

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

Morangueiro e amoreira-preta: manejo e competição de genótipos

Andressa Vighi Schiavon

Pelotas, 2023

Andressa Vighi Schiavon

Morangueiro e amoreira-preta: manejo e competição de genótipos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (Área de conhecimento: Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador: Dr. Luís Eduardo Corrêa Antunes

Coorientador: Dr. Flavio Gilberto Herter

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S329m Schiavon, Andressa Vighi

Morangueiro e amoreira-preta : manejo e competição de genótipos / Andressa Vighi Schiavon ; Luis Eduardo Corrêa Antunes, orientador ; Flávio Herter, coorientador. — Pelotas, 2023.

163 f.

Tese (Doutorado) — Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. *Fragaria x Ananassa*. 2. *Rubus* spp. 3. Sistema de cultivo. 4. Acúleo. 5. Produção e qualidade. I. Antunes, Luis Eduardo Corrêa, orient. II. Herter, Flávio, coorient. III. Título.

CDD : 634.751

Andressa Vighi Schiavon

Morangueiro e amoreira-preta: manejo e competição de genótipos

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 30 de agosto de 2023.

Banca examinadora:

Dr. Luís Eduardo Corrêa Antunes (Orientador)
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras

Dra. Maria do Carmo Bassols Raseira
Doutora em Plant Science pela University of Arkansas

Dra. Marcia Vizzotto
Doutora em Horticulture Science pela Texas A&M University

Dr. José Ernani Schwengber
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Dr. Michel Aldrighi Gonçalves
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela vida, pelas oportunidades e por me abençoar em todos os momentos.

Aos meus pais João e Tereza por todo apoio, carinho, amor e educação a mim dedicados. As minhas irmãs Silvana e Marina pelo companheirismo e amizade durante toda a vida. Por serem tudo que a palavra “irmão” representa. A minha vó Etia por todo amor, carinho e tudo o que representa na minha vida.

Ao meu companheiro Fabricio pelo amor, companheirismo, compreensão e torcida durante todos os momentos.

À Universidade Federal de Pelotas (UFPel), pela formação e pelo suporte oferecido da graduação ao doutorado. Ao Programa de Pós-Graduação Agronomia, área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado pela oportunidade de realização do curso e aos professores que contribuíram para minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Dr. Luís Eduardo Corrêa Antunes pela orientação, confiança, amizade e por todo o conhecimento compartilhado. Por acreditar na minha capacidade e proporcionar oportunidades para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. Por ser exemplo de profissional e ser humano!

À todos pesquisadores, funcionários e estagiários da Embrapa Clima Temperado que auxiliaram de alguma forma na execução deste trabalho, em especial ao Dr. Sandro Bonow, Dra. Maria do Carmo Bassols Raseira, Dra. Marcia Vizzotto e Dr. Rufino F.F. Cantillano e suas equipes. E também ao técnico de campo Rudinei Gomes pelo incentivo, amizade, conselhos e auxílio na realização das atividades.

Aos amigos e colegas de pós-graduação: Gabrielle Leivas, Suélen de Andrade, Angelica Bender, Flávia Lourenço, Katia (“mexicana”), Tâmara Foster, Lindomar Junior, Mariana Poll, João Paraginski, Lola Raul e Alisson Brandão agradeço por todo apoio, carinho, incentivo e momentos compartilhados. Vocês tornaram a trajetória mais leve, alegre e repleta de boas lembranças.

Em especial aos colegas e amigos do grupo de pesquisa sobre pequenas frutas: Adriel Alves, Mateus Bernard, Fernando Mueller, Elói Delazeri e Tais Becker pela amizade, conselhos, conhecimentos compartilhados e todo auxílio na execução

dos experimentos. Além dos momentos de descontração. E também a todos os estagiários que integraram nosso grupo durante esse período. A ajuda e o convívio de vocês tornaram tudo mais fácil!

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação pessoal e profissional. Muito obrigada!

Resumo

SCHIAVON, Andressa Vighi. **Morangueiro e amoreira-preta: manejo e competição de genótipos**. Orientador: Luís Eduardo Côrrea Antunes. 2023. 163 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

A diversificação de pequenas propriedades por meio do cultivo de pequenas frutas, como o morangueiro e a amoreira-preta, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento rural. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônomo de genótipos de morangueiro em função do sistema de cultivo e do manejo com poda de renovação, assim como, avaliar o potencial produtivo de genótipos de amoreira-preta. O estudo foi dividido em quatro experimentos, no primeiro foram avaliados cinco genótipos de morangueiro ('Albion', 'Monterey', 'San Andreas', 'Fronteras' e 'BRS DC25 Fênix') em dois sistemas de cultivo: sem solo, utilizando *slabs* com substrato e ambiente protegido, e convencional no solo, com canteiros cobertos por *mulching* e túneis baixos. O sistema convencional possibilitou maior produção de frutas, além de frutas com maior teor de sólidos solúveis, firmeza, ratio e compostos bioativos, enquanto sem solo apresentou a maior produtividade. 'Fronteras' e 'BRS DC25 Fênix' se destacaram com as maiores produções de frutas e 'Albion' e 'BRS DC25 Fênix' tiveram os maiores conteúdos de sólidos solúveis. No segundo experimento, foram avaliados oito genótipos de morangueiro (Seleção 30-8; Sel. 31-9; Sel. 35-2, 'BRS DC25 Fênix', 'BRS DC22', 'Fronteras', 'Albion' e 'San Andreas'), cultivados em sistema sem solo durante dois ciclos consecutivos, sendo metade das parcelas submetidas à poda de renovação ao final do primeiro ciclo. A poda drástica não resultou em aumento de produção de frutas durante o segundo ciclo para a maioria dos genótipos ('Sel. 35-2', 'BRS DC22', 'BRS DC25 Fênix', 'Fronteras' e 'San Andreas'). Albion' e Sel. 30-8 tiveram sua produção prejudicada, enquanto a 'Sel. 31-9' teve sua produção favorecida pelo uso dessa técnica. O terceiro e quarto experimentos objetivaram avaliar genótipos de amoreira-preta desenvolvidos pela Embrapa em relação à fenologia, produção e qualidade de frutas. Foram estudados sete genótipos sem espinhos (Black 310, Black 348, Black 353, Black 356, Black 371, 'BRS Karajá' e 'Xavante') e dez genótipos com espinhos (Black 251, Black 312, Black 331, Black 338, Black 355, Black 367, Black 370, Black 378, 'Tupy' e 'BRS Caingá'), durante três safras consecutivas. A 'BRS Karajá' apresentou produção de frutas mais precoce que a 'Xavante', enquanto a Black 353 e a Black 356 foram mais tardias. A 'BRS Karajá', Black 310, Black 353 e Black 356 apresentaram altas produtividades acumuladas, acima de 40 t ha⁻¹ considerando as três primeiras safras. A 'BRS Karajá' apresenta potencial para o mercado de frutas *in natura*, devido ao alto valor de ratio de suas frutas. A Black 312 mostrou-se promissora para o cultivo em escala comercial devido à alta produtividade, alto teor de antocianinas e atividade antioxidante, além de baixa densidade de espinhos em suas plantas. A Black 338 e a Black 251 possuem aptidão para o processamento industrial, devido à alta acidez titulável e produtividade. A Black 355 apresentou frutas com alto teor de sólidos solúveis, ratio e firmeza, porém suas plantas possuem alta densidade de espinhos. A Black 355, Black 367 e Black 370 apresentaram o maior teor de compostos fenólicos totais.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*. *Rubus* spp.. Sistema de cultivo. Acúleos. Produção. Qualidade.

Abstract

SCHIAVON, Andressa Vighi. **Strawberry and blackberry: management and genotype competition**. Advisor: Luís Eduardo Côrrea Antunes. 2023. 163 f. Thesis (Doctorate) – Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2023.

The diversification of small agricultural properties through the cultivation of small fruits, such as strawberries and blackberries, plays a crucial role in rural development. Thus, the aim of this study was to evaluate the agronomic performance of strawberry genotypes according to the cultivation system and renewal pruning management, as well as to assess the productive potential of blackberry genotypes. The study was divided into four experiments. In the first experiment, five strawberry genotypes ('Albion', 'Monterey', 'San Andreas', 'Fronteras', and 'BRS DC25 Fênix') were evaluated in two cultivation systems: soilless using slabs with substrate in a protected environment, and conventional soil cultivation with beds covered by mulching and low tunnels (annual hill system). The conventional system resulted in higher fruit production of fruits, with fruits containing higher soluble solids content, firmness, ratio, and bioactive compound, while the soilless system showed the highest productivity. 'Fronteras' and 'BRS DC25 Fênix' stood out with the highest fruit yields and 'Albion' and 'BRS DC25 Fênix' had the highest levels of soluble solids. In the second experiment, eight strawberry genotypes (Selection 30-8; Sel. 31-9; Sel. 35-2, 'BRS DC25 Fênix', 'BRS DC22', 'Fronteras', 'Albion', and 'San Andreas') were cultivated in a soilless system for two consecutive cycles, with half of the plots subjected to renewal pruning at the end of the first cycle. Drastic pruning did not result in increased fruit production during the second cycle for most genotypes (Selection 35-2, 'BRS DC22', 'BRS DC25 Fênix', 'Fronteras', and 'San Andreas'). 'Albion' and Sel. 30-8 had their production reduced, while 'Sel. 31-9' benefited from this technique. The third and fourth experiments aimed to evaluate blackberry genotypes developed by Embrapa concerning phenology, production, and fruit quality. Seven thornless genotypes (Black 310, Black 348, Black 353, Black 356, Black 371, 'BRS Karajá', and 'Xavante') and ten thorny genotypes (Black 251, Black 312, Black 331, Black 338, Black 355, Black 367, Black 370, Black 378, 'Tupy', and 'BRS Cainguá') were studied over three consecutive seasons. The dates showed that 'BRS Karajá' had earlier fruit ripening than 'Xavante', while Black 353 and Black 356 were later. 'BRS Karajá', Black 310, Black 353, and Black 356 showed high accumulated yields above 40 t ha⁻¹ considering the first three harvests. 'BRS Karajá' has potential for the fresh fruit market due to the high fruit ratio value. Black 312 showed promise for commercial cultivation due to its high productivity, high anthocyanin content, antioxidant activity, and low density of thorns on its plants. Black 338 and Black 251 are suitable for processing due to their high titratable acidity and productivity. Black 355 had fruits with high soluble solids content, ratio, and firmness, but its plants had a high thorn density. Black 355, Black 367, and Black 370 had the highest total phenolic compound content.

Keywords: *Fragaria x ananassa*. *Rubus* spp.. Cropping system. Thorns. Yield. Quality.

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima registradas no período de maio a dezembro de 2019 e fotoperíodo no município de Pelotas.	28
Figura 2. Análise de componentes principais para os genótipos de morangueiro produzidos em dois sistemas de cultivo e os parâmetros produtivos, físico-químicos e fitoquímicos das frutas.	47

Capítulo 2

Figura 1. Temperaturas máximas, médias e mínimas registradas no período de abril de 2020 a dezembro de 2021 e fotoperíodo no município de Pelotas.	51
Figura 2. Distribuição da produção de frutas de genótipos de morangueiro, cultivados em sistema sem solo e preço médio do morango na CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) durante o ciclo 2020/2021 (primeiro ciclo de cultivo).	56
Figura 3. Distribuição da produção de frutas de genótipos de morangueiro submetidos a poda de renovação em março de 2021 e preço médio do morango na CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) durante o ciclo 2021 (segundo ciclo de cultivo).	62
Figura 4. Distribuição da produção de frutas de genótipos de morangueiro não submetidos à poda de renovação e preço médio do morango na CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) durante o ciclo 2021 (segundo ciclo de cultivo).	63

Capítulo 3

Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima, precipitação e horas de frio ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$), registradas durante o período de condução do experimento em Pelotas/RS. A: Dados referentes ao período de novembro de 2019 a dezembro de 2020; B: Dados referentes ao período de janeiro a dezembro de 2021; C: Dados referentes ao período de janeiro de 2022 a janeiro de 2023.	69
Figura 2. Dados fenológicos de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.	75
Figura 3. Distribuição da produção de frutas de genótipos de amoreira-preta sem espinhos durante as safras 2020/21 (A), 2021/22 (B) e 2022/23 (C).	78

Capítulo 4

Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima, precipitação e horas de frio ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$), registradas durante o período de condução do experimento em Pelotas/RS. A: Dados referentes ao período de novembro de 2019 a dezembro de 2020; B: Dados referentes ao	
---	--

período de janeiro a dezembro de 2021; C: Dados referentes ao período de janeiro de 2022 a janeiro de 2023.	94
Figura 2. Dados fenológicos de genótipos de amoreiras-pretas com espinhos, nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.	100
Figura 3. Distribuição da produção de frutas de genótipos de amoreira-preta com espinhos durante as safras 2020/21 (A), 2021/22 (B), 2022/23 (C).	104

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Tabela 1. Produção, número de frutas e produtividade de genótipos de morangueiro, produzidos em dois sistemas de cultivo.	34
Tabela 2. Distribuição da produção de frutas de genótipos de morangueiro cultivados em dois sistemas de cultivo, ao longo dos meses de colheita.	37
Tabela 3. Teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT (<i>ratio</i>) e firmeza de polpa de morangos colhidos no mês de novembro e dezembro, em dois sistemas de cultivo.	40
Tabela 4. Luminosidade, coloração da epiderme (Hue), antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total de morangos produzidos em dois sistemas de cultivo.	43

Capítulo 2

Tabela 1. Produção e número de frutas por planta e massa média de fruta de genótipos de morangueiro cultivados em sistema sem solo durante o ciclo 2020/2021 (primeiro ciclo de cultivo).....	58
Tabela 2. Número de estolões produzidos por planta de genótipos de morangueiro cultivados em sistema sem solo durante o ciclo 2020/2021 e submetidos a poda de renovação no mês de março de 2021.	59
Tabela 3. Produção e número de frutas por planta e massa média de fruta de genótipos de morangueiro submetidos à poda de renovação no mês de março de 2021 (segundo ciclo de cultivo).....	65

Capítulo 3

Tabela 1. Número e produção e de frutas por planta, produtividade e produtividade acumulada de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, durante as safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.	80
Tabela 2. Massa média, diâmetro e comprimento de frutas de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, colhidas nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.	84
Tabela 3. Teor de sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT), <i>ratio</i> (relação SS/AT) e pH de frutas de genótipos de amoreira-preta sem espinhos nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.	85

Tabela 4. Firmeza, luminosidade, coloração (cor) da epiderme de frutas de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23 e antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total de amoras-pretas de genótipos sem espinhos produzidas na safra 2021/22.88

Capítulo 4

Tabela 1. Número e produção de frutas por planta, produtividade e produtividade acumulada de genótipos de amoreira-preta com espinhos, durante as safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23. 107

Tabela 2. Massa média, diâmetro e comprimento de frutas de genótipos de amoreira-preta, nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23. 110

Tabela 3. Teor de sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (ratio) e pH de frutas de genótipos de amoreira-preta nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23..... 112

Tabela 4. Firmeza, luminosidade e coloração (cor) da epiderme de frutas de genótipos de amoreira-preta com espinhos nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23 e antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total de amoras-pretas de genótipos com espinhos produzidas na safra 2021/22. 116

Tabela 5. Densidade de espinhos em hastes primárias e secundárias, caracterização quanto a presença ou ausência de espinhos no pecíolo e classificação da densidade de espinhos presente nos folíolos de genótipos de amoreira-preta..... 118

Sumário

1	Introdução Geral	14
1.1	Objetivos	16
1.1.1	Objetivo geral	16
1.1.2	Objetivos específicos	16
1.2	Hipóteses	16
2	Revisão de Literatura	18
2.1	Morangueiro	18
2.1.1	Origem e descrição botânica	18
2.1.2	Aspectos gerais sobre a cultura	18
2.1.3	Cultivares e melhoramento genético do morangueiro no Brasil	19
2.1.4	Sistemas de cultivo	21
2.1.5	Poda de renovação	22
2.2	Amoreira-preta	23
2.2.1	Origem e descrição botânica	23
2.2.2	Aspectos gerais sobre a cultura	23
2.2.3	Melhoramento genético de amoreira-preta no Brasil e cultivares	24
3	Capítulo 1 – Análise da produção e qualidade de frutas de genótipos de morangueiro sob diferentes sistemas de cultivo	26
3.1	Introdução	26
3.2	Material e métodos	27
3.3	Resultados e discussão	32
3.4	Conclusões	48
4	Capítulo 2 - Produção de genótipos de morangueiro cultivados por dois ciclos consecutivos em sistema de cultivo de sem solo e submetidos à poda de renovação	49
4.1	Introdução	49
4.2	Material e métodos	50
4.3	Resultados e discussão	54
4.4	Conclusões	66

5	Capítulo 3 - Fenologia, produção, perfil físico-químico e fitoquímico de amoreiras-pretas sem espinhos (acúleos)	67
5.1	Introdução	67
5.2	Material e métodos	68
5.3	Resultados e discussão	73
5.4	Conclusões.....	90
6	Capítulo 4 - Caracterização agrônômica, físico-química e fitoquímica de genótipos de amoreira-preta com espinhos, cultivados em espaldeira alta	91
6.1	Introdução	91
6.2	Material e métodos	92
6.3	Resultados e discussão	98
6.4	Conclusões.....	119
7	Considerações finais	121
	Referências.....	123
	Apêndices	140

1 Introdução Geral

A fruticultura desempenha um papel fundamental no cenário agrícola brasileiro, sendo uma atividade de grande importância econômica e social. Atualmente, o Brasil figura como o terceiro maior produtor mundial de frutas, produzindo cerca de 41,3 milhões de toneladas em uma área cultivada de 2,6 milhões de hectares (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI, 2022).

No contexto da produção de frutas de clima temperado, as pequenas frutas ainda são pouco expressivas no país, mas a tendência é que ocorra um aumento na área cultivada (ANTUNES; RASEIRA; FRANZON, 2022), impulsionado pela demanda interna e pela possibilidade de exportação, visando atender o mercado do hemisfério norte durante a entressafra (ANTUNES et al., 2022). Dentro desse grupo, o morangueiro se destaca com a maior área cultivada, alcançando 5.084 hectares, e um volume de produção de 197.000 toneladas (FAOSTAT, 2023). Por outro lado, a amoreira-preta estima-se ocupar uma área de 1000 hectares, onde são produzidas cerca de 9.870 toneladas (REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023).

No entanto, ambas as culturas são excelentes opções de diversificação para pequenas propriedades rurais, pois apresentam alta rentabilidade por área, rápido retorno econômico do capital investido e demanda significativa de mão de obra (ANTUNES et al., 2014; RICHTER et al., 2018). Além disso, o morango e a amora-preta apresentam uma aparência atraente para os consumidores e possuem quantidades expressivas de compostos fenólicos, vitaminas, minerais, fibras entre outros compostos benéficos à saúde humana, que auxiliam no combate e prevenção de doenças (VIZZOTTO et al., 2012; SKROVANKOVA et al., 2015; GIAMPIERI et al., 2017; MORAES et al., 2020).

O cultivo do morangueiro no Brasil vem migrando do tradicional cultivo no solo para o cultivo sem solo em ambiente protegido, com o uso de substratos, soluções nutritivas e bancadas suspensas (DIEL et al., 2017; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2023). Esse sistema proporciona inúmeras vantagens no manejo da cultura, melhorando a ergonomia dos trabalhadores (DUARTE et al., 2022), além reduzir a incidência de pragas e doenças, principalmente aquelas associadas ao sistema radicular (NIN et al., 2018). Devido a esses benefícios e com o objetivo de otimizar os custos de produção, muitos produtores têm optado por manter as plantas por mais de

um ciclo de cultivo, permitindo a obtenção de produções precoces na safra subsequente.

A produção de morangos no Brasil ainda é baseada e dependente de genótipos de morangueiro estrangeiros, e em várias regiões, a maioria das mudas utilizadas também são provenientes de importação, gerando uma grande vulnerabilidade para o setor (FAGHERAZZI et al., 2017; ZEIST; RESENDE, 2019). No entanto, com a retomada de alguns programas de melhoramento nacionais, tem se buscado desenvolver genótipos adaptados às diferentes condições edafoclimáticas e sistemas de produção, além de atender às preferências dos consumidores brasileiros (ZEIST; RESENDE, 2019; ANTUNES; BONOW, 2021a).

Nos últimos dez anos, a área cultivada com amoreira-preta registrou um aumento significativo (RASEIRA et al., 2022b; REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023), porém ainda é pouco expressiva se comparada a outras frutíferas, incluindo o morangueiro. Embora a amoreira-preta seja conhecida por sua rusticidade, capacidade produtiva e de adaptação às diferentes condições edafoclimáticas (ANTUNES et al., 2014), alguns produtores ainda demonstram certa resistência em cultivar essa frutífera em função da presença de espinhos nas hastes, característica que diversas cultivares apresentam, como a 'Tupy', que é a principal cultivar utilizada no Brasil.

Nesse contexto, o Programa de Melhoramento Genético de Amoreira-preta da Embrapa tem desempenhado um importante papel no desenvolvimento de novas cultivares que atendam às demandas tanto dos produtores quanto dos consumidores. Entre as prioridades do programa estão o desenvolvimento de genótipos com alta produtividade, frutas de qualidade, maturação de frutas mais precoce ou tardia que a 'Tupy', visando ampliar o período de oferta da fruta no mercado e com hábito de crescimento ereto, além da ausência ou menores densidades de espinhos em suas hastes (RASEIRA et al., 2022a, 2022b).

Diante da relevância social e econômica dessas duas espécies de pequenas frutas e do cenário promissor da expansão das mesmas no Brasil, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônomo de genótipos de morangueiro em função do sistema de cultivo e da poda de renovação, assim como os aspectos fitotécnicos de genótipos de amoreira-preta desenvolvidos pela Embrapa.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho agronômico de genótipos de morangueiro em função do sistema de cultivo e do manejo com poda de renovação, realizada ao final do primeiro ciclo de cultivo, assim como, avaliar o potencial produtivo de genótipos de amoreira-preta, ambas espécies pesquisadas pelos programas de melhoramento genético da Embrapa.

1.1.2 Objetivos específicos

Avaliar a influência do sistema de cultivo na produção e na qualidade de frutas de diferentes genótipos de morangueiro.

Avaliar o desenvolvimento de genótipos de morangueiro durante dois ciclos de cultivo e a influência da poda de renovação ao final do primeiro ciclo, na produção e qualidade das frutas.

Caracterizar genótipos de amoreira-preta, com e sem espinhos em suas hastes, em relação a fenologia, produção e qualidade de frutas.

Identificar genótipos de amoreira-preta com características agronômicas superiores e que apresentem potencial de lançamento como novas cultivares para o mercado brasileiro.

Contribuir para a expansão do cultivo de morangueiro e de amoreira-preta no país, através do desenvolvimento de técnicas de manejo de produção e desenvolvimento de novos genótipos.

1.2 Hipóteses

O sistema de cultivo influencia a produção e a qualidade de morangos de diferentes genótipos.

A poda de renovação em morangueiros, ao final do primeiro ciclo de produção, resulta em maiores produções e morangos com bom calibre.

Há variabilidade disponível nas seleções avançadas de amoreira-preta sem acúleos (popularmente conhecidos como espinhos), do programa de melhoramento genético da Embrapa, com características agronômicas superiores as cultivares disponíveis no mercado brasileiro.

Dentre as seleções de amoreira-preta com espinhos, oriundas do programa de melhoramento da Embrapa, existem materiais com características agronômicas superiores as disponíveis no mercado.

2 Revisão de Literatura

2.1 Morangueiro

2.1.1 Origem e descrição botânica

O morangueiro cultivado atualmente é originário da hibridação natural ocorrida entre as espécies *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana*, provenientes do Chile e Estados Unidos, respectivamente. Esse cruzamento ocorreu na Europa, onde as duas espécies foram cultivadas próximas uma da outra, originando a espécie *Fragaria x ananassa*, um híbrido octaploide, pertencente à família Rosaceae (DARROW, 1966).

As plantas de *Fragaria x ananassa* Duch. são herbáceas, perenes e apresentam hábito de crescimento rasteiro. O caule é um rizoma curto, denominado coroa, a partir da qual são emitidas as folhas, inflorescências, estolões e raízes. O sistema radicular é fasciculado, enquanto as folhas, dispostas em formato de roseta ao redor da coroa, são trifoliadas (HANCOCK et al., 1991). Os estolões são caules verdadeiros e flexíveis, dotados de meristemas que dão origem à novas plantas, que se formam em série e são utilizadas comercialmente para a propagação vegetativa do morangueiro (GIMÉNEZ, 2008). As flores são geralmente hermafroditas, compostas por vários pistilos aderidos a um receptáculo, que dão origem aos aquênios, que são os frutos verdadeiros do morangueiro. Enquanto que a parte comestível do morango, é o resultado do desenvolvimento do receptáculo floral, classificado como pseudofruto (PERKINS-VEAZIE, 1955).

2.1.2 Aspectos gerais sobre a cultura

O morangueiro apresenta grande importância social e econômica no Brasil. De acordo com o último levantamento realizado pela FAO em 2021, o país é maior produtor da América do Sul, com aproximadamente 5.084 hectares destinados ao cultivo do morangueiro e produção de 197.000 toneladas da fruta (FAOSTAT, 2023). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo, Espírito Santo e Santa Catarina. Embora a maioria das propriedades tenha área média de 0,5 a 1,0 hectare, em algumas regiões é possível encontrar áreas empresariais com mais 15 hectares cultivadas com essa frutífera (ANTUNES; BONOW, 2021b).

A cultura do morangueiro é predominantemente explorada por agricultores familiares, devido à alta rentabilidade por área e demanda de mão de obra (RICHTER et al., 2018). No entanto, em função da alta suscetibilidade a diversas pragas e doenças, e falta de disponibilidade de mão de obra para a realização dos tratos culturais, tem havido um incremento no cultivo do morangueiro em sistemas de cultivo sem solo (ALVES; MATOSO; PEIL, 2020; ANTUNES; BONOW, 2021b; ZAHID et al., 2021). Apesar disso, o cultivo convencional no solo ainda é o mais utilizado no Brasil, especialmente em Minas Gerais, o principal estado produtor (DUARTE et al., 2022). Por outro lado, no Rio Grande do Sul, o principal sistema adotado é o cultivo sem solo (ANTUNES; BONOW, 2021b).

2.1.3 Cultivares e melhoramento genético do morangueiro no Brasil

As principais cultivares de morangueiro utilizadas no Brasil são oriundas de programas de melhoramento genético estrangeiros, principalmente dos Estados Unidos. Dentre essas cultivares destacam-se: Oso Grande, Camarosa, Aromas, Diamante, Camino Real, Albion, Monterey, San Andreas, Portola, Merced, Fronteras, Dover, Sweet Charlie, Florida Festival, entre outras (ZEIST; RESENDE, 2019; ANTUNES; REISSER JÚNIOR; BONOW, 2022). No entanto, essa dependência por genótipos estrangeiros acaba tornando o cultivo vulnerável, pois essas cultivares não foram desenvolvidas para as condições locais. Além disso, são materiais protegidos que exigem o pagamento de *royalties* às empresas detentoras, aumentando os custos de produção (FAGHERAZZI et al., 2017).

Para modificar esse cenário, instituições brasileiras de pesquisa estão empenhadas em desenvolver genótipos nacionais, melhor adaptados às condições edafoclimáticas do país, que produzam frutas de qualidade, que atendam ao paladar do consumidor brasileiro (ZEIST; RESENDE, 2019), que possibilitem a produção de mudas de qualidade nas condições locais, principalmente de genótipos com baixa exigência em frio. Atualmente, parte dos cultivos de morangueiros são implantados com mudas importadas do Chile, Argentina e Espanha (ANTUNES; REISSER JÚNIOR; BONOW, 2022), em função das condições climáticas favoráveis à produção de mudas em determinadas regiões desses países e da baixa qualidade verificada na maioria das mudas brasileiras, muitas vezes produzidas informalmente.

O Programa de Melhoramento Genético da Embrapa teve início na década de 1950 e lançou algumas cultivares como: Santa Clara, Konvoy-Cascata, Burkley e Vila Nova, porém foi descontinuado em 1990 (OLIVEIRA; BONOW, 2012). Esse programa foi retomado em 2010, motivado pela demanda do setor produtivo de morangueiro, por cultivares nacionais desenvolvidas a partir de instituições públicas de pesquisa (ANTUNES; BONOW, 2021a). Segundo Antunes e Bonow (2021a), o programa tem como principais objetivos o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições climáticas e de cultivo das principais regiões produtoras do país. Nesse sentido, busca-se um equilíbrio entre características como produtividade, tolerância a pragas e doenças, qualidade da fruta e pós-colheita, de forma a atender às demandas do setor como um todo, desde os agricultores e produtores de mudas até os consumidores.

Atualmente o programa de melhoramento da Embrapa possui várias seleções em avaliação. Algumas são utilizadas como parentais em novos cruzamentos e outras estão sendo testadas como possíveis novas cultivares. Para isso, a Embrapa conta com parcerias com outras unidades de pesquisa, localizadas na região Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, além de parcerias com produtores, os quais são fundamentais na discussão sobre o desempenho das seleções testadas, considerando as particularidades de cada região (ANTUNES; BONOW, 2021a).

A partir das pesquisas realizadas, em setembro de 2022 foi registrada a primeira cultivar após a retomada do programa, denominada 'BRS DC25' (Fênix) (Registrada no Ministério da Agricultura e Pecuária sob o número 52393). Essa cultivar é classificada como de dias curtos e apresenta produção precoce de frutas, plantas eretas, com vigor médio a alto. As frutas são grandes e essa característica se mantém no decorrer da safra, apresentam bom sabor e firmeza de frutas (EMBRAPA, 2023).

Recentemente, em julho de 2023, o programa registrou outra cultivar, a BRS DC22, também classificada como de dias curtos (Registrada no Ministério da Agricultura e Pecuária sob o número 54909). Em breve, essa nova cultivar estará disponível no mercado como mais uma opção para os produtores brasileiros.

2.1.4 Sistemas de cultivo

No Brasil, os principais sistemas de cultivos utilizados para produção do morangueiro são o convencional e o sem solo (BONOW; ANTUNES, 2023). O sistema de cultivo convencional se caracteriza pelo cultivo das plantas diretamente no solo, em canteiros revestidos por *mulching* de polietileno e cobertos com túneis baixos de polietileno transparente, que exigem manejo diário (LEWERS; FLEISHER; DAUGHTRY, 2017). Esse sistema apresenta menor custo de implantação em comparação ao sem solo (ANTUNES; BONOW, 2021b). O manejo nutricional também pode ser considerado mais fácil, devido ao poder tampão do solo, que evita mudanças bruscas de pH, influenciando diretamente na disponibilidade de nutrientes (WANG et al., 2015).

No entanto, o cultivo convencional apresenta como desvantagens, a ocorrência de pragas e doenças de solo que são de difícil controle. Além dos problemas ergonômicos, pois o cultivo é realizado ao nível do solo, dificultando a realização dos tratamentos culturais, especialmente, a colheita frequente das frutas (ALVES; MATOSO; PEIL, 2020; ANTUNES; BONOW, 2021b; ZAHID et al., 2021). Outra desvantagem é a necessidade de rotação de áreas de plantio devido às doenças e pragas presentes no solo. Porém essa prática, pode ser desafiadora principalmente para os agricultores familiares, que frequentemente enfrentam restrições de disponibilidade de área para implementar a rotação de culturas (FERNANDES-JÚNIOR et al., 2002).

No sistema de cultivo sem solo, as plantas são cultivadas em recipientes preenchidos com substratos e alocados sobre bancadas elevadas em relação ao nível do solo e em ambiente protegido, geralmente coberturas de polietileno do tipo “abrigo” (DIEL et al., 2018). O cultivo sem solo do morangueiro pode ser do tipo aberto ou fechado em relação a circulação da solução nutritiva. O sistema aberto é o mais utilizado atualmente, e se caracteriza pela perda do excesso de água e nutrientes, pois o que não é retido pelo substrato ou absorvido pelas plantas, é perdido para o ambiente, não retornando para o reservatório (ALVES; MATOSO; PEIL, 2020; GONTIJO et al., 2020; NEUTZLING, 2022). No sistema fechado, a solução drenada é coletada, retorna para o reservatório e é fornecida novamente às plantas (OTHMAN et al., 2019; NEUTZLING, 2022; SCHIAVON et al., 2022).

Através do cultivo sem solo é possível reduzir o uso de agrotóxicos devido a menor incidência de pragas e doenças. Além de melhorar a ergonomia dos

trabalhadores durante a realização dos tratamentos culturais, permitindo a execução dessas atividades, inclusive em dias de chuva (PIOVESAN et al., 2019; DUARTE et al., 2022). Adicionalmente, nesse tipo de sistema é possível utilizar maiores densidades de plantio, que possibilitam atingir maiores produtividades (LIMA et al., 2021). Porém, esse sistema apresenta como desvantagem o custo de implantação mais elevado, se comparado ao cultivo convencional (ANTUNES; BONOW, 2021b), além de demandar maior conhecimento técnico em relação ao manejo da solução nutritiva, principalmente em termos de equilíbrio nutricional, controle de pH e condutividade elétrica (BARRETO et al., 2017; TÜZEL et al., 2019).

2.1.5 Poda de renovação

A poda de renovação é uma técnica utilizada em cultivos de morangueiro, tanto em sistemas sem solo quanto no convencional, com o objetivo de manter a produtividade e a qualidade das frutas por dois ou mais ciclos (VIGNOLO, 2015; BACKES; COCCO; SCHILDT, 2020). Além de permitir produções precoces de frutas e diminuir os custos de produção ao manter as plantas por mais de um ciclo.

No entanto, com o passar do tempo, as plantas tendem a produzir um grande número de coroas, o que pode comprometer a qualidade das frutas (ADLERCREUTZ et al., 2019). Além disso, principalmente durante o verão, quando as temperaturas são elevadas e o fotoperíodo longo, as plantas tendem a direcionar sua energia para o crescimento vegetativo (folhas e estolões), resultando em baixa produção de frutas (HENSCHERL et al., 2017).

Essa técnica de manejo consiste na remoção seletiva de folhas e coroas, e todos os estolões, buscando controlar o crescimento excessivo da massa vegetativa, renovar a planta e estimular o florescimento. Além de reduzir fontes de inóculo de pragas e doenças, que podem se acumular nas partes mais velhas da planta (VIGNOLO, 2015; BACKES; COCCO; SCHILDT, 2020). Porém, os efeitos da poda de renovação na produção de frutas, podem variar de acordo com o ambiente de cultivo e fatores genéticos (CHANDLER; MILLER; FERREE, 1988).

2.2 Amoreira-preta

2.2.1 Origem e descrição botânica

A amoreira-preta é uma frutífera de clima temperado, nativa da Ásia, Europa, América do Norte e América do Sul, pertencente à família Rosaceae e gênero *Rubus* (JENNINGS; DAUBENY; MOORE, 1991). O gênero *Rubus* engloba mais de 700 espécies, com diferentes níveis de ploidia, variando desde diploides até dodecaploides (SHERMAN; SHARPE, 1971; RANA; PRADHEEP; VERMA, 2007; RASEIRA et al., 2022a). As cultivares comerciais, em sua maioria, são compostas por mais de uma espécie (FINN; CLARK, 2012), razão pela qual são designadas como *Rubus* spp..

As plantas de amoreira-preta são arbustivas, possuem sistema radicular perene e hastes bianuais. O hábito de crescimento varia de ereto a prostrado, podendo ou não apresentar acúleos (popularmente conhecidos como espinhos) em suas hastes (ANTUNES, 2002; RASEIRA; SANTOS; BARBIERI, 2004; VIDAL; VIDAL, 2006). As flores são hermafroditas e agrupadas em racemos. Cada flor é composta por múltiplos pistilos aderidos a um receptáculo. Após a fecundação, cada ovário dará origem a um drupete ou drupéola, contendo uma pequena semente, e a junção de vários destes forma o chamado fruto agregado (POLING, 1996; STRIK et al., 1996; KOCAMAN; DEMIRSOY; DEMIRSOY, 2020).

2.2.2 Aspectos gerais sobre a cultura

Apesar de não haver dados oficiais sobre a produção mundial de amora-preta (*Rubus* spp.), estima-se que a área cultivada se aproxime dos 30.000 hectares, e os principais países produtores são México, Estados Unidos e a Sérvia (ANTUNES; RASEIRA; FRANZON, 2022).

No âmbito nacional, estima-se que a área cultivada com amoreira-preta ultrapasse os 1.000 hectares e a produção 9.870 toneladas. O estado do Rio Grande do Sul se destaca como principal produtor do país, com cerca de 484 ha cultivados, seguido por São Paulo (128 ha), Minas Gerais (109 ha), Paraná (74 ha), Santa Catarina (23 ha), além de outros estados, que juntos, somam pouco mais de 200 ha (REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023).

Embora a amoreira-preta ainda seja pouco explorada no Brasil, estima-se que a área tenha duplicado nos últimos dez anos (RASEIRA et al., 2022b). Essa cultura apresenta um grande potencial como forma de diversificação de pequenas propriedades rurais devido à sua rusticidade, alta produtividade, baixo custo de manutenção, rápido retorno do investimento inicial e capacidade adaptativa a diversas condições edafoclimáticas (ANTUNES et al., 2014; SOUZA et al., 2020; REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023). Além disso, por ser rica em compostos fitoquímicos, como antocianinas e compostos fenólicos, a amora-preta é considerada um alimento funcional. Essas substâncias são responsáveis pelo alto potencial antioxidante dessas frutas, tornando-as poderosas aliadas na prevenção e combate de várias doenças (ACOSTA-MONTOYA et al., 2010; VIZZOTTO et al., 2012; MORAES et al., 2020).

2.2.3 Melhoramento genético de amoreira-preta no Brasil e cultivares

A pesquisa com amoreira-preta no Brasil teve início em 1972 com a introdução de uma pequena coleção de cultivares provenientes da Universidade de Arkansas, Estados Unidos, incluindo 'Comanche', 'Cherokee', 'Cheyenne' e 'Brazos' (originária do Texas). Alguns anos depois, foram introduzidas sementes oriundas de cruzamentos realizados na mesma universidade, que originaram cerca de 12.000 *seedlings*, a partir dos quais foram obtidas as primeiras seleções (RASEIRA et al., 2022a). Ao longo dos anos, o banco de germoplasma do programa foi enriquecido com genótipos e sementes do Uruguai, e pólen e sementes dos Estados Unidos (RASEIRA et al., 2022b).

A partir das pesquisas realizadas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa, foram lançadas até o momento dez cultivares: Ébano, 1981 (BASSOLS; MOORE, 1981); Negrita, em 1983; Tupy e Guarani, em 1988 (SANTOS; RASEIRA, 1988); Caingangue, em 1992 (RASEIRA; SANTOS; RASEIRA, 1992); Xavante, em 2004 (MOORE et al., 2004); BRS Xingu, em 2015 (EMBRAPA, 2015); BRS Caingá, em 2018 (RASEIRA et al., 2020) e BRS Ticuna, em 2022 (EMBRAPA, 2022). Além dessas citadas, novos avanços foram alcançados recentemente, em março de 2023, com o registro de duas novas cultivares, a BRS Terena (registrada no MAPA, com número 54493) e a BRS Karajá (registrada no MAPA, com número 54488), com previsão de lançamento em 2024.

Dentre as cultivares lançadas pela Embrapa, a 'Tupy' é a mais importante no Brasil, devido a sua elevada produtividade, boa capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e a qualidade das frutas. As plantas dessa cultivar apresentam baixo requerimento em frio, de 200 a 300 horas e hastes vigorosas com hábito de crescimento ereto. As frutas apresentam coloração preta e uniforme, bom equilíbrio entre ácidos e açúcares, sendo indicadas tanto para o consumo *in natura* e quanto para o processamento (ANTUNES, 2002; RASEIRA et al., 2022a, 2022b).

A cultivar BRS Cainguá apresenta frutas grandes, de excelente aparência e tem ótima aceitação para o consumo *in natura*, devido ao equilíbrio entre ácidos e açúcares. As plantas têm hábito de crescimento ereto, porte médio, com espinhos pequenos e em menor densidade que a cultivar Tupy. Baixa exigência em frio, de 200 a 300 horas de temperaturas menores ou iguais a 7,2°C (RASEIRA et al., 2020).

Por outro lado, a 'Xavante' é única cultivar brasileira que apresenta hábito de crescimento ereto e hastes sem espinhos, e está disponível no mercado. No entanto, as frutas dessa cultivar apresentam sabor doce-ácido, predominando a acidez, além de elevado amargor e adstringência, que conferem baixa qualidade organoléptica. Porém é um genótipo que apresenta boa produção de frutas e tem baixa exigência em frio para superação a dormência (MOORE et al., 2004; RASEIRA et al., 2022b).

Para que no futuro novas cultivares sejam lançadas, o Programa de Melhoramento possui mais de 200 seleções em avaliação contínua e outros milhares de *seedlings* são testados todos anos, buscando desenvolver genótipos com características superiores, que atendam às necessidades dos produtores e consumidores (RASEIRA et al., 2020).

Os principais aspectos avaliados são em relação a produtividade, época de produção, hábito de crescimento de plantas, vigor, ausência de espinhos e características de qualidade de fruta como tamanho, formato, firmeza e sabor, além da conservação pós-colheita (RASEIRA et al., 2022a, 2022b). A característica ausência de espinhos nas hastes das plantas traz inúmeras vantagens em relação ao manejo das plantas, principalmente durante a poda e a colheita, tornando essas atividades mais práticas e menos onerosas (KHADGI; WEBER, 2020; RASEIRA et al., 2022b).

3 Capítulo 1 – Análise da produção e qualidade de frutas de genótipos de morangueiro sob diferentes sistemas de cultivo

3.1 Introdução

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) pertence à família das rosáceas e apresenta uma grande importância econômica e social em diversas partes do mundo. No Brasil, a área cultivada é de 5.084 hectares, onde são colhidas cerca de 197.000 toneladas da fruta, caracterizando o país como o maior produtor da América do Sul, segundo o último levantamento realizado pela FAO em 2021 (FAOSTAT, 2023).

A área cultivada, assim como a produtividade, tem aumentado a cada ano, devido à adoção de cultivares mais adaptadas às diversas condições edafoclimáticas e também pelo emprego de novos sistemas de cultivo com elevado nível tecnológico (DIEL et al., 2018; ANTUNES; BONOW, 2021b). Dentre os sistemas de cultivo utilizados para a produção do morangueiro, o convencional no solo e o sem solo são os mais adotados. No Brasil ainda predomina o convencional no solo (DUARTE et al., 2022). No entanto, isso varia de acordo com a região do país, no Rio Grande do Sul o principal sistema utilizado é o sem solo, enquanto em Minas Gerais, principal estado produtor, e no Espírito Santo, predomina o cultivo no solo com túneis baixos (ANTUNES; BONOW, 2021b).

O cultivo convencional é caracterizado pela utilização de canteiros no solo cobertos por *mulching* e túneis baixos, e apresenta um menor custo de implantação quando comparado ao sem solo. Porém, tem como desvantagens a ocorrência de doenças e pragas de solo que são de difícil controle, além dos problemas ergométricos, que dificultam ainda mais a disponibilidade de mão de obra para realização dos tratamentos culturais (ALVES; MATOSO; PEIL, 2020; ANTUNES; BONOW, 2021b; ZAHID et al., 2021). Enquanto no sistema de cultivo sem solo, as plantas são cultivadas em recipientes alocados sobre bancadas suspensas e preenchidos com substratos livres de patógenos e em ambiente protegido (DIEL et al., 2018), possibilitando a redução do uso de agrotóxicos, devido à menor incidência de pragas e doenças, aumento na eficiência do uso da água e de fertilizantes (NIN et al., 2018; ABUL-SOUD et al., 2020), assim como, aumento da produtividade, devido à maior densidade de plantio utilizada nesse tipo de sistema (LIMA et al., 2021).

A produção de morangos no Brasil é baseada em cultivares de dias curtos e de dias neutros oriundas de programas de melhoramento genético dos Estados Unidos

(ZEIST; RESENDE, 2019). Anualmente novos genótipos são testados em todo o mundo, buscando identificar aqueles com características superiores em relação aos já existentes e que melhor se adaptam às condições regionais (CHIOMENTO et al., 2021). Com a retomada de alguns programas brasileiros de melhoramento genético de morangueiro, têm se buscado desenvolver genótipos melhor adaptados às condições edafoclimáticas do país (ZEIST; RESENDE, 2019).

No entanto, o desempenho agrônômico, assim como, a qualidade das frutas pode ser influenciada pelo sistema de cultivo, manejo adotado, condições edafoclimáticas, além dos fatores genéticos e suas interações com o ambiente (CECATTO et al., 2013; DIEHL et al., 2018; CHIOMENTO et al., 2021), que estão diretamente relacionados com a adaptabilidade do material vegetal à determinada região produtora.

Portanto, informações sobre produção e qualidade de frutas de genótipos produzidos em diferentes sistemas de cultivo, em regiões tradicionalmente produtoras, como a de Pelotas-RS, são de grande importância para auxiliar produtores, técnicos e pesquisadores no entendimento da adaptabilidade e para a correta escolha do genótipo e do sistema de cultivo a ser utilizado de acordo com o mercado desejado.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do sistema de cultivo na produção, na qualidade físico-química e fitoquímica de frutas de diferentes genótipos de morangueiro no município de Pelotas-RS.

