertura do solo na maturação da videira Merlot cultivada em região de elevada altitude. **Rev. Elet. Cient. UERGS**, v. 4, n. 1, p. 152-158, 2018c.

WÜRZ, D. A.; MARCON FILHO, J. L.; ALLEBRANDT, R.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Desempenho agrônômico da videira Cabernet Sauvignon em diferentes sistemas de condução em regiões de elevada altitude de Santa Catarina, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.18, n.1, p. 73-80, 2019c.

WÜRZ, D. A.; MARCON FILHO, J. L.; ALLEBRANDT, R.; BRIGHENTI, A. F.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A. Desempenho agrônômico da videira ‘Cabernet Sauvignon’ submetida a diferentes épocas de aplicação e concentrações de Prohexadiona de Cálcio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 1, p. 8-15, 2020b.

WÜRZ, D.; MARCON FILHO, J. L.; BRIGHENTI, A.; MACEDO, T. A.; DE BEM, B.; MAGRO, M.; RUFATO, L. CURY, L. **Shoot topping on cabernet franc grapevine in the brazilian highlands**. 37th OIV Congress, Argentina 2014.

WÜRZ, D. A.; REINEHR, J.; CANOSSA, A. T.; OUTEMANE, M.; RUFATO, L.; DE BEM, B. P.; ALLEBRAND, R. Efeito do sistema de sustentação na incidência e severidade de antracnose na videira Sauvignon Blanc. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 2, p. 73-83, 2020c.

WÜRZ, D. A.; SOUZA, D. S.; CANOSSA, A. T.; REINEHR, J.; RUFATO, L. Efeito do manejo da desfolha no desempenho agrônômico da videira Chardonnay em região de elevada

altitude de Santa Catarina. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 7, n. 01, p. 74-81, 2021a.

WÜRZ, D. A.; BROGHENTI, A. F.; BONIN, B. F.; DE BEM, B. P.; CANOSSA, A. T.; RUFATO, L. Temporal dynamics of botrytis bunch rot (*Botrytis cinerea*) in Cabernet Franc grapevine as a function of increased bud load. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e27810918108-e27810918108, 2021b.

WÜRZ, D. A.; BROGHENTI, A. F.; BONIN, B. F.; DE BEM, B. P.; RUFATO, L. Aumento da carga de gemas da videira Sauvignon Blanc e seu efeito na interceptação da radiação solar e fertilidade de gemas. **Research, Society and Development**, v. 10, n.14, e542101422479, 2021c.

WÜRZ, D. A.; BRIGHENTI, A. F.; RUFATO, L.; BONIN, B. F. Tempo para realização de práticas de manejo em videiras Cabernet Franc em função do aumento da carga de gemas. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2022.

XIA, H.; ZHANG, X.; SHEN, Y.; GUO, Y.; WANG, T.; WANG, J.; LIN, L.; DENG, H.; DENG, Q.; XU, K.; LV, X.; LIANG, D. Comparative analysis of flavonoids in white and red table grape cultivars during ripening by widely targeted metabolome and transcript levels. **Food Chemistry**, v. 87, n. 4, p. 1650-1661, April 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16117>

YAN, Y.; SONG, C.; FALGINELLA, L.; CASTELLARIN, S. D. Day temperature has a stronger effect than night temperature on anthocyanin and flavonol accumulation in ‘Merlot’ (*Vitis vinifera* L.) grapes during ripening. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 1095, 2020.

YOO, Y.J.; PRENZLER PD FAU-SALIBA, A.J.; SALIBA AJ FAU-RYAN, D.; RYAN, D. Assessment of some Australian red wines for price, phenolic content, antioxidant activity, and vintage in relation to functional food prospects. **Journal of Food Science**, v.76, n. 9, p. C1355–C1364, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02429.x>

YU, R.; COOK, M. G.; YACCO, R. S.; WATRELOT, A. A.; GAMBETTA, G.; KENNEDY, J. A.; KURTURAL, S. A. Effects of leaf removal and applied water on flavonoid accumulation

in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Merlot) Berry in a Hot Climate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. n. 64, p. 8118–8127, 2016.

ZABADAL, T. J.; VANEE, G. R.; DITTMER, T. W.; LEDEBUHR, R. L. Evaluation of strategies for pruning and crop control of Concord grapevines in southwest Michigan. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 3, p. 204-209, 2002.

ZALAMENA, J.; CASOL, P. C.; BRUNETTO, G.; PANISSON, J.; MARCON FILHO, J. L.; SCHLEMPER, C. Produtividade e composição de uva e de vinho de videiras consorciadas com plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 2, p. 182-189, 2013.

ZAMORA, F. Barrel Aging; Types of Wood. In: MORATA, A. **Red wine technology**. Academic Press, 2019. p. 125-147.

ZAMORANO, D.; FRANCK, N.; PASTENES, C.; WALLBERG, B.; GARRIDO, M.; SILVA, H. Improved physiological performance in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Cabernet Sauvignon facing recurrent drought stress. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 27, p. 258-268, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12482>

ZANELLA, V. **Vinhos de Altitude de Santa Catarina: nova Indicação Geográfica na região mais fria do Brasil**. Embrapa Uva e Vinho. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias?p_p_id=buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=pop-up&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_groupId=1355300&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_articleId=63617901&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_viewMode=print> Acesso em 05 de Janeiro de 2023.

ZART, M.; SANTOS, H. P. dos; SOUZA, P. V. D.; DOUZA, D. A.; DENARDI, D. Starch, growth, and development in cuttings of rootstock ‘Paulsen 1103’ from plants infested with ground pearl. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.10, p.1707-1713, out, 2016.

ZASADA, I. A.; HOWLAND, A. D.; PEETZ, A. B.; EAST, K.; MOYER, M. *Vitis* spp. rootstocks are poor hosts for *Meloidogyne hapla*, a nematode commonly found in Washington winegrape vineyards. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 70, n. 1, p. 1-8, 2019.

ZAVAGLIA, C.; PECILE, M.; GARDIMAN, M.; BAVARESCO, L. Production of propagating material of grapevine rootstocks in the EU and Italy. *In: I International Symposium on Grapevine Roots 1136*. 2014. p. 57-62.

ZHANG, P.; MA, W.; MENG, Y.; ZHANG, Y.; JIN, G.; FANG, Z. Wine phenolic profile altered by yeast: Mechanisms and influences. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 4, p. 3579-3619, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12788>

ZHENG, W.; DEL GALDO, V.; GARCÍA, J.; BALDA, P.; DE TODA, F. M. Minimal pruning as a tool to delay fruit maturity and to improve berry composition under climate change. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.68, p. 136-140, 2016.

ZIEGLER, M.; WEGMANN-HERR, P.; SCHMARR, H. G.; GÖK, R.; WINTERHALTER, P.; FISCHER, U. Impact of rootstock, clonal selection, and berry size of *Vitis vinifera* sp. Riesling on the formation of TDN, vitispiranes, and other volatile compounds. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 68, n. 12, p. 3834-3849, 2020.

ANEXO

Figura 157 - Ausência de brotação em vara deixada na poda da Cabernet Sauvignon. Lages, 2023.



Fonte: O autor, 2023.