3.2 Material e métodos

O experimento foi realizado no período de maio a dezembro de 2019, na área experimental pertencente à Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, latitude de 31°40' sul e longitude 52°26' oeste, com 60 m de altitude. O clima da região, segundo W. Köppen, é do tipo "Cfa" – temperado úmido com verões quentes, com temperatura e precipitação média anual de 17,9°C e 1500 mm, respectivamente. Os dados climáticos (temperatura máxima, média, mínima) referentes ao período de condução do experimento foram coletados da estação meteorológica da Embrapa Clima Temperado na Estação Experimental da Sede, localizada a cerca de 300 m do local onde o experimento foi conduzido e os referentes ao fotoperíodo, foram obtidos com base na latitude local (31° S) em relação aos meses do ano (Figura 1), seguindo o método proposto por (OMETTO, 1981).

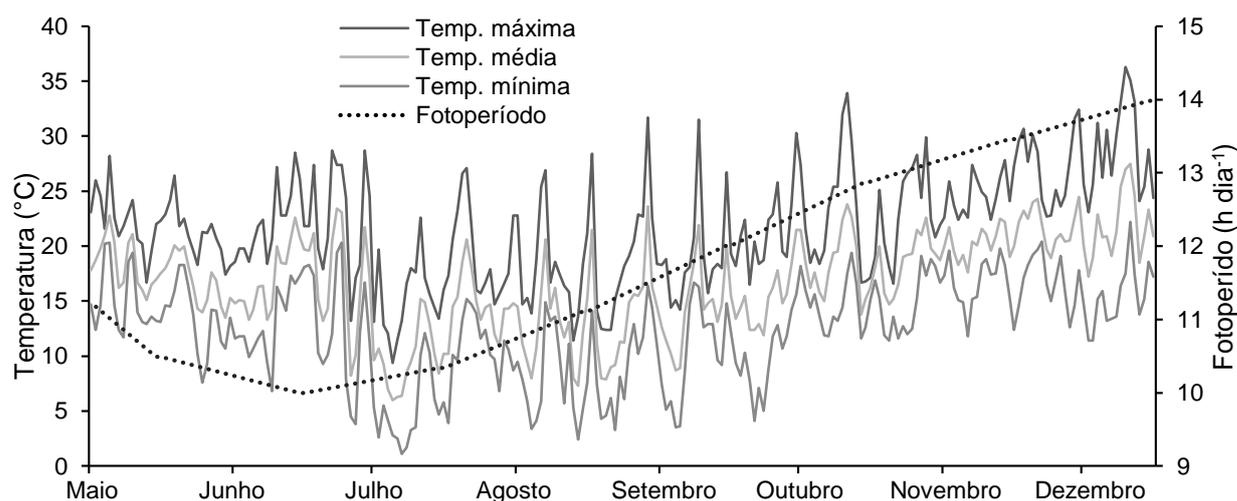


Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima registradas no período de maio a dezembro de 2019 e fotoperíodo no município de Pelotas.

Os tratamentos consistiram de cinco genótipos de morangueiro e dois sistemas de cultivo (convencional no solo e o sem solo) (Apêndice A). Foram utilizadas quatro cultivares americanas consolidadas no mercado brasileiro, das quais, Albion, Monterey e San Andreas são de dias neutros, e Fronteras de dias curtos e a cultivar brasileira BRS DC25 Fênix, que foi desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético de Morangueiro da Embrapa, também classificada como de dias curtos.

O solo da área de produção do cultivo convencional é moderadamente profundo com textura média no horizonte A e argila no horizonte B, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (SANTOS et al., 2006). A área foi preparada através da aração e gradagem do solo, incorporando a cobertura vegetal anteriormente presente. Posteriormente, canteiros de 0,90 m de largura e 0,20 m de altura foram preparados com auxílio de um rotoencanteirador, onde incorporou-se calcário, fertilizantes minerais e esterco de peru, para correção da fertilidade do solo, a qual foi realizada a partir dos resultados da análise de solo, seguindo as recomendações do manual de adubação e calagem para os solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS –RS/SC, 2016).

Os canteiros foram cobertos por *mulching* de polietileno preto de 50 μ m e túneis baixos de 0,8 m de altura, com filme de polietileno transparente de baixa densidade com 150 μ m de espessura, os quais eram manejados de acordo com as condições climáticas. Em dias ensolarados, a abertura foi realizada logo pela manhã e o fechamento realizado no final da tarde. Em dias de chuva, os túneis permaneciam fechados. Os passeios entre os canteiros possuíam 0,5 m de largura e foram

preenchidos com acículas de pinus, visando o controle de plantas daninhas. A irrigação e a fertirrigação foram realizadas por meio de fitas gotejadoras, sendo duas fitas por canteiro com espaçamento de 0,10 m entre gotejadores. A fertirrigação foi realizada a cada 7 dias, colocando-se 1,2 g de nitrato de cálcio e 0,8 g de nitrato de potássio por m² de canteiro e o fornecimento de água foi realizado sempre que constatada a necessidade. As mudas foram dispostas no canteiro em linhas duplas, espaçadas 0,30 m entre plantas e 0,30 m entre linhas, totalizando 4,76 plantas m⁻².

O sistema de cultivo sem solo foi realizado no interior de uma casa de vegetação (tipo abrigo) de dimensões de 17 m de comprimento e 5 m de largura, com altura máxima de 3,4 m (altura do pé direito de 1,95 m), coberta com filme de polietileno transparente de baixa densidade (150 µm de espessura). O sistema foi composto por embalagens tubulares (*slabs*) de filme de polietileno dupla-face branco e preto de dimensões de 1,4 m de comprimento e 0,3 m de largura, preenchidos com 55 L de substrato comercial Carolina Soil (composto por Turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, resíduo orgânico de agroindústria classe A, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizantes NPK, condutividade elétrica de $0,4 \pm 0,3$ mS cm⁻¹, pH: $5,5 \pm 0,5$, densidade seca: 155 kg m⁻³ e capacidade de retenção de água: 55%).

Os *slabs* foram apoiados sobre bancadas de madeira de 0,90 m de altura e 0,62 m de largura, espaçadas 0,5 m, sendo duas fileiras de *slabs* por bancada. As mudas foram dispostas em linhas simples, com espaçamento de 0,15 m entre plantas, totalizando 11,9 plantas m⁻². Para o fornecimento da solução nutritiva, uma fita gotejadora com espaçamento de 0,10 m entre gotejadores, foi inserida logo abaixo do filme de polietileno dos *slabs* e para a drenagem do excesso de solução nutritiva fornecida às plantas, perfurações foram realizadas na parte inferior dos *slabs*, sendo uma a cada 0,20 m. O excesso de solução nutritiva era perdido para o ambiente, não retornando para o reservatório, caracterizando um sistema de cultivo sem solo aberto.

O sistema de irrigação foi dividido em quatro seções, onde cada uma era composta por uma moto-bomba periférica de ½ CV de potência e um reservatório de 310 L. Esse sistema era acionado diariamente, através de um temporizador digital. No período de maio a setembro, as irrigações foram realizadas três vezes ao dia, com duração de três minutos cada (8:00; 11:00; 16:00 horas) e no período de outubro a dezembro, foram realizadas três vezes ao dia, com duração de quatro minutos cada (7:00; 11:00; 18:00), em ambos os períodos com vazão média de 1,3 L hora⁻¹ por gotejador. A fertirrigação foi realizada com a solução nutritiva Samo Fertilizantes[®],

composta pelos fertilizantes Ferti base e Ferti morango, na dosagem de 1 e 1,5 L para 1000 L de água, respectivamente. O pH e a condutividade elétrica foram monitorados semanalmente durante o período de produção, sendo o pH mantido entre 5,5 e 6,5 e a condutividade elétrica entre 1,2 e 1,5 dS m⁻¹.

O transplante das mudas da cultivar Fronteras ocorreu no dia 24 de maio e dos genótipos 'Albion', 'San Andreas', 'Monterey' e 'BRS DC25 Fênix' no dia 31 de maio, em ambos os sistemas de cultivo. As mudas das cultivares americanas eram de raiz nua, importadas do Chile e as da 'BRS DC25 Fênix' eram envasadas (de torrão), produzidas nas dependências da instituição de pesquisa e não vernalizadas, por ser uma cultivar de baixa exigência em frio (EMBRAPA, 2023). Em ambas as áreas de cultivo, o controle de pragas e doenças foi realizado através da aplicação de produtos químicos registrados para a cultura, de acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), sempre que constatada a necessidade, a partir do monitoramento periódico das mesmas. Além do manejo de retirada periódica de folhas velhas e doentes, pedúnculos e estolões durante o cultivo, diminuindo fontes de inóculo.

O delineamento experimental individualizado para cada sistema de cultivo (convencional e sem solo) foi em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo cada unidade experimental formada por seis plantas.

O período de colheita dos morangos teve início no mês de agosto e estendeu-se até o dia 16 de dezembro de 2019, em ambos os sistemas de cultivo. As colheitas foram realizadas duas vezes por semana e padronizadas com base na coloração da epiderme das frutas, quando as mesmas apresentavam cerca de 75% ou mais da epiderme de coloração vermelha. Imediatamente após as colheitas, as frutas eram contadas e pesadas em balança digital. Os valores obtidos foram divididos pelo número de plantas vivas na unidade experimental, obtendo-se assim, o número de frutas por planta. A produtividade foi estimada através da multiplicação da produção de frutas por planta pela densidade de plantio utilizada em cada um dos sistemas de cultivo. Foram consideradas apenas frutas comercializáveis, descartando-se aquelas com defeitos graves e com massa inferior a 6 g.

Para analisar as características físico-químicas foram coletadas, em ambos os sistemas de cultivo, amostras compostas por dez frutas por repetição, em duas datas distintas, a primeira ocorreu no dia 5 de novembro e a segunda, no dia 6 de dezembro de 2019. As mesmas foram avaliadas no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita do Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado, quanto à coloração da epiderme,

através de duas leituras em faces opostas da região equatorial da superfície das frutas, utilizando o colorímetro Minolta CR 400, com iluminante D65, e abertura de 8 mm, por meio do sistema CIE-Lab, utilizando os parâmetros L^* a^* b^* . Onde L^* expressa a luminosidade (0= negro e 100 = branco), a^* representa as cores vermelha (+) ou verde (-) e b^* as cores amarelas (+) ou azul (-). A partir destes dados, foram calculados a tonalidade da cor (ângulo Hue), que indica a cor observável, calculado através da fórmula $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} b^*/a^*$.

A firmeza da polpa das frutas foi mensurada com o texturômetro eletrônico TA-TX plus 40855, com ponteira de 2 mm de diâmetro, profundidade de penetração de 5 mm, velocidade de pré-teste de $1,0 \text{ m s}^{-1}$, teste de 2 m s^{-1} , pós-teste de 10 m s^{-1} e força de 5 kg, duas leituras foram realizadas em faces opostas, na porção mediana da fruta, com os resultados expressos em Newton. Posteriormente as frutas foram trituradas em uma centrifuga elétrica para frutas, para extração do suco e mensuração do conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), com auxílio de um refratômetro digital marca ATAGO modelo PAL-1, sendo os resultados expressos em $^{\circ}\text{Brix}$ (IAL, 2008). A acidez titulável (AT), foi avaliada por titulometria, utilizando-se 2 mL de suco diluídos em 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi realizada com o auxílio de uma bureta digital Brand® contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N até atingir o ponto de viragem no pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g^{-1} de polpa (IAL, 2008). A partir da leitura do teor de sólidos solúveis e da acidez titulável foi calculada a relação SST/AT (ratio) através da razão entre essas duas variáveis.

Amostras compostas por dez frutas por repetição foram coletadas no dia 25 de novembro, em ambos os sistemas de cultivo, e levadas ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Clima Temperado para a determinação dos compostos bioativos. As mesmas foram armazenadas em sacos de polietileno e congeladas (-18°C) até o momento da análise. A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada através do método adaptado de Swain e Hillis (1959), utilizando o reagente Folin-Ciocalteu e as leituras realizadas por meio de espectrometria no comprimento de onda de 725 nm. Utilizou-se o ácido clorogênico como padrão para a curva de calibração e os resultados expressos em mg de ácido clorogênico por 100 g de amostra.

A quantificação das antocianinas totais foi realizada através do método adaptado de Fuleki e Francis (1968). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a

uma absorvância de 535 nm. Cianidina-3-glicosídeo foi usada como padrão para a curva de calibração e os resultados foram expressos em μg de equivalente cianidina-3-glicosídeo por 100 g de amostra. A determinação da atividade antioxidante total foi realizada através do método adaptado de Brand-Williams et al. (1995), utilizando a solução do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), a absorvância foi medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 515 nm. O padrão Trolox foi utilizado para a curva de calibração e os resultados foram expressos em μg de equivalente trolox por 100 g de amostra.

Para a realização da análise estatística, procedeu-se primeiramente a análise individual de cada um dos sistemas de cultivo em relação à normalidade através do teste Shapiro-Wilk e à homogeneidade através do teste Bartlett. Em seguida verificou-se a razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo para cada uma das variáveis e obtiveram-se valores inferiores a sete para todas as variáveis, atendendo assim, os pressupostos descritos por Pimentel-Gomes (2009) e permitindo a análise conjunta dos dados.

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise univariada de variância e para aquelas variáveis cujos resultados apresentaram significância ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para a análise multivariada foi utilizada a técnica de análise de componentes principais (ACP), a qual permite a compreensão da estrutura dos tratamentos a partir da inter-relação das variáveis mensuradas. A ACP foi realizada utilizando os dados dos parâmetros produtivos, fitoquímicos e os valores médios das variáveis físico-químicas (média das duas épocas de avaliação para cada um dos genótipos nos diferentes sistemas de cultivo). As análises estatísticas foram realizadas com o software R (RCORE TEAM, 2020), utilizando a interface RBio (BHERING, 2017).

3.3 Resultados e discussão

Houve interação significativa entre os fatores, sistemas de cultivo e genótipos, para a produtividade. Enquanto que, para as variáveis, produção e número de frutas por planta, ocorreu apenas o efeito isolado de cada um dos fatores (Tabela 1).

A cultivar Fronteras apresentou a maior produção e número de frutas por planta, não diferindo da 'Fênix' em relação ao número de frutas. Por outro lado, 'Albion', apresentou a menor produção e número de frutas por planta. Isso está

associado ao período de avaliação da produção, que no presente estudo foi de agosto a dezembro. Para genótipos de dias curtos, como 'Fronteras' e 'Fênix', a indução floral ocorre em condições de dias curtos, juntamente com a redução da temperatura (HEIDE; STAVANG; SØNSTEBY, 2013), o que, considerando o local onde o experimento foi conduzido, corresponde ao inverno e início da primavera (Figura 1), concentrando a produção de frutas neste período. No entanto, em cultivares de dias neutros, como 'Albion', 'Monterey' e 'San Andreas', a indução floral ocorre independente do fotoperíodo, desde que a temperatura seja superior a 10°C e inferior a 28°C (DURNER et al., 1984), acarretando em uma produção de frutas mais distribuída ao longo do ano. A baixa produção de morangos apresentada pela cultivar Albion, também foi verificada por Richardson et al. (2022), em cinco diferentes sistemas de cultivo, e por Chiomento et al. (2021) em casa de vegetação no Sul do Brasil. Estes resultados podem estar relacionados à falta de adaptação genótipo-ambiente dessa cultivar (ZANIN et al., 2019).

Em relação aos sistemas de cultivo, as maiores produções e números de morangos por planta foram verificados no sistema convencional. Essa variação se deve principalmente ao espaçamento entre plantas utilizado, que no cultivo convencional foi de 0,3 m, enquanto no sistema sem solo foi de 0,15 m. Isto se deve ao volume limitado de substrato disponível para o desenvolvimento radicular das plantas, imposto pelos *slabs* utilizados neste último sistema de cultivo citado. Segundo Sharma e Odara (2017), plantas cultivadas em recipientes com maiores volumes de substrato, apresentam um maior desenvolvimento vegetativo e diâmetro de coroa, devido à maior disponibilidade de água e nutrientes.

Lima et al. (2021), observaram para a cultivar de morangueiro Pircinque (dias curtos), que o aumento da densidade de plantio e redução do espaçamento entre plantas, reduziu o número e a produção de frutas por planta, devido à redução proporcional de matéria fresca e seca destinada para a produção de morangos. A diminuição do espaçamento entre plantas aumenta a competição por água e nutrientes, além de interferir na interceptação da radiação solar, na temperatura, o que conseqüentemente afeta a taxa fotossintética das plantas, refletindo também na produção de frutas (SINGH et al., 2018; LIMA et al., 2021). Cecatto et al. (2013) estudando o desempenho agrônômico de diferentes cultivares observaram que a produção e o número de morangos foram significativamente superiores no cultivo no

solo, em comparação ao cultivo em substrato, corroborando com os resultados verificados no presente trabalho.

Tabela 1. Produção, número de frutas e produtividade de genótipos de morangueiro, produzidos em dois sistemas de cultivo.

Genótipo	Produção de frutas (g planta ⁻¹)	Nº de frutas por planta	Produtividade (Kg m ⁻²)	
			Convencional	Sem solo
Albion	403,96 d	24,21 c	2,22 bB	4,07 cA
Fronteras	612,90 a	33,46 a	3,27 aB	6,41 aA
Monterey	466,97 c	28,72 b	2,50 bB	4,86 bA
San Andreas	469,12 c	27,94 b	2,36 bB	5,26 bA
Fênix	536,09 b	30,62 ab	2,75 abB	5,89 aA
Sistema de cultivo				
Convencional	550,40 a	31,80 a	-	-
Sem solo	445,22 b	26,18 b	-	-
CV (%)	6,56	8,88	6,83	

Médias seguidas por mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância; CV: Coeficiente de variação.

Ao analisar a produtividade dos genótipos em relação aos sistemas de cultivos, todos apresentaram a maior produção por área no sistema de cultivo sem solo (Tabela 1). O sistema convencional possibilitou o cultivo de 4,16 plantas m⁻², enquanto no sistema sem solo foi de 11,9 plantas m⁻², acarretando em uma maior densidade de plantio e conseqüentemente maior produtividade. De acordo com Lima et al. (2021), o uso de menores espaçamentos entre plantas e maiores densidades de plantio, possibilitam maiores produtividades, além do melhor aproveitamento por unidade de área. Nesse sentido, altos rendimentos por área são essenciais para garantir a viabilidade econômica da produção de morangueiro, pois é uma cultura tipicamente explorada em pequenas propriedades rurais.

Cabe destacar que o cultivo sem solo possui um custo de implantação inicial superior ao sistema convencional, mas varia de acordo com a tecnologia empregada (*slabs*, calhas, substratos, modelo de estufa), podendo chegar a 500 mil reais por hectare. Por outro lado, em sistemas convencionais no solo, onde são utilizados canteiros, *mulching* plástico, sistema de irrigação e túnel baixo, o custo gira em torno de 180 mil reais por hectare (ANTUNES; BONOW, 2021b).

Embora o investimento no sistema de produção sem solo seja superior ao sistema convencional, a sua estrutura pode ser utilizada por vários anos, além da possibilidade de produzir com a mesma muda por vários ciclos (anos), enquanto que no cultivo convencional, as áreas precisam ser renovadas anualmente, além da

necessidade da rotação de culturas para evitar doenças de solo. Ainda segundo Nin et al. (2018), o cultivo sem solo do morangueiro possibilita um controle mais preciso do fornecimento de água, nutrientes, a redução da incidência de pragas e doenças, redução da mão de obra e melhoria da ergonomia durante o manejo da cultura.

A produção, juntamente com a produtividade, pode variar de acordo com o sistema de cultivo e genótipo utilizado. Dentre os genótipos estudados, 'San Andreas' apresentou a maior diferença entre os sistemas de cultivo, pois sua produtividade no sistema sem solo foi 122,8% superior ao sistema convencional (Tabela 1), demonstrando a adaptabilidade desta cultivar a esse sistema de cultivo. Esse é um dos principais motivos de 'San Andreas' dominar o mercado brasileiro pois, segundo Chiomento et al. (2021), essa cultivar ocupa 65% da área total cultivada com morangueiro no país.

Na comparação entre os genótipos para cada um dos sistemas de cultivo, as cultivares Fronteras e Fênix apresentaram as maiores produtividades em ambos os sistemas de cultivo, no entanto, 'Fênix' também não diferiu dos demais genótipos no sistema de cultivo convencional (Tabela 1). Esse resultado já era esperado, uma vez que a produtividade é resultado da multiplicação da produção de frutas por planta pela densidade de plantio, e as mesmas haviam apresentado as maiores produções de frutas por planta (Tabela 1).

Por se tratar de genótipos de dias curtos, 'Fronteras' e 'Fênix' tendem a concentrar a produção de frutas durante a primavera, enquanto que as cultivares de dias neutros tem sua produção mais distribuída ao longo do ano. Como o experimento foi encerrado em dezembro, isso pode ter desfavorecido a produção de frutas nas cultivares de dias neutros. Schiavon et al. (2021a), ao estudarem a produção de morangos das cultivares Aromas (dias neutros) e Camarosa (dias curtos), durante dois ciclos de cultivo no município de Pelotas-RS, observaram que no ciclo em que a produção de frutas foi avaliada do mês de julho a março, a produção das duas cultivares foi similar, porém no ciclo seguinte, em que a produção de frutas foi referente aos meses de julho a dezembro, 'Camarosa' foi mais produtiva que 'Aromas'. Esses resultados demonstram que, através do cultivo de genótipos de dias neutros, é possível obter uma produção de frutas similar àquela obtida com os genótipos de dias curtos, pois sua produção é mais distribuída ao longo do ano, inclusive nos meses em que a temperatura é mais elevada e o fotoperíodo mais longo, possibilitando a

comercialização da fruta em períodos de menor oferta, permitindo assim, obtenção de maiores lucros.

Em relação à distribuição da produção de frutas ao longo do período de colheita, o pico produtivo dos genótipos 'Albion', 'Fronteras' e 'Fênix', ocorreu no mês de outubro em ambos os sistemas de cultivo (Tabela 2). Por outro lado, 'Monterey' e 'San Andreas' cultivadas no sistema convencional, apresentaram a maior produção de frutas no mês de outubro e novembro, respectivamente. Entretanto, no sistema sem solo, 'Monterey' apresentou a maior produção nos meses de setembro, outubro e novembro. Para 'San Andreas' o pico produtivo ocorreu em outubro e novembro, embora a produção verificada no mês de outubro não tenha diferido significativamente daquela observada em setembro. Chiomento et al. (2021), estudando a distribuição da produção de morangos de nove cultivares em sistema de cultivo sem solo, em Passo Fundo-RS, onde o plantio foi realizado no mês de maio, assim como no presente trabalho, observaram que as maiores produções de frutas, ocorreram no mês de outubro e novembro, corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

As produções mensais de 'Albion' e 'Monterey' foram superiores no sistema de cultivo convencional em comparação ao sem solo nos meses de outubro e novembro (Tabela 2). Para as cultivares Fênix e San Andreas, a produção de frutas no sistema convencional foi superior ao sem solo nos meses de setembro e novembro. No que se refere a cultivar Fronteras, essa superioridade do sistema convencional em relação ao sem solo manteve-se nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

A variabilidade dos resultados da distribuição da produção de frutas ao longo do período de colheita (Tabela 2) enfatiza a importância de estudar a interação genótipo-ambiente nos diferentes sistemas de cultivo. Este fato ocorre em virtude dos genótipos de dias curtos tenderem a apresentar picos produtivos mais evidentes que as cultivares de dias neutros. Essa informação é de suma importância para os produtores escalonarem sua produção de frutas, pois o preço do morango varia durante o ano. No Sul do Brasil, os maiores valores obtidos pelo produtor são durante o outono-inverno, quando a oferta da fruta diminui devido às condições ambientais, podendo ser até o dobro daquele pago durante a safra, que nessa região corresponde ao período de setembro a dezembro (ANTUNES; BONOW; REISSER JÚNIOR, 2020; CHIOMENTO et al., 2021).

Tabela 2. Distribuição da produção de frutas de genótipos de morangueiro cultivados em dois sistemas de cultivo, ao longo dos meses de colheita.

Sistema de cultivo	Produção de frutas (g planta ⁻¹)					CV (%)
	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Albion						
Convencional	21,05 aD	59,91 aC	194,62 aA	106,22 aB	83,88 aB	13,86
Sem solo	19,60 aD	51,43 aC	115,14 bA	84,56 bB	71,52 aBC	
Fronteras						
Convencional	37,75 aD	110,02 aC	236,61 aA	151,29 aB	151,73 aB	6,62
Sem solo	29,06 aD	88,14 bC	204,51 bA	111,04 bB	105,65 bB	
Monterey						
Convencional	20,35 aD	107,56 aBC	181,48 aA	134,10 aB	82,10 aC	16,79
Sem solo	21,48 aC	98,43 aA	121,02 bA	104,71 bA	62,72 aB	
San Andreas						
Convencional	22,22 aD	125,77 aB	127,85 aB	157,35 aA	63,21 aC	7,90
Sem solo	24,81 aD	110,31 bB	119,89 aAB	130,22 bA	56,60 aC	
Fênix						
Convencional	32,48 aD	141,64 aB	179,52 aA	129,88 aB	93,41 aC	8,30
Sem solo	35,10 aD	100,06 bB	179,47 aA	100,68 bB	79,93 aC	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No que se refere à qualidade das frutas produzidas, houve interação significativa entre os genótipos e os sistemas de cultivo para o teor de sólidos solúveis, acidez titulável e ratio, em ambas as avaliações (Tabela 3). Nas duas avaliações (novembro e dezembro), os maiores teores de sólidos solúveis foram verificados nas frutas de 'Albion' e da 'Fênix', independentemente do sistema de cultivo analisado. Lewers et al. (2020) estudando a preferência de consumidores em relação à qualidade de morangos frescos, observaram que dentre as cultivares estudadas, 'Albion' recebeu a nota mais alta para a qualidade geral e apresentou excelentes características em relação ao sabor, aroma e textura. Essa superioridade em relação à qualidade das frutas apresentada por 'Albion' pode ser utilizada para agregar valor à fruta durante a comercialização e assim compensar o seu cultivo, pois a mesma geralmente apresenta produtividades relativamente baixas.

No entanto, vale ressaltar o potencial que a cultivar Fênix, recentemente lançada, apresenta, principalmente em função do teor de sólidos solúveis e também da produção de frutas relativamente alta, quando comparada aos demais genótipos estudados (Tabela 1). Essa cultivar pode proporcionar redução do custo de produção, por ser um genótipo de baixa exigência em frio, pois suas mudas não necessitam passar pelo processo de vernalização. As mudas produzidas no Brasil podem

apresentar excelentes produções, menor custo e diminuir a dependência dos produtores pela muda importada, que na maioria dos anos chega com atraso, impossibilitando o plantio na época mais adequada.

Na comparação dos sistemas de cultivo para cada um dos genótipos, todos apresentaram maior teor de sólidos solúveis no sistema convencional, em ambas as datas de avaliação. Treftz e Omaye (2015) observaram em morangos produzidos em sistema de cultivo no solo, teor de sólidos solúveis 28% superior ao verificado naqueles produzidos no sem solo. Em sistemas de cultivo convencional no solo, são utilizadas menores densidades de plantio quando comparadas ao sem solo, influenciando assim, o teor de sólidos solúveis presente nas frutas, pois, os açúcares solúveis são produtos diretos da fotossíntese e o aumento do espaçamento entre plantas, faz com que a radiação solar interceptada individualmente por cada planta seja maior, e conseqüentemente aumenta a taxa fotossintética, resultando em maior acúmulo de açúcares nas frutas (FRANCO; ULIANA; LIMA, 2017).

Além disso, a disponibilidade de radiação solar variou entre os dois sistemas de cultivo, pois no convencional, os túneis baixos eram abertos diariamente na primeira hora da manhã e fechados ao final da tarde, fazendo com que a radiação solar incidisse diretamente sobre as plantas. Enquanto que, no sistema de cultivo sem solo, a cobertura de polietileno do abrigo era fixa, fazendo com que a disponibilidade de radiação solar no interior do ambiente protegido seja diminuída. A reflexão e a absorção exercida pela cobertura do abrigo, faz com que a quantidade de radiação solar que chega até as plantas seja inferior àquela do ambiente externo (PAULA et al., 2017), podendo ser agravada pelo envelhecimento e pelo acúmulo progressivo de poeira sobre a cobertura de polietileno.

A acidez titulável das frutas variou entre os sistemas de cultivo e os genótipos, em ambas as avaliações realizadas (novembro e dezembro) (Tabela 3). Para as frutas produzidas no sistema convencional na avaliação do mês de novembro, a 'Fênix' e 'Fronteras' apresentaram a menor acidez titulável, não havendo diferença estatística entre as mesmas. No sistema sem solo, esses dois genótipos também apresentaram menor acidez que os demais, entretanto, o teor de ácido cítrico verificado em 'Fronteras' foi inferior ao da 'Fênix'.

Na avaliação realizada no mês de dezembro, 'Fronteras' apresentou a menor acidez titulável em comparação aos demais genótipos cultivados no sistema convencional (Tabela 3). Nesta mesma época de avaliação, mas no sistema sem solo,

'Fronteras' e a 'Fênix' apresentaram os menores valores para a acidez, embora a 'Fênix' não tenha diferido de 'San Andreas'. Com exceção dos resultados da acidez titulável obtidos na avaliação de novembro para 'Albion' cultivada no sistema convencional e no mês de dezembro para 'Albion' e 'Monterey' produzidas em cultivo sem solo, os teores de ácido cítrico dos demais genótipos, corroboram com os verificados por Cecatto et al. (2013), onde a acidez titulável dos morangos variou de 0,48 - 1% desse ácido.

Dentre os sistemas de cultivo, 'Albion', 'Fronteras' e 'San Andreas' apresentaram a menor acidez titulável quando cultivadas no sistema sem solo, na avaliação realizada em novembro. Na avaliação do mês de dezembro ocorreu o inverso, as cultivares Albion, Fronteras e Monterey apresentaram frutas com menores teores de ácido cítrico quando foram cultivadas no sistema convencional (Tabela 3).

As diferenças encontradas para a variável acidez titulável, em relação aos sistemas de cultivos nas diferentes épocas de avaliação, podem ser consideradas normais. Em um estudo comparando a qualidade de morangos provenientes de propriedades rurais que diferiam entre si em relação ao sistema de produção adotado (orgânico ou convencional), mas que apresentavam condições de cultivo semelhantes em termos de cultivar, tipo de muda, idade das plantas, sistema de irrigação e nível tecnológico, Andrade et al. (2017) verificaram que a acidez titulável das frutas variou de forma bem expressiva entre os sistemas e não apresentou uma tendência de ser maior ou menor no orgânico ou no convencional.

Segundo Akhatou e Recamales (2014), essas variações são decorrentes das condições ambientais, nutrição das plantas, práticas agrícolas, além das características genéticas de cada genótipo. Cervantes et al. (2019) observaram diferenças significativas para a acidez titulável, durante o ciclo produtivo do morangueiro e de forma geral, a temperatura e a umidade relativa, foram as variáveis ambientais que mais influenciaram a qualidade das frutas.

O sabor das frutas é representado principalmente pela relação entre o teor de sólidos solúveis totais (SST) e a acidez titulável (AT), também chamada de ratio. Morangos que apresentam altos valores para essa relação, são mais propensos a serem escolhidos pelos consumidores (CARPENEDO; ANTUNES; TREPTOW, 2016). Na avaliação realizada no mês de novembro, a 'Fênix' apresentou a maior relação SST/AT em comparação aos demais genótipos cultivados no sistema convencional, enquanto que no sem solo, 'Fronteras' e a 'Fênix' apresentaram as maiores relações,

apesar de não diferirem entre si (Tabela 3). Na segunda época de avaliação (dezembro), considerando apenas o sistema convencional, a 'Fênix', 'Fronteras' e 'Albion', apresentaram a maior relação SST/AT e não diferiram entre si, porém, no sem solo, a 'Fênix' foi significativamente superior aos demais genótipos estudados.

Tabela 3. Teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT (*ratio*) e firmeza de polpa de morangos colhidos no mês de novembro e dezembro, em dois sistemas de cultivo.

Genótipo	Sólidos solúveis totais (°Brix)				Acidez titulável (% Àc. cítrico)			
	Novembro		Dezembro		Novembro		Dezembro	
	Conv.	S/ solo	Conv.	S/ solo	Conv.	S/ solo	Conv.	S/solo
Albion	7,50 aA	5,98 aB	9,20 aA	8,38 aB	1,03 aA	0,85 bB	0,90 bB	1,06 aA
Fronteras	5,70 bA	5,18 bB	7,70 bcA	7,20 bB	0,72 cA	0,62 dB	0,79 cB	0,89 cA
Monterey	6,08 bA	5,30 bB	8,50 bA	7,40 bB	0,93 bA	0,93 aA	1,00 aB	1,07 aA
San Andreas	5,90 bA	5,33 bB	8,08 cA	6,98 bB	0,96 abA	0,90 abB	1,00 aA	0,99 abA
Fênix	7,33 aA	5,83 aB	9,43 aA	8,80 aB	0,76 cA	0,73 cA	0,93 abA	0,96 bcA
CV (%)	3,52		2,68		4,58		4,16	

Genótipo	Ratio (SST/AT)				Firmeza (N)			
	Novembro		Dezembro		Novembro		Dezembro	
	Conv.	S/ solo	Conv.	S/ solo	Conv.	S/ solo	Conv.	S/ solo
Albion	7,30 bA	7,05 bA	10,22 aA	7,92 bcB	1,91 aA	1,76 aA	1,08 a	
Fronteras	7,90 bA	8,35 aA	9,77 aA	8,10 bB	1,73 abA	1,58 abA	0,79 b	
Monterey	6,53 cA	5,68 cB	8,55 bA	6,91 dB	1,62 bA	1,63 aA	1,04 a	
San Andreas	6,13cA	5,97 cA	8,03 bA	7,03 cdB	1,73 abA	1,34 bB	1,05 a	
Fênix	9,66 aA	7,96 aB	10,16 aA	9,18 aB	1,94 aA	1,52 abB	1,04 a	
Sistema de cultivo								
Convencional		-		-		-		1,05 a
Sem solo		-		-		-		0,95 b
CV (%)	4,26		5,15		7,83		13,24	

Médias seguidas por mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância; Conv.: convencional; S/ solo: sem solo; CV: Coeficiente de variação.

Na comparação entre os sistemas de cultivo, as cultivares Fênix e Monterey apresentaram a maior relação SST/AT no sistema convencional, em ambas as épocas de avaliação (novembro e dezembro) (Tabela 3). A relação SST/AT dos demais genótipos, não diferiu entre os sistemas de cultivo na avaliação realizada no mês de novembro, mas no mês de dezembro, todos os genótipos apresentaram maior relação SST/AT no sistema convencional, configurando morangos com melhor sabor, devido aos altos teores de sólidos solúveis e menores concentrações de acidez titulável presente nas frutas (LIMA et al., 2021). Ao estudarem a qualidade das frutas das cultivares Albion, Monterey e San Andreas em dois sistemas de cultivo, Alves et al. (2017) também verificaram maiores relações SST/AT, quando as mesmas foram cultivadas no solo em comparação ao sem solo.

Considerando as duas épocas de avaliação (novembro e dezembro) e os dois sistemas de cultivo (convencional e sem solo), a 'Fênix' foi a que produziu frutas com relação SST/AT superior ou próxima a aquela descrita por Chitarra e Chitarra (2005), para que os morangos sejam considerados adequados para o consumo *in natura*, que é de 8,75. Ressaltando o potencial que essa cultivar de morangueiro brasileiro apresenta, podendo ser comercializada fresca, devido ao seu excelente sabor.

A firmeza de polpa apresentou variação entre os genótipos e sistemas de cultivo em ambas as épocas de avaliação (Tabela 3). A firmeza é uma das características mais importantes para determinar a qualidade das frutas, pois quanto mais firmes, maior será a resistência a danos mecânicos, possibilitando o transporte a longas distâncias, maior período de comercialização e manutenção da qualidade pós-colheita (ZEIST; RESENDE, 2019).

Na avaliação realizada no mês de novembro, em relação às frutas produzidas no sistema convencional, as cultivares Fênix, Albion, Fronteras e San Andreas apresentaram a maior firmeza de polpa, apesar de 'Fronteras' e 'San Andreas' não diferirem de 'Monterey'. No entanto, no cultivo sem solo, 'Monterey', 'Albion', 'Fronteras' e 'Fênix' apresentaram frutas mais firmes, porém, 'Fronteras' e a 'Fênix' não diferiram de 'San Andreas'. Na comparação entre os sistemas de cultivo, somente 'San Andreas' e a 'Fênix' apresentaram diferença significativa, onde a maior firmeza de polpa foi verificada nas frutas produzidas no sistema convencional. Na segunda época de avaliação (dezembro), a menor firmeza de polpa foi verificada na cultivar Fronteras em comparação aos demais genótipos (Tabela 3). Em relação aos sistemas de cultivo, o convencional possibilitou a produção de frutas com maior firmeza de polpa, em comparação ao sem solo.

De acordo com Schiavon et al. (2021b), a firmeza de polpa varia de acordo com a cultivar e também está relacionada ao manejo adotado no sistema de produção, onde fatores como a nutrição, estágio de maturação e frequência de irrigação podem afetar essa variável. A menor firmeza de polpa verificada nas frutas produzidas no sistema sem solo, possivelmente está associada à maior frequência de irrigação utilizada neste sistema (três vezes ao dia), enquanto no convencional irrigava-se no máximo uma vez ao dia. Segundo Agüero et al. (2015), o excesso de água, proveniente da irrigação ou da precipitação, afeta negativamente a firmeza das frutas, assim como as altas temperaturas, que provavelmente seja o fator associado à diminuição da firmeza de polpa verificada entre as épocas de avaliação (novembro e

dezembro) para um mesmo genótipo (Tabela 3), pois as temperaturas do mês de dezembro foram superiores às de novembro (Figura 1). Segundo Kannaujia e Asrey (2021), as altas temperaturas aumentam a velocidade de amadurecimento das frutas, assim como a atividade enzimática, ocorrendo a degradação da parede celular e provocando o amolecimento dos morangos.

Os parâmetros colorimétricos apresentaram variação significativa entre os genótipos e sistemas de cultivo em ambas as épocas de avaliação (Tabela 4). Para a variável luminosidade da epiderme, a comparação entre os genótipos produzidos no sistema convencional demonstrou que a 'Fênix' apresentou frutas com maior brilho, diferindo significativamente dos demais, na avaliação realizada no mês de novembro (Tabela 4). Enquanto que, no sistema sem solo, somente a cultivar Albion diferiu dos demais genótipos, apresentando a menor luminosidade. Na comparação entre os sistemas de cultivo, todas as cultivares apresentaram frutas com maior luminosidade quando foram produzidas no sistema sem solo e a 'Fênix' não diferiu entre os sistemas.

No mês de dezembro, não houve interação significativa entre os fatores para a luminosidade. A 'Fênix', 'San Andreas' e 'Monterey' apresentaram os maiores valores para essa variável, apesar de 'Monterey' não diferir de 'Fronteras' (Tabela 4). Nesta mesma época de avaliação, o cultivo sem solo proporcionou frutas com maior brilho na sua epiderme. Os valores de luminosidade variam entre 0 (preto) e 100 (branco). De acordo com a análise sensorial realizada por Nunes et al. (2021), os morangos que apresentam epiderme com maior luminosidade são mais atrativos e preferidos pelos consumidores. Esses mesmos autores verificaram variação significativa em relação aos parâmetros colorimétricos de sete cultivares de morangueiro, entretanto, são relativamente próximos aos do presente estudo. Segundo Peretto et al. (2014), os morangos podem ser considerados de coloração escura, pois todos apresentaram valores para a luminosidade inferiores a 50.

A coloração da epiderme ($^{\circ}$ hue), na avaliação realizada no mês de novembro, variou entre os genótipos e os sistemas de cultivo. O menor ângulo hue foi verificado nas frutas de 'Albion' na comparação entre os genótipos e no cultivo convencional, em relação aos sistemas de cultivo (Tabela 4). Estudando a qualidade físico-química de morangos produzidos em cultivo sem solo, Becker et al. (2020) também observaram menores ângulos matiz para a cultivar Albion em comparação a 'San Andreas', assim como verificado no presente trabalho.

Na segunda época de avaliação (dezembro), os menores ângulos matiz ($^{\circ}$ hue) foram verificados nas cultivares Fronteras, Albion e Monterey, embora as duas últimas citadas não tenham diferido dos demais genótipos estudados, quando produzidas no sistema convencional. Por outro lado, no sem solo não houve diferença entre os genótipos (Tabela 4). Na comparação entre os sistemas de cultivo, com exceção da 'Fênix', todos os demais genótipos apresentaram menor ângulo matiz no sistema convencional. Alves et al. (2017) analisando a qualidade de morangos produzidos em dois sistemas de cultivo, também observaram essa mesma tendência de que as frutas produzidas no sistema convencional apresentam coloração mais escura em comparação às do sem solo. De acordo com Castricini et al. (2017) ângulos hue próximos à 0° correspondem à cor vermelha e próximos à 90° , à amarela. Assim, morangos com coloração vermelha intensa, terão menores valores de ângulo hue.

Tabela 4. Luminosidade, coloração da epiderme (Hue), antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total de morangos produzidos em dois sistemas de cultivo.

Genótipo	Luminosidade (L)			Cor ($^{\circ}$ Hue)		
	Novembro		Dezembro	Novembro	Dezembro	
	Conv.	Sem solo		Conv.	Sem solo	
Albion	34,11 cB	37,01 bA	32,62 c	34,26 b	27,74 abB	37,56 aA
Fronteras	36,81 bB	40,75 aA	33,33 bc	36,75 a	25,82 bB	37,11 aA
Monterey	37,19 bB	39,65 aA	35,33 ab	37,07 a	30,86 abB	39,25 aA
San Andreas	37,40 bB	41,27 aA	36,52 a	38,42 a	32,43 aB	40,29 aA
Fênix	39,63 aA	40,48 aA	35,95 a	36,71 a	33,59 aA	35,07 aA
Sistema de cultivo						
Convencional	-		32,35 b	34,67 b	-	
Sem solo	-		37,15 a	38,61 a	-	
CV (%)	2,69		5,03	3,41	9,13	
Genótipo	Antocianinas totais ¹	Compostos fenólicos totais ²	Atividade Antioxidante total ³			
			Convencional	Sem solo		
Albion	106,92 a	316,63 a	1215,21 abA	1101,86 aA		
Fronteras	66,60 b	254,41 b	1190,29 abA	872,53 bB		
Monterey	79,12 b	307,27 a	1304,163 aA	1146,96 aB		
San Andreas	73,27 b	247,66 b	1040,62 bA	994,45 abA		
Fênix	73,27 b	237,62 b	743,66 cA	632,96 cA		
Sistema de cultivo						
Convencional	86,21 a	287,81 a	-			
Sem solo	74,46 b	257,62 b	-			
CV (%)	14,32	10,08	8,30			

¹Antocianinas totais expressas em mg equivalente cianidina-3-glicosídeo/100g peso fresco; ²Compostos fenólicos totais expressos em mg do equivalente ácido clorogênico/100g peso fresco; ³Atividade antioxidante total expressa em μ g equivalente trolox/g peso fresco. Médias seguidas por mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância; Conv.: convencional; CV: Coeficiente de variação.

De acordo com a análise de variância, o conteúdo de compostos fenólicos e antocianinas totais sofreram apenas o efeito isolado de cada um dos fatores, enquanto que para a atividade antioxidante total houve interação significativa entre os mesmos (Tabela 4). A cultivar Albion apresentou o maior teor de antocianinas totais e juntamente com 'Monterey', apresentaram os maiores conteúdos de compostos fenólicos totais, em comparação aos demais genótipos. As antocianinas são responsáveis pela coloração vermelha presente nos morangos e quantitativamente o composto fenólico mais importante (MARTÍNEZ et al., 2017).

Becker et al. (2020) analisando a composição fitoquímica de morangos produzidos em cultivo sem solo, durante dois ciclos de cultivo no município de Pelotas-RS, verificaram teores médios de antocianinas totais de 55,55 e 63,53 mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100 g^{-1} para as cultivares San Andreas e Albion, respectivamente, os quais são inferiores aos verificados no presente estudo para as mesmas cultivares (Tabela 4). No entanto, esses mesmos autores verificaram teores de compostos fenólicos totais superiores para 'San Andreas' (332,99 mg do equivalente ácido clorogênico 100 g^{-1}) e inferiores para 'Albion' (292,33 mg do equivalente ácido clorogênico 100 g^{-1}) comparados aos do presente trabalho (Tabela 4). Evidenciando que, uma mesma cultivar pode apresentar resultados distintos e essas variações estão relacionadas às condições climáticas, principalmente radiação solar e temperatura, que impactam diretamente a biossíntese fitoquímica (MARTÍNEZ et al., 2017).

Em relação aos sistemas de cultivo, as frutas produzidas no sistema sem solo apresentaram os menores teores de antocianinas e de compostos fenólicos totais (Tabela 4). Zahid et al. (2021) observaram diferenças significativas para o teor de compostos fenólicos e antocianinas em morangos cultivados em diferentes substratos, demonstrando que a composição fitoquímica de cada genótipo é influenciada pelo sistema de cultivo que o mesmo é submetido.

Considerando a atividade antioxidante total das frutas produzidas no sistema convencional, as cultivares Monterey, Albion e Fronteras apresentaram os maiores valores, embora as duas últimas citadas não tenham diferido de 'San Andreas' (Tabela 4). No cultivo sem solo, 'Albion', 'Monterey' e 'San Andreas' apresentaram a maior atividade antioxidante, apesar de 'San Andreas' não diferir de 'Fronteras'. Na comparação entre os sistemas de cultivo, somente as cultivares 'Fronteras' e

'Monterey' apresentaram diferença significativa, verificando-se maior atividade antioxidante nos morangos produzidos no sistema convencional.

A variabilidade encontrada em relação à atividade antioxidante dos diferentes genótipos em um mesmo sistema de cultivo pode ser atribuída a fatores genéticos, o que também foi verificado por Chiomento et al. (2021). De forma geral, o sistema de cultivo convencional possibilitou a produção de frutas com maior atividade antioxidante, teor de antocianinas e compostos fenólicos totais, o que está associado à menor densidade de plantio utilizada neste sistema e à maior exposição das frutas à radiação solar direta, devido ao manejo diário de abertura dos túneis baixos. Enquanto que no sistema de cultivo sem solo, as frutas recebem apenas radiação difusa, devido à cobertura de polietileno transparente do abrigo ser fixa.

Segundo Khammayom et al. (2022), apenas 70% da radiação solar externa é transmitida para o interior da casa de vegetação. Cervantes et al. (2019), ao estudarem as propriedades nutraceuticas de morangos expostos a diferentes intensidades de radiação solar, verificaram que quanto maior a exposição à luz solar, maior o conteúdo e atividade antioxidante.

De acordo com Franco et al. (2017), a menor densidade de plantio expõe as frutas a maiores níveis de radiação solar, promovendo a síntese de compostos bioativos. Além disso, as plantas cultivadas no sistema sem solo possuíam um espaço limitado para o crescimento radicular se comparadas às plantas do sistema convencional, o que pode ter limitado a absorção de água e nutrientes, e acarretado em menor crescimento e desenvolvimento das mesmas, assim como, a síntese dos compostos fitoquímicos (FRANCO; ULIANA; LIMA, 2017; ZAHID et al., 2021).

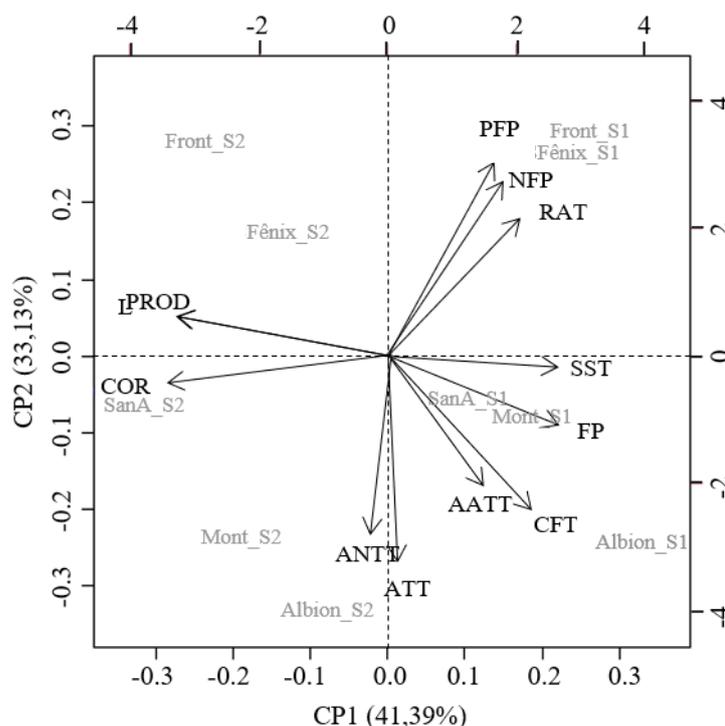
Na análise multivariada, os dois primeiros componentes principais explicaram 74,52% da variabilidade total dos dados (Figura 2). O componente principal 1 (CP1) e o componente principal 2 (CP2) foram responsáveis por 41,39 e 33,13% da variância, respectivamente (Figura 2). O terceiro componente principal explicou apenas 14,23% da variância total, por isso não foi considerado neste estudo.

Na Figura 2, um dos aspectos observados através do CP1 é a segregação dos tratamentos de acordo com o sistema de cultivo utilizado, de forma que, os genótipos produzidos no sistema convencional (S1) estão localizados a direita do gráfico e aqueles do sem solo, a esquerda (S2). Com isso, observa-se que um mesmo genótipo pode apresentar diferentes parâmetros produtivos, físico-químicos e fitoquímicos, de acordo com o sistema de cultivo em que são submetidos.

Com base na análise de componentes principais, os parâmetros de cor, luminosidade (L) e coloração da epiderme (COR) se correlacionaram negativamente com os compostos fenólicos totais (CFT) e a atividade antioxidante total (AATT) (Figura 2). Estes aspectos indicam que amostras com maiores teores de polifenóis são mais escuras e coloridas. Šamec et al. (2016) ao realizarem a análise de componentes principais em relação a qualidade físico-química e fitoquímica de morangos, observaram a mesma tendência de correlação negativa entre a luminosidade e os compostos fenólicos totais. Correlações negativas também foram verificadas em relação ao ratio (RAT) e à acidez titulável (ATT) (Figura 2), esses dados estão condizentes com a relação inversa de proporcionalidade entre os mesmos.

As cultivares BRS DC25 Fênix e Fronteras produzidas no sistema convencional (S1) formaram um mesmo grupo, principalmente em função das variáveis produtivas: número e produção de frutas por planta, e em relação ao ratio (SST/ATT) das frutas. Esses mesmos genótipos ('BRS DC25 Fênix' e 'Fronteras') produzidos no sistema sem solo (S2), formaram outro grupo, no entanto, nenhuma variável mensurada está diretamente associada a esses dois materiais. É possível observar uma tendência de agrupamento dos genótipos de acordo com sua classificação fotoperiódica. Verificou-se que os genótipos de dias curtos, 'Fronteras' e 'BRS DC25 Fênix' formaram grupos, enquanto que, as cultivares de dias neutros 'San Andreas', 'Monterey' e 'Albion' formaram outros grupos, ambos de acordo com o sistema de cultivo (S1 e S2) em que foram produzidas (Figura 2). Observa-se que 'Albion' correlacionou-se com as variáveis acidez titulável (ATT) e antocianinas totais (ANTT) (Figura 2), o que pode ser confirmado pelos dados das Tabelas 3 e 4, pois essa cultivar apresentou um dos maiores teores de acidez titulável e de antocianinas totais.

A cultivar San Andreas cultivada no sistema sem solo foi principalmente caracterizada pelo ângulo matiz (cor), que expressa a tonalidade da cor (Figura 2). Essa cultivar apresentou um dos maiores ângulos matiz entre todos os genótipos analisados (Tabela 4), caracterizando frutas com um vermelho menos intenso. Estes dados corroboram com Costa et al. (2019), que ao avaliarem diferentes cultivares de dias neutros, verificaram maior ângulo hue para 'San Andreas' em comparação às demais. Essa tendência de apresentar uma coloração vermelha alaranjada é uma característica genética desse genótipo, podendo também ser influenciada por fatores climáticos e práticas culturais.



Legenda: Front= Fronteras; Mont= Monterey; SanA= San Andreas; Fênix= BRS DC25 Fênix; S1= Sistema de cultivo convencional; S2: Sistema de cultivo sem solo; PFP= Produção de frutas por planta; NFP= Número de frutas por planta; PROD= Produtividade; SST= Sólidos solúveis totais; ATT= Acidez total titulável; RAT= Relação sólidos solúveis totais e acidez total titulável; FP= Firmeza de polpa; L= Luminosidade da epiderme; HUE= Coloração da epiderme; CFT= Compostos fenólicos totais; ANTT= Antocianinas totais; AATT= Atividade antioxidante total.

Figura 2. Análise de componentes principais para os genótipos de morangueiro produzidos em dois sistemas de cultivo e os parâmetros produtivos, físico-químicos e fitoquímicos das frutas.

Os resultados apresentados ao longo do trabalho enfatizam a importância do conhecimento hortícola dos diferentes genótipos estudados e suas interações com os sistemas de cultivo e o quanto isso afeta de maneira distinta os aspectos produtivos e de qualidade do morangueiro. Essas informações podem auxiliar produtores, técnicos e pesquisadores na tomada de decisão em relação à escolha do genótipo e sistema de cultivo a ser utilizado. Além do desenvolvimento de novos estudos, que busquem promover melhorias e ajustes no sistema de cultivo sem solo, que possibilitem atingir o mesmo padrão de produção e qualidade de frutas, obtidos no sistema convencional, uma vez que, observa-se uma tendência crescente da produção de morangueiro no Brasil, migrar do cultivo convencional para o sem solo, tendo em vista todos os benefícios que o mesmo proporciona.

3.4 Conclusões

- O sistema de cultivo convencional proporciona maior produção e número de frutas por planta, enquanto que o sistema sem solo a maior produtividade.

- As cultivares, Fronteras e BRS DC25 Fênix apresentam as maiores produções de frutas e 'Albion' as menores.

- Os morangos produzidos no sistema de cultivo convencional apresentam os maiores teores de sólidos solúveis, firmeza de polpa, razão entre o conteúdo de sólidos solúveis e a acidez titulável e coloração mais intensa.

- 'Albion' e a 'BRS DC25 Fênix' apresentam os maiores teores de sólidos solúveis em ambos os sistemas de cultivo. A 'BRS DC25 Fênix' apresenta potencial para o mercado *in natura*, considerando sua alta relação sólidos solúveis/acidez titulável.

- O sistema de cultivo convencional possibilita a produção de frutas com maior conteúdo de antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante total.

- As cultivares Albion e Monterey apresentam a maior atividade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais, enquanto que 'Albion' o maior conteúdo de antocianinas totais.

4 Capítulo 2 - Produção de genótipos de morangueiro cultivados por dois ciclos consecutivos em sistema de cultivo de sem solo e submetidos à poda de renovação

4.1 Introdução

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) é uma cultura de grande importância social, econômica, e em constante expansão. No ano de 2012, a produção brasileira foi de aproximadamente 138.000 toneladas, em uma área de 3.700 hectares, passando para 197.000 toneladas e 5.084 hectares na safra de 2021 (FAOSTAT, 2023). Esse aumento representa um incremento de 42,75% na produção e 37,4% na área cultivada, ao longo de um período de dez anos.

O cultivo sem solo do morangueiro vem ganhando espaço em relação ao sistema convencional, pois o uso de ambiente protegido, substratos e solução nutritiva, permitem um maior controle sobre os fatores de produção e qualidade das frutas (DIEL et al., 2017; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2023). Além disso, esse sistema facilita o manejo e a realização dos tratos culturais, mediante o cultivo das plantas em sistemas suspensos, elevados do solo, melhorando a ergometria dos trabalhadores (DUARTE et al., 2022). A utilização de maiores densidades de plantio nesse tipo de sistema, também proporciona incrementos de produtividade por área (LIMA et al., 2021).

Devido à menor incidência de pragas e doenças verificadas em sistemas de cultivo sem solo, principalmente àquelas associadas ao sistema radicular (NIN et al., 2018), e na tentativa de reduzir os custos de produção e obter produções precoces, muitos produtores optam em manter as plantas de morangueiro por pelo menos dois ciclos de cultivo. No entanto, as elevadas temperaturas e os dias longos verificados durante a primavera e o verão, estimulam o crescimento vegetativo e a emissão de estolões, em detrimento da produção de frutas (HENSCHERL et al., 2017).

A poda verde ou de renovação realizada nesse período, é uma prática importante para a retirada do excesso de massa vegetativa, contribuindo para a redução de fontes de inóculo de pragas e doenças, além de proporcionar melhor equilíbrio fisiológico à planta, estimulando sua renovação (VIGNOLO, 2015; BACKES; COCCO; SCHILDT, 2020). Os efeitos da desfolhação na produtividade podem variar com o ambiente e a cultivar (CHANDLER; MILLER; FERREE, 1988). Na literatura brasileira, poucos estudos foram realizados sobre a produção de morangos durante

dois ciclos de cultivo consecutivos, com ênfase na poda de renovação, realizada ao final do primeiro ciclo. Portanto, é um tema que precisa ser melhor elucidado, com o intuito de entender a influência dessa prática no crescimento e desenvolvimento da planta, e na produção de frutas durante o segundo ciclo de cultivo.

A maioria das cultivares de morangueiro disponíveis no mercado brasileiro são oriundas de programas de melhoramento genético dos Estados Unidos (ZEIST; RESENDE, 2019). No entanto, com a retomada de alguns programas de melhoramento genético de morangueiro, novos genótipos estão sendo desenvolvidos e avaliados nas diferentes regiões produtoras do país, buscando identificar aqueles que melhor se adaptam às condições edafoclimáticas de cada região.

Diante disso, estudos sobre o desempenho agrônômico de cultivares e seleções avançadas de morangueiro durante dois ciclos de cultivo consecutivos, são importantes para gerar informações sobre a adaptabilidade desses materiais aos sistemas de cultivos utilizados, manejo e condições climáticas de cada região produtora, assim como a resposta de cada genótipo à técnica de poda de renovação.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de frutas de genótipos de morangueiro em sistema de cultivo sem solo, durante dois ciclos de cultivo consecutivos, assim como a influência da poda de renovação ao final do primeiro ciclo.

4.2 Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação (tipo abrigo) de dimensões de 17 m de comprimento e 5 m de largura, com altura máxima de 3,4 m (altura do pé direito de 1,95 m), coberta com filme de polietileno transparente de baixa densidade (150 μm de espessura), na área experimental pertencente à Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, latitude de 31°40' sul e longitude 52°26' oeste, com 60 m de altitude, no período de abril de 2020 a dezembro de 2021. O clima da região, segundo W. Köppen, é do tipo "Cfa" – temperado úmido com verões quentes, com temperatura e precipitação média anual de 17,9 °C e 1500 mm, respectivamente. Os dados climáticos (temperatura máxima, média, mínima) referente ao período de condução do experimento foram coletados da estação meteorológica da Embrapa Clima Temperado na Estação Experimental da Sede, e os referentes ao fotoperíodo, foram obtidos com base na latitude local (31° S) em relação aos meses do ano (Figura 1),

segundo o método proposto por (OMETTO, 1981).

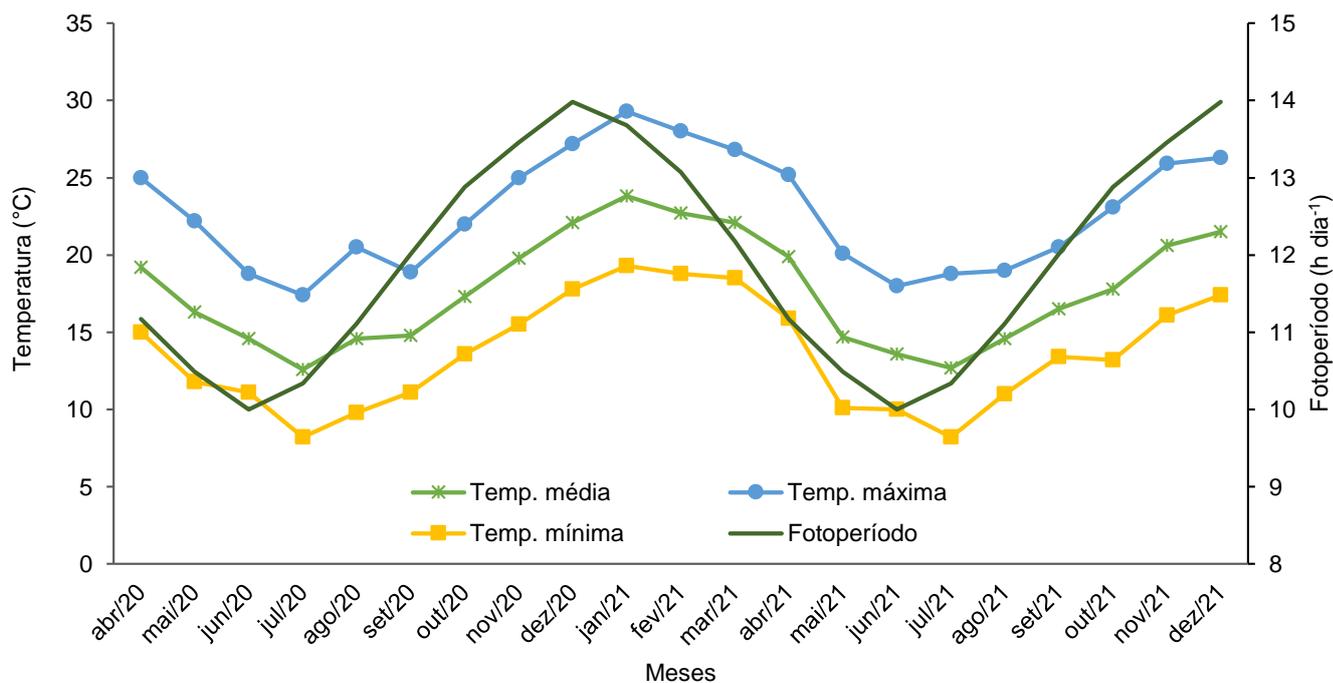


Figura 1. Temperaturas máximas, médias e mínimas registradas no período de abril de 2020 a dezembro de 2021 e fotoperíodo no município de Pelotas.

Foram estudados oito genótipos de morangueiro e duas técnicas de manejo em relação à poda de renovação (Apêndice B3 e B4), buscando um segundo ciclo de produção, sendo três seleções (Sel.) avançadas do programa de melhoramento genético de morangueiro da Embrapa Clima Temperado (Sel. 30-8; 31-9; 35-2), juntamente com a cultivar BRS DC25 Fênix, registrada em 2022 e lançada pela Embrapa em 2023, e a 'BRS DC22', que foi registrada em 2023 no MAPA, pela mesma instituição. Além de três cultivares utilizadas pelos produtores brasileiros, das quais 'Albion' e 'San Andreas' são de dias neutros e 'Fronteras' de dias curtos. As mudas das seleções avançadas e das cultivares BRS utilizadas eram do tipo envasadas, com pontas de estolão enraizadas em bandejas de 72 células com volume de substrato de 124 mL, na própria unidade de pesquisa, não passando por processo de vernalização. O plantio das mudas ocorreu em 17 de abril de 2020. Exceto da cultivar Fronteras que ocorreu em 25 de maio de 2020 e de 'San Andreas' e 'Albion' em 18 de junho de 2020. As mudas das cultivares importadas foram provenientes do Chile, e eram de raízes nuas.

O sistema de cultivo adotado para a realização do experimento foi o sem solo (Apêndice B1 e B2), no qual bancadas de madeiras de 0,9 m de altura e 0,62 m de largura, espaçadas 0,5 m foram utilizadas para acondicionar as embalagens tubulares

(*slabs*) de filme de polietileno dupla-face branco e preto de dimensões de 1,4 m de comprimento e 0,3 m de largura, preenchidos com 55 L de substrato comercial Carolina Soil (composto por turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, resíduo orgânico de agroindústria classe A, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizantes NPK, condutividade elétrica de $0,4 \pm 0,3 \text{ mS cm}^{-1}$, pH: $5,5 \pm 0,5$, densidade seca: 155 kg m^{-3} e capacidade de retenção de água: 55%), sendo duas fileiras de *slabs* por bancada. O plantio das mudas se deu em linhas simples, com espaçamento de 0,15 m entre plantas, totalizando 11,9 plantas m^{-2} .

Para irrigação, utilizou-se um sistema dividido em quatro seções, onde cada uma era composta por uma moto-bomba periférica de $\frac{1}{2}$ CV de potência e um reservatório de 310 L. Através desse sistema foi fornecida a solução nutritiva, utilizando uma fita de irrigação com intervalos de 0,10 m entre gotejadores, inserida na parte superior do slab, logo abaixo do filme polietileno dos *slabs*. Para a drenagem do excesso de água e de nutrientes fornecidos às plantas, foi realizada na parte inferior dos *slabs*, uma perfuração a cada 0,20 m linear, caracterizando assim, um sistema de cultivo sem solo aberto. O sistema de irrigação era acionado diariamente através de um temporizador digital. De forma que no período de abril a setembro, era acionado três vezes ao dia, com duração de três minutos cada (8:00; 11:00; 16:00 horas) e no período de outubro a março, três vezes ao dia, com duração de quatro minutos cada (7:00; 11:00; 18:00), com vazão média de $1,3 \text{ L hora}^{-1}$ por gotejador, em ambos os períodos. A fertirrigação foi realizada com a solução nutritiva Samo Fertilizantes®, composta pelos fertilizantes 'Ferti base' e 'Ferti morango', na dosagem de 1 e 1,5 L para 1000 L de água, respectivamente. O pH e a condutividade elétrica foram monitorados semanalmente durante o período de produção, sendo o pH mantido entre 5,5 e 6,5 e a condutividade elétrica entre 1,2 e 1,5 dS m^{-1} .

Todas as práticas de manejo e controle de pragas e doenças foram realizadas baseadas no monitoramento periódico das mesmas e quando constatada a necessidade de aplicação de defensivos químicos, foram utilizados produtos comerciais registrados para a cultura, de acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Periodicamente, as folhas senescentes e doentes, assim como os pedúnculos senescentes, eram retirados, buscando diminuir fontes de inóculo.

O experimento foi dividido em dois ciclos de cultivo, sendo considerado como primeiro ciclo (pré-poda), o período de abril de 2020 a 10 de março de 2021, quando se procedeu a poda de renovação das plantas e o segundo ciclo (pós-poda de

renovação), de março a dezembro de 2021. A poda de renovação das plantas foi realizada no dia 10 de março de 2021, sendo retiradas todas as folhas senescentes, doentes e também as folhas saudáveis, deixando cerca de quatro folhas por planta, priorizando as mais jovens (Apêndice B4). Além disso, foi realizada a eliminação do excesso de coroas, deixando cerca de quatro coroas por planta e adicionalmente, estolões e pedúnculos florais também foram retirados. Essa prática foi realizada em 50% das parcelas de cada tratamento.

O período de colheita das frutas teve início em junho de 2020 e estendeu-se até o dia 10 de dezembro de 2021. Os morangos foram colhidos quando apresentavam cerca de 75% ou mais da epiderme de coloração vermelha, duas vezes por semana. Imediatamente após a colheita, as frutas eram quantificadas e pesadas em balança digital. Os valores obtidos foram divididos pelo número de plantas vivas em cada unidade experimental, obtendo assim, o número e a produção de frutas por planta. A massa média de fruta foi calculada através da razão entre o número e a produção total de frutas por planta. Foram consideradas apenas frutas comercializáveis, descartando-se aquelas com defeitos graves e com massa inferior a 6 g.

No período de dezembro de 2020 a maio de 2021, todos os estolões emitidos em cada uma das parcelas foram retirados e contabilizados, e dividiu-se pelo número de plantas vivas em cada unidade experimental, obtendo-se assim, o número de estolões por planta.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em ambos os ciclos, porém no primeiro ciclo, os tratamentos foram compostos exclusivamente por oito genótipos de morangueiro (unifatorial), com oito repetições de seis plantas cada. Enquanto no segundo ciclo foi em esquema fatorial 8 x 2, envolvendo os mesmos oito genótipos de morangueiro e a realização ou não da poda de renovação (com e sem poda). Cada tratamento foi repetido quatro vezes e a unidade experimental formada por seis plantas.

Os dados obtidos em ambos os períodos (pré e pós-poda de renovação) foram submetidos à análise de variância e quando significativas as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott Knott à 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o software R (RCORE TEAM, 2020), utilizando a interface RBio (BHERING, 2017).

4.3 Resultados e discussão

Através da análise da distribuição da produção de frutas durante o primeiro ciclo de cultivo, verificou-se que os genótipos desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da Embrapa iniciaram a produção precocemente quando comparadas as cultivares americanas (Albion, Fronteras e San Andreas) (Figura 2). Esta precocidade está associada à época de plantio em que cada uma foi submetida, pois as seleções avançadas e a 'Fênix' foram plantadas no início de abril e as cultivares em maio e junho.

As mudas das cultivares comerciais utilizadas no sul do Brasil, são importadas de países como Chile e a Argentina e só chegam ao país, a partir do mês de maio, atrasando o início da produção, em detrimento da melhor época de plantio, uma vez que, algumas regiões apresentam condições climáticas favoráveis ao plantio a partir do mês de março (ZEIST; RESENDE, 2019). Além disso, essa dependência por genótipos e mudas estrangeiras, acarreta aumentos dos custos de produção, devido ao pagamento de *royalties* aos detentores das cultivares e gastos com o processo de importação das mudas (FAGHERAZZI et al., 2017).

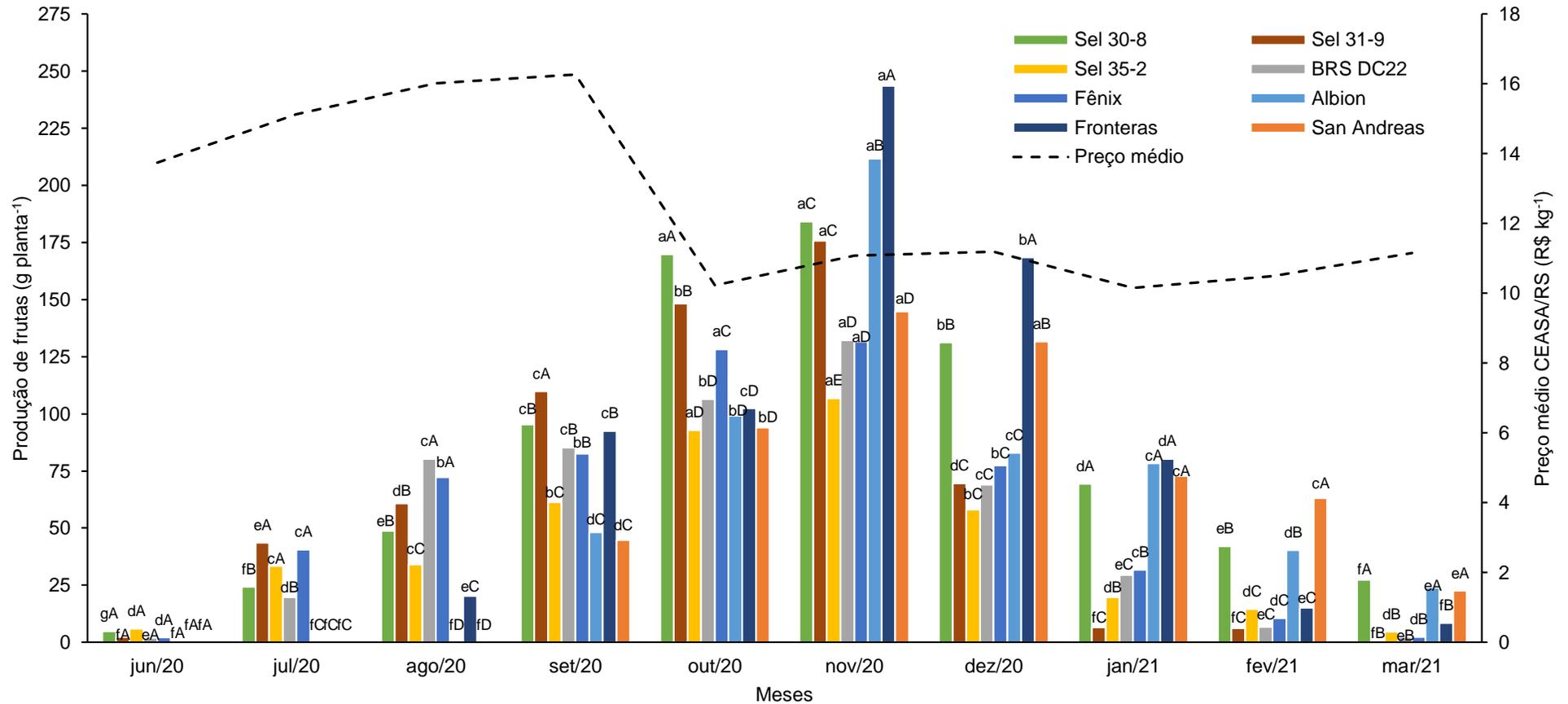
Apesar do volume de frutas produzido no período de junho a setembro ter sido relativamente baixo, torna-se interessante, do ponto de vista econômico, pois o valor pago pelo quilograma do morango nesse período foi em média R\$15,33, que é 41,62% superior ao valor pago pela fruta, em dezembro desse mesmo ciclo (Figura 2), segundo os dados do CEASA/RS.

No entanto, a maioria dos genótipos estudados apresentaram as maiores produções de frutas nos meses de outubro e novembro. A partir do mês de janeiro verificou-se uma diminuição significativa na produção em função do aumento da temperatura e do fotoperíodo (Figura 1), principalmente, nos genótipos classificados como de dias curtos, como a Sel. 31-9, 35-2, 'BRS DC22', 'Fênix', no entanto, para 'Fronteras', a redução mais drástica na produção foi verificada a partir de fevereiro.

Por outro lado, 'Albion', 'San Andreas' e a Sel. 30-8 foram os genótipos que apresentaram as maiores produções no mês de janeiro, fevereiro e março, em comparação aos demais genótipos. 'Albion' e 'San Andreas' são cultivares insensíveis ao fotoperíodo, classificadas como de dias neutros, enquanto a Sel. 30-8 apresenta genitores classificados como de dias neutros, portanto, possivelmente esse genótipo também pertença a esse grupo. De acordo com Sønsteby e Heide (2017), a

temperatura e o fotoperíodo são os dois principais fatores que regulam a adaptabilidade, o crescimento e o desenvolvimento dos genótipos de morangueiro.

Chiomento et al. (2021), estudando o desempenho produtivo de nove cultivares de morangueiro em casa de vegetação, no município de Passo Fundo – RS/BR, observaram que os picos de produção de frutas ocorreram nos meses de outubro e novembro, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo. Na região sul do Brasil, a maior concentração da produção de morangos se dá nos meses de setembro a dezembro. Esse período caracteriza-se por uma elevada oferta e consequente queda no preço do morango, que se mantêm baixo inclusive durante o verão (janeiro-março) (Figura 2). Isso ocorre devido à safra e preferência dos consumidores por outras frutas, como a uva e a melancia. Além disso, a qualidade do morango produzido nessa época é baixa, devido às altas temperaturas.



Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. Letras minúsculas comparam os períodos de colheita (meses) para um mesmo genótipo e maiúsculas, comparam os genótipos para um mesmo período de colheita.

Figura 2. Distribuição da produção de frutas de genótipos de morangueiro, cultivados em sistema sem solo e preço médio do morango na CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) durante o ciclo 2020/2021 (primeiro ciclo de cultivo).

Houve diferença significativa em relação aos parâmetros produtivos referentes ao primeiro ciclo de cultivo (Tabela 1). A Sel. 30-8 apresentou a maior produção e número de frutas por planta e a Sel. 35-2 as menores, para ambas as variáveis.

A superioridade apresentada pela Sel 30-8 e à similaridade das demais seleções com as cultivares comerciais, com exceção da Sel. 35-2, pode estar atrelada a adaptação desses genótipos ao local onde foram produzidos e cultivados, bem como, ao sistema de produção de mudas utilizado. Uma vez que, dentre os objetivos dos programas de melhoramento genético estão o desenvolvimento de materiais adaptados às condições locais e redução da dependência de cultivares e mudas importadas (ZEIST; RESENDE, 2019).

Embora a cultivar San Andreas domine o mercado brasileiro, ocupando cerca de 65% da área cultivada no país (CHIOMENTO et al., 2021), a produção de frutas desse genótipo foi inferior à da 'Fronteras' e da Sel. 30-8, e não diferiu da 'Fênix', 'BRS DC22' e Sel. 31-9, (Tabela 1). No entanto, as produções de morangos verificadas para as cultivares comerciais são superiores àquelas obtidas por Chiomento et al. (2021), cultivando em casa de vegetação, que foi de 316 g planta⁻¹ para 'San Andreas', 296 g planta⁻¹ para 'Albion' e 356 g planta⁻¹ para 'Fronteras'. De acordo com Sørnsteby et al. (2021), em sistemas de produção com alto custo de implantação, como o sem solo, torna-se necessário atingir altas produtividades e frutas com qualidade para que se torne rentável. Portanto, o desenvolvimento de novos genótipos e técnicas de cultivo que possibilitem obter produções de frutas com qualidade e em períodos que garantam maior retorno econômico, são de extrema importância para viabilizar e alavancar a produção de morangos na região de Pelotas-RS.

A 'Fênix' apresentou a maior massa média de fruta, por outro lado a Sel. 30-8 e a 'BRS DC22' formaram um mesmo grupo, apresentando as menores médias em comparação aos demais genótipos para essa variável (Tabela 1). Essa característica de manter um bom tamanho de fruta no decorrer do ciclo que a 'Fênix' apresenta, também foi verificada por Delazeri (2020) e Mueller (2022), ao avaliarem essa cultivar e outros genótipos de morangueiro (seleções e cultivares) em cultivo no solo na área de Pelotas-RS. De acordo com Fagherazzi et al. (2014), a estabilidade no tamanho das frutas é uma característica importante, pois frutas grandes facilitam a realização da colheita e a embalagem, diminuindo os custos com mão de obra.

Tabela 1. Produção e número de frutas por planta e massa média de fruta de genótipos de morangueiro cultivados em sistema sem solo durante o ciclo 2020/2021 (primeiro ciclo de cultivo).

Genótipo	Produção de frutas (g planta ⁻¹)	Número de frutas por planta	Massa média de fruta (g fruta ⁻¹)
Sel. 30-8	797,13 a	61,16 a	13,08 d
Sel. 31-9	623,51 c	39,14 b	15,95 b
Sel. 35-2	431,25 d	26,22 d	16,46 b
BRS DC22	533,34 c	39,59 b	13,49 d
Fênix	579,12 c	32,78 c	17,63 a
Albion	584,50 c	41,05 b	14,41 c
Fronteras	731,14 b	43,65 b	16,78 b
San Andreas	573,52 c	41,16 b	13,97 c
CV (%)	9,20	10,45	5,95

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. CV: Coeficiente de variação.

A análise unifatorial da produção de estolões referente aos meses de dezembro de 2020 e janeiro e fevereiro de 2021, período que antecedeu a poda de renovação, demonstrou que no mês de dezembro e janeiro a Sel. 31-9 apresentou o maior número de estolões por planta (Tabela 2). No mês de janeiro, 'Albion', 'San Andreas', 'Fronteras' e a Sel. 30-8 apresentaram o menor número de estolões por planta, formando um mesmo grupo. Já no mês de fevereiro, a Sel. 31-9 e as cultivares Fênix e BRS DC22 produziram maior número de estolões por planta, enquanto os genótipos classificados como de dias neutros ('Albion', 'San Andreas' e a Sel. 30-8) os menores. Schiavon et al. (2021a), observaram que durante o verão (dezembro-março) no município de Pelotas, a cultivar de dias curtos 'Camarosa' produziu cerca de 84,5% a mais de estolões que 'Aromas', cultivar de dias neutros.

Esses resultados são atribuídos à relação antagônica estabelecida entre a produção de frutas e a de estolões. Uma vez que, a elevação da temperatura favorece a formação de estolões em genótipos de dias neutros, enquanto que a combinação do aumento do fotoperíodo e da temperatura estimula a produção de estolões em genótipos de dias curtos. No município de Pelotas-RS, no período de dezembro a março são verificadas as maiores temperaturas e o fotoperíodo ainda está longo (Figura 1). Essas condições acarretam em grande produção de estolões, principalmente nos genótipos de dias curtos, como evidenciado na Tabela 2, e baixa produção de frutas (Figura 2).

Tabela 2. Número de estolões produzidos por planta de genótipos de morangueiro cultivados em sistema sem solo durante o ciclo 2020/2021 e submetidos a poda de renovação no mês de março de 2021.

Genótipo	Número de estolões por planta					
	Dezembro 2020	Janeiro 2021	Fevereiro 2021	Março 2021		Abril 2021
				s/poda	c/poda	
Sel. 30-8	3,02 c	1,94 c	1,35 c	0,64 dA	0,81 dA	0,27 c
Sel. 31-9	6,65 a	9,28 a	8,66 a	8,58 bA	6,96 aA	2,27 a
Sel. 35-2	2,77 c	5,66 b	5,23 b	2,33 cA	1,13 dA	0,25 c
BRS DC22	4,06 b	7,01 b	8,59 a	6,88 bA	4,40 bB	0,35 c
BRS Fênix	3,94 b	6,08 b	7,17 a	7,21 bA	4,67 bB	1,90 b
Albion	1,50 d	1,43 c	1,30 c	0,58 dA	0,85 dA	0,42 c
Fronteras	1,14 d	3,10 c	5,14 b	10,94 aA	2,74 cB	0,54 c
San Andreas	0,10 e	0,74 c	0,47 c	0,00 dA	0,0 dA	0,00 d
Intensidade de poda						
Sem poda	-	-	-	-	-	0,70 ^{ns}
Com poda	-	-	-	-	-	0,79
CV (%)	37,53	39,56	38,78	33,93		31,01

Médias seguidas por mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. ^{ns}: não significativo; CV: Coeficiente de variação.

Houve interação significativa entre os fatores, genótipos e poda de renovação, na avaliação referente ao número de estolões emitidos por planta no mês de março (Tabela 2). As cultivares BRS DC22, Fênix e Fronteras produziram menor número de estolões por planta quando as plantas foram submetidas a poda de renovação e para os demais genótipos não houve diferença significativa. Nesse mesmo mês, a comparação entre os genótipos em que não se realizou a poda de renovação, a cultivar Fronteras foi a que produziu o maior número de estolões por planta, enquanto que, naqueles em que se efetuou a poda, a Sel. 31-9 foi a que produziu o maior número de estolões. Esse genótipo apresenta plantas vigorosas e com forte característica de dias curtos, pois em condições de temperatura elevada e fotoperíodo longo emitem grande quantidade de estolões, como verificado nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março (Tabela 2). Dentre os genótipos estudados, a Sel. 31-9 foi uma das primeiras a começar a emitir estolões, o que se confirma pelo maior número de estolões emitidos por planta no mês de dezembro de 2020, em comparação aos demais genótipos (Tabela 2).

Quando as plantas são submetidas à poda drástica, ocorre a redução da taxa fotossintética devido à redução do número de folhas (órgãos fonte), assim como a translocação de fotoassimilados pelo floema (BACKES; COCCO; SCHILDT, 2020), provocando uma redução nas taxas de crescimento da planta, assim como na emissão

de estolões. A planta primeiramente reestabelece seu dossel foliar, para posteriormente priorizar a propagação vegetativa através da emissão de estolões.

Na avaliação do mês de abril não houve interação significativa entre os fatores, e também não ocorreu o efeito isolado do fator intensidade de poda sobre a produção de estolões por planta (Tabela 2). O efeito isolado do fator genótipo demonstrou que a Sel. 31-9 produziu maior número de estolões, seguida pela 'BRS Fênix'.

A distribuição da produção de frutas dos diferentes genótipos ao decorrer do segundo ciclo de cultivo após a realização da poda drástica (Figura 3), demonstra que os genótipos classificados como de dias neutros (Sel. 30-8, 'Albion' e 'San Andreas') retomaram a produção de frutas no mês seguinte à realização da poda drástica (abril). Vignolo (2015), ao realizar a poda drástica em plantas de morangueiro das cultivares Albion e Aromas (ambas de dias neutros), no mês de março no município de Pelotas, também verificou que as plantas retomaram a produção de frutas no mês de abril.

Os genótipos de dias neutros (Sel. 30-8, 'Albion' e 'San Andreas') quando não submetidos à poda apresentaram produção de frutas inclusive no mês de março (Figura 4). Por outro lado, os genótipos de dias curtos retomaram a produção de frutas somente no mês de julho, independentemente se a poda drástica foi realizada ou não (Figura 3 e 4). As folhas remanescentes e os carboidratos armazenados nas coroas e nas raízes possibilitam a rápida retomada do crescimento e da produção de frutas em plantas de morangueiro submetidas à poda drástica (BACKES; COCCO; SCHILDT, 2020).

No presente estudo, a poda drástica foi realizada quando as plantas apresentavam cerca de 10 meses de cultivo, portanto, possuíam um sistema radicular robusto e coroas espessas, que garantiram a emissão de novas folhas e em seguida de novas flores.

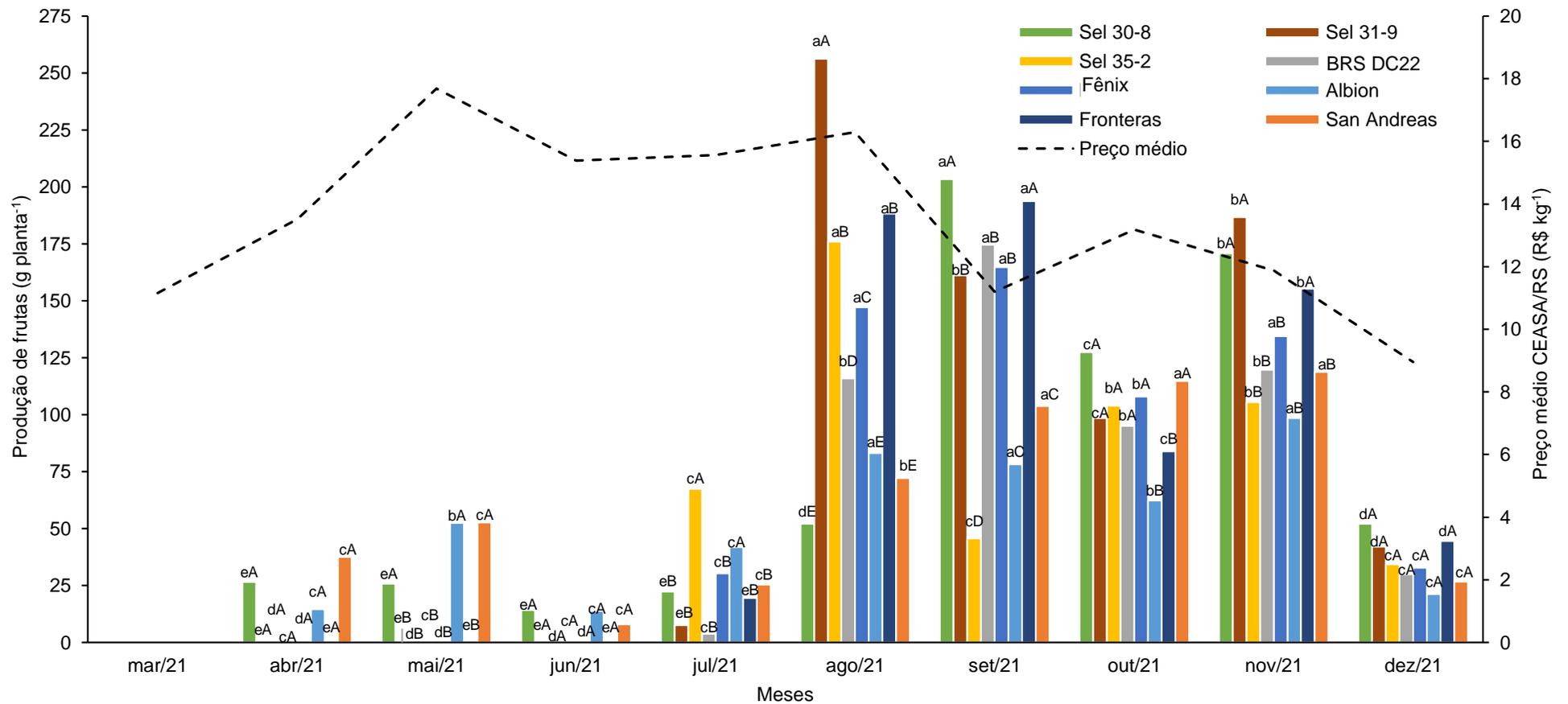
No município de Pelotas, onde o experimento foi realizado, entre os meses de abril e julho, ocorre uma redução da radiação solar devido a períodos prolongados de chuva e com excesso de nebulosidade. Essas condições climáticas, associados a diminuição da temperatura e do fotoperíodo (conforme ilustrado na Figura 1), induzem a planta a reduzir o seu metabolismo e entrar em um estado de semi-dormência (RIVERO et al., 2021), resultando em baixas produções de frutas (Figura 3 e 4).

A manutenção das plantas de morangueiro durante dois ciclos de cultivo, pode ser uma alternativa para produtores que buscam obter produções precoces de frutas e comercializar em períodos que o morango atinge os maiores preços, que na safra

2021 foi de maio a agosto (Figura 3 e 4). Ao analisar as figuras 3 e 4, observa-se que as produções obtidas a partir do mês de agosto de 2021, independentemente se a poda drástica foi realizada ou não, são superiores às obtidas durante o mês de agosto de 2020 (Figura 2), que corresponde ao primeiro ciclo de cultivo. Além disso, a produção de frutas se manteve elevada até o mês de novembro (Figura 3 e 4), não se observando picos produtivos tão proeminentes como os visualizados durante o primeiro ciclo (Figura 2), onde para a maioria dos genótipos, as maiores produções de frutas foram verificadas no mês de novembro.

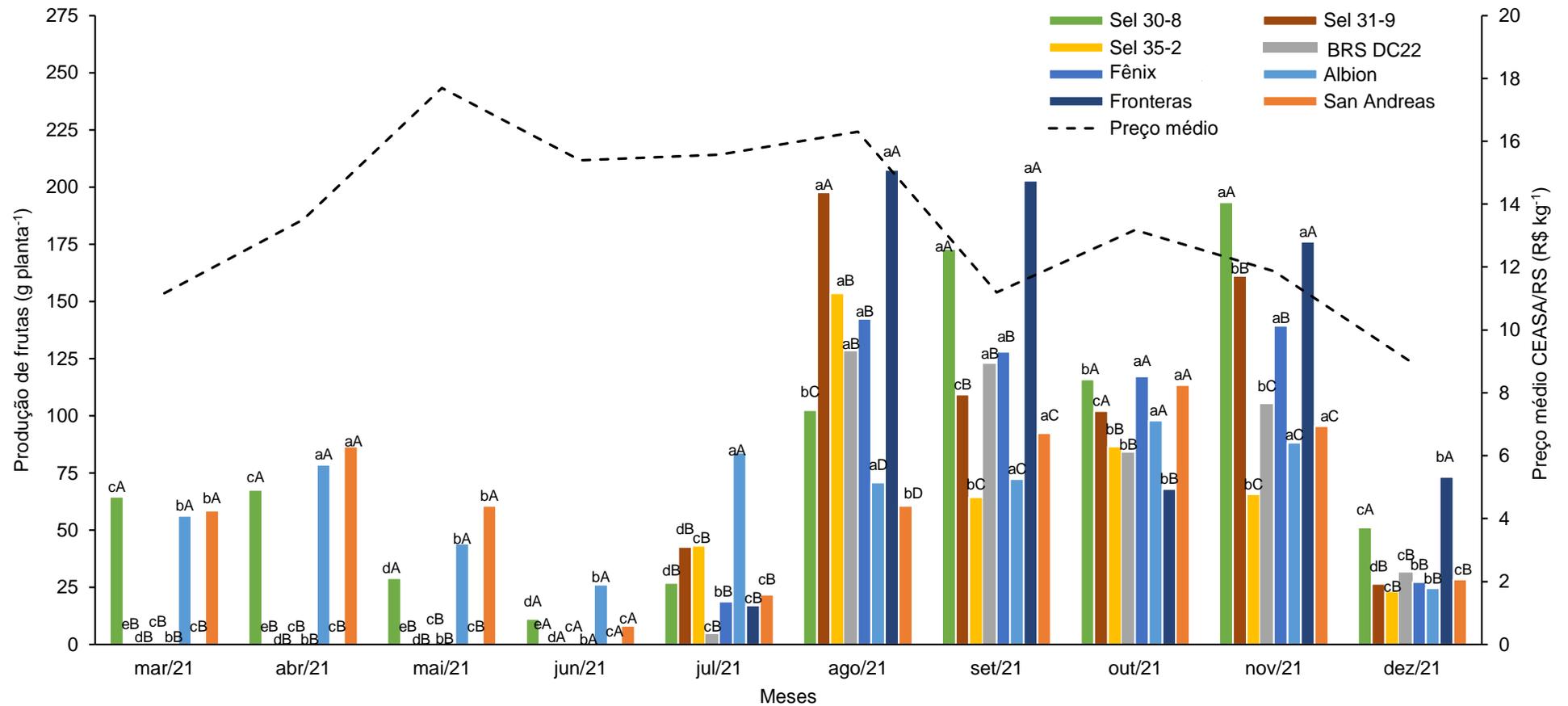
No entanto, os produtores devem analisar se é economicamente viável manter as plantas para um segundo ano de cultivo, principalmente os genótipos de dias curtos. Durante o período de fevereiro a junho, observa-se que esses genótipos tendem a apresentar baixa, ou nenhuma produção de frutas (Figura 2, 3 e 4). Isso ocorre devido às altas temperaturas e fotoperíodo longo verificados no verão e início do outono no município de Pelotas-RS (Figura 1), que estimulam a emissão de um grande número de estolões em detrimento à produção de frutas. Além de aumentar os custos de produção, devido à necessidade de mão de obra para a remoção periódica dos estolões e do excesso de folhas, há também os custos com insumos, água, energia elétrica e tratamentos fitossanitários, necessários para a manutenção do sistema produtivo.

Portanto, uma alternativa viável para a região de Pelotas, que apresenta verões quentes, seria encerrar a produção de frutas dos genótipos de dias curtos até a primeira quinzena de janeiro através do arranquio das plantas e, no mês de março seguinte, realizar o plantio de novas mudas e assim obter produções precoces.



Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. Letras minúsculas comparam os períodos de colheita (meses) para um mesmo genótipo e maiúsculas, comparam os genótipos para um mesmo período de colheita.

Figura 3. Distribuição da produção de frutas de genótipos de morangueiro submetidos a poda de renovação em março de 2021 e preço médio do morango na CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) durante o ciclo 2021 (segundo ciclo de cultivo).



Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. Letras minúsculas comparam os períodos de colheita (meses) para um mesmo genótipo e maiúsculas, comparam os genótipos para um mesmo período de colheita.

Figura 4. Distribuição da produção de frutas de genótipos de morangueiro não submetidos à poda de renovação e preço médio do morango na CEASA/RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul) durante o ciclo 2021 (segundo ciclo de cultivo).

A produção de morangos e o número de frutas por planta, referentes ao segundo ciclo de cultivo (pós-poda), apresentaram interação significativa entre os fatores, enquanto que para a massa média de fruta houve apenas o efeito isolado do fator genótipo (Tabela 3).

A poda de renovação afetou negativamente a produção de frutas por planta da Sel. 30-8 e da cultivar Albion, assim como o número de frutas por planta de 'Albion' e 'San Andreas'. Por outro lado, a Sel. 31-9 apresentou maior produção e número de frutas quando submetida à poda drástica. Isso pode estar associado ao vigor que os diferentes genótipos apresentam, pois 'Albion' é uma cultivar de baixo vigor (SHAW; LARSON, 2006), portanto a retirada das folhas pode ter sido excessiva, e a lenta renovação da parte aérea, desfavoreceu a produção de frutas, assim como para a Sel. 30-8. Enquanto que em materiais de alto vigor, como a Sel. 31-9, a poda drástica promoveu a rápida renovação da planta, promovendo um pico produtivo nos meses de agosto e setembro (Figura 3). Folhas jovens são pontos de síntese de auxinas, que são transportadas através do sistema vascular até o meristema apical das coroas e participam da indução e diferenciação floral do morangueiro (HOU; HUANG, 2005).

Backes, Cocco e Schildt (2020), verificaram que plantas de dias neutros (San Andreas) submetidas à poda drástica nos meses de verão, resultaram em rápida retomada na produção de morangos, e as plantas não submetidas à poda, produziram ininterruptamente, no entanto, não refletiu em aumento da produção total de frutas. Resultados similares foram verificados para a Sel. 35-2 e para as cultivares Fênix, BRS DC22, Fronteras e San Andreas, pois a produção e o número de frutas desses genótipos não foram influenciados pela realização ou não da poda drástica (Tabela 3).

Apesar da poda drástica não resultar em aumentos de produção de frutas para a maioria dos genótipos estudados, a mesma pode ser uma alternativa, quando se objetiva obter duas safras com a mesma muda. Essa prática contribui para diminuir o inóculo de doenças e pragas, além de melhorar a eficiência de aplicação dos tratamentos fitossanitários, pois com a redução do dossel, atinge-se melhor o alvo. Além disso, proporciona melhor equilíbrio fisiológico à planta, estimulando a emissão de novas folhas e a renovação da parte aérea, aumenta a ventilação e a exposição à luminosidade (VIGNOLO, 2015; BACKES; COCCO; SCHILDT, 2020).

Na comparação entre os genótipos não submetidos à poda drástica em março de 2021, a Sel. 30-8 e a cultivar Fronteras apresentaram a maior produção de frutas por planta e a Sel. 30-8 também apresentou o maior número de frutas por planta em comparação aos demais genótipos (Tabela 3). No entanto, as seleções 31-9 e 30-8, e as cultivares Fênix e Fronteras, formaram um mesmo grupo de médias, apresentando as maiores produções de frutas em comparação aos demais genótipos submetidos a poda drástica.

Para o número de frutas por planta, o grupo formado pelas seleções 30-8 e 31-9 apresentaram os maiores valores em comparação aos demais genótipos não submetidos à poda. Assim como verificado no primeiro ciclo (Tabela 1), a cultivar Fênix produziu frutas com maior massa média, seguida pelo grupo formado pelas seleções 31-9 e 35-2 e por 'Fronteras' (Tabela 3), enquanto que as frutas da Sel. 30-8, 'BRS DC22', 'Albion' e 'San Andreas' apresentaram as menores massas médias. De acordo com Menzel (2019), genótipos que apresentam frutas pequenas resultam em menores retornos aos produtores, pois são comercializados a preços menores, além aumentar os custos de colheita, devido ao menor rendimento.

Tabela 3. Produção e número de frutas por planta e massa média de fruta de genótipos de morangueiro submetidos à poda de renovação no mês de março de 2021 (segundo ciclo de cultivo).

Genótipo	Produção de frutas (g planta ⁻¹)		Número de frutas por planta		Massa média de fruta (g fruta ⁻¹)
	Sem poda	Com poda	Sem poda	Com poda	
Sel. 30-8	834,89 aA	694,58 aB	70,68 aA	63,48 aA	11,81 c
Sel. 31-9	639,12 bB	755,83 aA	48,91 bB	56,53 aA	13,46 b
Sel. 35-2	440,58 cA	538,38 bA	34,10 cA	38,22 cA	13,86 b
BRS DC22	477,29 cA	539,45 bA	42,43 cB	47,95 bA	11,25 c
Fênix	576,09 bA	623,13 aA	37,13 cA	40,48 cA	15,49 a
Albion	642,58 bA	465,81 bB	53,63 bA	42,61 cB	12,42 c
Fronteras	758,20 aA	686,06 aA	53,34 bA	49,47 bA	14,31 b
San Andreas	625,35 bA	559,85 bA	59,50 bA	49,52 bB	11,31 c
Intensidade de poda					
Sem poda	-	-	-	-	12,79 ^{ns}
Com poda	-	-	-	-	12,85
CV (%)	11,39		13,04		7,49

Médias seguidas por mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. ^{ns}: não significativo; CV: Coeficiente de variação.

A tomada de decisão em relação a realização ou não da poda drástica em plantas de segundo ciclo, deve ser baseada no estado fitossanitário e fisiológico das plantas. Aspectos como a produção e a qualidade das frutas, e a produção de estolões

devem ser levados em consideração. A poda drástica pode ser uma alternativa em plantas que apresentam alta incidência de pragas e doenças, pois através desta, diminui-se a fonte de inóculo, além de melhorar a eficiência das aplicações fitossanitárias.

Para plantas com elevada produção de estolões, crescimento vegetativo excessivo e frutas de baixa qualidade, a poda drástica pode ser vantajosa, pois através da retirada das folhas e redução do número de coroas, as plantas renovam-se através da emissão de novas folhas e posteriormente de novas flores, que darão origem a frutas maiores devido a remoção do excesso de coroas. A poda drástica pode ser dispensada naquelas plantas que mesmo nos meses mais quentes (janeiro a março) continuam produzindo frutas de qualidade e o estolonamento não é excessivo. Nestas plantas recomenda-se somente a retirada periódica das folhas senescentes e doentes e dos estolões.

4.4 Conclusões

Nas condições que esse trabalho foi desenvolvido, os genótipos da Embrapa apresentam maior precocidade de produção do que as cultivares americanas, durante o primeiro ciclo de cultivo.

Para a Sel 35-2, 'BRS DC22', 'BRS DC25 Fênix', 'Fronteras' e 'San Andreas', a realização da poda drástica não resulta em incremento de produção de frutas durante o segundo ciclo de cultivo. 'Albion' e a Sel. 30-8 têm produção de morangos prejudicada pelo uso da técnica da poda drástica.

A poda drástica possibilita aumentar a produção de frutas por planta da Sel. 31-9 durante o segundo ciclo de produção.

A 'BRS DC25 Fênix' se destaca por apresentar e manter, durante os dois ciclos de cultivo, frutas com maior massa média (superior a 15 g).

A manutenção das plantas de morangueiro durante dois ciclos promove a precocidade de colheita, possibilitando maior oferta de morangos no período de junho a setembro do segundo ciclo produtivo, quando o valor pago pela fruta é maior que nas demais épocas do ano.

5 Capítulo 3 - Fenologia, produção, perfil físico-químico e fitoquímico de amoreiras-pretas sem espinhos (acúleos)

5.1 Introdução

O interesse pelo cultivo de pequenas frutas, em especial a amoreira-preta (*Rubus* spp.), vem aumentando no Brasil. Estima-se que a área cultivada com essa frutífera tenha dobrado em relação aos últimos dez anos e, atualmente, ultrapasse os 1000 hectares (RASEIRA et al., 2022b; REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023).

A amora-preta é considerada um alimento funcional devido ao seu alto conteúdo de compostos bioativos, como as antocianinas e os compostos fenólicos, que conferem a essa fruta alta atividade antioxidante, auxiliando no combate e prevenção de doenças (LEE et al., 2015; GIL-MARTÍNEZ et al., 2023). As frutas da amoreira-preta são consumidas tanto *in natura*, como processadas na forma de doces, sucos, geleias, sorvetes. No entanto, amora-preta é uma fruta muito perecível devido às suas características físico-químicas e fisiológicas, o que limita sua vida útil após a colheita, por essa razão a maior parte da produção é destinada ao processamento (CARVAJAL; RODRÍGUEZ; TOBÓN, 2021; MIKULIC-PETKOVSEK et al., 2021)

Devido ao baixo custo de implantação e manutenção do pomar, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e alta rentabilidade por área, o cultivo da amoreira-preta se torna uma excelente opção para diversificação de pequenas propriedades rurais (ANTUNES et al., 2014; SOUZA et al., 2020; REICHERT et al., 2023).

Atualmente, a cultivar Tupy é mais plantada no Brasil devido a sua elevada produtividade, qualidade de frutas e capacidade de adaptação a diferentes sistemas de cultivo e condições edafoclimáticas (RASEIRA et al., 2022b). Porém, essa cultivar apresenta elevada densidade de espinhos em suas hastes, que dificultam o manejo da planta e a colheita das frutas. Em contrapartida, a cultivar Ébano que possui hábito de crescimento prostrado e a 'Xavante', que apresenta hastes eretas, são as únicas cultivares brasileiras sem espinhos disponíveis no mercado, porém ambas produzem frutas de baixa qualidade organoléptica devido ao amargor e adstringência (BASSOLS; MOORE, 1981; MOORE et al., 2004; RASEIRA et al., 2022b).

A ausência de espinhos têm sido uma das prioridades dos programas de melhoramento genético de amoreira-preta ao redor do mundo (FINN; CLARK, 2012; CLARK; WORTHINGTON; ERNST, 2019; GRUNER; KORNILOV, 2020; RASEIRA et

al., 2022b). No Brasil, o programa de melhoramento genético da amoreira-preta fica localizado na Embrapa Clima Temperado, no município de Pelotas-RS, e tem como prioridade desenvolver seleções e cultivares que apresentem altas produtividades, frutas de alta qualidade, épocas de produção mais precoces ou tardias que a 'Tupy', visando ampliar o período de oferta da fruta no mercado, tenham hábito de crescimento ereto, além da ausência de espinhos (RASEIRA et al., 2022a, 2022b).

Diversos estudos evidenciam que o desempenho agrônômico e a qualidade físico-química e fitoquímica das frutas da amoreira-preta são influenciados por múltiplos fatores, como o manejo adotado, as condições edafoclimáticas e a interação entre os fatores genéticos e o ambiente (CROGE et al., 2019a, 2019b; ROTILI et al., 2019; MORAES et al., 2020; SOLER; BIASI, 2020; SOUZA et al., 2020). Esses elementos são determinantes para a adaptabilidade de uma cultivar ou seleção às diferentes regiões produtoras.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa, em relação à fenologia, produção, perfil físico-químico e fitoquímico de frutas, em Pelotas-RS.

5.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2019 a janeiro de 2023 na área experimental pertencente a Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS (31°40'S e 52°26'O, com 58 m de altitude). O clima da região, segundo W. Köppen, é do tipo "Cfa" – temperado úmido com verões quentes, com temperatura e precipitação média anual de 17,9°C e 1500 mm, respectivamente. O solo é classificado como moderadamente profundo com textura média no horizonte A e argiloso no horizonte B, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (SANTOS et al., 2006). Os dados de temperatura (mínima, média e máxima) precipitação e horas de frio durante o período do experimento foram coletadas pela estação meteorológica automática da Embrapa Clima Temperado, localizada a cerca de 150 m do local onde o experimento foi conduzido (Figura 1). As horas de frio foram calculadas com base em temperaturas menores ou iguais a 7,2°C e totalizaram 231 horas de frio em 2020, 175 horas de frio em 2021 e 225 horas de frio em 2022.

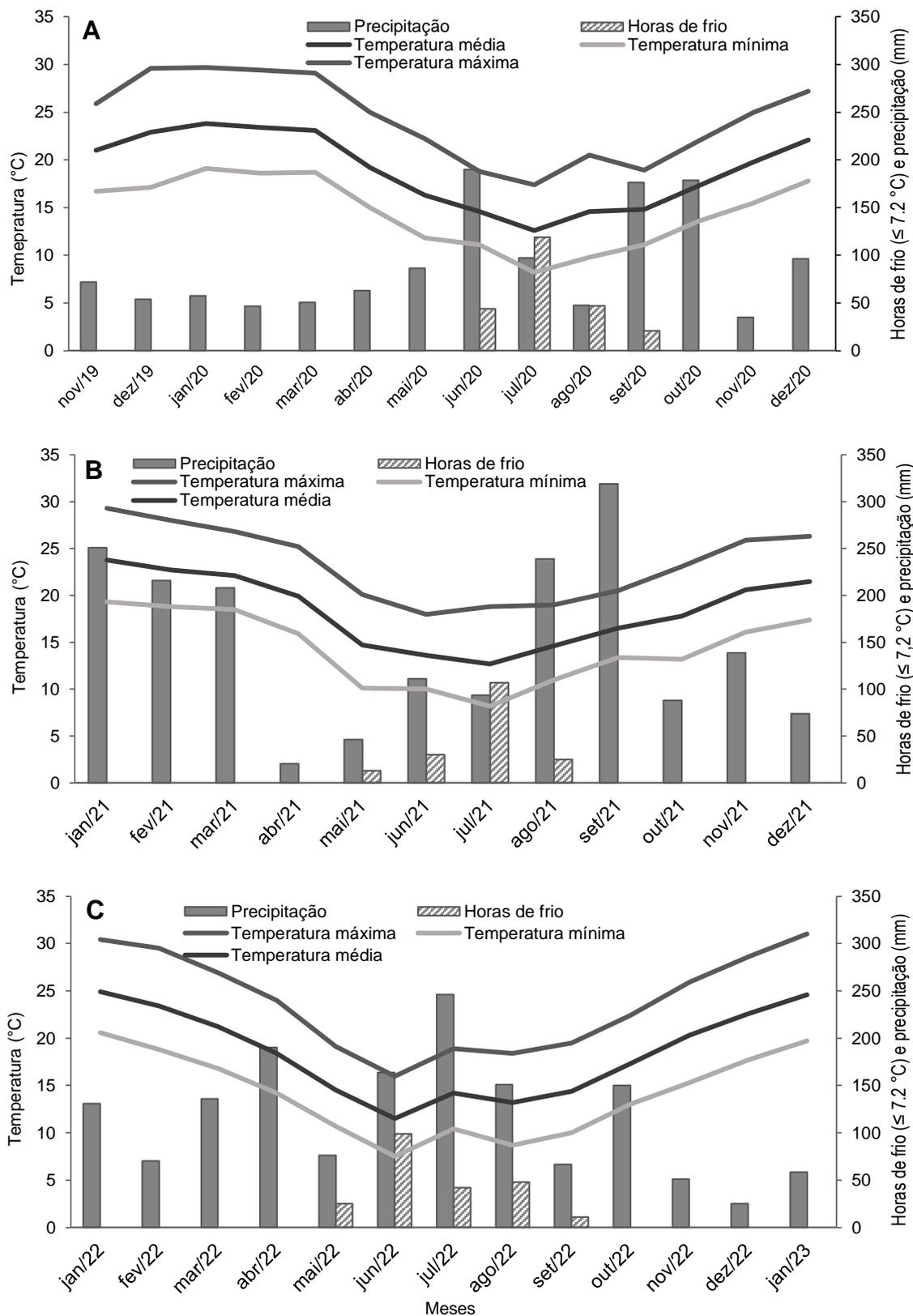


Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima, precipitação e horas de frio ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$), registradas durante o período de condução do experimento em Pelotas/RS. A: Dados referentes ao período de novembro de 2019 a dezembro de 2020; B: Dados referentes ao período de janeiro a dezembro de 2021; C: Dados referentes ao período de janeiro de 2022 a janeiro de 2023.

Os tratamentos consistiram de sete genótipos de amoreira-preta sem espinhos provenientes do Programa de Melhoramento Genético de Amoreira-preta da Embrapa Clima Temperado, sendo cinco seleções: Black 310 (originada do cruzamento entre as seleções Black 185 e Black 132), Black 348 (originada de polinização livre da seleção Black 248), Black 353 (originada de polinização livre da seleção Black 196), Black 356 (originada de polinização livre da seleção Black 232) e Black 371 (originada do cruzamento da seleção Black 128 e Amora Branca) e as cultivares BRS Karajá (originada do cruzamento entre a 'Tupy' e 'Primojim'), recentemente registrada pela Embrapa (Registro MAPA, nº 54488), e a Xavante. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e cada unidade experimental constituída por cinco plantas, mas apenas as três plantas centrais foram utilizadas nas avaliações.

O solo da área experimental foi preparado através da aração e gradagem, e a correção da fertilidade foi realizada com a incorporação de calcário e fertilizantes minerais, baseando-se nos resultados da análise de solo e seguindo as recomendações do manual de adubação e calagem para os solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS –RS/SC, 2016). Posteriormente o solo das linhas de cultivo foi coberto por *mulching* de polietileno preto de 100 µm e sob o mesmo, foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento, sendo uma fita por linha de cultivo, com gotejadores espaçados a cada 0,20 m.

As mudas utilizadas no experimento foram produzidas na própria unidade de pesquisa a partir de segmentos radiculares. Inicialmente, os propágulos foram acondicionados em bandejas de poliestireno de 72 células, com volume interno de 124 mL. Posteriormente as mudas obtidas foram transplantadas para embalagens de polietileno preto com capacidade de 1 litro. Em ambas as fases de produção das mudas, foi utilizado o substrato comercial Carolina Soil® e as plantas foram mantidas em casa de vegetação até o momento do plantio a campo, quando as mesmas apresentavam cerca de 20 cm de altura. O plantio ocorreu em novembro de 2019, com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 3,0 m entre linhas, totalizando 6.667 plantas ha⁻¹.

O sistema de condução utilizado foi em espaldeira alta, empregando postes de madeira de 2,5 m de altura, instalados a cada 10 m de linha de cultivo. Para a sustentação das plantas, foram instalados três fios de arame (duplos paralelos), espaçados a cada 0,60 m a partir do nível do solo. As plantas foram conduzidas em quatro hastes verticais e tutoradas até o último fio de arame, totalizando 1,8 m de

altura (Apêndice D). No mês de julho, durante o período de dormência das plantas, foi realizado tratamento de inverno à base de calda sulfocálcica (10%).

A poda de inverno foi realizada deixando quatro hastes primárias por planta, enquanto as secundárias foram reduzidas a 30 cm e aquelas mal posicionadas foram eliminadas. As podas foram realizadas em 12/08/2020, 12/08/2021 e 08/08/2022 nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23, respectivamente. A poda de verão foi realizada após o término da colheita das frutas de cada um dos genótipos. Na safra 2020/2021, a poda foi realizada de forma drástica, eliminando todas as hastes (*floricane* [hastes de ano] e *primocane* [hastes do ano]) a cerca de 5 cm do nível do solo (Apêndice E2). Na safra 2021/22, a poda de verão também foi realizada após o término da colheita das frutas de cada um dos genótipos, porém, apenas as hastes *floricane* foram eliminadas, mantendo-se as hastes do ano para a próxima safra (Apêndice E4).

As avaliações foram realizadas por três safras consecutivas: 2020/21, 2021/22 e 2022/23. A caracterização fenológica foi realizada por meio de avaliações visuais, onde foi observado o início da brotação das gemas. Em relação à floração e à colheita, foi utilizada a metodologia descrita por Antunes et al. (2000), considerando a plena floração quando as plantas apresentavam de 50 a 70% de flores abertas. Além disso, foram registrados o início e final da colheita de frutas de cada genótipo.

A colheita das amoras-pretas foi realizada duas vezes por semana, quando as frutas apresentavam estágio de maturação completa, com a epiderme 100% preta. Após as colheitas, as frutas foram pesadas em balança digital e os valores obtidos divididos pelo número de plantas em cada unidade experimental, obtendo-se assim a produção de frutas por planta. Periodicamente, foram coletadas amostras compostas por 30 frutas para mensurar a massa média de fruta, obtida através da razão entre a massa fresca total e o número de frutas. A produtividade foi calculada multiplicando-se a produção de frutas por planta pela densidade de plantio. A produtividade acumulada de cada genótipo foi calculada através da soma das produtividades obtidas em cada safra (2020/21, 2021/22 e 2022/23). Para determinar o tamanho médio de frutas, foi utilizada uma amostra composta por 15 frutas por parcela, e o diâmetro e o comprimento das frutas foram mensurados com auxílio de um paquímetro digital.

Para determinar os parâmetros físico-químicos das amoras-pretas, amostras compostas por 15 frutas por repetição foram coletadas e avaliadas no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita do Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado. A coloração da epiderme foi mensurada a partir de duas leituras em faces opostas da

região equatorial da superfície das frutas, utilizando o colorímetro Minolta CR-400, com iluminante D65, e abertura de 8 mm, por meio do sistema CIE-Lab, utilizando os parâmetros L^* a^* b^* . Onde L^* expressa a luminosidade (0= negro e 100 = branco), a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ =vermelho e $-a^*$ =verde; $+b^*$ =amarelo e $-b^*$ =azul). A partir destes dados, a tonalidade da cor (ângulo Hue), que indica a cor observável, foi calculada através da fórmula $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1}b^*/a^*$.

A firmeza das frutas foi mensurada com o texturômetro eletrônico TA-TX plus 40855, através do teste de compressão da fruta em 10% com ponteira P-75 mm de diâmetro, com distância de retorno de 40 mm, velocidade de retorno de 10 mm s⁻¹ e força de contato de 5 g. Os resultados foram expressos em Newton. Posteriormente, as frutas foram trituradas em uma centrífuga elétrica para extração do suco e determinação do conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), por meio de um refratômetro digital marca ATAGO modelo PAL-1, sendo os resultados expressos em °Brix (IAL, 2008).

O pH foi medido diretamente no suco da fruta por método eletrométrico, utilizando um potenciômetro (pHmetro) digital de bancada marca Metrohn modelo 780 pH Meter (IAL, 2008). A acidez titulável (AT) foi mensurada por titulometria, utilizando 5 mL de suco diluído em 90 mL de água destilada e titulado até pH 8,1 com solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N e os resultados expressos em % de ácido cítrico (IAL, 2008). A relação SST/AT (ratio) foi calculada pela razão entre o teor de sólidos solúveis e da acidez titulável.

Amostras compostas por 15 frutas por repetição foram coletadas na safra 2021/2022 e levadas ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Clima Temperado para a determinação dos compostos bioativos. As frutas foram armazenadas em sacos de polietileno e congeladas (-18°C) até o momento da análise.

A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada através do método adaptado de Swain e Hillis (1959), utilizando o reagente Folin-Ciocalteu e as leituras realizadas por meio de espectrometria no comprimento de onda de 725 nm. Utilizou-se o ácido clorogênico como padrão para a curva de calibração e os resultados expressos em mg de ácido clorogênico por 100 g de amostra. A quantificação das antocianinas totais foi realizada através do método adaptado de Fuleki e Francis (1968). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a uma absorvância de 535 nm. Cianidina-3-glicosídeo foi usada como padrão para a curva de calibração e os

resultados foram expressos em μg de equivalente cianidina-3-glicosídeo por 100 g de amostra.

A determinação da atividade antioxidante total foi realizada usando o método adaptado de Brand-Williams et al. (1995), com a solução do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). A absorbância foi medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 515 nm. O padrão Trolox foi utilizado para a curva de calibração e os resultados foram expressos em μg de equivalente trolox por 100 g de amostra.

Os dados obtidos foram submetidos à análise univariada de variância e quando significativa, as médias dos tratamentos foram comparadas e agrupadas pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o software R (RCORE TEAM, 2020), utilizando a interface RBio (BHERING, 2017).

5.3 Resultados e discussão

Os resultados das avaliações fenológicas demonstraram que os genótipos apresentaram diferentes respostas de acordo com a safra avaliada (Figura 2). De forma que na safra 2020/21, observou-se um atraso no início da brotação das seleções Black 348, Black 353, Black 371 e da 'Xavante' em relação as safras subsequentes.

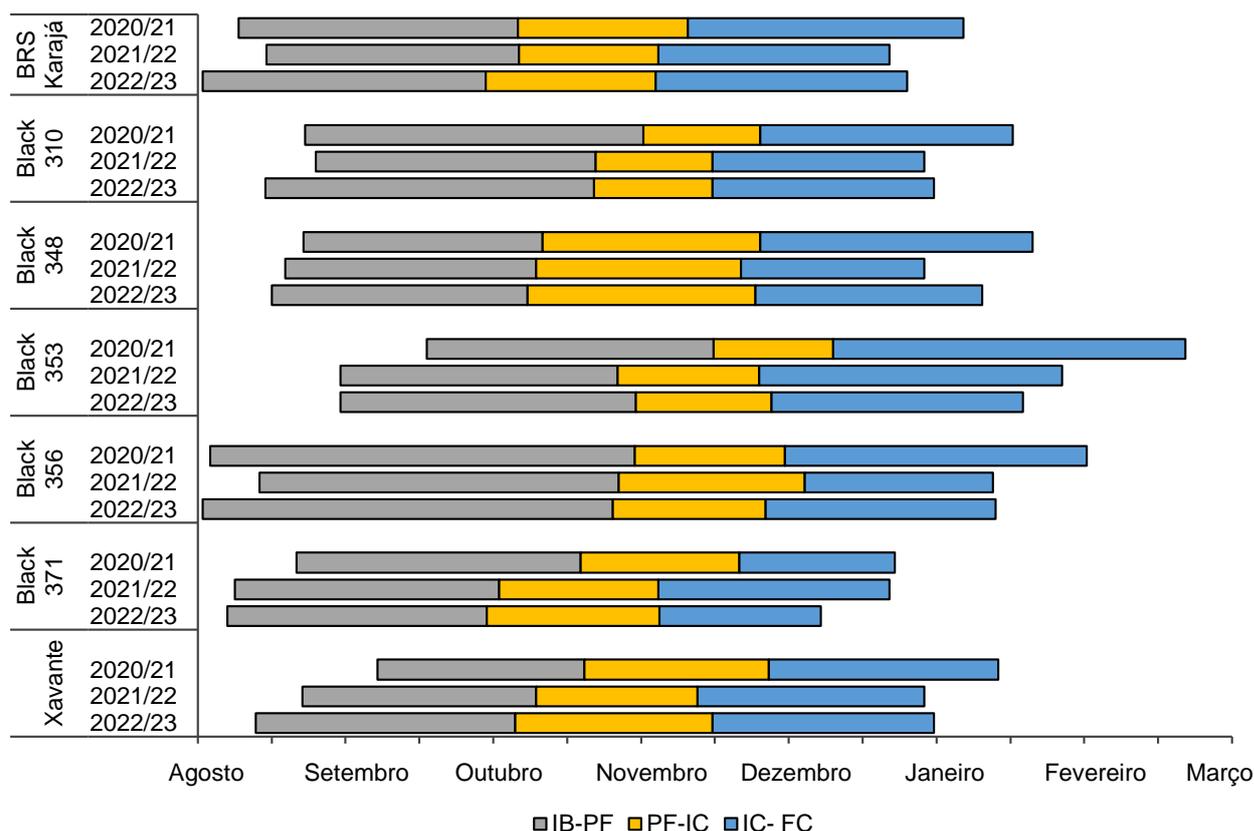
Ao considerar as três safras (2020/21, 2021/22 e 2022/23), os genótipos mais precoces foram 'BRS Karajá', Black 356 e a Black 371, com o início da brotação das gemas ocorrendo antes do dia 15 de agosto na maioria das safras. Enquanto o início da brotação das gemas da 'Xavante' ocorreu cerca de 10 dias mais tarde que os genótipos anteriormente citados (Figura 2). Isso sugere que possivelmente a necessidade de horas de frio hibernal para superação da dormência desses genótipos, seja inferior à 'Xavante', que é estimada entre 200 e 300 horas $\leq 7,2^\circ\text{C}$ (BOTELHO et al., 2009). Por outro lado, a necessidade de frio da seleção Black 353 provavelmente seja superior à da 'Xavante', pois o início da sua brotação ocorreu após o dia 30 de agosto nas três safras avaliadas, sendo a mais tardia em comparação aos demais genótipos, incluindo a 'Xavante'.

Embora a seleção Black 356 apresente precocidade em relação ao início da brotação, observou-se que a mesma apresentou um dos maiores intervalos entre a brotação das gemas e a plena floração, resultando em um ciclo produtivo prolongado.

Além disso, a Black 356 e a Black 353 mostraram-se mais tardias em relação a plena floração, início e fim da colheita das frutas, em comparação com as demais seleções e também com a 'Xavante' (Figura 2). De forma que, o fim da colheita das amoras da Black 356 e da Black 353 ocorreu em 29 de janeiro e 18 de fevereiro de 2021, respectivamente, na safra 2020/21.

A maior variação no período de colheita das amoras-pretas foi verificada na safra 2020/21, com períodos variando de 32 a 72 dias, para as seleções Black 371 Black 353, respectivamente (Figura 2). Nas safras 2021/22 e 2022/23, o período de colheita variou de 37 a 62 dias e de 33 a 51 dias, respectivamente. Em ambas as safras a seleção Black 353 foi a que apresentou o maior período de colheita, enquanto a Black 348 e a Black 371, os menores períodos, nas safras 2021/22 e 2022/23, respectivamente. A duração média do período entre o início e o fim da colheita das frutas da 'BRS Karajá' foi de 51 dias e para a 'Xavante' foi de 46 dias.

Souza et al. (2021), ao avaliarem seleções avançadas do Programa de Melhoramento Genético de Amoreira-preta da Embrapa (Black 178, Black 128, Black 112 e Black 145), e as cultivares comerciais 'Tupy' e 'BRS Xingu', no município de Pelotas-RS, verificaram que o período de colheita variou de 52 a 60 dias na safra em que o acúmulo de horas de frio foi superior a 300 horas abaixo de 7,2°C. No entanto, esses mesmos autores verificaram que, no ciclo seguinte onde o acúmulo de frio $\leq 7,2^\circ\text{C}$ foi inferior a 200 horas, a brotação e a floração ocorreram de forma desuniformes, o que estendeu o período de colheita das frutas, que variou de 86 a 106 dias entre os genótipos. De acordo com a literatura, essas variações fenológicas podem ser atribuídas tanto às características genéticas de cada seleção ou cultivar, quanto à fatores climáticos, como temperatura, fotoperíodo e precipitação, que influenciam tanto a brotação quanto a floração da amoreira-preta (ANTUNES; GONÇALVES; TREVISAN, 2010; HUSSAIN et al., 2016; GAURAT et al., 2023).



IB: início da brotação; PF: plena floração; IC: início da colheita; FC: final da colheita.

Figura 2 Dados fenológicos de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.

Com base na análise da distribuição da produção de amoras-pretas, foi observado que na safra 2020/21, o ciclo de produção de todos os genótipos começou mais tarde em comparação com as outras duas safras, 2021/22 e 2022/23 (Figura 3).

A 'BRS Karajá' se destacou em relação aos demais genótipos nas três safras avaliadas, apresentando volumes expressivos de frutas já nas primeiras semanas do mês de novembro (1-20 de novembro) (Figura 3). A produção de frutas da 'BRS Karajá', durante o mês de novembro, representou 37,24%, 81,21% e 87,50% da sua produção total nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23, respectivamente. Enquanto que, neste mesmo período, a produção de frutas da 'Xavante' representou apenas 1,51%, 54,61% e 62,00% da sua produção total nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23, respectivamente.

Ao considerar a época de maturação de frutas das cultivares Tupy e BRS Caingá, no município de Pelotas, no período de 2012 a 2017, Raseira et al. (2020) verificaram que na média do período avaliado, o início da colheita ocorreu em 14 e 22

de novembro, para 'Tupy' e 'BRS Cainguá', respectivamente, enquanto que o término da colheita ocorreu em torno do dia 10 de janeiro para ambas as cultivares. Portanto, a 'BRS Karajá' é mais precoce que cultivares Tupy e BRS Cainguá, pois na média das três safras avaliadas no presente estudo, a colheita teve início no dia 4 de novembro e se estendeu até o dia 25 de dezembro (Figura 3).

Além do exposto, a 'BRS Karajá' apresenta a vantagem de não possuir espinhos em suas hastes primárias e secundárias, o que facilita o manejo e os tratamentos culturais, principalmente a poda e a colheita (KHADGI; WEBER, 2020; RASEIRA et al., 2022b). Em contraste, genótipos com espinhos demandam o uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) pelos trabalhadores, visando prevenir lesões durante a realização das atividades. Além disso, a colheita exige mais atenção, a fim de evitar danos mecânicos nas frutas, tornando a atividade mais onerosa.

Embora a Black 371 seja uma das seleções mais precoces em termos de época de produção de frutas (Figura 3), sua alta suscetibilidade ao míldio (*Peronospora sparsa* Berk.), acaba sendo um limitante para esse material seguir avançando nas pesquisas em busca de novas cultivares sem espinhos.

Por outro lado, as seleções Black 353 e Black 356 foram as mais tardias nas três safras avaliadas. Na safra 2020/21, a colheita desses genótipos se estendeu até o início de fevereiro de 2021. A produção de frutas da Black 353 e da Black 356 até o dia 31 de dezembro de 2020, representou apenas 35,43% e 50,74%, respectivamente, do volume total colhido. Enquanto que a 'Xavante' já havia produzido 89,45% do volume total no mesmo período.

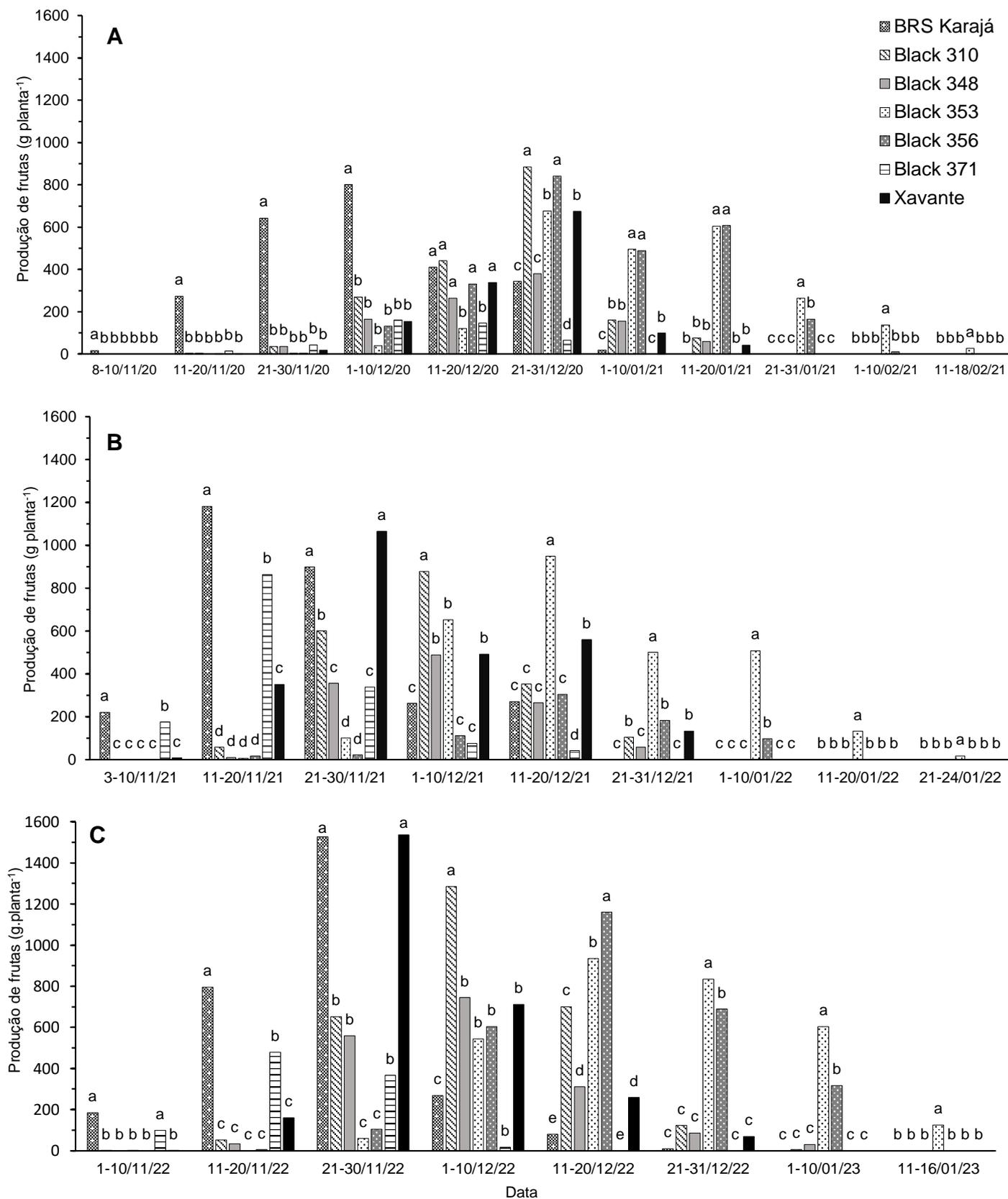
Nas safras 2021/22 e 2022/23, o volume de frutas colhido até 31 de dezembro (2021 e 2022) das seleções Black 353 e Black 356, foi inferior a 77% e 87%, respectivamente. Em contrapartida, nesse mesmo período, a colheita das frutas da 'Xavante' e da 'BRS Karajá' e das seleções Black 310, Black 348 e Black 371 já havia sido concluída ou atingido valores superiores a 98% do volume total colhido (Figura 3).

A seleção Black 356 foi um dos primeiros genótipos a começar a brotar nas três safras avaliadas (Figura 2). No entanto, em relação à época de maturação das frutas, essa seleção foi uma das mais tardias. Essa característica possivelmente está associada à maior necessidade térmica (graus-dia) exigida por esse genótipo para completar cada etapa fenológica. Isso é evidenciado pelo fato de que a brotação da seleção Black 353 ocorreu aproximadamente 30 dias mais tarde que a da Black 356,

mas a época de maturação das frutas de ambas as seleções foi semelhante (Figura 2). A soma térmica representa a quantidade de energia que as plantas necessitam para completar cada etapa do seu desenvolvimento e está associada as características genéticas de cada planta. Essa medida pode ser utilizada na tomada de decisão em relação planejamento e manejo das atividades agrícolas, como irrigação, controle de pragas e doenças, nutrição, previsão de colheita, entre outras (TOMAZETTI et al., 2015; KISHORE, 2019).

A seleção Black 310 apresentou as maiores produções de frutas em relação aos demais genótipos durante o segundo e terceiro decêndio do mês de dezembro (11-20 e 21-31) da safra 2020/21 (Figura 3A), assim como, no primeiro decêndio de dezembro (1-10 de dezembro), nas safras 2021/22 e 2022/23 (Figura 3B e 3C). No entanto, os aspectos relacionados à época de maturação das frutas (Figura 3), e à produtividade (Tabela 1) dessa seleção, são semelhantes aos da 'Xavante', porém as frutas têm aparência superior e amargor menos pronunciado. É importante ressaltar que, a Black 310 é um genótipo recente do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa, por isso, o mesmo deve ser avaliado em outras unidades de observação e por um período maior para obter dados mais consistentes (RASEIRA et al., 2022a).

Os resultados obtidos nesse estudo destacam a importância da seleção de genótipos de amoreira-preta com diferentes épocas de maturação. A duração da colheita de cada genótipo foi, em média, de 48 dias. No entanto, ao cultivar os sete genótipos em conjunto, a colheita foi estendida para 87 dias (valores médios considerando as três safras). Portanto, o cultivo de genótipos de amoreira-preta com diferentes épocas de maturação possibilita ampliar o período de colheita e oferta de frutas no mercado, além de otimizar a utilização da mão de obra e reduzir as perdas (CURI et al., 2015; LUGARESI et al., 2020).



Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância e comparam os genótipos para um mesmo período de colheita.

Figura 3. Distribuição da produção de frutas de genótipos de amoreira-preta sem espinhos durante as safras 2020/21 (A), 2021/22 (B) e 2022/23 (C).

Em relação aos parâmetros produtivos, foram identificadas diferenças significativas entre os genótipos de amoreira-preta sem espinhos desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa, nas três safras avaliadas. Na primeira safra (2020/21), observou-se que a 'BRS Karajá' e a seleção Black 353 apresentaram o maior número de frutas por planta (Tabela 1), enquanto que, a Black 356 as frutas com maior massa média (Tabela 2). Essas características contribuíram para que esses genótipos apresentassem as maiores produções de frutas por planta e produtividades em comparação aos demais, incluindo a cultivar Xavante (Tabela 1).

A baixa produção de frutas apresentada pela 'Xavante' na safra 2020/21, pode ser atribuída à menor emissão de hastes primárias e secundárias em comparação aos demais genótipos. A implantação do experimento ocorreu no mês de novembro de 2019 e com isso, o período de estabelecimento das plantas, tanto da parte aérea, como do sistema radicular foi prejudicado, pois a partir de abril/maio as temperaturas já começam a diminuir (Figura 1), reduzindo o metabolismo das plantas. No entanto, a produtividade alcançada pela cultivar Xavante neste estudo ($8,87 \text{ t ha}^{-1}$), foi superior àquela observada por Amaral et al. (2020), no município de Vacaria-RS, que foi de $5,82 \text{ t ha}^{-1}$ na primeira safra após o plantio.

Na safra seguinte (2021/22), as cultivares BRS Karajá e Xavante, juntamente com Black 353, apresentaram o maior número e produção de frutas por planta e produtividade (Tabela 1). Nessa safra, a produção de frutas da seleção Black 356 reduziu drasticamente, em função da poda drástica realizada. A poda consistiu na eliminação das hastes *floricane* e *primocane* a aproximadamente 5 cm do nível do solo e foi realizada após o término da colheita das frutas desse genótipo, que ocorreu no dia 8 de fevereiro de 2021. Conseqüentemente, o período para emissão e crescimento de novas hastes foi reduzido, resultando no desenvolvimento de plantas com menos de 1 metro de altura, o que refletiu na produção de frutas da safra seguinte (2021/22). No município de Pelotas-RS, a partir do mês de abril observa-se uma diminuição gradual da temperatura (Figura 1), assim como do fotoperíodo. Essas mudanças ambientais afetam diretamente o desenvolvimento das plantas, que passam a apresentar crescimento mais lento e posterior entrada em dormência.

No entanto, estudos anteriores realizados por Campagnolo e Pio (2012) e Tadeu et al. (2015), em regiões subtropicais (Marechal Cândido Rondon-PR e Lavras-MG, respectivamente), avaliaram os efeitos da poda drástica de verão, semelhante à realizada no final da safra 2020/21 no presente estudo. Os autores constataram que

a poda drástica resultou em maior produção de frutas em comparação à poda convencional, na qual apenas as hastes que já haviam produzido foram retiradas. Cabe ressaltar que em ambos os estudos, a poda drástica foi realizada em janeiro e as condições climáticas subsequentes foram favoráveis ao crescimento das plantas, diferentemente do verificado no presente estudo.

Tabela 1. Número e produção e de frutas por planta, produtividade e produtividade acumulada de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, durante as safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.

Genótipo	Número de frutas por planta			Produção de frutas (kg planta ⁻¹)		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
BRS Karajá	436,09 a	502,33 a	533,78 a	2,50 a	2,83 a	2,87 a
Black 310	290,55 c	295,58 b	453,53 a	1,87 b	1,99 b	2,82 a
Black 348	350,12 b	352,33 b	557,14 a	1,06 c	1,18 c	1,77 b
Black 353	450,41 a	496,16 a	559,17 a	2,37 a	2,86 a	3,10 a
Black 356	353,58 b	106,22 c	454,60 a	2,58 a	0,73 d	2,88 a
Black 371	158,94 d	339,93 b	260,12 b	0,43 d	1,49 c	0,96 c
Xavante	226,41 c	426,96 a	451,47 a	1,33 c	2,60 a	2,74 a
CV (%)	16,42	17,72	19,08	13,56	13,32	16,78

Genótipo	Produtividade (t ha ⁻¹)			Produtividade acumulada (t ha ⁻¹)
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	
BRS Karajá	16,67 a	18,87 a	19,13 a	54,67 a
Black 310	12,47 b	13,27 b	18,80 a	44,53 b
Black 348	7,07 c	7,87 c	11,80 b	26,73 c
Black 353	15,80 a	19,07 a	20,67 a	55,53 a
Black 356	17,20 a	4,87 d	19,20 a	41,27 b
Black 371	2,87 d	9,93 c	6,40 c	19,20 d
Xavante	8,87 c	17,33 a	18,27 a	44,47 b
CV (%)	13,55	13,28	16,74	9,35

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV: Coeficiente de variação.

Na safra 2022/23, os genótipos Black 310, Black 353, Black 356, 'BRS Karajá' e 'Xavante' formaram um grande grupo com as maiores produções de frutas por planta e produtividades. As seleções Black 348 e Black 371 apresentaram as menores produções por planta e produtividades, nas três safras (Tabela 1).

Nas três safras avaliadas, a Black 348 produziu frutas com massa média inferior a 3,5 g. Além disso, essa seleção apresentou os menores valores de diâmetro e comprimento das frutas em comparação aos demais genótipos (Tabela 2), resultando em baixos índices produtivos (Tabela 1). Essa característica, possivelmente está

relacionada a problemas de fertilidade das flores desse genótipo, que resultam em frutas com menor número de drupéolas e de tamanho reduzido (Apêndice H).

A Black 371 apresentou baixos índices produtivos devido à alta suscetibilidade ao míldio da amoreira-preta que esse genótipo apresenta (Apêndice K). Essa doença é causada pelo fungo *Peronospora sparsa* Berk., que provoca primeiramente infecções nas folhas, que se expandem pelas nervuras, resultando em infecções sistêmicas (TATE, 1981). Nas frutas, a infecção precoce causa perda de brilho, vermelhidão, murcha e endurecimento, por isso essa doença é conhecida como “dryberry” (fruta/baga seca) (GUBLER, 1991). Sob condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença, as perdas de produção podem ser superiores a 70% (KIM; BERESFORD; WALTER, 2014).

Em um estudo realizado por Raseira et al. (2022a), na sede da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas-RS, os autores verificaram que a produção de frutas da ‘BRS Karajá’ variou entre 1 e 2 kg planta⁻¹, dependendo da safra. No estudo anteriormente citado, as plantas foram conduzidas sem sistema de sustentação (menor porte) e sem irrigação. Brugnara (2017), utilizando sistema de condução em “T”, nas condições da cidade de Chapecó-SC, verificou uma produção de frutas de 1,16 kg planta⁻¹, para a cultivar Xavante.

No presente estudo, as plantas foram cultivadas em sistema de espaldeira alta e com irrigação. Na primeira safra após o plantio, observou-se produções de frutas superiores a 2,3 kg planta⁻¹, para a ‘BRS Karajá’ e para as seleções Black 353 e Black 356 (Tabela 1). Esses resultados demonstram que através desse sistema de cultivo é possível obter altas produtividades e retornos econômicos significativos no primeiro ano após o plantio, de forma que, ao considerar a produtividade obtida na primeira safra para a ‘BRS Karajá’, que foi de 16,67 t ha⁻¹, e o preço médio de R\$ 5,50 por quilograma da fruta destinada ao processamento industrial (RASEIRA et al., 2022a), o volume produzido geraria uma renda bruta de R\$ 91.685,00 por hectare.

De maneira geral, verificou-se que o número e a produção de frutas por planta, assim como a produtividade, aumentaram ao longo das safras para a maioria dos genótipos, de forma que os maiores valores foram observados na safra 2022/23 (Tabela 1). A diferença de produtividade da primeira para a segunda safra após o plantio foi de 11,6% para a ‘BRS Karajá’, 17,1% para a Black 353 e 48,8% para a ‘Xavante’. Porém, ao comparar a produção da primeira com a terceira safra, os

incrementos são ainda maiores, chegando a 33,7% para a Black 310, 40% para a Black 348, 40,1% para Black 353 e 51,4% para 'Xavante'.

Incrementos de produção de amoras-pretas também foram verificados por Croge et al. (2019a) e Oliveira et al. (2017), com aumentos de 11,5% e 57%, respectivamente, na produção da cultivar Xavante, ao comparar a primeira com a segunda safra após a implantação do pomar. Ribeiro (2022), observou um aumento de 42,32% na produção da seleção Black 353, da primeira para segunda safra, em sistema de cultivo orgânico.

Os incrementos progressivos em produtividade ao decorrer das safras, resultaram em uma produtividade acumulada superior a 54 t ha^{-1} para a 'BRS Karajá' e Black 353 (Tabela 1). Por outro lado, as seleções Black 310 e Black 356, juntamente com a cultivar Xavante, alcançaram produtividades acumuladas superiores a 41 t ha^{-1} que, embora inferiores às seleções mencionadas anteriormente, ainda podem ser consideradas altas.

No entanto, é importante destacar que a produtividade acumulada da Black 356 foi afetada negativamente pela poda drástica realizada ao final da safra 2020/21 (Apêndice E2), o que comprometeu a emissão de novas hastes (Apêndice J1) e a produtividade, que foi de apenas $4,87 \text{ t ha}^{-1}$ na safra 2021/22. Nas safras 2020/21 e 2022/23, a produtividade foi superior a 17 t ha^{-1} quando a poda drástica não foi realizada (Tabela 1) (Apêndice E4 e E5).

Apesar da seleção Black 353 apresentar altas produtividades, as frutas desse genótipo são sensíveis a queimadura solar. Esse distúrbio fisiológico se caracteriza pela aparência esbranquiçada das drupéolas (Apêndice I) e é provocado pela exposição excessiva da fruta à radiação solar (LIN; AGEHARA, 2018). A ocorrência de períodos de alta nebulosidade seguidos por períodos com alta radiação solar, agrava ainda mais esse problema. A maior suscetibilidade da Black 353, em relação aos demais genótipos, pode ser atribuída tanto às características genéticas dessa seleção, quanto à época de maturação de suas frutas, que ocorre entre o final de dezembro e durante o mês de janeiro (Figura 2 e 3), quando as temperaturas estão elevadas (Figura 1), assim como, a intensidade da radiação solar.

A comercialização e a aceitação das amoras-pretas estão relacionadas ao tamanho e à massa média das frutas, tanto no mercado *in natura* quanto no processado e ambos associam frutas de maior calibre à maior qualidade (SÁNCHEZ-BETANCOURT et al., 2020; WU et al., 2023). Os resultados obtidos na safra 2020/21,

demonstraram que a seleção Black 356 produziu frutas com a maior massa média, diâmetro e comprimento, diferindo significativamente dos demais genótipos (Tabela 2). Na safra seguinte (2021/22), as seleções Black 310 e Black 356 apresentaram as maiores massas médias e diâmetros de fruta, enquanto que o maior comprimento foi verificado nas frutas da 'BRS Karajá' e da Black 356. Resultados semelhantes foram verificados na safra 2022/23, onde a seleção Black 356 produziu frutas de maior diâmetro e comprimento, e juntamente com a Black 310 e a 'Xavante' apresentam frutas com a maior massa média.

Os valores de massa média de fruta verificados para a 'BRS Karajá' variaram de 5,37 a 5,72 g, e são similares aos verificados para a 'Xavante' (5,86 a 6,10 g fruta⁻¹). Além disso, corroboram com a descrição da 'BRS Karajá' realizada por Raseira et al. (2022b), que relataram variação de 4 a 6 g fruta⁻¹ para esse genótipo (avaliada como Black 223).

Amaral et al. (2020), avaliando o desempenho agrônômico de genótipos de amoreira-preta em Vacaria - RS, em um pomar com sistema de irrigação por gotejamento, verificaram valores de massa média, diâmetro e comprimento de fruta de 5,86 g fruta⁻¹, 20,47 mm fruta⁻¹ e 23,82 mm fruta⁻¹, respectivamente, para a 'Xavante', corroborando com os obtidos no presente estudo (Tabela 2). Já Croge et al. (2016), verificaram massa média de 4,7 g fruta⁻¹ para a 'Xavante', em um pomar sem irrigação em Cerro Azul-PR.

Esses resultados evidenciam a influência das condições edafoclimáticas e do manejo adotado durante o cultivo na expressão fenotípica de um mesmo genótipo. Dentre os fatores climáticos, a precipitação é um dos que mais influencia na massa média das frutas. O déficit hídrico pode afetar negativamente o desenvolvimento das frutas, resultando em perda de turgor e redução, tanto da divisão quanto da expansão celular, resultando em frutas de menor calibre (GHOLAMI et al., 2022).

Ao considerar as três safras avaliadas, observou-se que as frutas com menor massa média, diâmetro e comprimento foram produzidas pelas seleções Black 348 e Black 371 (Tabela 2). A seleção Black 371, apresenta suscetibilidade ao míldio da amoreira e, segundo Gubler (1991), essa doença provoca murcha e endurecimento das frutas (Apêndice K), resultando em frutas de menor calibre, como verificado no presente estudo. Enquanto que o baixo calibre das frutas da Black 348 possivelmente está associado a problemas de fertilidade nas flores desse genótipo, o que resulta em

um menor número de drupéolas por fruta e, conseqüentemente, menor calibre de fruta.

Tabela 2. Massa média, diâmetro e comprimento de frutas de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, colhidas nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.

Genótipo	Massa média de fruta (g fruta ⁻¹)			Diâmetro de fruta (mm)			Comprimento de fruta (mm)		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
BRS Karajá	5,72 c	5,64 b	5,37 b	20,78 b	21,16 b	20,94 b	26,34 b	26,92 a	25,27 b
Black 310	6,44 b	6,73 a	6,21 a	22,05 b	23,84 a	21,22 b	26,22 b	26,02 b	24,48 b
Black 348	3,03 d	3,44 d	3,18 d	17,74 c	17,67 c	16,46 c	20,44 c	21,11 d	19,12 d
Black 353	5,27 c	5,78 b	5,54 b	21,24 b	20,19 b	19,97 b	25,57 b	24,85 b	25,42 b
Black 356	7,25 a	6,92 a	6,32 a	25,48 a	23,16 a	23,16 a	29,30 a	27,10 a	27,10 a
Black 371	2,70 d	4,46 c	3,69 c	16,29 d	18,50 c	18,01 c	18,75 c	23,64 c	22,05 c
Xavante	5,86 c	6,10 b	6,06 a	20,32 b	20,60 b	20,98 b	24,10 b	25,55 b	25,08 b
CV (%)	7,24	8,7	3,82	4,02	5,06	5,15	5,87	4,25	4,15

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV: Coeficiente de variação.

Através da análise dos parâmetros físico-químicos observou-se que houve diferença significativa entre os genótipos na maioria das safras avaliadas (Tabelas 3 e 4). Em relação ao teor de sólidos solúveis, na safra 2020/21, as frutas da seleção Black 348 apresentaram os maiores valores (Tabela 3). Nas safras seguintes (2021/22 e 2022/23), a Black 348 e a 'BRS Karajá', apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis. Por outro lado, a Black 356 apresentou o menor teor de sólidos solúveis, nas três safras avaliadas.

O alto teor de sólidos solúveis verificados nas frutas da seleção Black 348, pode ser atribuído ao calibre reduzido de suas frutas, que possuem em torno de 3,0 g fruta⁻¹, além da baixa produção de frutas, que variou de 1,06 a 1,77 kg planta⁻¹ (Tabela 1). Essas características conferem a esse genótipo maior relação fonte e dreno em comparação aos demais, resultando em maior quantidade de carboidratos translocados para os frutos e, conseqüentemente, em maior teor de sólidos solúveis (AGUIAR et al., 2021).

Na safra 2020/21, as seleções Black 310 e Black 353 produziram frutas com maior acidez titulável, enquanto a 'BRS Karajá' a menor, diferindo significativamente da cultivar Xavante, utilizada como referência. Na safra 2021/22, a 'BRS Karajá' e a Black 371 apresentaram a menor acidez. Enquanto na terceira safra avaliada (2022/23), além dos genótipos anteriormente citados ('BRS Karajá' e Black 371), a seleção Black 310, também produziu frutas com os menores teores de ácido cítrico e

estatisticamente iguais à da 'Xavante', que juntos, formaram um mesmo grupo, não diferindo entre si. Por outro lado, a seleção Black 348 produziu frutas com a maior acidez titulável nas safras 2021/22 e 2022/23.

Tabela 3. Teor de sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT), ratio (relação SS/AT) e pH de frutas de genótipos de amoreira-preta sem espinhos nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.

Genótipo	Sólidos solúveis (°Brix)			Acidez titulável (% Ac. Cítrico)		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
BRS Karajá	10,33 b	10,97 a	10,77 a	1,13 c	1,08 d	0,87 c
Black 310	9,70 c	10,03 b	9,67 b	1,49 a	1,46 b	0,99 c
Black 348	11,03 a	11,00 a	10,60 a	1,37 b	1,88 a	1,88 a
Black 353	10,47 b	7,53 d	9,03 c	1,49 a	1,47 b	1,39 b
Black 356	8,30 d	6,77 e	7,33 d	1,37 b	1,30 c	1,34 b
Black 371	-	9,63 c	8,83 c	-	1,01 d	0,98 c
Xavante	9,53 c	10,23 b	9,80 b	1,33 b	1,29 c	0,99 c
CV (%)	2,42	2,28	3,10	5,68	4,06	7,06

Genótipo	Ratio (SS/AT)			pH		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
BRS Karajá	9,19 a	10,18 a	12,48 a	2,89 b	2,96 c	3,34 a
Black 310	6,51 d	6,86 c	9,80 b	2,72 c	2,56 e	3,05 c
Black 348	8,06 b	5,86 d	5,65 c	2,95 a	2,83 d	2,66 d
Black 353	7,01 c	5,13 e	6,53 c	2,91 b	2,88 d	3,17 b
Black 356	6,08 d	5,20 e	5,51 c	2,88 b	3,11 a	3,23 a
Black 371	-	9,62 a	8,99 b	-	3,04 b	3,02 c
Xavante	7,21 c	7,93 b	9,94 b	2,99 a	2,85 d	3,14 b
CV (%)	7,6	5,18	8,96	1,19	1,37	2,29

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de significância. CV: Coeficiente de variação.

Os resultados obtidos para a 'BRS Karajá', evidenciam o potencial que esse genótipo apresenta (Apêndice F), pois são similares aos verificados por Clark, Worthington e Ernst (2019), para a cultivar Caddo, que apresentou teor de sólidos solúveis de 10,5 °Brix e acidez titulável de 1,02% de ácido cítrico, e foi desenvolvida pela Universidade do Arkansas com o objetivo de disponibilizar um material sem espinhos e que produza amoras-pretas de alta qualidade para o mercado de frutas frescas.

Além disso, de acordo com Raseira (documento Embrapa no prelo), a 'BRS Karajá' apresenta um leve a moderado amargor em suas frutas, porém é muito menos perceptível do que o verificado nas cultivares Ébano e Xavante, que são os únicos genótipos brasileiros sem espinhos disponíveis atualmente no mercado.

Um estudo realizado por Croge et al. (2019a), avaliou a qualidade de diferentes cultivares de amoreira-preta, incluindo a 'Xavante' e através da análise sensorial, os autores observaram que essa cultivar recebeu as piores notas em relação à impressão geral, aparência, firmeza e atributos de sabor, em comparação aos demais genótipos ('Tupy', 'Guarany' e 'Cherokee'). Essa inferioridade foi atribuída à alta acidez titulável (1,5% de ácido cítrico), presente nas frutas da 'Xavante'.

O ratio expressa a relação entre o teor de sólidos solúveis (SS) e a acidez titulável (AT) das frutas. Esse parâmetro está relacionado com o equilíbrio entre os açúcares e os ácidos presentes nas frutas, o que o torna um importante indicador do sabor (ARROYO et al., 2020). Nesse estudo, o alto conteúdo de sólidos solúveis verificado nas frutas da 'BRS Karajá', associado à baixa acidez, refletiu em altos valores de ratio para esse genótipo, sendo superior aos demais, nas três safras avaliadas (Tabela 3). A média da SS/AT para a 'BRS Karajá' foi de 10,62, considerando as três safras, superando o valor verificado para 'Xavante' no presente estudo (8,03), assim como, o observado por Amaral et al. (2020), que verificaram valores de ratio de 6,48 para a 'Xavante' em Vacaria-RS.

Além disso, os valores de ratio obtidos para a 'BRS Karajá', são superiores aos verificados por Soethe et al. (2019), para a 'Tupy' (7,94), que atualmente é a cultivar mais produzida no Brasil. No entanto, são comparáveis aos relatados por Schiavon et al. (2023), para 'BRS Cainguá' (11,84), que, segundo Raseira et al. (2020), apresenta bom equilíbrio entre açúcar e acidez. Porém, é importante destacar que tanto a 'Tupy' quanto a 'BRS Cainguá', possuem espinhos em suas hastes, enquanto, a 'BRS Karajá' apresenta a vantagem de não possuir espinhos e valores de ratio que podem ser considerados altos, principalmente se comparados à 'Xavante'. De acordo com Schulz et al. (2019), as amoras com maiores relações SS/AT apresentam sabor mais agradável, aumentando a aceitação dos consumidores.

Por outro, as seleções Black 310 e Black 356 apresentaram as menores relações SS/AT (ratio), na safra 2020/21. Raseira et al. (2022b) ao caracterizarem genótipos de amoreira-preta em Pelotas-RS, também verificaram baixa relação SS/AT para a Black 310, com valor de 6,2, o qual é inferior ao obtido no presente estudo (Tabela 3).

Na safra 2021/22, frutas com menores valores de ratio foram verificadas para a seleção Black 356 e Black 353. Além das seleções mencionadas, a Black 348, também apresentou os menores valores de ratio na safra 2022/23. De acordo com

Sánchez-Betancourt et al. (2020), a maioria dos consumidores associa calibre de fruta com qualidade, mas que essa correlação não é totalmente verdadeira. No presente estudo, a Black 356 produziu frutas de maior tamanho, conforme indicado pela massa média, diâmetro e comprimento das frutas apresentados na Tabela 2. No entanto, o ratio para essa seleção variou de 5,20 a 6,08. Esses valores são inferiores aos relatados por Threlfall et al. (2016), que descrevem que os consumidores têm preferência por amoras-pretas com SS/AT de 10 a 13.

Os valores de pH variaram entre 2,56 e 3,34, dependendo do genótipo e da safra avaliada. Verificou-se que a seleção Black 310 apresentou os menores valores de pH nas safras 2020/21 e 2021/22, enquanto a Black 348 apresentou os menores na safra 2022/23 (Tabela 3). Por outro lado, os maiores valores de pH foram atribuídos a Black 356 na safra 2021/22, assim como, na safra seguinte (2022/23), essa seleção (Black 356) juntamente com a 'BRS Karajá' apresentaram os maiores valores de pH.

Com base nos dados de pH e acidez titulável apresentados na Tabela 3, observou-se uma tendência de que os genótipos que apresentaram os maiores teores de ácido cítrico em suas frutas, apresentaram os menores valores de pH. Esses resultados corroboram com os verificados por Threlfall et al. (2016), que observaram uma correlação negativa entre o pH e a acidez titulável das amoras-pretas.

Hirsch et al. (2012) obtiveram em frutas de diferentes genótipos de amoreira-preta, valores de pH variando de 2,78 a 3,08. Segundo os mesmos autores, esses valores são esperados para a amora-preta, devido ao sabor ácido a doce-ácido apresentados por essa frutífera. Além disso, frutas com pH baixo e acidez elevada, são desejáveis para à industrialização, pois dispensam o uso de acidificantes artificiais durante o processamento e são menos propensas a desenvolver infecções microbiológicas (HIRSCH et al., 2012; BATISTA et al., 2017). De maneira geral, no presente estudo, os genótipos que apresentaram o maior potencial para a industrialização, foram as seleções Black 310 e Black 353, devidos aos baixos valores de pH e as maiores acidez tituláveis, além de altas produtividades (Tabela 1). A produtividade é um fator fundamental para garantir a viabilidade da produção, pois o preço pago pela indústria é inferior ao obtido no mercado de frutas *in natura* (RASEIRA et al., 2022a; REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023).

A firmeza das frutas é um parâmetro importante a ser considerado, pois está diretamente relacionado à qualidade e durabilidade pós-colheita das amoras-pretas (SÁNCHEZ-BETANCOURT et al., 2020). Entre os genótipos estudados, a seleção

Black 310 e a 'BRS Karajá' apresentaram as maiores firmezas em comparação a 'Xavante' na safra 2020/21 (Tabela 4). Na safra seguinte (2021/22), a Black 310 e Black 356 apresentaram as maiores firmezas em comparação aos demais genótipos. Enquanto a Black 348 apresentou a menor firmeza em ambas as safras avaliadas (2020/21 e 2021/22). Amoras-pretas com maior firmeza apresentam maior potencial de armazenamento pós-colheita, além de menor incidência de reversão de cor, devido à maior estabilidade das membranas e da parede celular (SEGANTINI et al., 2017; ARMOUR et al., 2021). A reversão de cor, caracterizada pela mudança de coloração dos drupetes de preta para vermelha, está associada à ruptura das membranas e paredes celulares. Esse processo ocasiona o extravasamento do conteúdo do vacúolo para o citoplasma, provocando alterações no pH e na estabilidade das antocianinas (EDGLEY; CLOSE; MEASHAM, 2020).

Tabela 4. Firmeza, luminosidade, coloração (cor) da epiderme de frutas de genótipos de amoreira-preta sem espinhos, nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23 e antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total de amoras-pretas de genótipos sem espinhos produzidas na safra 2021/22.

Genótipo	Firmeza (N)		Luminosidade		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
BRS Karajá	1,58 b	1,41 b	18,80 a	16,60 a	17,52 ^{ns}
Black 310	2,14 a	1,60 a	18,91 a	17,07 a	17,52
Black 348	0,88 d	0,93 c	17,88 a	15,19 b	17,89
Black 353	1,16 c	1,33 b	18,26 a	14,81 b	18,47
Black 356	1,16 c	1,68 a	16,19 b	15,22 b	18,46
Black 371	-	1,28 b	-	17,29 a	17,79
Xavante	1,26 c	1,29 b	18,66 a	17,25 a	17,00
CV (%)	8,61	7,48	2,92	3,40	2,85

Genótipo	Cor (°Hue)			Antocianinas totais ¹	Compostos fenólicos totais ²	Atividade Antioxidante total ³
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23			
BRS Karajá	24,72 ^{ns}	24,45 a	18,66 b	357,69 a	606,46 ^{ns}	2073,25 a
Black 310	23,51	25,93 a	22,23 a	392,73 a	495,70	1424,19 b
Black 348	25,07	23,83 a	18,97 b	479,56 a	567,70	1481,01 b
Black 353	23,03	20,00 b	21,17 a	383,43 a	593,05	1622,03 b
Black 356	22,25	20,42 b	23,38 a	441,12 a	537,51	1441,57 b
Black 371	-	24,77 a	25,58 a	-	-	-
Xavante	23,50	25,09 a	21,82 a	260,25 b	592,67	2611,24 a
CV (%)	10,53	11,36	9,68	20,16	11,33	19,98

¹Antocianinas totais expressas em mg equivalente cianidina-3-glicosídeo/100g peso fresco;
²Compostos fenólicos totais expressos em mg do equivalente ácido clorogênico/100g peso fresco;
³Atividade antioxidante total expressa em µg equivalente trolox/g peso fresco. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de significância. ^{ns}: não significativo; CV: Coeficiente de variação.

A coloração da epiderme é um dos principais parâmetros que os consumidores levam em consideração no momento de adquirir uma fruta, pois é um indicativo do seu grau de maturação (HIRSCH et al., 2012). De acordo com Sánchez-Betancourt et al. (2020), os consumidores têm preferência por frutas de coloração uniforme, totalmente preta e brilhante. No presente estudo, a coloração da epiderme variou de 18,66° a 25,93° entre os genótipos, considerando as três safras avaliadas, correspondendo ao vermelho-púrpura (Tabela 4).

Em relação a luminosidade que representa a intensidade das cores e varia de 0 (preto) a 100 (branco), observou-se valores entre 14,81 e 18,91 para os diferentes genótipos e safras. No entanto, os menores valores para luminosidade foram verificados para a seleção Black 356 na safra 2020/21, e além deste genótipo, as seleções Black 348 e Black 353 fizeram parte do grupo com as menores médias para essa variável na safra 2021/22 (Tabela 4). Os baixos valores de luminosidade verificados são esperados em frutas como a amora-preta, pois durante o amadurecimento, a coloração da epiderme tende a ficar mais escura e menos brilhante em função do acúmulo de antocianinas (SAMANIEGO et al., 2020).

As antocianinas são pigmentos naturais responsáveis pela coloração escura da amora-preta, e juntamente com outros compostos fenólicos, possuem propriedades antioxidantes que auxiliam na prevenção de doenças (ZIELINSKI et al., 2015). Neste estudo, o conteúdo de antocianinas totais variou significativamente entre os genótipos, de forma que as seleções e a 'BRS Karajá' apresentaram teores superiores em relação à cultivar de referência, Xavante. No entanto, os compostos fenólicos totais não variaram significativamente entre os genótipos (Tabela 4).

Os teores de antocianinas verificados são superiores aos relatados por Souza et al. (2020), para a 'Tupy', cultivada em sistema orgânico (275,04 mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100 g⁻¹). Além disso, Ribeiro (2022), verificou teores de antocianinas totais de 229,72 mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100 g⁻¹ e compostos fenólicos totais de 470,76 mg do equivalente ácido clorogênico 100 g⁻¹, para 'Xavante' cultivada em sistema orgânico, os quais são inferiores aos observados no presente estudo (Tabela 4).

De acordo com Croge et al. (2019b), os teores de compostos bioativos, assim como a atividade antioxidante, podem variar de acordo com o genótipo e as condições climáticas do local de cultivo. Apesar das diferenças encontradas entre os estudos, esses resultados evidenciam o potencial que a amora-preta apresenta para ser utilizada

como aditivo de corantes naturais na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética (CROGE et al., 2019b; VEGA et al., 2021). Os teores de antocianinas encontrados na amora-preta são superiores aos verificados para outras pequenas frutas, como relatado por Becker et al. (2020), que encontraram teores de antocianinas totais de 55,5 mg equivalente cianidina-3-glicosídeo 100 g⁻¹ em morangos e Yang et al. (2020), 104 mg 100 g⁻¹ em framboesas. Além disso, a amora-preta tem o potencial de atingir altas produtividades e requer menos tratamentos culturais em comparação com as frutíferas anteriormente citadas.

A 'BRS Karajá' e a 'Xavante' apresentaram a maior atividade antioxidante total, em comparação aos demais genótipos (Tabela 4). Segundo Lee et al. (2015), a atividade antioxidante da amora-preta está relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos, incluindo as antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos e taninos. Portanto a maior atividade antioxidante da 'BRS Karajá' possivelmente está associada ao maior teor de antocianinas totais apresentado por esse genótipo (Tabela 4). Por outro lado, as frutas da cultivar Xavante possuem um sabor amargo bem acentuado, em função da maior quantidade de taninos, que juntamente com as antocianinas conferem a este genótipo uma alta atividade antioxidante.

5.4 Conclusões

A 'BRS Karajá' apresenta produção de frutas mais precoce do que a cultivar Xavante, enquanto as seleções Black 353 e Black 356 possuem um ciclo mais tardio.

A 'BRS Karajá' e as seleções Black 310, Black 353 e Black 356 apresentam altas produções de frutas, com produtividades acumuladas acima de 40 t ha⁻¹, considerando as três primeiras safras.

A cultivar BRS Karajá apresenta potencial para o mercado de frutas *in natura*, considerando sua alta relação sólidos solúveis/acidez titulável.

As seleções Black 310 e Black 356 apresentam as frutas de maior calibre e com maior firmeza.

Todas as seleções avançadas apresentam maior teor de antocianinas totais em relação à 'Xavante'.

A 'BRS Karajá' e a 'Xavante' apresentam a maior atividade antioxidante que os demais genótipos avaliados.

6 Capítulo 4 - Caracterização agrônômica, físico-química e fitoquímica de genótipos de amoreira-preta com espinhos, cultivados em espaldeira alta

6.1 Introdução

A amoreira-preta (*Rubus* spp.), pertencente à família Rosaceae, é uma planta amplamente cultivada no mundo devido à sua capacidade de adaptação (CARPENEDO; RASEIRA; FRANZON, 2021). A produção global dessa fruta é estimada em mais de 900.000 toneladas, com os principais produtores localizados na Europa, América do Norte e América Central (RASHEED et al., 2017; PAUDEL et al., 2023).

No Brasil, a área cultivada com a amoreira-preta abrange cerca de 1.000 hectares, onde são produzidas 9.873 toneladas da fruta. Os principais estados produtores são o Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. Entre esses estados, a produtividade média varia de 7,4 a 10,6 t ha⁻¹, sendo a menor observada no Paraná e a maior no Rio Grande do Sul (REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023). No entanto, essas médias de produtividade podem ser consideradas baixas, pois estudos indicam que, com manejo adequado, algumas cultivares de amoreira-preta tem potencial de produzir mais de 25 t ha⁻¹ (ANTUNES et al., 2014).

Um dos principais fatores que influenciam a produtividade de um pomar é o sistema de condução utilizado, pois determina a forma e altura de condução das plantas (FERREIRA et al., 2016). Para plantas de crescimento ereto e visando diminuir custos de implantação, alguns produtores optam por realizar o cultivo sem tutoramento, porém ocorre redução da produção de frutas, em função da necessidade de encurtamento das hastes, a cerca de 0,8 m do nível do solo (ANTUNES et al., 2014).

Por outro lado, visando obter maiores produtividades, facilitar as práticas de manejo e evitar o contato das frutas com o solo, a maioria dos pomares são conduzidos em sistemas de espaldeira simples ou dupla. Normalmente, nesses sistemas as amoreiras-pretas são conduzidas a uma altura de 1,0 a 1,20 m, a partir do nível do solo (VILLA et al., 2014; FERREIRA et al., 2016; AMARAL et al., 2020; MARTINS et al., 2022). Acredita-se que ao aumentar a altura de condução das hastes da amoreira-preta, pode-se obter produtividades acima da média nacional, que é de 9,11 t ha⁻¹.

O Programa de Melhoramento Genético de Amoreira-preta da Embrapa tem desempenhado um importante papel no desenvolvimento de novas cultivares, desde o seu início em 1975. Embora o programa tenha disponibilizado nove cultivares para o mercado até o momento, a cultivar Tupy, lançada em 1988, (SANTOS; RASEIRA, 1988), continua sendo a mais plantada nos pomares brasileiros. Essa cultivar apresenta elevada capacidade produtiva, qualidade de frutas e adaptação a diferentes sistemas de produção e condições edafoclimáticas (RASEIRA et al., 2022b).

No entanto, o programa de melhoramento continua buscando desenvolver genótipos que apresentem altas produtividades, frutas de qualidade, épocas de maturação de frutas mais precoces ou tardias que a 'Tupy', com o objetivo de estender o período de oferta de amoras para o mercado, além de outras características como hábito de crescimento ereto (RASEIRA et al., 2022a, 2022b).

Nesse contexto, durante o processo de desenvolvimento de uma nova cultivar, é essencial realizar avaliações abrangentes em relação ao desempenho agrônomo, incluindo aspectos fenológicos, produtivos e de qualidade das frutas. Nestas pesquisas, além dos genótipos em desenvolvimento, também são incluídas cultivares já consolidadas no mercado, a fim de estabelecer comparações e, dessa forma, identificar quais genótipos apresentam características superiores e de interesse. O desempenho agrônomo é influenciado tanto pela genética das plantas, quanto pela interação com o ambiente de cultivo (PINTO et al., 2018; CROGE et al., 2019b; KISHORE, 2019; AMARAL et al., 2020; SOUZA et al., 2020). Portanto, é de suma importância realizar avaliações ao longo de várias safras e em diferentes condições edafoclimáticas para obter resultados robustos e confiáveis.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar características fenológicas, produtivas, morfológicas e relacionadas à qualidade físico-química e fitoquímica de frutas de genótipos de amoreira-preta com espinhos em suas hastes, cultivados em sistema de condução de espaldeira alta, durante três safras, em Pelotas-RS.

6.2 Material e métodos

O experimento foi realizado na área experimental pertencente a Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS (31°40'S e 52°26'O, com 58 m de altitude), durante as safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23. A região apresenta um clima do tipo "Cfa" segundo a

classificação de W. Köppen, caracterizado por ser temperado úmido com verões quentes, com temperatura e precipitação média anual de 17,9 °C e 1500 mm, respectivamente. O solo do campo experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo com textura média no horizonte A e argiloso no horizonte B, sendo moderadamente profundo (SANTOS et al., 2006). As condições meteorológicas durante a condução do experimento estão descritas na Figura 1 e foram coletadas pela estação meteorológica automática da Embrapa Clima Temperado. As horas de frio foram contabilizadas com base em temperaturas menores ou iguais a 7,2°C e totalizaram 231 horas de frio em 2020, 175 horas de frio em 2021 e 226 horas de frio em 2022.

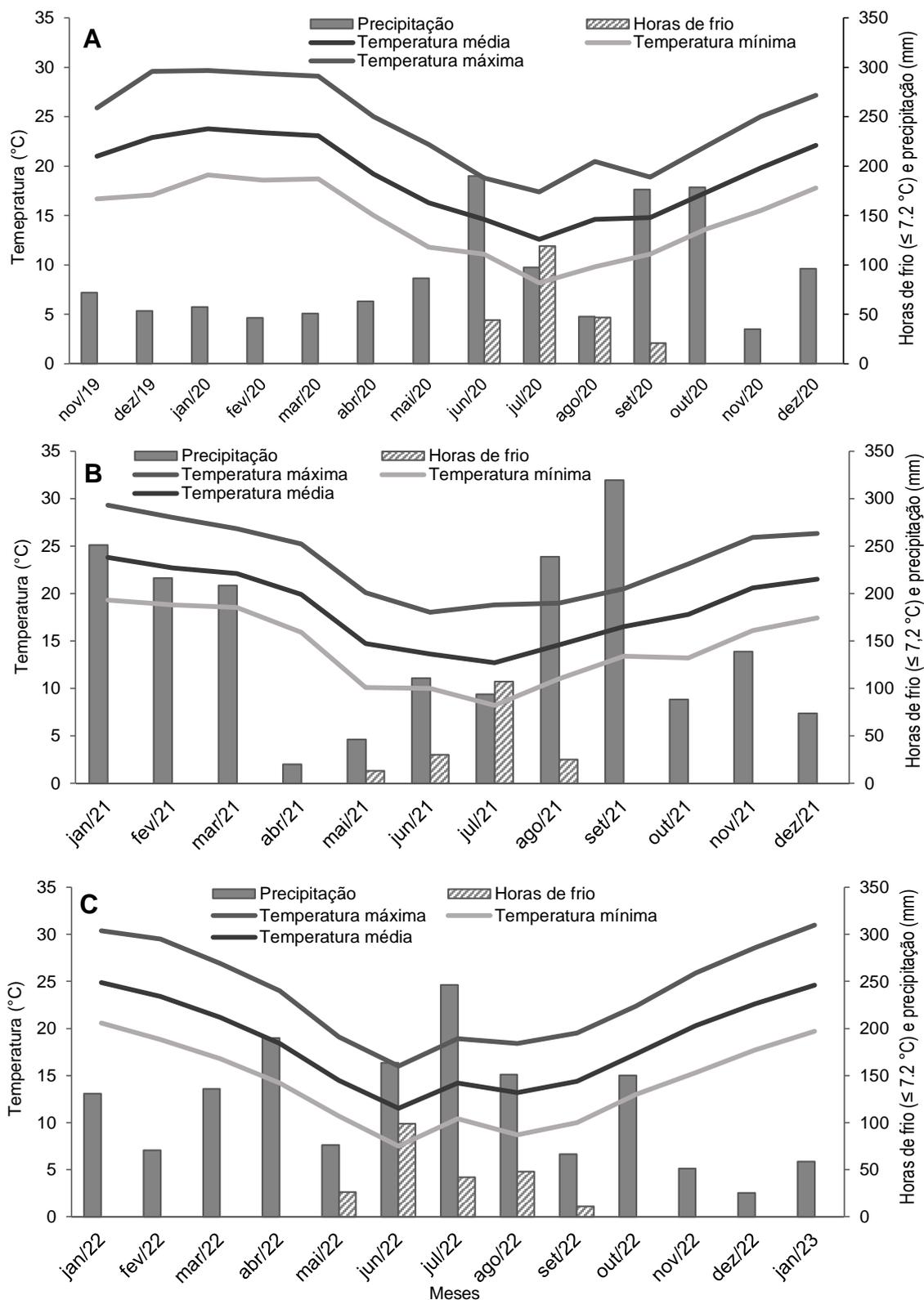


Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima, precipitação e horas de frio ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$), registradas durante o período de condução do experimento em Pelotas/RS. A: Dados referentes ao período de novembro de 2019 a dezembro de 2020; B: Dados referentes ao período de janeiro a dezembro de 2021; C: Dados referentes ao período de janeiro de 2022 a janeiro de 2023.

O pomar foi instalado em novembro de 2019, em área previamente preparada através da aração e gradagem do solo. A correção da fertilidade foi realizada com base nos resultados da análise de solo e seguindo as recomendações para a cultura da amoreira-preta do manual de adubação e calagem para os solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS –RS/SC, 2016), que incluiu a incorporação de calcário e fertilizantes minerais. Para a irrigação do pomar, foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento, com uma fita por linha de cultivo, com gotejadores espaçados a cada 0,20 m. Nas linhas de cultivo, o solo foi coberto por *mulching* de polietileno preto de 100 µm. Foram utilizadas mudas de amoreira-preta com cerca de 0,20 m de altura, produzidas na própria unidade de pesquisa, a partir de segmentos radiculares. O espaçamento de plantio utilizado foi 0,5 m entre plantas e 3,0 m entre linhas, totalizando uma densidade populacional de 6.667 plantas ha⁻¹.

O sistema de condução utilizado foi em espaldeira alta, com postes de madeira de 2,5 m de altura, instalados a cada 10 m de linha de cultivo. A sustentação das plantas foi realizada por meio de três fios de arame (duplos paralelos), a partir de 0,60 m do nível do solo e espaçados 0,60 m entre si. As plantas foram conduzidas em quatro hastes verticais e tutoradas até o último fio de arame, totalizando 1,8 m de altura (Apêndice D). No mês de julho de cada ano, durante o período de dormência das plantas, foi realizado o tratamento de inverno por meio da aplicação de calda sulfocálcica (10%). As podas de inverno foram realizadas em 12/08/2020, 12/08/21 e 08/08/2022 nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23, respectivamente, deixando quatro hastes primárias por planta e as secundárias foram reduzidas a aproximadamente 30 cm, além da eliminação das hastes mal posicionadas.

A poda de verão foi executada após o término da colheita das frutas de cada um dos genótipos. Na safra 2020/21, realizou-se a poda drástica, que consistiu na eliminação de todas as hastes, incluindo as do ano (*primocane*) e as hastes de ano (*floricane*) a cerca de 5 cm do nível do solo (Apêndice E2). Na safra 2021/22, após o término da colheita das frutas de cada um dos genótipos, as hastes *floricane* foram submetidas à poda drástica, enquanto as hastes do ano foram preservadas para a próxima safra (Apêndice E4).

Os tratamentos consistiram de dez genótipos de amoreira-preta, com presença de acúleos (comumente conhecidos como espinhos) em suas hastes, oriundos do Programa de Melhoramento Genético de Amoreira-preta da Embrapa Clima Temperado, incluindo oito seleções: Black 251 (originada do cruzamento entre a 'La

Campeona' e 'Tupy'), Black 312 (originada do cruzamento entre a Seleção 6/96 e Trepadeira), Black 331 (originada do cruzamento entre a 'Tupy' e 'La Campena'), Black 338 (originada de polinização livre da 'Tupy'), Black 355 (originada do cruzamento entre a 'Tupy' e 'Triple Crown'), Black 367 (originada do cruzamento entre a seleção Black 251 e 'Caigangue'), Black 370 (originada do cruzamento entre 'Caigangue' e a seleção Black 158), e Black 378 (originada do cruzamento entre as seleções Black 170 e Black 164), e duas cultivares: Tupy e BRS Cainguá (originada do cruzamento entre a Seleção 2/96 e 'Caigangue'). O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e cada parcela composta por cinco plantas, sendo que, apenas as três plantas centrais foram avaliadas.

Para caracterizar a fenologia das plantas, avaliações visuais foram realizadas para observar o início da brotação das gemas. A avaliação da floração e da colheita seguiu a metodologia descrita por Antunes et al. (2000), que define a plena floração quando as plantas apresentavam de 50 a 70% de flores abertas. Foi também observado o início e fim da colheita de frutas de cada genótipo.

Para a avaliação da densidade de espinhos dos genótipos foram contabilizados o número de espinhos presentes em 20 cm das hastes primárias e secundárias de cada planta. Adicionalmente, as folhas foram avaliadas quanto à presença ou ausência de espinhos no pecíolo e o número de espinhos presentes nas nervuras dos folíolos. Para isso, foi mensurado o número de espinhos presentes na nervura principal do folíolo central, classificando os genótipos em quatro categorias, de acordo com a densidade de espinhos: baixa, média e alta, sendo <5 , $5 - 10$ e >10 espinhos por folíolo, respectivamente.

A colheita das amoras-pretas foi realizada duas vezes por semana, quando as frutas atingiram o estágio de maturação completa, com a epiderme totalmente preta. Após as colheitas, as frutas foram pesadas em balança digital. Os valores obtidos foram divididos pelo número de plantas em cada unidade experimental, resultando na produção média de frutas por planta. Para mensurar a massa média de fruta, amostras compostas por 30 frutas foram coletadas periodicamente e pesadas em balança digital. A massa média foi obtida através da razão entre a massa fresca total das amostras o número de frutas. A produtividade foi calculada através da multiplicação da produção de frutas por planta pela densidade de plantio. A produtividade acumulada de cada genótipo foi obtida através da soma das produtividades estimadas em cada safra (2020/21, 2021/22 e 2022/23). Para determinar o tamanho médio de

frutas, medidas do diâmetro e do comprimento de 15 frutas por repetição foram mensuradas com auxílio de um paquímetro digital.

Para determinar os parâmetros físico-químicos das amoras-pretas, foram amostradas 15 frutas de cada repetição para cada genótipo e avaliadas no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita do Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado.

A coloração da epiderme, foi determinada por meio do sistema CIE-Lab, utilizando os parâmetros L^* a^* b^* , a partir de duas leituras em faces opostas da região equatorial da superfície das frutas, utilizando o colorímetro Minolta CR-400, com iluminante D65, e abertura de 8 mm. Onde L^* expressa a luminosidade (0= negro e 100 = branco), a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ = vermelho e $-a^*$ = verde; $+b^*$ = amarelo e $-b^*$ = azul). A partir destes dados, foi calculada a tonalidade da cor (ângulo Hue), que indica a cor observável, através da fórmula $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1}b^*/a^*$.

A firmeza das frutas foi mensurada com o texturômetro eletrônico TA-TX plus 40855, através do teste de compressão da fruta em 10% com ponteira P-75 mm de diâmetro, com distância de retorno de 40 mm, velocidade de retorno de 10 mm s^{-1} e força de contato de 5 g. Os resultados foram expressos em Newton. Posteriormente, as frutas foram trituradas em uma centrifuga elétrica para extração do suco e determinação do conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), por meio de um refratômetro digital marca ATAGO modelo PAL-1, sendo os resultados expressos em $^{\circ}\text{Brix}$ (IAL, 2008).

O pH foi medido diretamente no suco da fruta pelo método eletrométrico, utilizando um potenciômetro (pHmetro) digital de bancada marca Metrohn modelo 780 pH Meter (IAL, 2008). A acidez titulável (AT) foi mensurada por titulometria, utilizando 5 mL de suco diluído em 90 mL de água destilada e titulado até pH 8,1 com solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N, e os resultados expressos em % de ácido cítrico (IAL, 2008). A relação SST/AT (ratio) foi calculada pela razão entre o teor de sólidos solúveis e da acidez titulável.

Para avaliação dos compostos bioativos, amostras compostas por 15 frutas por repetição foram coletadas na safra 2021/22 e levadas ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Clima Temperado. As frutas foram armazenadas em sacos de polietileno e congeladas (-18°C) até o momento da análise.

A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada através do método adaptado de Swain e Hillis (1959), utilizando o reagente Folin-Ciocalteu e as leituras realizadas por meio de espectrometria no comprimento de onda de 725 nm. Utilizou-

se o ácido clorogênico como padrão para a curva de calibração e os resultados expressos em mg de ácido clorogênico por 100 g de amostra. A quantificação das antocianinas totais foi realizada através do método adaptado de Fuleki e Francis (1968). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a uma absorvância de 535 nm. Cianidina-3-glicosídeo foi usada como padrão para a curva de calibração e os resultados foram expressos em µg de equivalente cianidina-3-glicosídeo por 100 g de amostra.

A determinação da atividade antioxidante total foi realizada usando o método adaptado de Brand-Williams et al. (1995), com a solução do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). A absorvância foi medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 515 nm. O padrão Trolox foi utilizado para a curva de calibração e os resultados foram expressos em µg de equivalente trolox por 100 g de amostra.

Os dados obtidos foram testados em relação à normalidade através do teste Shapiro-Wilk e à homogeneidade através do teste Bartlett e posteriormente, foram submetidos à análise de variância e quando significativa, as médias dos tratamentos foram comparadas e agrupadas pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o software R (RCORE TEAM, 2020), utilizando a interface RBio (BHERING, 2017).

6.3 Resultados e discussão

No primeiro ciclo de cultivo (2020/21), o início da brotação das gemas para a maioria dos genótipos ocorreu mais tardiamente que nos ciclos seguintes e conseqüentemente a plena floração, início e fim da colheita também atrasaram, de forma que, para alguns genótipos, como a Black 355 e Black 312, a colheita se estendeu até o dia 29 de janeiro e 4 de fevereiro de 2021, respectivamente (Figura 2).

O início de brotação mais tardio observado durante o ciclo 2020/21, pode ser atribuído ao possível atraso na entrada da dormência das plantas, uma vez que, no mês de maio de 2020, as temperaturas se mantiveram elevadas e nenhuma hora de frio abaixo de 7,2°C foi registrada (Figura 1A). Além disso, em junho e julho do mesmo ano, ocorreram temperaturas elevadas, com períodos em que a temperatura média foi superior a 21°C e a máxima ultrapassou os 25°C, chegando à 29,3°C no mês de junho e 30,3°C em julho de 2020. De acordo com Anzanello et al. (2014), a ocorrência

de períodos prolongados com temperaturas elevadas durante a endodormência das plantas, pode anular ou reduzir os efeitos das baixas temperaturas na superação da dormência, resultando em atrasos e irregularidade na brotação.

Nas três safras avaliadas (2020/21, 2021/22 e 2022/23), as seleções Black 251 e Black 338 foram as mais precoces em relação ao início da brotação (anterior ao dia 7 de agosto) e a plena floração (anterior ao dia 1° de outubro), seguidas das seleções Black 367 e Black 370 (Figura 2). Enquanto que as seleções Black 312 e Black 355, foram as mais tardias para todas as variáveis fenológicas avaliadas, principalmente se comparadas as cultivares Tupy e BRS Caingua. Ribeiro (2022), ao caracterizar genótipos de amoreira-preta, oriundos do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa, incluindo as cultivares Tupy e BRS Caingua, em sistema de produção orgânico, em Pelotas-RS, verificou que a Black 338 foi um dos genótipos mais precoces e a Black 312, um dos mais tardios, assim como verificado neste estudo.

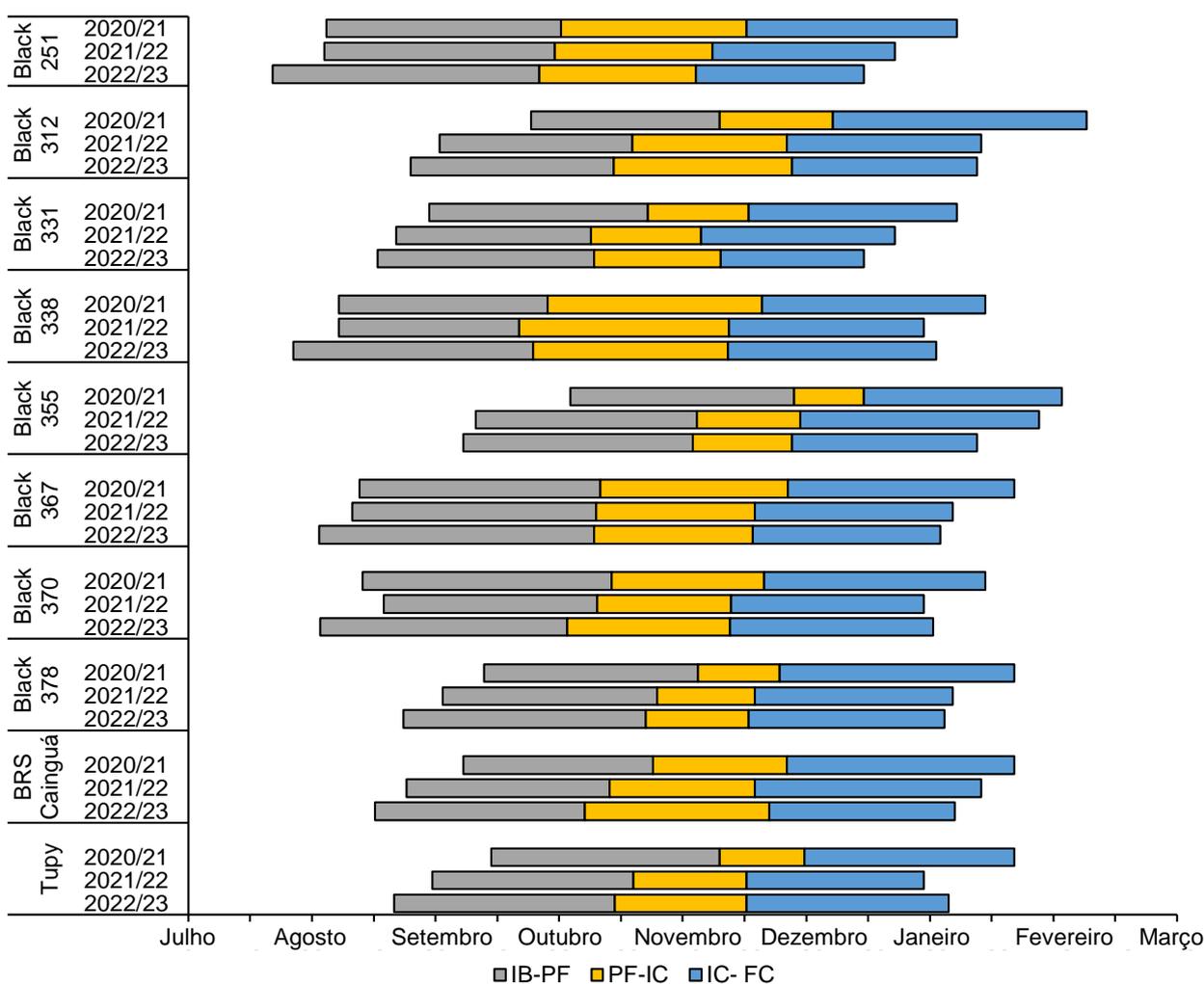
Embora a avaliação da necessidade de frio para superar a dormência de cada genótipo não tenha sido realizada no presente estudo, os resultados das avaliações fenológicas presumem diferenças na exigência de horas de frio entre os genótipos. De forma que a Black 251 e Black 338 apresentam menores exigências, enquanto as seleções Black 312 e Black 355 uma demanda maior, quando comparadas às cultivares Tupy e BRS Caingua, que requerem entre 200 e 300 horas de frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ (RASEIRA et al., 2020).

Além disso, verifica-se que a Black 355 apresentou um dos menores intervalos entre a plena floração e o início da colheita, devido à ocorrência de estádios fenológicos simultâneos na mesma planta (Figura 2). Genótipos com maior exigência em frio podem apresentar brotação deficiente e errática, floração e produção prolongadas e baixo rendimento de frutas, quando cultivados em locais com frio insuficiente para superar a dormência (LIN; AGEHARA, 2020; SEGANTINI et al., 2014).

O menor período de colheita foi observado na safra 2022/23 para a maioria dos genótipos estudados, variando de 35 a 51 dias para as seleções Black 331 e Black 338, respectivamente. Esse resultado pode ser atribuído ao maior número de horas de frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ registradas até o dia da poda de inverno (08 de agosto de 2022), totalizando 175 horas. Estudos anteriores, realizados por Segantini et al. (2014), demonstraram que o maior o acúmulo de horas de frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ durante o período de dormência das plantas, está diretamente relacionado ao encurtamento do ciclo da

amoreira-preta, tanto em relação ao início e fim da floração, quanto à colheita das frutas.

No entanto, as diferenças verificadas entre os genótipos e as safras em relação aos parâmetros fenológicos não podem ser atribuídas apenas à variação na ocorrência de frio hibernal, mas também ao momento de elevação das temperaturas, que promovem a retomada do crescimento e desenvolvimento da planta, além das características genéticas inerentes de cada genótipo (ANTUNES; GONÇALVES; TREVISAN, 2010; VILLA et al., 2020).



IB: início da brotação; PF: plena floração; IC: início da colheita; FC: final da colheita.

Figura 2. Dados fenológicos de genótipos de amoreiras-pretas com espinhos, nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.

A colheita das amoras-pretas na safra 2020/21 começou a partir do segundo decêndio de novembro de 2020 (Figura 3A). Nesta safra, a seleção Black 251 foi a que apresentou a maior precocidade em comparação aos demais genótipos. O volume produzido durante o mês de novembro de 2020 representou 29,4% do total

produzido por esse genótipo, enquanto que a Black 331, segundo genótipo mais precoce, produziu apenas 17,2% da sua produção total, neste mesmo período. De acordo com Raseira et al. (2022b), a seleção Black 251 provavelmente possui baixa exigência em frio, pois durante a safra de 2018, no município de Pelotas-RS, apenas 87 horas $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ foram registradas e essa seleção (Black 251) apresentou produção de frutas satisfatória em comparação à outras seleções que apresentaram baixas produções.

Nas safras 2021/22 e 2022/23, a colheita das frutas teve início no primeiro decêndio de novembro. De forma que na safra 2021/22, a seleção Black 331 apresentou a maior produção de frutas nesse período, enquanto na safra de 2022/23, a seleção Black 251 foi a mais precoce. No segundo decêndio de novembro de ambas as safras, as seleções Black 251 e Black 331 apresentaram as maiores produções, sem diferença entre as mesmas. O volume produzido pela Black 251 durante todo o mês de novembro representou 86,7% e 83,8% em relação ao total produzido por esse genótipo na safra 2021/22 e 2022/23, respectivamente. Para a seleção Black 331, o volume produzido no mês de novembro representou 83,6% e 86,7% do total nas safras 2021/22 e 2022/23, respectivamente. Enquanto o volume produzido no mês de novembro pelas duas cultivares, Tupy e BRS Cainguá, representou menos de 48% e 27% do volume total colhido, respectivamente, em ambas as safras (Figura 3).

A precocidade em relação a produção de frutas da Black 331, provavelmente está relacionada a menor necessidade de soma térmica (graus-dia) para completar cada etapa fenológica em comparação aos demais genótipos. Uma vez que, o início da brotação das gemas da Black 331, ocorreu mais tardiamente em comparação a Black 251 (Figura 2), porém, a época de produção de frutas das mesmas foi semelhante (Figura 3). De acordo com Black et al. (2008) e Hussain et al. (2016), a exigência em graus-dia para completar cada etapa fenológica varia entre as variedades de uma mesma espécie, sendo um aspecto importante a ser considerado no manejo agrônomo da cultura.

Na safra 2020/21, as seleções Black 312 e a Black 355 apresentaram produções mais tardias. O volume produzido após o dia 21 de dezembro de 2020 até o término da colheita, representou 91,2% e 97,2% do volume total colhido para a Black 312 e para a Black 355, respectivamente. Enquanto que para as cultivares BRS Cainguá e Tupy, o volume produzido neste mesmo período, representou menos de 61% do total para ambas (Figura 3A).

Resultados similares foram verificados nas safras 2021/22 e 2022/23, nas quais as seleções Black 312 e Black 355 foram novamente as mais tardias. Para a seleção Black 312 o volume de frutas produzido a partir do 21 de dezembro até o término da colheita foi superior à 37%, em ambas as safras. Para a seleção Black 355 o volume produzido, no mesmo período anteriormente citado (21 de dezembro até o final da safra), representou 53,1% e 32% em relação ao total, nas safras 2021/22 e 2022/23, respectivamente (Figura 3B e 3C). Por outro lado, a produção da 'BRS Caingua' e da 'Tupy' após esse mesmo período (21 de dezembro até o final da safra), representou menos de 21% e 8% do total colhido, respectivamente, em ambas as safras.

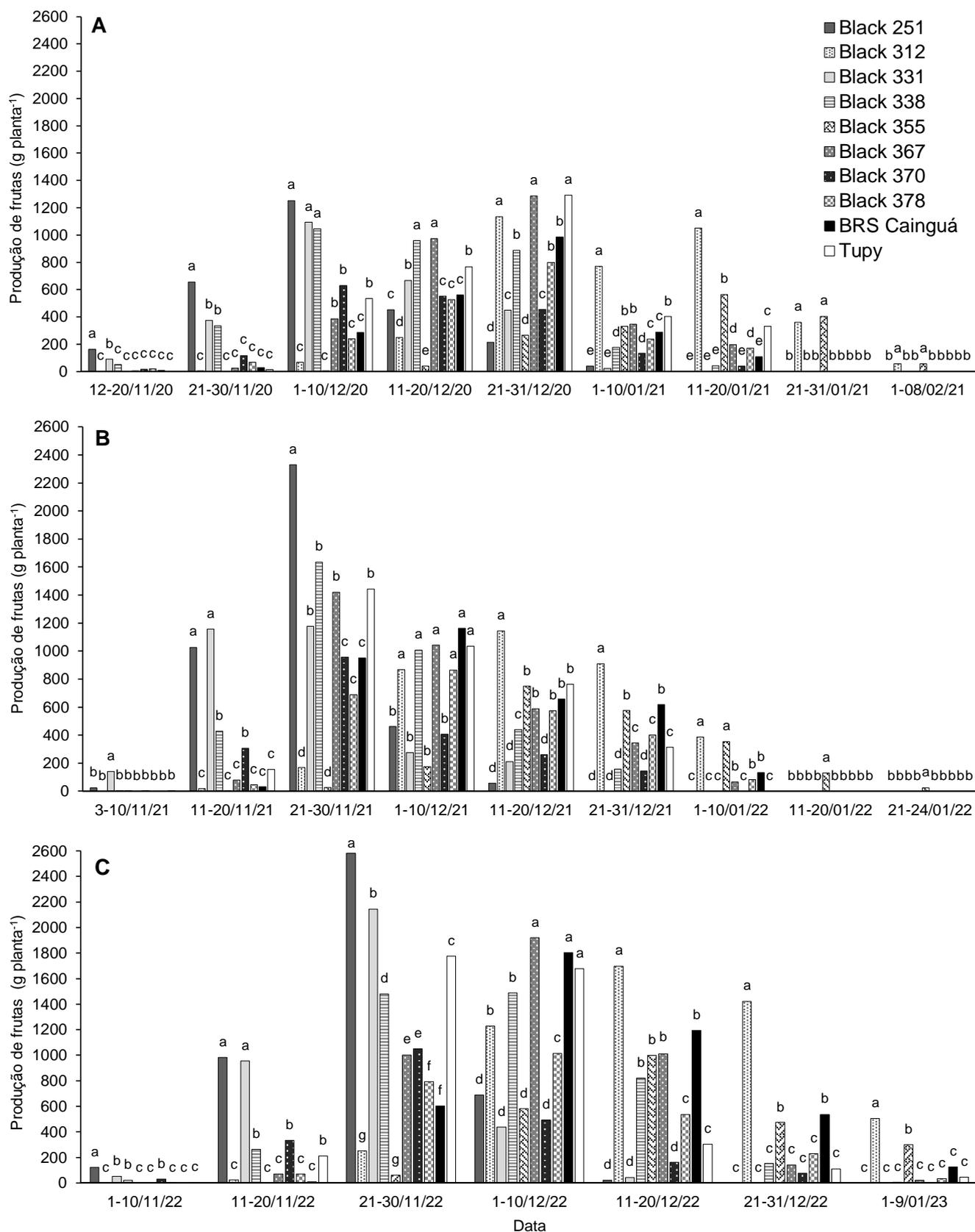
De forma geral, no ciclo 2020/21, a maior concentração da produção de frutas ocorreu no mês de dezembro de 2020. No entanto, a colheita teve início em novembro 2020 e se estendeu até o início de fevereiro de 2021 (Figura 3A). Nas safras 2021/22 e 2022/23 os maiores volumes de colheita de frutas foram observados entre 20 de novembro e 20 de dezembro de cada ano, porém, a colheita teve início em novembro e se estendeu até janeiro (Figura 3B e 3C).

Soler e Biasi (2020), ao caracterizarem cultivares de amoreira-preta em Pinhais-PR, em uma safra em que apenas 93 horas de frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ foram acumuladas, verificaram que o período de colheita da cultivar Tupy, se estendeu por 107 dias, enquanto no presente estudo, a colheita dessa cultivar variou de 43 a 51 dias entre as safras. No entanto, os mesmos autores constataram que as maiores produções de frutas para a maioria das cultivares avaliadas, incluindo a 'Tupy', ocorreram entre o mês de novembro e dezembro, corroborando com o presente estudo.

Assim como verificado por Souza et al. (2021), que ao cultivarem seleções avançadas do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa e cultivares de amoreira-preta (Tupy e BRS Xingu), em sistema de produção orgânico em Pelotas-RS, observaram que os volumes de colheitas mais expressivos foram verificados no período de novembro a janeiro para a maioria dos genótipos. Tal fato demonstra que na região de Pelotas-RS, apesar de poucos produtores comercializarem a produção de amora-preta para o comércio *in natura*, a maior oferta da fruta ocorre neste período (novembro – dezembro).

No entanto, no setor frutícola o cultivo de genótipos com distintas épocas de produção é um fator positivo, pois possibilita escalonar a colheita, otimizar a utilização de mão de obra, diminuir as perdas e ofertar frutas para o mercado consumidor por

um maior período (CURI et al., 2015; LUGARESI et al., 2020). Além disso, a produção fora de época, tanto antes quanto após a safra, é uma excelente oportunidade para os produtores comercializarem as amoras-pretas à preços mais elevados, pois durante estes períodos do ano há pouca disponibilidade da fruta no mercado (ANTUNES et al., 2014; BENDLIN; PETERS; PETERS, 2021). Nesse contexto, um dos objetivos do Programa de Melhoramento Genético de Amoreira-preta da Embrapa, é a busca por cultivares mais precoces ou tardias que as disponíveis atualmente, como a 'Tupy', que ainda domina o mercado brasileiro (RASEIRA et al., 2022b).



Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância e comparam os genótipos para um mesmo período de colheita.

Figura 3. Distribuição da produção de frutas de genótipos de amoreira-preta com espinhos durante as safras 2020/21 (A), 2021/22 (B), 2022/23 (C).

Em relação ao número de frutas por planta, verificou-se que as seleções Black 251, Black 312, Black 331, Black 338, Black 367, Black 370 foram estatisticamente iguais a cultivar Tupy, na safra 2020/21, apresentando os maiores valores para essa variável (Tabela 1). Na safra 2022/23, as seleções Black 251, Black 312 e Black 331, produziram os maiores números de frutas, não diferindo entre si.

A produção de frutas por planta e a produtividade estimada por hectare são parâmetros diretamente relacionados e ambos variaram significativamente de acordo com os genótipos de amoreira-preta avaliados (Tabela 1). Ferreira et al. (2016) e Soler e Biasi (2020), relatam que os parâmetros produtivos são diretamente influenciados pelas características genéticas da planta e sua interação com o ambiente.

Na safra 2020/21, que corresponde ao primeiro ciclo produtivo após o plantio, as seleções Black 312, Black 338, Black 367 e a cultivar Tupy, formaram um mesmo grupo, apresentando as maiores produções de frutas por planta e produtividade, com valores superiores a $3,4 \text{ kg planta}^{-1}$ e $21,4 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente (Tabela 1). Estes resultados são superiores ao verificados por Amaral et al. (2020), que ao avaliarem o primeiro ciclo produtivo de genótipos de amoreira-preta em Vacaria-RS, utilizando uma densidade de plantio de $5.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, (inferior ao do presente estudo, que foi de $6.667 \text{ plantas ha}^{-1}$), relataram uma produção de $2,69 \text{ kg}$ de frutas por planta e uma produtividade de $13,49 \text{ t ha}^{-1}$ para a cultivar Tupy.

De acordo com Sabooni et al. (2022), a amoreira-preta têm potencial de alcançar altas produtividades no primeiro ciclo de produção de frutas, desde que estejam adequadamente adaptadas ao local de cultivo e o pomar tenha sido instalado corretamente, possibilitando assim, um rápido retorno econômico.

Na safra 2021/22, as seleções Black 251, Black 312, Black 338, Black 367 e as cultivares Tupy e BRS Cainguá apresentaram as maiores produções e produtividades (Tabela 1). Enquanto que na safra 2022/23, a Black 312 apresentou a maior produção de frutas. Nesta mesma safra, as seleções Black 251, Black 331, Black 338, Black 367, 'Tupy' e 'BRS Cainguá', apresentaram as segundas maiores produções e produtividades, não diferindo entre si.

A seleção Black 251 apresentou produtividade acima de 26 t ha^{-1} a partir da segunda safra após o plantio, não diferindo da Tupy (Tabela 1). No entanto, destaca-se que essa seleção apresenta uma época de maturação das frutas mais precoce (Figura 3) e densidade de espinhos nas hastes primárias e secundárias inferior, e nos folíolos similar, em relação à 'Tupy' (Tabela 5).

Da mesma forma, a seleção Black 312 apresentou resultados promissores em termos de produtividade, alcançando 34,2 t ha⁻¹ no terceiro ciclo produtivo. Essa produtividade supera a da 'Tupy', que atingiu 27,5 t ha⁻¹ e atualmente é considerada uma das cultivares mais produtivas no Brasil. Os resultados são superiores aos obtidos por Croge et al. (2019a), que avaliaram diferentes cultivares de amoreira-preta, em Lapa-PR, e constataram que a 'Tupy' foi a mais produtiva, com produtividade de 26,8 t ha⁻¹ em sistema de cultivo convencional e irrigado.

Ribeiro (2022), estudando o comportamento agrônomo de seleções e cultivares de amoreira-preta em sistema de produção orgânico, concluiu que a seleção Black 312 apresentou a maior produção de frutas em comparação as demais seleções estudadas, com produtividade estimada de 13,36 t ha⁻¹, a qual é superior à obtida para as cultivares Tupy e BRS Cainguá, que foi de 7,92 t ha⁻¹ e 11,52 t ha⁻¹, respectivamente. Esses resultados indicam a superioridade da seleção Black 312 em termos de produtividade inclusive em sistemas de produção orgânico.

Além disso, como mencionado anteriormente, a Black 312 foi um dos genótipos mais tardios em termos de época de produção de frutas (Figura 3) e as suas plantas apresentam baixa densidade de espinhos, tanto nas hastes primárias, quanto secundárias e nas folhas (Tabela 5). Essa característica morfológica possibilita a realização de práticas culturais, como poda, tutoramento e colheita, de maneira mais eficiente, segura e econômica (KHADGI; WEBER, 2020).

Por outro lado, as menores produções de frutas e produtividades foram verificadas nas seleções Black 355 e Black 370, nas três safras avaliadas (2020/21, 2021/22 e 2022/23). A Black 355 foi o genótipo que apresentou o início de brotação das gemas (Figura 2) e a época de maturação das frutas, mais tardias (Figura 3) e em algumas safras verificou-se brotação irregular (Apêndice Q1). Esses resultados sugerem que essa seleção possivelmente requer um maior acúmulo de horas de frio para superar a dormência.

De acordo com Rotili et al. (2019), quando a exigência de frio não é atendida, a brotação é desuniforme (fato observado para essa seleção em algumas safras), reduzindo conseqüentemente o número de inflorescências e frutas. Isso explica a menor produtividade apresentada pela Black 355, porém o cultivo da mesma se justificaria pela época de maturação de suas frutas (Figura 3). Segundo Raseira et al. (2022b), as frutas colhidas nos meses de janeiro e fevereiro são comercializadas a

preços mais elevados em comparação com aquelas vendidas em novembro e dezembro, podendo assim, compensar a menor produção de frutas.

Porém, a Black 355 é um dos genótipos que apresenta as maiores densidades de espinhos (Tabela 5), podendo este ser um limitante para essa seleção se tornar uma cultivar (Apêndice Q). No entanto, a mesma pode ser utilizada como parental em novos cruzamentos, visando a obtenção de genótipos com maturação mais tardia.

Tabela 1. Número e produção de frutas por planta, produtividade e produtividade acumulada de genótipos de amoreira-preta com espinhos, durante as safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.

Genótipo	Número de frutas por planta			Produção de frutas (kg planta ⁻¹)		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
Black 251	424,33 a	579,14 ^{ns}	755,27 a	2,77 b	3,90 a	4,40 b
Black 312	532,29 a	475,59	736,37 a	3,69 a	3,49 a	5,13 a
Black 331	474,27 a	553,78	736,37 a	2,69 b	2,96 b	3,63 b
Black 338	456,96 a	467,45	595,40 b	3,50 a	3,67 a	4,23 b
Black 355	360,67 b	380,17	594,83 b	1,66 c	2,03 c	2,42 c
Black 367	433,38 a	482,57	591,44 b	3,22 a	3,54 a	4,16 b
Black 370	420,93 a	440,29	500,48 b	1,94 c	2,08 c	2,15 c
Black 378	303,37 b	502,93	502,29 b	2,06 c	2,65 b	2,68 c
BRS Caingua	283,87 b	457,34	554,59 b	2,26 c	3,55 a	4,27 b
Tupy	460,24 a	506,71	580,18 b	3,34 a	3,71 a	4,13 b
CV (%)	17,72	17,28	10,23	16,86	15,67	12,24

Genótipo	Produtividade (t ha ⁻¹)			Produtividade acumulada (t ha ⁻¹)
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	
Black 251	18,47 b	26,00 a	29,33 b	73,80 a
Black 312	24,60 a	23,27 a	34,20 a	82,07 a
Black 331	17,93 b	19,73 b	24,20 b	61,87 b
Black 338	23,33 a	24,47 a	28,20 b	76,00 a
Black 355	11,07 c	13,53 c	16,13 c	40,73 c
Black 367	21,47 a	23,60 a	27,73 b	72,80 a
Black 370	12,93 c	13,87 c	14,33 c	41,13 c
Black 378	13,73 c	17,67 b	17,87 c	49,27 c
BRS Caingua	15,07 c	23,67 a	28,47 b	67,20 b
Tupy	22,27 a	24,73 a	27,53 b	74,53 a
CV (%)	16,86	15,69	12,25	9,73

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ^{ns}: não significativo; CV: Coeficiente de variação.

A seleção Black 367, apresentou altas produtividades nas três safras avaliadas, porém não diferiu da 'Tupy' (Tabela 1). Além disso, o período de maturação de ambas foi semelhante (Figura 3) e a densidade de espinhos desta seleção é considerada alta (Tabela 5) (Apêndice R3). Atualmente, o Programa de Melhoramento Genético de

Amoreira-preta da Embrapa, busca desenvolver genótipos com maturação mais precoce ou tardia em relação à 'Tupy' e com ausência ou baixa densidade de espinhos em suas hastes (RASEIRA et al., 2022b).

Portanto, com base nos resultados deste estudo, a seleção Black 367 não apresentou características promissoras para ser lançada como cultivar. No entanto, novos estudos devem ser realizados para avaliar o desempenho agrônômico dessa seleção em locais com condições edafoclimáticas distintas das observadas em Pelotas-RS, uma vez que é possível que esse genótipo apresente altas produtividades e época de maturação distinta da 'Tupy' nestes diferentes locais.

A maioria das plantas do gênero *Rubus*, como as amoreiras-pretas estudadas neste trabalho, apresentam somente o sistema radicular perene, as hastes são bianuais (CLARK; FINN, 2014). Portanto ao longo de sucessivas safras, o sistema radicular das plantas se torna mais desenvolvido, permitindo explorar um maior volume de solo, resultando em maior capacidade de absorção de água e nutrientes, refletindo em hastes mais vigorosas e com maior potencial produtivo. Essa maior capacidade produtiva é comprovada pelos resultados obtidos, que demonstraram um aumento progressivo no volume de frutas produzido ao longo das safras para todos os genótipos avaliados (Tabela 1).

A diferença entre o volume produzido na primeira (2020/21) e na terceira safra (2022/23) foi de 37% para a Black 251, 28% para a Black 312, 25% para Black 331, 17% para Black 338, 31% para Black 355, 22% para Black 367, 9% para Black 370, 23% para Black 378, 47% para 'BRS Cainguá', 19% para 'Tupy'. Croge et al. (2019a) também observaram aumentos significativos na produção de amoras-pretas ao decorrer das safras, com acréscimo de 25% na produtividade da 'Tupy' e de 56% para 'Guarani', comparando a primeira com a segunda safra após o plantio.

Com base nos dados de produtividade acumulada, que corresponde à soma do total produzido nas três safras avaliadas, os genótipos Black 251, Black 312, Black 338, Black 367 e a cultivar Tupy apresentaram os maiores valores, com produtividades acumuladas variando de 72,80 t ha⁻¹ a 82,07 t ha⁻¹ (Tabela 1).

Embora o preço da amora-preta *in natura* seja duas a três vezes mais elevado em comparação com aquelas destinadas ao processamento, a maior parte da produção dessa fruta nos Estados Unidos é destinada à indústria (MORGAN, 2022). Essa tendência também é observada no Brasil (REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023), devido à alta perecibilidade e baixo período de conservação pós-colheita da

amora-preta (SOETHE et al., 2019). Conseqüentemente, a maior proporção da produção é destinada às indústrias, que pagam preços mais baixos em relação ao mercado de frutas frescas (ANTUNES et al., 2014; SANTOS et al., 2020). Segundo dados do CEASA-RS (Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul), o preço médio pago pela fruta *in natura* no período de novembro de 2022 a janeiro de 2023, variou de R\$ 26,67 a R\$ 66,67 por quilograma. No entanto, quando a fruta é destinada para o processamento industrial, o preço pago ao produtor é significativamente menor, em torno de R\$ 5,50 por kg (RASEIRA et al., 2022a; REICHERT; RASEIRA; ANTUNES, 2023).

Apesar da discrepância de valores, o cultivo da amoreira-preta pode ser bastante rentável para os produtores, especialmente com genótipos que apresentam altas produtividades, como a seleção Black 312, que numericamente apresentou a maior produtividade acumulada, 82,07 t ha⁻¹, referente as três safras. Ao considerar que apenas 10% do volume total de frutas produzidas fossem destinadas ao mercado de frutas frescas, e comercializadas pelo preço médio de R\$ 44,10 kg⁻¹, praticado no CEASA-RS entre novembro de 2022 e janeiro de 2023, geraria uma renda bruta de R\$ 361.928,70. E que os outros 90% fossem comercializados para a indústria pelo preço de R\$ 5,50 kg⁻¹, resultaria em uma renda bruta de R\$ 406.246,50. Assim, a renda bruta total obtida nas três primeiras safras após o plantio seria de R\$ 768.175,20.

Os resultados obtidos, evidenciam o potencial que a amoreira-preta apresenta como opção de geração de renda e de diversificação de pequenas propriedades rurais, pois é possível alcançar altas produtividades em pequenas áreas, especialmente quando os pomares são conduzidos em sistema de espaldeira alta, como o utilizado neste estudo.

A massa média de fruta, assim como o diâmetro e comprimento das frutas, apresentaram diferenças significativas entre os genótipos (Tabela 2). Em relação a massa média das frutas, na safra 2020/21, as seleções Black 338, Black 367 e as cultivares Tupy e BRS Caingá, formaram um grupo com as maiores médias, com valores variando 7,26 g fruta⁻¹ ('Tupy') a 8,02 g fruta⁻¹ ('BRS Caingá'). Na safra seguinte (2021/22), além dos genótipos anteriormente citados, a seleção Black 312 também apresentou as maiores massas médias de frutas. Na terceira safra (2022/23), a 'BRS Caingá' apresentou frutas com maior massa média, diferindo

significativamente das demais, enquanto que as segundas maiores médias foram apresentadas pelas seleções Black 312, Black 338, Black 367 e 'Tupy'.

Por outro lado, nas três safras avaliadas, as seleções Black 355 e Black 370 produziram frutas com as menores massas médias, porém na safra 2021/22, a Black 355 não diferiu da Black 378 e da Black 331. Da mesma forma, a seleção Black 370 e a Black 355 produziram frutas com os menores diâmetros e comprimentos, na maioria das safras avaliadas (Tabela 2). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Threlfall et al. (2016), que indicam uma correlação positiva entre o peso e o tamanho (diâmetro e comprimento) das frutas de amoreiras-pretas.

Tabela 2. Massa média, diâmetro e comprimento de frutas de genótipos de amoreira-preta, nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.

Genótipo	Massa média de fruta (g fruta ⁻¹)			Diâmetro de fruta (mm)			Comprimento de fruta (mm)		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
Black 251	6,55 b	6,74 b	5,83 c	21,14 b	21,32 c	20,99 a	26,72 c	27,87 d	27,35 b
Black 312	6,95 b	7,42 a	6,96 b	20,82 b	20,47 d	19,92 b	30,12 a	27,80 d	27,70 b
Black 331	5,65 c	5,41 c	4,82 e	19,44 c	18,47 f	18,64 c	24,87 c	26,08 e	25,93 c
Black 338	7,64 a	7,82 a	7,11 b	20,98 b	22,32 b	20,83 a	26,07 c	28,72 c	26,36 c
Black 355	4,72 d	5,36 c	4,06 f	18,24 d	18,11 f	18,14 c	28,77 b	27,78 d	25,66 c
Black 367	7,42 a	7,42 a	7,04 b	22,20 a	23,49 a	21,56 a	27,15 c	29,07 c	26,32 c
Black 370	4,61 d	4,70 d	4,29 f	19,61 c	19,45 e	18,79 c	22,08 d	22,40 g	21,01 e
Black 378	6,80 b	5,30 c	5,35 d	22,37 a	20,52 d	19,69 b	26,90 c	23,91 f	22,74 d
BRS Caingá	8,02 a	7,75 a	7,71 a	21,60 b	20,26 d	19,75 b	31,12 a	31,33 a	30,07 a
Tupy	7,26 a	7,34 a	7,14 b	22,64 a	22,76 b	21,37 a	28,47 b	30,06 b	27,45 b
CV (%)	5,82	6,20	4,13	2,73	2,69	2,88	4,47	2,42	3,10

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV: Coeficiente de variação.

Na safra 2020/21, as seleções Black 367, Black 378 e a cultivar Tupy apresentaram os maiores diâmetros de frutas, não diferindo entre si (Tabela 2). Enquanto que na safra 2021/22, novamente a Black 367 apresentou o maior diâmetro de fruta. Resultados semelhantes foram verificados na safra 2022/23, onde as seleções Black 251, Black 338, Black 367 e a cultivar Tupy apresentaram os maiores diâmetros. Em relação ao comprimento das frutas, a 'BRS Caingá' e seleção Black 312 apresentaram maiores valores na safra 2020/21, enquanto que nas demais safras (2021/22 e 2022/23) a 'BRS Caingá' produziu frutas com maior comprimento.

Resultados similares foram obtidos por Raseira et al. (2020) e Amaral et al. (2020), para a 'BRS Caingá' (descrita no trabalho de Amaral et al. (2020), como seleção Black 212). Esses autores observaram médias de diâmetro, comprimento e

massa média de fruta de aproximadamente 20 mm, 30 mm e 8 g, respectivamente. Segundo Wu et al. (2023), a qualidade da fruta é inicialmente julgada com base no seu tamanho e formato. Portanto a 'BRS Caingua' é uma boa opção para o comércio *in natura*, pois além do excelente calibre (Apêndice U), suas frutas apresentam boa aparência e sabor agradável (RASEIRA et al., 2020) e no presente estudo apresentou alta produtividade, com volume superior a 23,6 t ha⁻¹ ano⁻¹, a partir da segunda safra após o plantio (Tabela 1).

No que se refere à qualidade físico-química e fitoquímica das frutas produzidas, houve diferença significativa entre os genótipos, nas três safras avaliadas (Tabela 3 e 4). Em relação ao teor de sólidos solúveis totais, a seleção Black 355 apresentou os maiores valores nas safras 2020/21 e 2022/23. Na safra 2020/21, as seleções Black 251, Black 312, Black 331, Black 378 e a cultivar BRS Caingua formaram um mesmo grupo, apresentando os segundos maiores teores de sólidos solúveis (Tabela 3). Na safra 2021/22 as seleções Black 378 e a Black 331 apresentaram o maior e o segundo maior teor de sólidos solúveis, respectivamente. Por outro lado, a seleção Black 338 apresentou o menor teor de sólidos solúveis nas três safras avaliadas.

Além das diferenças verificadas entre os genótipos, observou-se que o teor de sólidos solúveis de um mesmo genótipo variou entre as safras (Tabela 3). Para a seleção Black 312, os teores de sólidos solúveis variaram de 7,5 a 9,3°Brix, enquanto que para a Black 355, as variações foram de 8,67 a 12,03°Brix. Resultados semelhantes foram verificados por Ribeiro (2022), ao avaliar seleções de amoreira-preta por duas safras consecutivas. A autora observou que, para a Black 312, os teores de sólidos solúveis variaram de 7,33 a 9,97°Brix, para a Black 331 a variação foi de 7,83 a 8,80°Brix, e para a Black 378, a variação foi de 9,76 a 11,82°Brix.

Em um estudo realizado por Raseira et al. (2022b), foi verificado que as frutas da Black 331 (11,87°Brix) apresentam teor de sólidos solúveis superior à da cultivar Tupy (7,37°Brix). No presente estudo, também foi constatado que o conteúdo de sólidos solúveis da seleção Black 331 foi superior à da Tupy, nas três safras avaliadas (Tabela 3). No entanto, os valores verificados para a Black 331 e para cultivar Tupy são, respectivamente, inferiores e superiores aos observados por Raseira et al. (2022b).

Esses resultados demonstram que o teor de sólidos solúveis de um genótipo pode ser influenciado por diversos fatores, como a época de colheita, estágio de

maturação, sistema de cultivo, manejo, além das condições edafoclimáticas de cada região (ACOSTA-MONTOYA et al., 2010; MORAES et al., 2020; VILLA et al., 2020). Além disso, ressaltam a importância de avaliar o desempenho agrônomico de um genótipo por várias safras e em diferentes locais, quando se busca identificar materiais com características superiores.

Tabela 3. Teor de sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis e acidez titulável (ratio) e pH de frutas de genótipos de amoreira-preta nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23.

Genótipo	Sólidos solúveis (°Brix)			Acidez titulável (% Ac. cítrico)		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
Black 251	9,63 b	8,60 d	9,70 b	1,61 a	1,64 a	1,16 c
Black 312	9,20 b	7,50 e	9,33 c	1,32 b	1,45 c	1,24 b
Black 331	9,23 b	10,07 b	10,13 b	1,13 c	1,05 f	1,33 b
Black 338	7,03 e	6,87 f	6,83 d	1,65 a	1,65 a	1,53 a
Black 355	11,93 a	8,67 d	12,03 a	0,97 d	1,14 e	0,84 d
Black 367	8,07 d	9,50 c	8,83 c	1,62 a	1,56 b	1,16 c
Black 370	8,77 c	8,97 d	9,00 c	1,16 c	1,37 d	1,31 b
Black 378	9,50 b	10,43 a	9,83 b	1,18 c	1,22 e	1,03 c
BRS Caingá	9,47 b	8,83 d	9,27 c	1,04 d	1,06 f	1,09 c
Tupy	8,27 d	9,33 c	8,73 c	1,13 c	1,20 e	1,08 c
CV (%)	2,86	2,78	3,48	7,09	3,97	8,01

Genótipo	Ratio (SS/AT)			pH		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
Black 251	6,07 e	5,24 e	8,41 c	2,92 c	2,84 b	3,16 b
Black 312	6,96 d	5,20 e	7,57 d	3,03 b	2,88 b	3,21 b
Black 331	8,20 c	9,61 a	7,64 d	3,01 b	2,96 a	2,94 c
Black 338	4,28 f	4,17 f	4,50 e	2,70 f	2,71 c	2,93 c
Black 355	12,30 a	7,61 c	14,29 a	3,03 b	2,92 a	3,49 a
Black 367	4,97 f	6,09 d	7,64 d	2,79 e	2,63 d	2,93 c
Black 370	7,61 d	6,56 d	6,89 d	3,14 a	2,87 b	3,07 c
Black 378	8,13 c	8,61 b	9,67 b	2,84 d	2,65 d	2,94 c
BRS Caingá	9,11 b	8,30 b	8,50 c	2,85 d	2,62 d	2,89 c
Tupy	7,37 d	7,83 c	8,19 c	2,87 d	2,64 d	3,19 b
CV (%)	8,12	5,82	8,29	1,40	1,84	4,16

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV: Coeficiente de variação.

Em relação a acidez titulável, na safra 2020/21, as seleções Black 251, Black 338 e Black 367 apresentaram os maiores valores em comparação aos demais genótipos (Tabela 3). Resultados similares foram observados na safra 2021/22, quando a Black 251 e Black 338 apresentaram a maior acidez titulável, assim como na safra 2022/23, em que as frutas produzidas pela Black 338 apresentaram o maior

teor de ácido cítrico. Os altos teores de ácido cítrico verificados nas frutas da Black 338 e da Black 367 resultaram em baixos valores de pH para esses genótipos (Tabela 3). Essas características são interessantes e desejáveis em frutas destinadas à industrialização, principalmente para a elaboração de geleias, pois dispensam o uso de acidificantes artificiais (HIRSCH et al., 2012; MORAES et al., 2020). A acidez presente nas frutas auxilia na quebra das ligações entre as moléculas de pectina, permitindo que as mesmas se unam e formem uma rede tridimensional, promovendo a geleificação (SAHA; BHATTACHARYA, 2010).

Por outro lado, na safra 2020/21, a 'BRS Caingua' e a seleção Black 355 apresentaram a menor acidez titulável (Tabela 3). Na safra 2021/22, além da 'BRS Caingua', a Black 331 também apresentou os menores valores para acidez. Enquanto que, na safra 2022/23, a Black 355 apresentou a menor acidez titulável, assim como o maior pH, diferindo significativamente dos demais genótipos. Possivelmente, esses genótipos ('BRS Caingua', Black 331 e Black 355) seriam melhor aceitos pelos consumidores, pois os mesmos tem preferência por amoras-pretas com teores de sólidos solúveis entre 9 e 10°Brix e acidez titulável entre 0,9% e 1,0% de ácido cítrico (THRELFALL et al., 2016).

A relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) é um importante parâmetro utilizado para avaliar o equilíbrio doce-ácido e sabor das frutas, principalmente para aquelas destinadas ao mercado *in natura*, pois está diretamente relacionado a qualidade sensorial (MORAES et al., 2020). Neste estudo a relação SS/AT variou entre os genótipos, nas três safras avaliadas (Tabela 3). A seleção Black 355 apresentou os maiores valores de SS/AT nas safras 2020/21 e 2022/23 (Tabela 3). Enquanto que na safra 2021/22, as frutas da Black 331 apresentaram a maior relação SS/AT. De acordo com Croge et al. (2019a), amoras-pretas com maiores relações SS/AT, apresentam um sabor mais agradável e são melhor aceitas pelos consumidores.

Embora as frutas da Black 355 possuam alta relação SS/AT, a produtividade desse genótipo pode ser considerada intermediária se comparada aos demais (Tabela 3). No entanto, esse fator não seria um limitante, pois o valor de mercado de frutas frescas pode compensar essa menor produtividade. Porém, a alta densidade de espinhos, tanto nas hastes quanto nas folhas desse genótipo (Tabela 5), dificulta a realização dos tratamentos culturais, principalmente a poda e a colheita (Apêndice Q). Essa característica acaba sendo o principal limitante, para que a Black 355 siga avançando

nas pesquisas em busca de novas cultivares. No entanto, a mesma pode ser uma opção de parental em futuros cruzamentos que visem a obtenção de descendentes que produzam frutas com altos teores de sólidos solúveis e baixa acidez.

O baixo teor de sólidos solúveis e a alta acidez titulável verificados nas frutas da Black 338, resultaram em valores de ratio inferiores à 4,5 para esse genótipo, nas três safras avaliadas (Tabela 3). Portanto, o sabor das frutas da Black 338 é predominantemente ácido e não teria uma boa aceitabilidade pelos consumidores, como fruta fresca.

A 'BRS Cainguá' apresentou valores de ratio superiores à 'Tupy', nas safras 2020/21 e 2021/22, e estatisticamente iguais à essa cultivar, na safra 2022/23. Esses resultados corroboram com os verificados por Raseira et al. (2020), que descrevem que a 'BRS Cainguá' produz frutas com qualidade semelhante à 'Tupy'. Porém, é importante destacar que os mesmos autores observaram valores médios de ratio de 6,9 para a 'BRS Cainguá', os quais são inferiores aos obtidos neste estudo (Tabela 3). Por outro lado, um estudo realizado por Schiavon et al. (2023), foram observados valores de ratio de 11,84 para a 'BRS Cainguá', cultivada em sistema de produção orgânico.

Os resultados obtidos evidenciam o potencial que a 'BRS Cainguá' apresenta para o mercado de frutas frescas, devido ao seu sabor, representado pela elevada relação SS/AT de suas frutas (Tabela 3). Além disso, essa cultivar tem menor densidade de espinhos que a 'Tupy' (Tabela 5) e a partir da terceira safra após o plantio, consegue-se obter produtividades superiores à 28 t ha⁻¹ (Tabela 1).

A firmeza das frutas variou entre os genótipos em ambas as safras avaliadas. Na primeira safra (2020/21), a seleção Black 338 apresentou as maiores médias, enquanto as seleções Black 370 e Black 378, as menores (Tabela 4). Na safra 2021/22, as seleções Black 338 e Black 355 apresentaram as maiores firmezas, por outro lado, a Black 331 e a Black 370, as menores médias. Ao avaliar a firmeza de frutas de genótipos de amoreira-preta durante o armazenamento refrigerado, Segantini et al. (2017), observaram diferenças significativas entre os genótipos tanto antes, quanto após o armazenamento. Além disso, os autores relataram que a perda de massa foi correlacionada negativamente com a firmeza, indicando que frutas mais firmes possuem maior potencial de armazenamento pós-colheita.

A firmeza também pode ser associada à incidência de reversão de cor em amoras-pretas, em função da estabilidade das membranas e da parede celular

(SEGANTINI et al., 2017; ARMOUR et al., 2021). O processo de ruptura dessas estruturas, ocasiona o vazamento do conteúdo do vacúolo para o citoplasma e promove alterações no pH e na estabilidade das antocianinas, acarretando na mudança de coloração das drupéolas, de preta para vermelha (EDGLEY; CLOSE; MEASHAM, 2020).

Amoras-pretas com menores firmezas tendem a apresentar maiores taxas de reversão de cor (SALGADO; CLARK, 2016). Embora essa variável não tenha sido avaliada no presente estudo, provavelmente, as frutas das seleções Black 331, Black 370 e Black 378 apresentariam maior incidência de reversão de cor, devido a menor firmeza de suas frutas (Tabela 4). No entanto, é importante destacar que a reversão de cor não compromete a segurança alimentar das amoras-pretas, mas afeta a qualidade visual e a aceitação pelos consumidores (ARMOUR et al., 2021; MARTÍNEZ-CAMACHO et al., 2022).

Em relação aos parâmetros colorimétricos, observou-se que a luminosidade variou de 14,42 a 18,58 entre os genótipos e as safras (Tabela 4). Segundo Moraes et al. (2020), esses valores estão relacionados ao eixo claro e escuro, variando de 0 (preto) a 100 (branco). Portanto, os valores obtidos foram baixos e tendem ao preto, indicando que as amoras apresentam tonalidades escuras. Para a variável coloração da epiderme ($^{\circ}$ Hue), observou-se variações entre $12,56^{\circ}$ e $29,45^{\circ}$ entre os genótipos e as safras (Tabela 4). Sánches-Betancourt et al. (2020), ao analisarem a coloração da epiderme de frutas de dez genótipos de amoreira-preta, encontraram valores de hue entre 20° e 34° , que correspondem a tonalidade vermelha-púrpura e que, quanto menores os valores, mais intensa é cor.

Na safra 2021/22, a seleção Black 312 e a 'BRS Caingá' apresentaram os menores valores de luminosidade, assim como baixos valores de $^{\circ}$ hue (Tabela 4), que podem estar relacionados ao alto teor de antocianinas totais desses genótipos, que foi de 462,80 e 306,85 mg equivalente cianidina-3-glicosídeo/100g, respectivamente. Esses resultados corroboram com Samaniego et al. (2020), que afirmam que o acúmulo de antocianinas durante o amadurecimento da amora-preta, está associado a uma coloração mais escura e menos brilhante da epiderme, refletindo em baixos valores de luminosidade e coloração ($^{\circ}$ Hue).

Tabela 4. Firmeza, luminosidade e coloração (cor) da epiderme de frutas de genótipos de amoreira-preta com espinhos nas safras 2020/21, 2021/22 e 2022/23 e antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total de amoras-pretas de genótipos com espinhos produzidas na safra 2021/22.

Genótipo	Firmeza (N)		Luminosidade		
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23
Black 251	1,80 b	2,14 b	17,60 b	16,42 a	16,65 b
Black 312	1,23 c	1,66 c	17,18 c	14,72 b	17,19 b
Black 331	1,18 c	1,09 d	17,56 b	15,95 a	15,86 b
Black 338	2,10 a	2,74 a	18,46 a	16,90 a	17,19 b
Black 355	1,72 b	2,44 a	18,17 a	15,68 a	18,58 a
Black 367	1,16 c	1,53 c	18,27 a	15,60 a	17,21 b
Black 370	0,97 d	1,23 d	18,32 a	16,28 a	16,66 b
Black 378	1,04 d	1,63 c	17,88 a	16,28 a	16,56 b
BRS Caingá	1,29 c	1,74 c	16,96 c	14,42 b	16,20 b
Tupy	1,30 c	1,59 c	17,98 a	16,00 a	16,84 b
CV (%)	11,46	15,78	2,13	3,29	3,23

Genótipo	Cor (°Hue)			Antocianinas totais ¹	Compostos fenólicos totais ²	Atividade antioxidante total ³
	Safra 2020/21	Safra 2021/22	Safra 2022/23			
Black 251	24,49 b	21,99 a	17,06 a	291,98 b	388,01 d	1259,83 b
Black 312	23,38 b	16,76 b	21,19 a	462,80 a	498,17 c	1604,86 a
Black 331	23,21 b	23,87 a	14,86 b	166,32 c	398,03 d	950,38 b
Black 338	20,02 c	22,73 a	18,19 a	211,61 c	308,50 d	906,16 b
Black 355	21,22 c	18,30 b	17,18 a	156,50 c	725,71 a	1707,80 a
Black 367	20,85 c	20,48 a	12,56 b	143,20 c	742,17 a	1083,37 b
Black 370	29,45 a	17,40 b	15,03 b	294,83 b	726,28 a	1777,29 a
Black 378	19,40 c	24,26 a	15,13 b	186,78 c	627,82 b	1414,00 a
BRS Caingá	20,98 c	16,93 b	12,97 b	306,85 b	556,19 b	1620,61 a
Tupy	21,01 c	20,74 a	17,43 a	137,10 c	336,69 d	1587,21 a
CV (%)	10,66	10,58	12,90	22,90	14,47	24,45

¹Antocianinas totais expressas em mg equivalente cianidina-3-glicosídeo/100g peso fresco; ²Compostos fenólicos totais expressos em mg do equivalente ácido clorogênico/100g peso fresco; ³Atividade antioxidante total expressa em µg equivalente trolox/g peso fresco. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Os maiores teores de antocianinas totais foram verificados nas frutas da Black 312, seguida pelas seleções Black 251, Black 370 e a 'BRS Caingá', que juntas formaram um mesmo grupo, com as segundas maiores médias (Tabela 4). As antocianinas são pigmentos responsáveis pela coloração vermelha, roxa e azul nos vegetais, e nas amoras-pretas são quantitativamente o composto fenólico mais importante (WU et al., 2021). Essas substâncias possuem funções antioxidantes, antienvhecimento e anti-inflamatória, que auxiliam na prevenção de doenças crônicas (PARMENTER et al., 2020; GOODMAN et al., 2021). Além disso, as antocianinas são

pigmentos naturais, atóxicos e seguros, podendo ser utilizados como corantes na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica (SINGH; GAIKWAD; LEE, 2018; CROGE et al., 2019b; VEGA et al., 2021).

Portanto, a 'BRS Cainguá', pode ser uma excelente opção para o consumo de amoras-pretas frescas, devido ao alto conteúdo de antocianinas e à alta atividade antioxidante (Tabela 4), além do bom sabor de suas frutas (Tabela 3). Enquanto que as seleções Black 312 e Black 251, podem ser boas opções para o mercado de frutas congeladas e também para a industrialização, visando a produção de corantes, devido aos teores elevados de antocianinas apresentados e às altas produtividades obtidas (Tabela 1).

O conteúdo de compostos fenólicos totais variou de 308,5 a 742,17 mg do equivalente ácido clorogênico 100 g^{-1} entre os genótipos. O grupo formado pelas seleções Black 355, Black 367 e Black 370, apresentou os maiores teores de compostos fenólicos, enquanto que o grupo formado pelas seleções Black 251, Black 331, Black 338 e a cultivar Tupy, apresentou as menores médias (Tabela 4).

Os resultados obtidos por Souza et al. (2020), demonstraram que a cultivar Tupy apresentou um dos menores teores de compostos fenólicos em comparação com outros genótipos de amoreira-preta desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento da Embrapa (Black 178, Black 145, Black 112, Black 128 e 'BRS Xingu'), corroborando com o verificado no presente estudo. Além disso, os teores de compostos fenólicos verificados para 'Tupy' ($388\text{ mg do equivalente ácido clorogênico }100\text{ g}^{-1}$) no trabalho anteriormente citado, são similares ao obtidos no presente estudo (Tabela 4).

Em relação a atividade antioxidante, as seleções Black 312, Black 355, Black 370, Black 378 apresentaram valores estatisticamente iguais às cultivares BRS Cainguá e Tupy e juntas formaram um grande grupo, com as maiores médias para essa variável (Tabela 4). Os resultados obtidos neste estudo, para a Black 312 e a 'BRS Cainguá', em relação a antocianinas totais, compostos fenólicos e atividade antioxidante (Tabela 4), são superiores aos verificados por Ribeiro (2022), para esses mesmos genótipos produzidos em sistema de cultivo orgânico. No entanto, a autora verificou para a seleção Black 331 e Black 338, resultados superiores ao do presente estudo, em relação as variáveis anteriormente citadas. Isso demonstra que um mesmo genótipo pode apresentar resultados distintos em função das condições climáticas em que são expostos, principalmente a radiação solar e a temperatura, que influenciam diretamente a síntese de compostos bioativos (MARTÍNEZ et al., 2017).

Além disso, as diferenças encontradas entre as seleções e cultivares em relação aos compostos fitoquímicos, podem ser atribuídas as características genéticas de cada genótipo e suas interações com o ambiente de cultivo (SEGANTINI et al., 2017; CROGE et al., 2019b).

Através da avaliação da densidade de espinhos das diferentes estruturas das plantas, verificou-se diferenças significativas entre os genótipos analisados. A 'Tupy' (Apêndice V4) e a Black 355 (Apêndice Q4) apresentaram as maiores densidades de espinhos nas hastes primárias, seguidas pelas seleções Black 251 (Apêndice M3) e Black 367 (Apêndice R3) (Tabela 5). Resultados similares foram observados em relação as hastes secundárias, onde a 'Tupy' apresentou a maior densidade de espinhos, seguida pela Black 251 e Black 355.

Embora todos os genótipos apresentem espinhos no pecíolo das folhas, observou-se que a densidade de espinhos da nervura central dos folíolos variou entre os genótipos, onde as seleções Black 251, Black 331, Black 355, Black 367, Black 378 e a cultivar Tupy foram classificadas como tendo alta densidade, apresentando mais de dez espinhos na nervura principal do folíolo central. Por outro lado, a seleção Black 312 apresentou a menor densidade de espinhos nas hastes primárias e secundárias, assim como baixa densidade de espinhos na nervura dos folíolos (Apêndice N).

Tabela 5. Densidade de espinhos em hastes primárias e secundárias, caracterização quanto a presença ou ausência de espinhos no pecíolo e classificação da densidade de espinhos presente nos folíolos de genótipos de amoreira-preta.

Genótipo	Densidade de espinhos (n° de espinhos por cm de haste)		Presença de espinhos no pecíolo	Densidade de espinhos presente nos folíolos
	Haste primária	Haste secundária		
Black 251	1,77 b	2,20 b	Sim	Alta ¹
Black 312	0,60 f	0,56 f	Sim	Baixa
Black 331	1,08 d	1,24 d	Sim	Alta
Black 338	0,80 e	0,93 e	Sim	Média
Black 355	2,28 a	2,33 b	Sim	Alta
Black 367	1,85 b	1,87 c	Sim	Alta
Black 370	1,35 c	1,20 d	Sim	Média
Black 378	1,26 c	1,27 d	Sim	Alta
BRS Caingá	1,10 d	0,88 e	Sim	Média
Tupy	2,34 a	2,83 a	Sim	Alta
CV (%)	7,60	14,36	-	-

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. CV: Coeficiente de variação. ¹Classificação da densidade de espinhos presentes na nervura principal do folíolo central: baixa, corresponde à <5; média, de 5-10 e alta >10 espinhos por folíolo.

A caracterização morfológica em relação a densidade de espinhos permite inferir sobre o nível de dificuldade associado à execução das práticas de manejo da cultura, principalmente em relação à poda e tutoramento das hastes e colheita das frutas. Portanto, dentre os genótipos avaliados, as seleções Black 251, Black 355, Black 367 e a cultivar 'Tupy' são aquelas que, possivelmente, demandariam mais tempo, atenção e cuidado por parte dos trabalhadores envolvidos no manejo da cultura.

Tanto a presença, quanto a densidade de espinhos, são determinadas pelas características genéticas de cada planta (GRUNER; KORNILOV, 2020; KHADGI; WEBER, 2020). Nesse sentido, um dos objetivos do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa é o desenvolvimento de genótipos com menor densidade ou ausência de espinhos em suas hastes (RASEIRA et al., 2022b). Portanto, a Black 312 apresenta características promissoras neste aspecto, pois possui uma densidade de espinhos inferior aos demais genótipos avaliados nesse estudo (Apêndice N4 E N5).

6.4 Conclusões

As seleções Black 251 e Black 331 são as mais precoces, enquanto a Black 312 e a Black 355 são as mais tardias em relação aos parâmetros produtivos em comparação as cultivares Tupy e BRS Cainguá.

A seleção Black 312 apresenta características promissoras para cultivo em escala comercial, em função da elevada produtividade de frutas, alto teor de antocianinas e atividade antioxidante total, além da baixa densidade de espinhos de suas plantas.

Os genótipos Black 312, Black 338, Black 367 e 'Tupy', cultivados em sistema de espaldeira alta, alcançam produtividades acima de 21 t ha⁻¹, a partir da primeira safra após o plantio.

As seleções Black 338 e Black 251 apresentam aptidão para o processamento industrial, devido à alta acidez de suas frutas e elevada produtividade apresentada.

A seleção Black 355 apresenta frutas com elevado teor de sólidos solúveis, assim como elevada relação sólidos solúveis/acidez titulável e firmeza. Porém suas plantas apresentam elevada densidade de espinhos.

As seleções Black 355, Black 367 e Black 370 apresentam o maior teor de compostos fenólicos totais e as seleções Black 312, Black 355, Black 370, Black 378 apresentam atividades antioxidantes similares às cultivares BRS Cainguá e Tupy.

7 Considerações finais

O estudo sobre a influência de sistemas de cultivo de morangueiro, demonstra que ambos os sistemas de cultivos apresentam vantagens e desafios, e impactam tanto a produção quanto a qualidade dos morangos produzidos. O cultivo convencional possibilitou maiores produções por plantas e frutas com qualidades físico-químicas e fitoquímicas superiores. Por outro lado, o sistema de cultivo sem solo possibilita maiores produtividades, melhorias ergonômicas para os produtores e redução da incidência de pragas e doenças. No entanto, ainda há desafios a serem superados no sentido de aprimorar as técnicas e tecnologias no sistema de cultivo sem solo para alcançar o mesmo padrão de produção e qualidade de frutas obtida no convencional. Portanto, novos estudos devem ser realizados buscando ajustes e melhorias nesse método de cultivo, em função da tendência crescente da produção de morangueiro no Brasil migrar do cultivo convencional para o sem solo.

Em relação ao estudo de realização da prática de poda drástica ao final do primeiro ciclo de cultivo em plantas de morangueiro, verificou-se que para a maioria dos genótipos não resultou em incrementos de produção e nem no calibre das frutas, de forma que para alguns casos, até prejudicou o desenvolvimento das plantas. Portanto, a tomada de decisão de realizar a poda drástica deve ser feita de forma criteriosa e embasada no estado fitossanitário e fisiológico da planta, levando em consideração as características de cada genótipo.

A poda drástica pode ser uma estratégia eficaz para o manejo de plantas que apresentam altas incidências de pragas e doenças, pois auxilia na redução de fontes de inóculo e melhora a eficiência das aplicações fitossanitárias. Além disso, para plantas com elevada produção de estolões, crescimento vegetativo excessivo e frutas de baixa qualidade, a poda drástica pode trazer vantagens ao promover a renovação das plantas, permitindo a emissão de novas folhas e flores.

Os estudos sobre genótipos de amoreiras-pretas desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da Embrapa demonstraram que é possível obter altas produtividades desde o primeiro ciclo de produção após o plantio, inclusive volumes superiores à média nacional que é de $9,11 \text{ t ha}^{-1}$, ao utilizar o sistema de condução em espaldeira alta (1,8 m de altura). Isso pode tornar essa cultura uma excelente opção para diversificação em pequenas propriedades, devido à alta rentabilidade, rápido retorno do investimento e demanda de mão de obra.

Além disso, o desenvolvimento de genótipos sem espinhos, como a 'BRS Karajá', representa um avanço significativo no melhoramento genético dessa cultura, pois a mesma apresenta características superiores em relação a 'Xavante', principalmente em termos de qualidade de frutas. A ausência de espinhos nas hastes das plantas facilita os tratos culturais, principalmente a poda e a colheita das frutas, tornando as atividades menos onerosas e mais eficientes. Essa característica torna o cultivo da amoreira-preta ainda mais atraente para os agricultores, fomentando a expansão dessa cultura no país.

As avaliações dos genótipos de amoreira-preta com espinhos demonstram a possibilidade de estender o período de colheita e oferta de frutas, através do cultivo de diferentes genótipos desenvolvidos pela Embrapa. Dentre esses genótipos, destaca-se a Black 331 e a Black 251, como mais precoces, e a Black 355 e a Black 312 como mais tardios, em comparação à 'Tupy'. Além disso, a Black 312 apresenta altas produtividades e baixa densidade de espinhos, podendo ser um genótipo promissor para ser lançado como cultivar.

Os resultados obtidos são de grande valia para o programa de melhoramento genético, pois auxiliam na tomada de decisão sobre a continuidade do desenvolvimento desses materiais, seja para futuros lançamentos como cultivares ou como fontes de características de interesse para novos cruzamentos. No entanto, novas pesquisas devem ser realizadas avaliando o desempenho e a adaptabilidade desses mesmos genótipos em diferentes regiões, com variações edafoclimáticas. Isso possibilitará que os materiais desenvolvidos sejam amplamente utilizados e atendam às demandas de diferentes regiões produtoras, beneficiando um maior número de produtores.

Outro aspecto relevante a ser estudado é a conservação pós-colheita desses diferentes genótipos de amoreira-preta. É fundamental garantir que a qualidade das frutas seja mantida ao longo do processo, possibilitando a comercialização no mercado de frutas frescas, que geralmente remunera melhor que o mercado de processados.

Referências

- ABUL-SOUD, M.; MOHAMMED, M. H.; EMAM, M. S. A.; MAHARIK, Z. Y. Sustainable ecology strawberry production via different soilless culture techniques under urban conditions. **Egyptian Journal of Horticulture**, v. 47, n. 2, p. 205–218, 2020.
- ACOSTA-MONTOYA, O.; VAILLANT, F.; COZZANO, S.; MERTZ, C.; PÉREZ, A. M.; CASTRO, M. V. Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schlttdl.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1497–1501, 2010.
- ADLERCREUTZ, E. G.; MICHELOUD, N. G.; KIRSCHBAUM, D. S.; GARIGLIO, N. F.; MICHELOUD, N. G.; KIRSCHBAUM, D. S.; GARIGLIO, N. F. Growth parameters of strawberry plants in biennial production on the Atlantic Coast of Buenos Aires, Argentina. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, p. 1–8, 2019.
- AGÜERO, J. J.; SALAZAR, S. M.; KIRSCHBAUM, D. S.; JEREZ, E. F. Factors affecting fruit quality in strawberries grown in a subtropical environment. **International Journal of Fruit Science**, v. 15, n. 2, p. 223–234, 2015.
- AGUIAR, A. C.; RIBEIRO, L. T. M.; HIGUCHI, M. T.; SATO, A. J. Pruning intensity on blackberry phenology and production. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 4, p. 1–6, 2021.
- AKHATOU, I.; FERNÁNDEZ RECAMALES, Á.; RECAMALES, Á. F. Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 5, p. 866–875, 2014.
- ALVES, M. C.; MATOSO, E. S.; PEIL, R. M. N. What is the profile of strawberry producers in the south Brazilian region and what do they think about substrate cultivation? **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 428–433, 2020.
- ALVES, M. C.; MATOSO, E. S.; VIGHI, V. A.; MOURA, D.; CASTRO, T. V. Qualidade pós-colheita de frutas de morangueiro produzidas no solo e em substratos. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2017.
- AMARAL, L. O.; ROSSI, A.; RIBEIRO, A. M. A. de S.; SERAFIM, H.; MARCHIORETTO, L. R. Produção e qualidade de frutos de genótipos de amoreira-preta. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 6, n. 2, p. 126–131, 2020.
- ANDRADE, C. A. W.; MIGUEL, A. C. A.; SPRICIGO, P. C.; DIAS, C. T. dos S.; JACOMINO, A. P. Comparison of quality between organic and conventional strawberries from multiple farms. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 5, 2017.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; BONOW, S. Morangos. **Campo & Negócios**, p. 86–88, 2022.

ANTUNES, L. E. C. Amora-preta: Nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 151–158, 2002.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S. Produção crescente: Como o desenvolvimento de novas tecnologias tem auxiliado na melhora da qualidade e da produtividade da cultura do morango no Brasil. **Revista Cultivar - Hortaliças e Frutas**, p. 23–27, 2021 a.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S. Morango Produção aumenta ano a ano. **Campo & Negócios**, n. 1, p. 87–90, 2021 b.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; FRANZON, R. C.; RASEIRA, M. C. B.; REISSER JÚNIOR, C. Produção brasileira de pequenas frutas: situação atual e perspectivas. *In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA*, 27, 2022, Florianópolis. **Anais [...]**. 2022. Florianópolis: SBF, 2022. p. 708–712.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JUNIOR, C. Morango crescimento constante em área e produção. **Campo & Negócios**, p. 88–92, 2020.

ANTUNES, L. E. C.; CHALFUN, N. N. J.; DE ALBUQUERQUE REGINA, M.; HOFFMANN, A. Blossom and ripening periods of blackberry varieties in Brazil. **Fruit Varieties Journal**, v. 54, n. 4, p. 164–169, 2000.

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 1929–1933, 2010.

ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, I. dos S.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. Produção de amoreira-preta no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 100–111, 2014.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI. **Campo & Negócios**, p. 1–51, 2022.

ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. do C. B.; FRANZON, R. C. Frutas vermelhas - as pequenas grandes notáveis. **Campo & Negócios**, p. 62–64, 2022.

ANZANELLO, R.; FIALHO, F. B.; DOS SANTOS, H. P.; BERGAMASCHI, H.; MARODIN, G. A. B. Bud dormancy in apple trees after thermal fluctuations. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 457–464, 2014.

ARMOUR, M. E.; WORTHINGTON, M.; CLARK, J. R.; THRELFALL, R. T.; HOWARD, L. Effect of harvest time and fruit firmness on red drupelet reversion in blackberry. **HortScience**, v. 56, n. 8, p. 889–896, 2021.

ARROYO, B. J.; BEZERRA, A. C.; OLIVEIRA, L. L.; ARROYO, S. J.; MELO, E. A. de; SANTOS, A. M. P. Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.). **Food Chemistry**, v. 309, p. 125566, 2020.

BACKES, D. B.; COCCO, C.; SCHILDT, G. W. Poda de renovação para segundo

ciclo produtivo e origem da muda de morangueiro. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 6, n. 2, p. 110–119, 2020.

BARRETO, C. F.; SILVA, P. S.; NAVROSKI, R.; BENATI, J. A.; NAVA, G.; ANTUNES, L. E. C. Deficiência de nutrientes com efeitos no desenvolvimento de morangueiros. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 63–71, 2017.

BASSOLS, M. do C.; MOORE, J. N. 'Ébano' thornless blackberry. **Hortscience**, v. 16, n. 5, p. 686–687, 1981.

BATISTA, L. N.; LIMA, E. J. de; FERREIRA, R. S.; NETO, J.; OLIVEIRA, D. M.; MONTEIRO, A. R. G. Adição de polpa de maracujá na elaboração de balas comestíveis. **Revista Principia**, v. 37, p. 27–33, 2017.

BECKER, T. B.; SCHIAVON, A. V.; DELAZERI, E. E.; ANTUNES, L. E. C. Qualidade de morangos em cultivo sem solo sob diferentes soluções nutritivas. **Scientia Rural**, v. 22, 2020.

BENDLIN, L.; PETERS, L.; PETERS, M. P. Analysis of the Economic and Financial Feasibility of the Production of Blackberry Brazos in the Planalto Norte atarinense. **Journal of Economics and Finance**, v. 12, n. 4, p. 35–45, 2021.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187–190, 2017.

BLACK, B.; FRISBY, J.; LEWERS, K.; TAKEDA, F.; FINN, C. Heat unit model for predicting bloom dates in *Rubus*. **HortScience**, v. 43, n. 7, p. 2000–2004, 2008.
BONOW, S.; ANTUNES, L. E. C. Morango. In: EMBRAPA (org.). **Brasil em 50 alimentos**. Brasília-DF: 2023. p. 259–263.

BOTELHO, R. V.; PAVANELLO, A. P.; BROETTO, D.; SCISLOSKI, S. de F.; BALDISSERA, T. C. Fenologia e produção da amoreira-preta sem espinhos cv. Xavante na região de Guarapuava-PR. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 3, p. 209–214, 2009.

BRACKMANN, A.; THEWES, F. R.; ANESE, R. de O.; GASPERIN, A. R. de; FRONZA, D. Interaction between maturity stages and temperature on quality of 'Guarani' blackberries stored under controlled atmosphere. **Ciência Rural**, v. 47, n. 6, 2017.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRUGNARA, E. C. Produção, época de colheita e qualidade de cinco variedades de amoreira-preta em Chapecó, SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 3, p. 71–75, 2017.

CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Poda drástica para a produção da amora-preta em

regiões subtropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 934–938, 2012.

CARPENEDO, S.; ANTUNES, L. E.; TREPTOW, R. O. Caracterização sensorial de morangos cultivados na região de Pelotas. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 565–570, 2016.

CARVAJAL, C.; RODRÍGUEZ, M. C.; TOBÓN, J. C. A. Physicochemical quality and antioxidant activity of blackberry suspensions: Compositional and process effects. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 6, p. 1–11, 2021.

CASTRICINI, A.; DIAS, M. S. C.; MARTINS, R. N.; SANTOS, L. O. Morangos produzidos no semiárido de Minas Gerais: qualidade do fruto e da polpa congelados. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1–7, 2017.

CECATTO, A. P.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C. da; MENDONÇA, H. F. C.; PAZZINATO, A. C. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 471–478, 2013.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL (CEASA/RS). Cotação de preço médio morango. Disponível em: <https://ceasa.rs.gov.br/tabcotacao/>. Acesso em: 20/01/2023.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL (CEASA/RS). Cotação de preço médio amora-preta. Disponível em: <https://ceasa.rs.gov.br/tabcotacao/>. Acesso em: 12/04/2023.

CERVANTES, L.; ARIZA, M. T.; GÓMEZ-MORA, J. A.; MIRANDA, L.; MEDINA, J. J.; SORIA, C.; MARTÍNEZ-FERRI, E. Light exposure affects fruit quality in different strawberry cultivars under field conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 252, p. 291–297, 2019.

CHANDLER, C. K.; MILLER, D. D.; FERREE, D. C. Influence of leaf removal, root pruning, and soil addition on the growth of greenhouse-grown strawberry plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 113, n. 4, p. 529–532, 1988.

CHIOMENTO, J. L. T.; LIMA JÚNIOR, E. P.; D'AGOSTINI, M.; DE NARDI, F. S.; TRENTIN, T. dos S.; DORNELLES, A. G.; HUZAR-NOVAKOWISKI, J.; CALVETE, E. O. Horticultural potential of nine strawberry cultivars by greenhouse production in Brazil: A view through multivariate analysis. **Scientia Horticulturae**, v. 279, p. 109738, 2021.

CHITARRA, F. M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: FAEPE, 2005. 785p.

CLARK, J. R.; FINN, C. E. Blackberry cultivation in the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 46–57, 2014.

CLARK, J. R.; WORTHINGTON, M.; ERNST, T. 'Caddo' Thornless Blackberry.

HortScience, v. 54, n. 9, p. 1632–1636, 2019.

COSTA, S. I.; FERREIRA, L. V.; BENATI, J. A.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C. Parâmetros qualitativos de morangueiros de dias neutros produzidos em cultivo sem solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 6, p. 481–489, 2019.

CQFS –RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo –RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo- Nucleo regional Sul, 2016. 314p.

CROGE, C. P.; CUQUEL, F. L.; BIASI, L. A.; DE BONA, C. M. Performance of blackberry cultivars in Cerro Azul - PR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, 2016.

CROGE, C. P.; CUQUEL, F. L.; BIASI, L. A.; DE BONA, C.; PINTRO, P. T. M. Agronomic performance of blackberry cultivars in Iapa-PR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, p. 1–10, 2019 a.

CROGE, C. P.; CUQUEL, F. L.; PINTRO, P. T. M.; BIASI, L. A.; DE BONA, C. M. Antioxidant capacity and polyphenolic compounds of blackberries produced in different climates. **HortScience**, v. 54, n. 12, p. 2209–2213, 2019 b.

CURI, P. N.; PIO, R.; HENRIQUE, P.; MOURA, A.; NOGUEIRA, P. V.; PASQUAL, M.; MOURA, P. H. A.; TADEU, M. H.; NOGUEIRA, P. V.; PASQUAL, M. Produção de amora-preta e amora-vermelha em Lavras - MG. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1368–1374, 2015.

DARROW, G. M. **The Strawberry: History, breeding and physiology**. New York: Holt, Rinehart and Wiston, 1966.

DELAZERI, Eloi Evandro. **Avaliação de genótipos de morangueiro na região de Pelotas para diferentes sistemas de cultivo**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

DIEL, M. I.; PINHEIRO, M. V. M.; COCCO, C.; FONTANA, D. C.; CARON, B. O.; DE PAULA, G. M.; PRETTO, M. M.; THIESEN, L. A.; SCHMIDT, D. Phyllochron and phenology of strawberry cultivars from different origins cultivated in organic substrates. **Scientia Horticulturae**, v. 220, p. 226–232, 2017.

DIEL, M. I.; PINHEIRO, M. V. M.; THIESEN, L. A.; ALTÍSSIMO, B. S.; HOLZ, E.; SCHMIDT, D. Cultivation of strawberry in substrate: productivity and fruit quality are affected by the cultivar origin and substrates. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 3, p. 229–239, 2018.

DUARTE, A. da F.; DUARTE, J. L. P.; GRINBERG, P. da S.; CUNHA, U. S. da. *Bradysia aff. impatiens* and *Bradysia aff. ocellaris* in the semi-hydroponic strawberry production system in Southern Brazil. **Ciência Rural**, v. 52, n. 7, p. 1–8, 2022.

DURNER, E. F.; BARDEN, J. E.; HIMELRICK, D. G.; POLING, E. B. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, Junebearing and everbearing strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 109, p. 396–400, 1984.

EDGLEY, M.; CLOSE, D. C.; MEASHAM, P. F. Red drupelet reversion in blackberries: A complex of genetic and environmental factors. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109555, 2020.

EMBRAPA. **Cultivar de amoreira-preta: BRS Xingu**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1030980/cultivar-de-amoreira-preta-brs-xingu>. Acesso em: 15 jun. 2023.

EMBRAPA. **Cultivar de Amoreira-preta BRS Ticuna**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1151975/brs-ticuna-cultivar-de-amoreira-preta-para-processamento>. Acesso em: 15 jun. 2023.

EMBRAPA. **BRS DC25 Fênix: cultivar de morangueiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154491/brs-dc25-fenix-cultivar-de-morangueiro>. Acesso em: 28 jun. 2023.

FAGHERAZZI, A. F.; BORTOLINI, A. J.; ZANIN, D. S.; BISOL, L.; SANTOS, A. M.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A. A.; BARUZZI, G.; FAEDI, W.; LUCCHI, P.; RUFATO, L. New strawberry cultivars and breeding activities in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1156, p. 167–170, 2017.

FAGHERAZZI, A. F.; COCCO, C.; ANTUNES, L. E. C.; DE, S. J. A.; RUFATO, L. La fragolicultura brasiliana guarda avanti. **Rivista di frutticoltura e di ortofloricoltura**, v. 76, n. 6, p. 20–25, 2014.

FAOSTAT – Food and Agriculture DATA. Crops and livestock products. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 18 maio 2023.

FERNANDES-JÚNIOR, F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I. J. A.; CARVALHO, C. R. L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v. 61, n. 1, p. 25–34, 2002.

FERREIRA, L. V.; PICOLOTTO, L.; COCCO, C.; FINKENAUER, D.; ANTUNES, L. E. C. Blackberry yield on different trellis systems. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 421–427, 2016.

FINN, C. E.; CLARK, J. R. Blackberry. *In*: BADENES, M., BYRNE, D. (org.). **Fruit Breeding**. 8. ed. Boston, MA: Springer US, 2012. p. 151–190.

FRANCO, E. de O.; ULIANA, C.; LIMA, C. S. M. Características físicas e químicas de morango ‘San Andreas’ submetido a diferentes posicionamentos de slab , densidades de plantio e meses de avaliação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 2, p. 1–9, 2017.

- FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative Methods for Anthocyanins.. **Journal of Food Science**, v. 33, n. 1, p. 72–77, 1968. GAURAT, J. O.; SILVA, E. de B.; CRUZ, M. do C. M.; LIMA, J. E. Foliar sampling time and critical level diagnosis of nutrients for blackberry. **Journal of Plant Nutrition**, v. 46, n. 6, p. 1108–1119, 2023.
- GHOLAMI, R.; FAHADI HOVEIZEH, N.; ZAHEDI, S. M.; GHOLAMI, H.; CARILLO, P. Effect of three water-regimes on morpho-physiological, biochemical and yield responses of local and foreign olive cultivars under field conditions. **BMC Plant Biology**, v. 22, n. 1, p. 477, 2022.
- GIAMPIERI, F.; FORBES-HERNANDEZ, T. Y.; GASPARRINI, M.; AFRIN, S.; CIANCIOSI, D.; REBOREDO-RODRIGUEZ, P.; VARELA-LOPEZ, A.; QUILES, J. L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The healthy effects of strawberry bioactive compounds on molecular pathways related to chronic diseases. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1398, p. 62–71, 2017.
- GIL-MARTÍNEZ, L.; MUT-SALUD, N.; RUIZ-GARCÍA, J. A.; FALCÓN-PIÑEIRO, A.; MAIJÓ-FERRÉ, M.; BAÑOS, A.; DE LA TORRE-RAMÍREZ, J. M.; GUILLAMÓN, E.; VERARDO, V.; GÓMEZ-CARAVACA, A. M. Phytochemicals determination, and antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and anticancer activities of blackberry fruits. **Foods**, v. 12, n. 7, p. 1–18, 2023.
- GIMÉNEZ, Gustavo. **Seleção e propagação de clones de morangueiro (Fragaria x ananassa Duch)**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- GONTIJO, M. L.; SOUZA, F. S.; DIOTTO, A. V.; SOUZA, F. S. de; GONTIJO, F. L. Water productivity and agronomic performance of strawberries with different leaching fractions application. **Scientia Plena**, v. 16, n. 5, p. 1–7, 2020.
- GOODMAN, C.; LYON, K. N.; SCOTTO, A.; SMITH, C.; SEBRELL, T. A.; GENTRY, A. B.; BALA, G.; STONER, G. D.; BIMCZOK, D. A high-throughput metabolic microarray assay reveals antibacterial effects of black and red raspberries and blackberries against *Helicobacter pylori* infection. **Antibiotics**, v. 10, n. 7, 2021.
- GRUNER, L. A.; KORNILOV, B. B. Priority trends and prospects of blackberry breeding in conditions of Central Russia. **Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii**, v. 24, n. 5, p. 489–500, 2020.
- GUBLER, W. D. Downy mildew. *In*: ELLIS, M. A.; CONVERSE, R. H.; WILLIAMS, R. N.; WILLIAMSON, B. (org.). **Compendium of raspberry and blackberry diseases and insects**. 2 ed: St. Paul: APS Press, The American Phytopathological Society, 1991. p. 15–16.
- HANCOCK, J. F.; MAAS, J. L.; SHANKS, C. H.; BREEN, P. J.; LUBY, J. J. STRAWBERRIES (FRAGARIA). **Acta Horticulturae**, v. 290, p. 491–548, 1991.
- HEIDE, O. M.; STAVANG, J. A.; SØNSTEBY, A. Physiology and genetics of flowering in cultivated and wild strawberries – a review. **The Journal of Horticultural**

Science and Biotechnology, v. 88, n. 1, p. 1–18, 2013.

HENSCHER, J. M.; RESENDE, J. T.; GILONI-LIMA, P. C.; ZEIST, A. R.; LIMA FILHO, R. B.; SANTOS, M. H. Production and quality of strawberry cultivated under different colors of low tunnel cover. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 364–370, 2017.

HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, N. R.; BLANCHARD, C.; WELLS, D.; SALAZAR-GUTIÉRREZ, M. R. Current state and future perspectives of commercial strawberry production: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 312, 2023.

HIRSCH, G. E.; FACCO, E. M. P.; RODRIGUES, D. B.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Caracterização físico-química de variedades de amora-preta da região sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 942–947, 2012.

HOU, Z.-X.; HUANG, W.-D. Immunohistochemical localization of IAA and ABP1 in strawberry shoot apices during floral induction. **Planta**, v. 222, n. 4, p. 678–687, 2005.

HUSSAIN, I.; ROBERTO, S. R.; FONSECA, I. C. B.; DE ASSIS, A. M.; KOYAMA, R.; ANTUNES, L. E. C. Phenology of ‘Tupy’ and ‘Xavante’ blackberries grown in a subtropical area. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 78–83, 2016.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JENNINGS, D. L.; DAUBENY, H. A.; MOORE, J. N. Blackberries and Raspberries. In: MOORE, J. N.; BALLINGTON, J. R. **Genetic resources of temperate fruit and nut crops**. Wageningen: ISHS, 1989. p. 331-389.

KANNAUJIA, P. K.; ASREY, R. Effect of harvesting season and cultivars on storage behaviour, nutritional quality and consumer acceptability of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 43, n. 6, p. 1–11, 2021.

KHADGI, A.; WEBER, C. A. Morphological characterization of prickled and prickle-free rubus using scanning electron microscopy. **HortScience**, v. 55, n. 5, p. 676–683, 2020.

KHAMMAYOM, N.; MARUYAMA, N.; CHAICHANA, C.; HIROTA, M. Impact of environmental factors on energy balance of greenhouse for strawberry cultivation. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 33, p. 101945, 2022.

KIM, K. S.; BERESFORD, R. M.; WALTER, M. Development of a disease risk prediction model for downy mildew (*Peronospora sparsa*) in Boysenberry. **Phytopathology**, v. 104, n. 1, p. 50–56, 2014.

KISHORE, K. Phenological growth stages and heat unit requirement of Indian blackberry (*Syzygium cumini* L., Skeels). **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 455–460, 2019.

KOCAMAN, B.; DEMIRSOY, H.; DEMIRSOY, L. Assessment of timing of bud differentiation and development stages of flower inflorescence in blackberry (*Rubus* spp.) cultivars in northern Turkey. **Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus**, v. 19, n. 5, p. 13–22, 2020.

LEE, S. G.; VANCE, T. M.; NAM, T. G.; KIM, D. O.; KOO, S. I.; CHUN, O. K. Contribution of anthocyanin composition to total antioxidant capacity of berries. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 4, p. 427–432, 2015.

LEWERS, K. S.; FLEISHER, D. H.; DAUGHTRY, C. S. T. Low tunnels as a strawberry breeding tool and season-extending production system. **International Journal of Fruit Science**, v. 17, n. 3, p. 233–258, 2017.

LEWERS, K. S.; NEWELL, M. J.; PARK, E.; LUO, Y. Consumer preference and physiochemical analyses of fresh strawberries from ten cultivars. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, n. 2, p. 733–756, 2020.

LIMA, J. M.; WELTER, P. D.; SANTOS, M. F. S.; KAVCIC, W.; MIRANDA COSTA, B.; FAGHERAZZI, A. F.; REGIANINI NERBASS, F.; ANNELIESE KRETZSCHMAR, A.; RUFATO, L.; BARUZZI, G. Planting density interferes with strawberry production efficiency in southern Brazil. **Agronomy**, v. 11, n. 3, p. 408, 2021.

LIN, S.; AGEHARA, S. Phenology, yield, and fruit quality of floricanne-fruited blackberry cultivars under high tunnel and net house production systems in Florida. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 131, p. 13–16, 2018.

LIN, S. Y.; AGEHARA, S. Exogenous gibberellic acid and cytokinin effects on budbreak, flowering, and yield of blackberry grown under subtropical climatic conditions. **HortScience**, v. 55, n. 12, p. 1938–1945, 2020.

LUGARESI, A.; GIACOBBO, C. L.; UBERTI, A.; PRADO, J.; GIRARDI, G. C.; LOVATTO, M.; FISCHER, L. O. Influence of cultivar and pruning management on the phenological aspects of blackberry. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 5, p. 27, 2020.

MARTÍNEZ-CAMACHO, J. E.; GUEVARA-GONZÁLEZ, R. G.; RICO-GARCÍA, E.; TOVAR-PÉREZ, E. G.; TORRES-PACHECO, I. Delayed senescence and marketability index preservation of blackberry fruit by preharvest application of chitosan and salicylic acid. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1–9, 2022.

MARTÍNEZ, F.; OLIVEIRA, J. A.; CALVETE, E. O.; PALENCIA, P. Influence of growth medium on yield, quality indexes and SPAD values in strawberry plants. **Scientia Horticulturae**, v. 217, p. 17–27, 2017.

MARTINS, W. A.; SANTOS, S. C.; JARA, R. S.; SANTOS, C. C.; BISCARO, G. A. Alternatives for trellis systems and pruning of Blackberry: yield and fruit quality in the Southwest region of Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, n. 3, p. 1–9, 2022.

MENZEL, C. M. Temperature has a greater effect on fruit growth than defoliation or

fruit thinning in strawberries in the subtropics. **Agriculture**, v. 9, n. 6, p. 127, 2019. MIKULIC-PETKOVSEK, M.; VEBERIC, R.; HUDINA, M.; ZORENC, Z.; KORON, D.; SENICA, M. Fruit quality characteristics and biochemical composition of fully ripe blackberries harvested at different times. **Foods**, v. 10, n. 7, 2021.

MOORE, J. N.; SANTOS, A. M.; CLARK, J.; RASEIRA, M. C. B.; C., ANTUNES. L. E. C. Cultivar de amora-preta Xavante. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO e ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL. 2, 2004, Pelotas. **Anais [...]**. 2004. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 213–216.

MORAES, D. P.; LOZANO-SÁNCHEZ, J.; MACHADO, M. L.; VIZZOTTO, M.; LAZZARETTI, M.; LEYVA-JIMENEZ, F. J. J.; DA SILVEIRA, T. L.; RIES, E. F.; BARCIA, M. T. Characterization of a new blackberry cultivar BRS Xingu: Chemical composition, phenolic compounds, and antioxidant capacity in vitro and in vivo. **Food Chemistry**, v. 322, p. 126783, 2020.

MORGAN, K. L. Market Trends for US Berry Crops: Implications for Florida blueberry, blackberry, and raspberry producers. **Edis**, v. 2022, n. 6, p. 1–5, 2022.

MUELLER, Fernando Camillo da Silva. **Avaliação agrônômica de morangueiro de dias curtos**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

NEUTZLING, Cristiane. **Procedência da muda de morangueiro e reutilização de substrato de casca de arroz in natura em sistema com recirculação da solução drenada**. 2022. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

NIN, S.; PETRUCCI, W. A.; GIORDANI, E.; MARINELLI, C. Soilless systems as an alternative to wild strawberry (*Fragaria vesca* L.) traditional open-field cultivation in marginal lands of the Tuscan Apennines to enhance crop yield and producers' income. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 93, n. 3, p. 323–335, 2018.

NUNES, G.; TEIXEIRA, F.; SCHWARZ, K.; CAMARGO, C. K.; DE RESENDE, J. T. V.; DOS SANTOS, E. F.; FRANCO, B. C.; NOVELLO, D. Influence of genetic variability on the quality of strawberry cultivars: Sensorial, physical-chemical and nutritional characterization. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 43, p. 1–10, 2021.

OLIVEIRA, A. C. B.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético para a cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 21–26, 2012.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.

OTHMAN, Y.; BATAINEH, K.; AL-AJLOUNI, M.; ALSMAIRAT, N.; AYAD, J.; SHIYAB, S.; AL-QARALLAH, B.; HILAIRE, R. S. Soilless culture: Management of growing substrate, water, nutrient, salinity, microorganism and product quality. **Fresenius**

Environmental Bulletin, v. 28, n. 4 A, p. 3249–3260, 2019.

PARMENTER, B. H.; CROFT, K. D.; HODGSON, J. M.; DALGAARD, F.; BONDONNO, C. P.; LEWIS, J. R.; CASSIDY, A.; SCALBERT, A.; BONDONNO, N. P. An overview and update on the epidemiology of flavonoid intake and cardiovascular disease risk. **Food and Function**, v. 11, n. 8, p. 6777–6806, 2020.

PAULA, R. de C. M. de; SILVA, A. G. da; COSTA, E.; BINOTTI, F. F. da S. Monitoramento de variáveis micrometeorológicas em diferentes ambientes protegidos no período de inverno. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 103–109, 2017.

PERETTO, G.; DU, W. X.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; SARREAL, S. B. L.; HUA, S. S. T.; SAMBO, P.; MCHUGH, T. H. Increasing strawberry shelf-life with carvacrol and methyl cinnamate antimicrobial vapors released from edible films. **Postharvest Biology and Technology**, v. 89, p. 11–18, 2014.

PERKINS-VEAZIE, P. Growth and Ripening of Strawberry Fruit. **Horticultural Reviews**, Oxford, UK, v. 17, p. 267–297, 1955.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: FEALQ, 2009. 541p.

PINTO, T.; VILELA, A.; PINTO, A.; NUNES, F. M.; COSME, F.; ANJOS, R. Influence of cultivar and of conventional and organic agricultural practices on phenolic and sensory profile of blackberries (*Rubus fruticosus*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 12, p. 4616–4624, 2018.

PIOVESAN, B.; PADILHA, A. C.; BOTTON, M.; ZOTTI, M. J. Entomofauna and potential pollinators of strawberry crop under semi-hydroponic conditions. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 324–330, 2019.

POLING, E. B. Blackberries. **Journal of Small Fruit and Viticulture**, v. 14, n. 2, p. 38–69, 1996.

RANA, J. C.; PRADHEEP, K.; VERMA, V. D. Naturally occurring wild relatives of temperate fruits in Western Himalayan region of India: An analysis. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 14, p. 3963–3991, 2007.

RASEIRA, A.; SANTOS, A. M.; RASEIRA, M. do C. B. Caingangue, nova cultivar de amoreira-preta para consumo 'in natura'. **Horti Sul**, v. 2, n. 3, p. 11–12, 1992.

RASEIRA, M. C. B.; CARPENEDO, S.; FRANZON, R. C.; ROSSI, A.; ANTUNES, L. E. C. Amoreira-preta (*Rubus* spp.): Importância e Pesquisa no Brasil. **Documentos / Embrapa Clima Temperado**, v. 523, p. 24 p, 2022 a.

RASEIRA, M. D. C. B.; FRANZON, R. C.; FELDBERG, N. P.; ANTUNES, L. E. C.; SCARANARI, C. 'BRS Caingua', a blackberry fresh-market cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 1, p. 1–3, 2020.

RASEIRA, M. D. C. B.; FRANZON, R. C.; NARDINO, M.; CARPENEDO, S.; CORRÊA, E. R. The blackberry breeding Program of “Embrapa Clima Temperado”: an update. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 25, p. 1–8, 2022 b.

RASEIRA, M. do C. B.; SANTOS, A. M.; BARBIERI, R. L. Classificação botânica, origem e cultivares. *In*: ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. (org.). **Aspectos Técnicos da Cultura da Amora-preta. Documento 122**. Pelotas: Embrapa-CPACT, 2004. p. 17–28.

RCORE, TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. 2020.

REICHERT, L. J.; RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C. **Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa: Cultivo da amoreira-preta**. Brasília-DF: Embrapa, 2023. *E-book*. 49p. Disponível em: https://bs.sede.embrapa.br/2022/relatorios/climatemperado_amoreirapreta. Acesso em: 04 jun. 2023.

RIBEIRO, Aline Maria Weymar. **Desempenho de genótipos de amoreira-preta em sistema de produção orgânica**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

RICHARDSON, M. L.; ARLOTTA, C. G.; LEWERS, K. S. Yield and nutrients of six cultivars of strawberries grown in five urban cropping systems. **Scientia Horticulturae**, v. 294, p. 110775, 2022.

RICHTER, A. F.; FAGUERAZZI, A. F.; ZANIN, D. S.; CAMARGO, S. S.; ARRUDA, A. L.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; SILVA, P. S. da. Produtividade e qualidade de cultivares de morangueiro. **Revista Científica Rural**, v. 20, n. 1, p. 193203, 2018.

RIVERO, R.; REMBERG, S. F.; HEIDE, O. M.; SØNSTEBY, A. Environmental regulation of dormancy, flowering and runnering in two genetically distant everbearing strawberry cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 290, p. 110515, 2021.

ROTILI, M. C. C.; VILLA, F.; DA SILVA, D. F.; ROSANELLI, S.; MENEGUSSO, F. J.; RITTER, G. Phenological behavior and agronomic potential of blackberry and hybrids in a subtropical region. **Revista Ceres**, v. 66, n. 6, p. 431–441, 2019.

SABOONI, N.; GHARAGHANI, A.; JOWKAR, A.; ESHGHI, S. Successful polyploidy induction and detection in blackberry species by using an in vitro protocol. **Scientia Horticulturae**, v. 295, p. 110850, 2022.

SAHA, D.; BHATTACHARYA, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 6, p. 587–597, 2010.

SALGADO, A. A.; CLARK, J. R. Crispy blackberry genotypes: A breeding innovation of the university of Arkansas blackberry breeding program. **HortScience**, v. 51, n. 5, p. 468–471, 2016.

SAMANIEGO, I.; BRITO, B.; VIERA, W.; CABRERA, A.; LLERENA, W.; KANNANGARA, T.; VILCACUNDO, R.; ANGÓS, I.; CARRILLO, W. Influence of the maturity stage on the phytochemical composition and the antioxidant activity of four andean blackberry cultivars (*Rubus glaucus* Benth) from Ecuador. **Plants**, v. 9, n. 8, p. 1027, 2020.

ŠAMEC, D.; MARETIĆ, M.; LUGARIĆ, I.; MEŠIĆ, A.; SALOPEK-SONDI, B.; DURALIJA, B. Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. **Food Chemistry**, v. 194, p. 828–834, 2016.

SÁNCHEZ-BETANCOURT, E.; GARCÍA-MUÑOZ, M. C.; ARGÜELLES-CÁRDENAS, J.; FRANCO-FLÓREZ, V.; NÚÑEZ, V. Fruit quality attributes of ten colombian blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) genotypes. **Agronomia Colombiana**, v. 38, n. 1, p. 85–94, 2020.

SANTOS, A. M.; RASEIRA, M. C. B. Lançamento de cultivares de amoreira-preta. **Embrapa: informativo**, v. 23, 1988.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SANTOS, P. M.; MACIEL, L. R.; BERGMANN, C.; HERTER, F. G.; TRENTIN, R.; SCHÖFFEL, E. R. Época de poda, produção e qualidade dos frutos de amora-preta “Tupy” cultivada em região subtropical. **Revista Thema**, v. 17, n. 2, p. 336–345, 2020.

SCHIAVON, A. V.; BECKER, T. B.; DELAZERI, E. E.; VIGNOLO, G. K.; MELLO-FARIAS, P.; ANTUNES, L. E. C. Production and quality of strawberry plants produced from different nutrient solutions in soilless cultivation. **Revista Ceres**, v. 69, n. 3, p. 348–357, 2022.

SCHIAVON, A. V.; DE LEIVAS, G. L.; DA SILVA, G. F.; MALGARIM, M. B.; HERTER, F. G. Refrigerated storage of blackberry cultivar ‘BRS Cainguá’ harvested at different ripeness stages. **Revista Ceres**, v. 70, n. 2, p. 32–40, 2023.

SCHIAVON, A. V.; DELAZERI, E. E.; BECKER, T. B.; MELLO-FARIAS, P.; ANTUNES, L. E. C. Soluções nutritivas na produção de mudas de morangueiro e sua influência no desempenho agrônômico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 20, n. 1, p. 159–169, 2021 a.

SCHIAVON, A. V.; DELAZERI, E. E.; BECKER, T. B.; VIZZOTTO, M.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C. Qualidade físico-química de morangos produzidos em sistema de cultivo sem solo, a partir de mudas produzidas com diferentes soluções nutritivas. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 7, p. 37–44, 2021 b.

SCHULZ, M.; SERAGLIO, S. K. T.; DELLA BETTA, F.; NEHRING, P.; VALESE, A. C.; DAGUER, H.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Blackberry (*Rubus*

ulmifolius Schott): Chemical composition, phenolic compounds and antioxidant capacity in two edible stages. **Food Research International**, v. 122, p. 627–634, 2019.

SEGANTINI, D. M.; LEONEL, S.; CUNHA, A. R. da; FERRAZ, R. A.; RIPARDO, A. K. da S. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 568–575, 2014.

SEGANTINI, D. M.; THRELFALL, R.; CLARK, J. R.; BROWNMILLER, C. R.; HOWARD, L. R.; LAWLESS, L. J. R. Changes in fresh-market and sensory attributes of blackberry genotypes after postharvest storage. **Journal of Berry Research**, v. 7, n. 2, p. 129–145, 2017.

SHARMA, V. K.; ODARA, A. K. Response in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch. 'Sweet Charlie') growth to different substrates and containers under greenhouse. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 11, p. 2556–2568, 2017.

SHAW, D.V.; LARSON, K.D. **Strawberry plant named 'Albion'**. U.S. Patent n. PP16.228, 31 jan. 2006.

SHERMAN, W. B.; SHARPE, R. H. Breeding *Rubus* for warm climates. **HortScience**, v. 6, n. 2, p. 147–149, 1971.

SINGH, A.; SENTHILKUMAR, S.; SHARMA, M.; SINGH, S. K. Impact of mulching and planting density on phenology, yield and fruiting characters of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Winter Dawn. **Plant Archives**, v. 18, n. 2, p. 1899–1904, 2018.

SINGH, S.; GAIKWAD, K. K.; LEE, Y. S. Anthocyanin – A natural dye for smart food packaging systems. **Korean Journal of Packaging Science and Technology**, v. 24, n. 3, p. 167–180, 2018.

SKROVANKOVA, S.; SUMCZYNSKI, D.; MLCEK, J.; JURIKOVA, T.; SOCHOR, J. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 10, p. 24673–24706, 2015.

SOETHE, C.; STEFFENS, C. A.; MARTIN, M. S. de; AMARANTE, C. V. T. do; HEINZEN, A. S.; KRETZSCHMAR, A. A. Quality and functional properties of 'Tupy' blackberry stored in modified atmosphere conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 1, p. e-028, 2019.

SOLER, L. da S.; BIASI, L. A. Agronomic performance of blackberry cultivars in environmental protection area. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. 1–12, 2020.

SØNSTEBY, A.; HEIDE, O. M. Flowering performance and yield of established and recent strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa*) as affected by raising temperature and photoperiod. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 92, n. 4, p. 1–9, 2017.

SØNSTEBY, A.; WOZNICKI, T. L.; HEIDE, O. M. Effects of runner removal and partial defoliation on the growth and yield performance of 'Favori' everbearing strawberry plants. **Horticulturae**, v. 7, n. 8, p. 215, 2021.

SOUZA, R. S.; BILHARVA, M. G.; DE MARCO, R.; ANTUNES, L. E. C.; MARTINS, C. R.; MALGARIM, M. B. Phenological and productive characteristics of blackberry genotypes grown in an organic production system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 1, p. 1–11, 2021.

SOUZA, R. S.; MARTINS, C. R.; ANTUNES, L. E. C.; VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C. R.; MALGARIM, M. B. Chemical and mineral characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of blackberries grown in an organic system. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. e3272, 2020.

STRIK, B.; MANN, J.; FINN, C.; THORNLESS, C. Percent drupelet set varies among blackberry genotypes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v. 121, n. 3, p. 371–373, 1996.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63–68, 1959.

TADEU, M. H.; DE SOUZA, F. B. M.; PIO, R.; DO VALLE, M. H. R.; LOCATELLI, G.; GUIMARÃES, G. F.; SILVA, B. E. C. Poda drástica de verão e produção de cultivares de amoreira-preta em região subtropical. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 2, p. 132–140, 2015.

TATE, K. G. Aetiology of dryberry disease of boysenberry in newzealand. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v. 9, n. 3–4, p. 371–376, 1981.

THRELFALL, R. T.; HINES, O. S.; CLARK, J. R.; HOWARD, L. R.; BROWNMILLER, C. R.; SEGANTINI, D. M.; LAWLESS, L. J. R. Physiochemical and sensory attributes of fresh blackberries grown in the Southeastern United States. **HortScience**, v. 51, n. 11, p. 1351–1362, 2016.

TOMAZETTI, T. C.; ROSSAROLLA, M. D.; ZEIST, A. R.; GIACOBBO, C. L.; WELTER, SI. J.; ALBERTO, C. M. Fenologia e acúmulo térmico em videiras viníferas na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 11, p. 1033–1041, 2015.

TREFTZ, C.; OMAYE, S. T. Nutrient analysis of soil and soilless strawberries and raspberries grown in a greenhouse. **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, n. 9, p. 805–815, 2015.

TÜZEL, Y.; GÜL, A.; TÜZEL, I. H.; ÖZTEKIN, G. B. Different soilless culture systems and their management. **Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences**, v. 73, n. 3, p. 7–12, 2019.

VEGA, E. N.; MOLINA, A.K.; PEREIRA, C.; DIAS, M. I.; HELENO, S. A.; RODRIGUES, P.; FERNANDES, I. P. Anthocyanins from *Rubus fruticosus* L. and *Morus Nigra* L. applied as food colorants: A natural alternative. **Plants**, v. 10, n. 6, 2021.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica Organografia**. Viçosa: UFV, 2006. 124p.

VIGNOLO, Gerson Kleinick. **Produção e qualidade de morangos durante dois ciclos consecutivos em função da data de poda, tipo de filme do túnel baixo e cor do “mulching” plástico**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

VILLA, F.; SILVA, D. F. da; BARP, F. K.; STUMM, D. R. Amoras-pretas produzidas em região subtropical, em função de podas, sistemas de condução e número de hastes. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 26, p. 521–529, 2014.

VILLA, F.; SILVA, D. F. da; STUMM, D. R.; ROSA, D. D. Winter cold deficit in low subtropical climate region and blackberry varieties phenology. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 1, n. 1, p. 66, 2020.

VIZZOTTO, M.; RASEIRA, M. do C. B.; PEREIRA, M. C.; FETTER, M. da R. Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em diferentes genótipos de amoreira-preta (*Rubus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 853–858, 2012.

WANG, X.; TANG, C.; MAHONY, S.; BALDOCK, J. A.; BUTTERLY, C. R. Factors affecting the measurement of soil pH buffer capacity: Approaches to optimize the methods. **European Journal of Soil Science**, v. 66, n. 1, p. 53–64, 2015.

WU, Y.; WU, W.; ZHANG, C.; LYU, L.; LI, W. breeding and growth performance of ‘Ningzhi 4’, a new blackberry cultivar with high yield potential and good quality in China. **Plants**, v. 12, n. 8, 2023.

WU, Y.; ZHANG, C.; HUANG, Z.; LYU, L.; LI, J.; LI, W.; WU, W. The color difference of rubus fruits is closely related to the composition of flavonoids including anthocyanins. **Lwt - Food Science and Technology**, v. 149, p. 111825, 2021.

YANG, J.; CUI, J.; CHEN, J.; YAO, J.; HAO, Y.; FAN, Y.; LIU, Y. Evaluation of physicochemical properties in three raspberries (*Rubus idaeus*) at five ripening stages in northern China. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109146, 2020.

ZAHID, N.; MAQBOOL, M.; HAMID, A.; SHEHZAD, M.; TAHIR, M. M.; MUBEEN, K.; JAVEED, H. M. R.; REHMAN, H. U.; ALI, M.; ALI, A.; O'REILLY, P.; SHAH, S. Z. A. Changes in vegetative and reproductive growth and quality parameters of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler grown at different substrates. **Journal of Food Quality**, v. 2021, p. 1–9, 2021.

ZANIN, D. S.; FAGHERAZZI, A. F.; SANTOS, A. M. dos; MARTINS, R.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Agronomic performance of cultivars and advanced selections of strawberry in the South Plateau of Santa Catarina State. **Revista Ceres**, v. 66, n. 3, p. 159–167, 2019.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V. De. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 7–16, 2019.

ZIELINSKI, A. A. F.; GOLTZ, C.; YAMATO, M. A. C.; ÁVILA, S.; HIROOKA, E. Y.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Blackberry (*Rubus* spp.): influence of ripening and processing on levels of phenolic compounds and antioxidant activity of the 'Brazos' and 'Tupy' varieties grown in Brazil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 744–749, 2015.

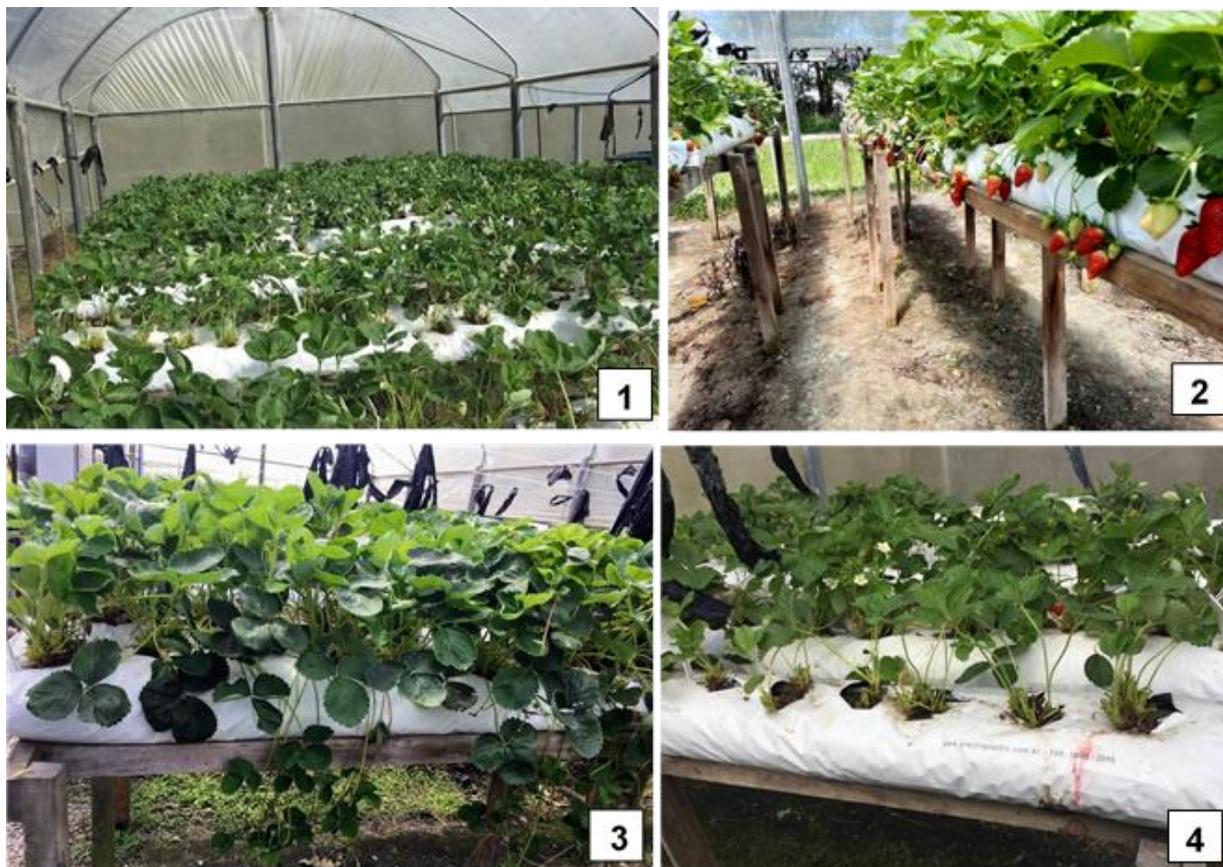
Apêndices

Apêndice A – Sistemas de cultivo de morangueiro: sistema de cultivo convencional no solo, com *mulching* de polietileno preto e túneis baixos de polietileno transparente (1); Sistema de cultivo sem solo, utilizando bancadas e *slabs*, e casa de vegetação tipo abrigo (2 e 3).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice B – Sistema de cultivo sem solo utilizado para avaliação dos genótipos de morangueiro em relação a realização da prática de poda de renovação (1 e 2); Plantas de morangueiro não submetidas à poda de renovação (3); Plantas de morangueiro após a poda de renovação (4).

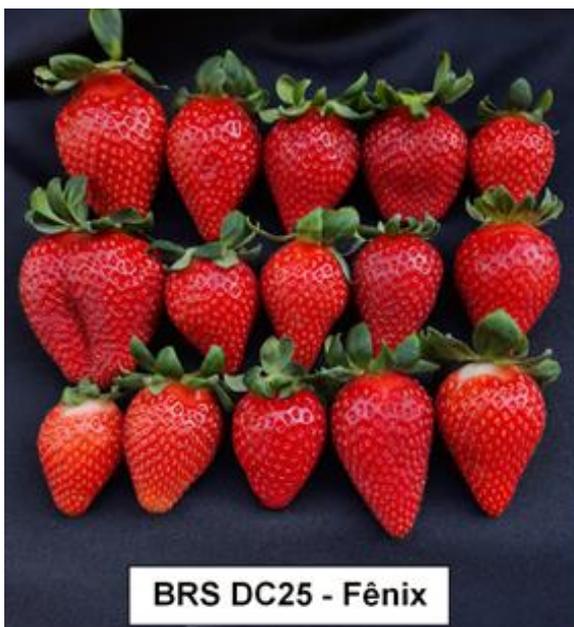


Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice C – Frutas dos genótipos de morangueiro produzidos em sistema de cultivo sem solo, durante a execução do experimento de poda de renovação (Sel. 30-8; Sel. 31-9; Sel. 35-2; 'BRS DC22'; 'BRS DC25' Fênix; 'Albion'; 'Fronteras' e 'San Andreas').

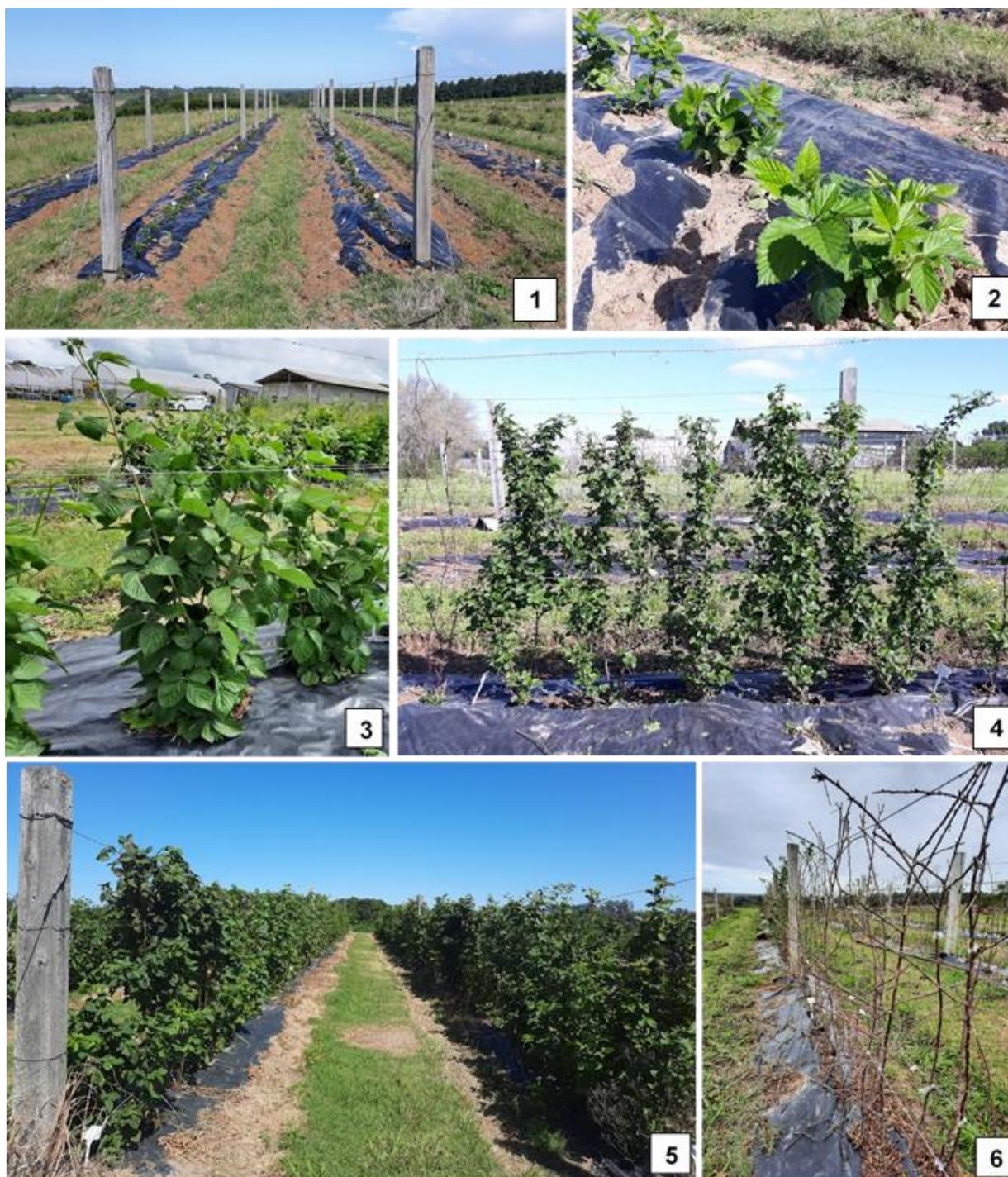


Fonte: Andressa Vighi Schiavon



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice D – Sistema de cultivo de amoreira-preta (1); *Mulching* de polietileno preto e mudas de amoreira-preta após o plantio (2); Condução e tutoramento das plantas (3); Plantas de amoreira-preta 10 meses após o plantio (4); Plantas durante o período de emissão e crescimento das hastas *primocane* (Fevereiro/2022) conduzidas em espaldeira alta (5); Plantas saindo do período de dormência (Agosto/2022) (6).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice E – Podas de verão realizadas após o término da colheita das frutas; Plantas de amoreira-preta após o término da colheita da colheita (1); Poda drástica realizada após a colheita das frutas na safra 2020/21 (2); Seleção Black 356, com hastas curtas (menores de 1 m) em função da poda drástica (3); Plantas de amoreira-preta após a poda leve realizada ao término da colheita na safra 2021/22 (4); Brotação e crescimento das hastas da seleção Black 356, após a poda leve.



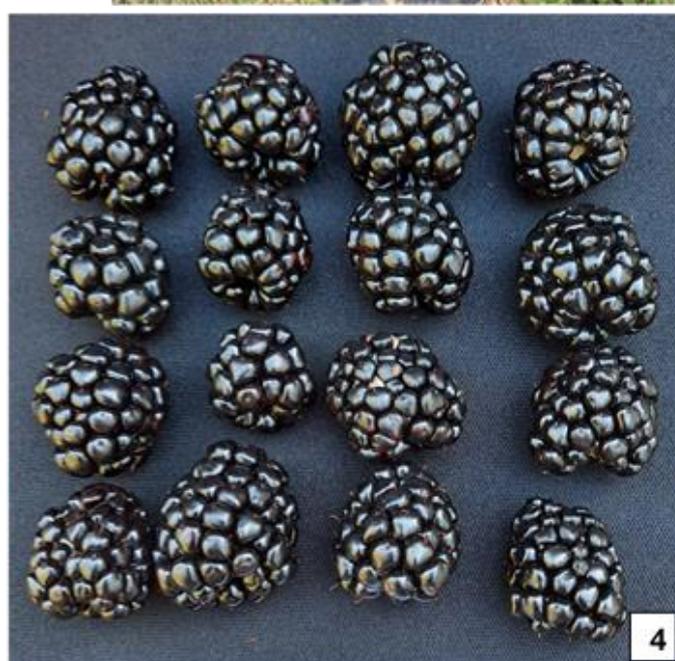
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice F – Cultivar de amoreira-preta BRS Karajá. Plantas em final de floração (1); Flores (2); Frutas imaturas e maduras aderidas a planta (3); Amoras-pretas maduras (4).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice G – Seleção de amoreira-preta Black 310. Plantas em início de floração (1); Plantas com frutas maduras e imaturas (2 e 3); Amoras-pretas maduras (4).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice H – Seleção de amoreira-preta Black 348. Plantas de amoreira-preta com elevado vigor (1 e 4); Frutas imaturas com coloração vermelha intensa e baixo número de drupéolas (2 e 3); Amoras-pretas maduras com massa média inferior a 3,5 g (5).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice I – Seleção de amoreira-preta Black 353. Plantas com frutas ainda verdes (1); Frutas imaturas e maduras (2); Frutas com golpe de sol, devido a excessiva exposição solar (3); Amoras-pretas maduras (4).



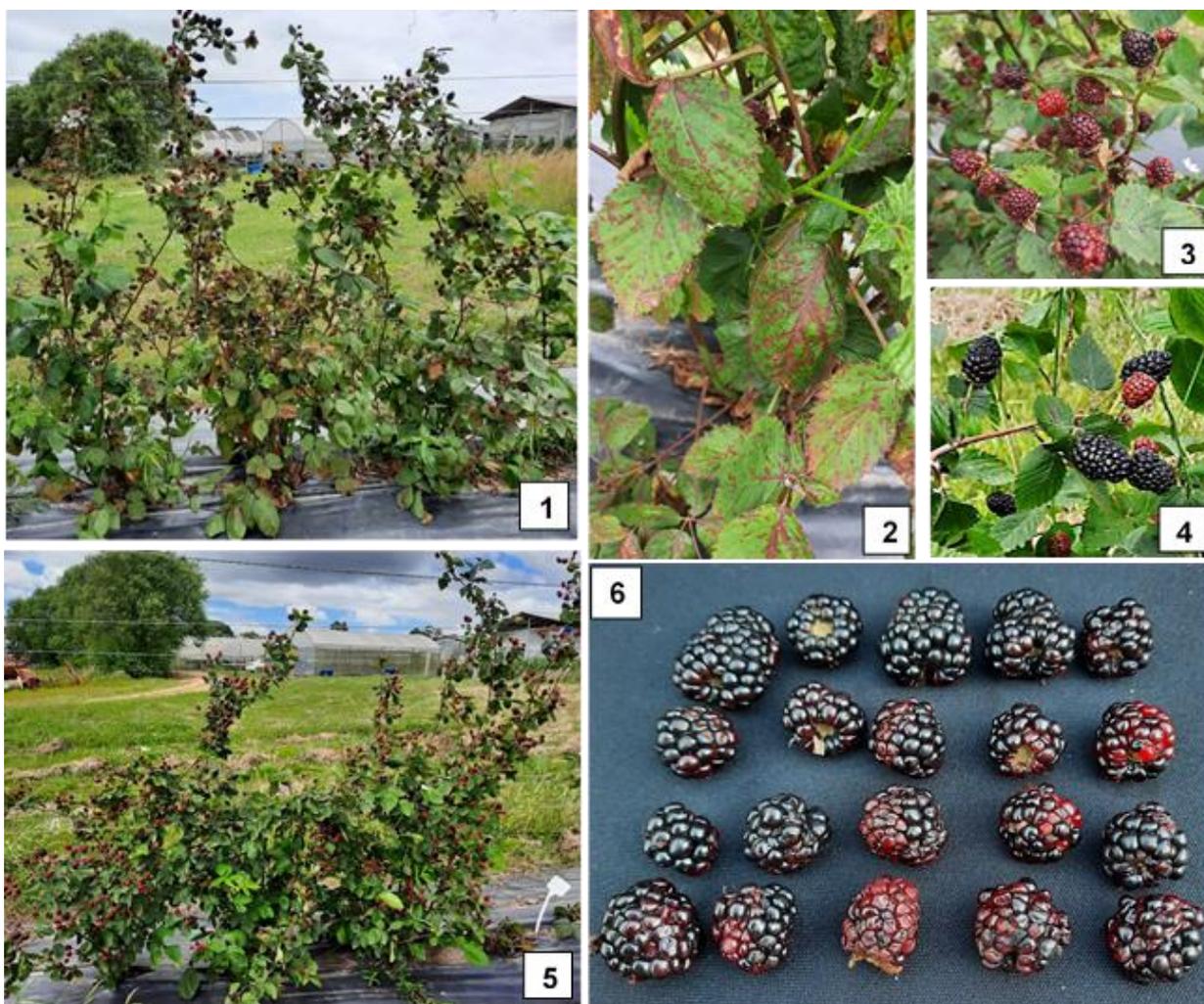
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice J – Seleção de amoreira-preta Black 356. Plantas com hastes curtas devido a poda drástica realizado ao final da safra 2020/21 (1). Frutas maduras e imaturas (2); Plantas com hastes longas na safra 2022/23, em função da poda leve realizada ao final da safra 2021/22 (3); Amoras pretas maduras (4).



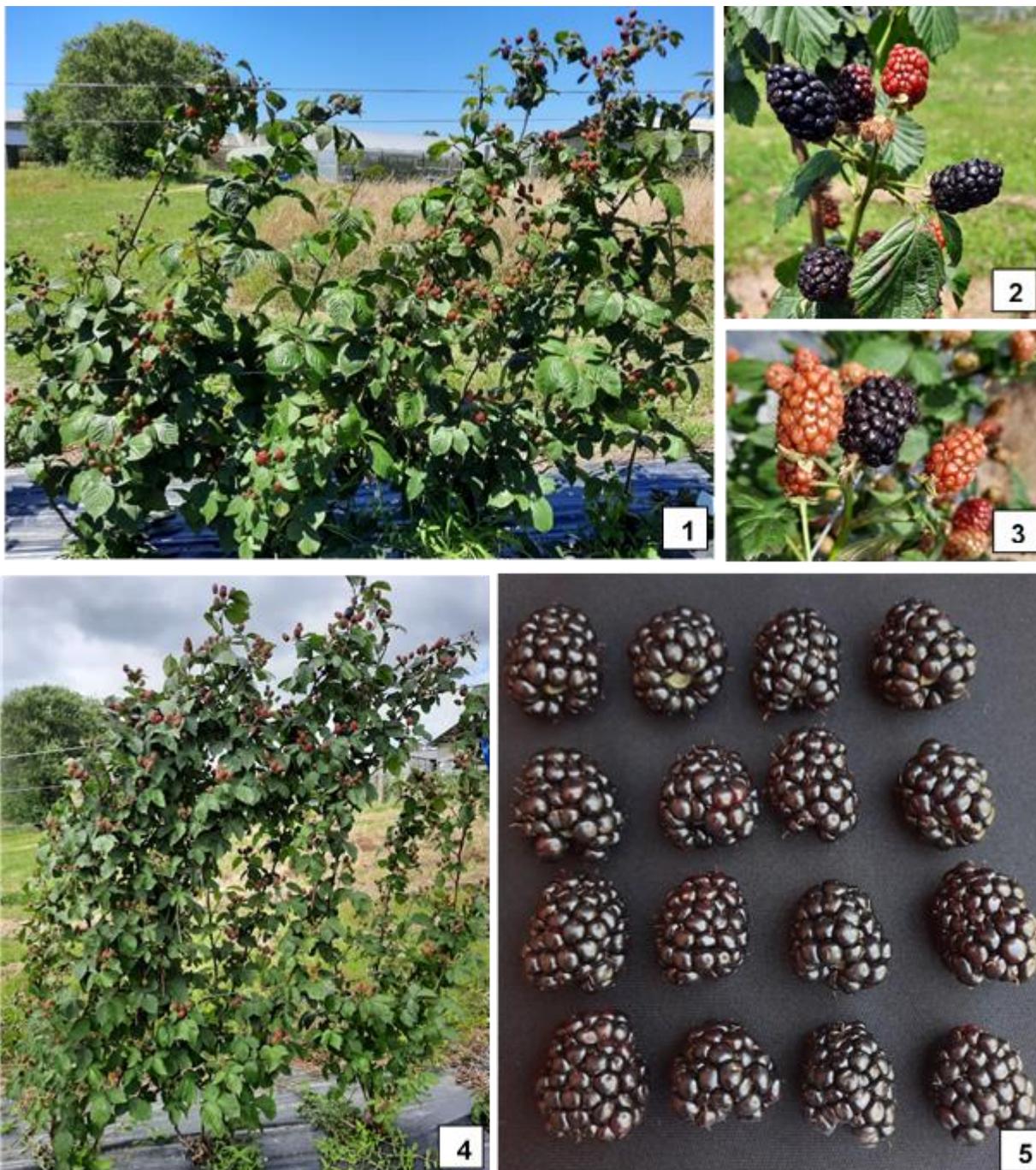
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice K – Seleção de amoreira-preta Black 371. Plantas com sintomas de míldio causado pelo fungo *Peronospora sparsa* (1); Folhas (2) e frutas (3) com sintomas da doença; Plantas e frutas (5), frutas sadias (4) colhidas na safra 2021/22, quando se observou menor incidência da doença; Frutas maduras com sintomas de míldio (6).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice L – Amoreira-preta cultivar Xavante. Plantas com hastes primarias curtas e poucas ramificações secundárias emitidas na safra 2020/21 (1); Frutas da cultivar Xavante (2, 3 e 5). Plantas com maior número de hastes primarias e secundarias na safra 2021/22 (4).



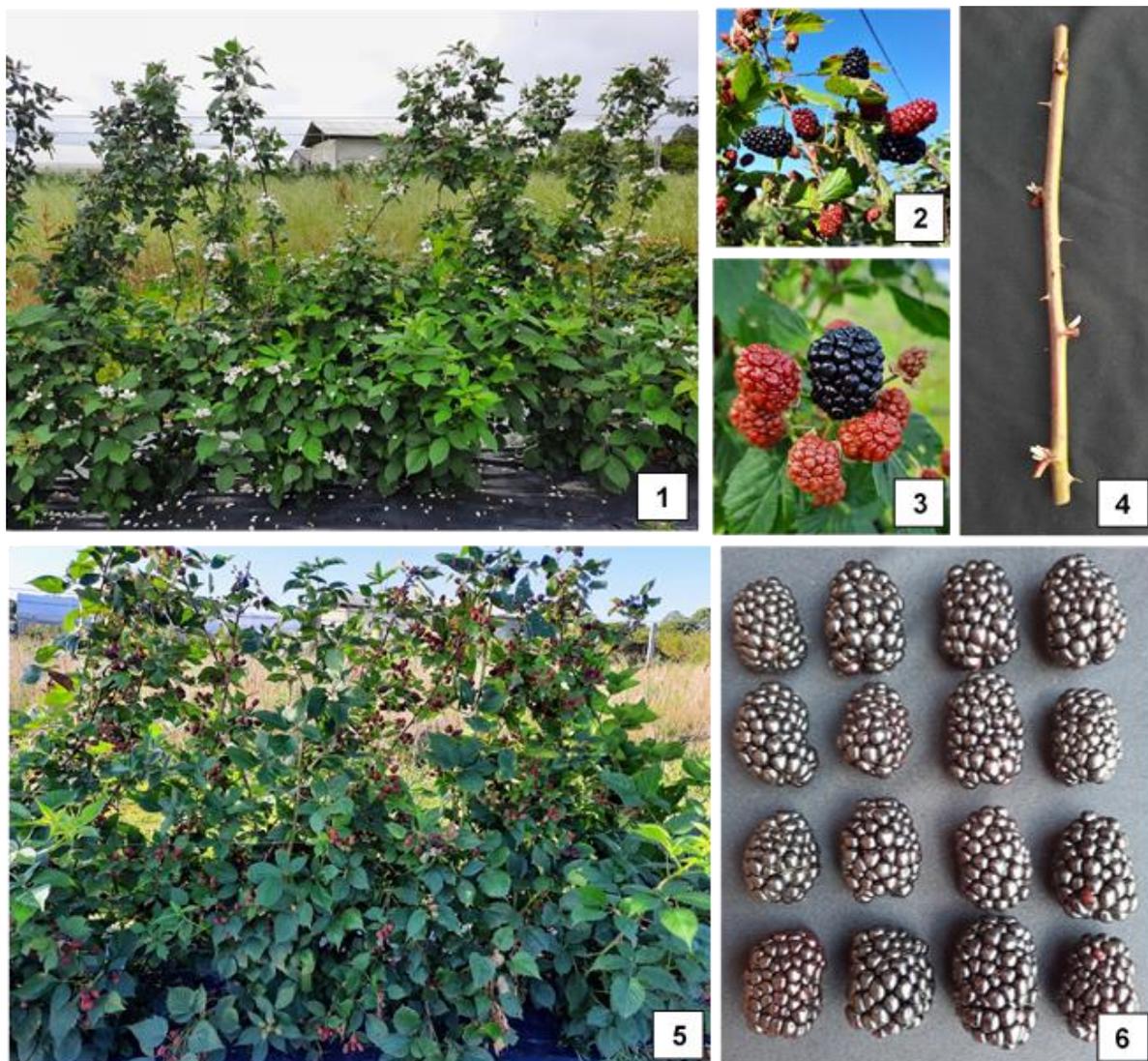
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice M – Seleção de amoreira-preta Black 251. Floração (1); Frutas imaturas e maduras aderidas à planta (2 e 4); Haste primária com espinhos (3); Amoras-pretas maduras (5).



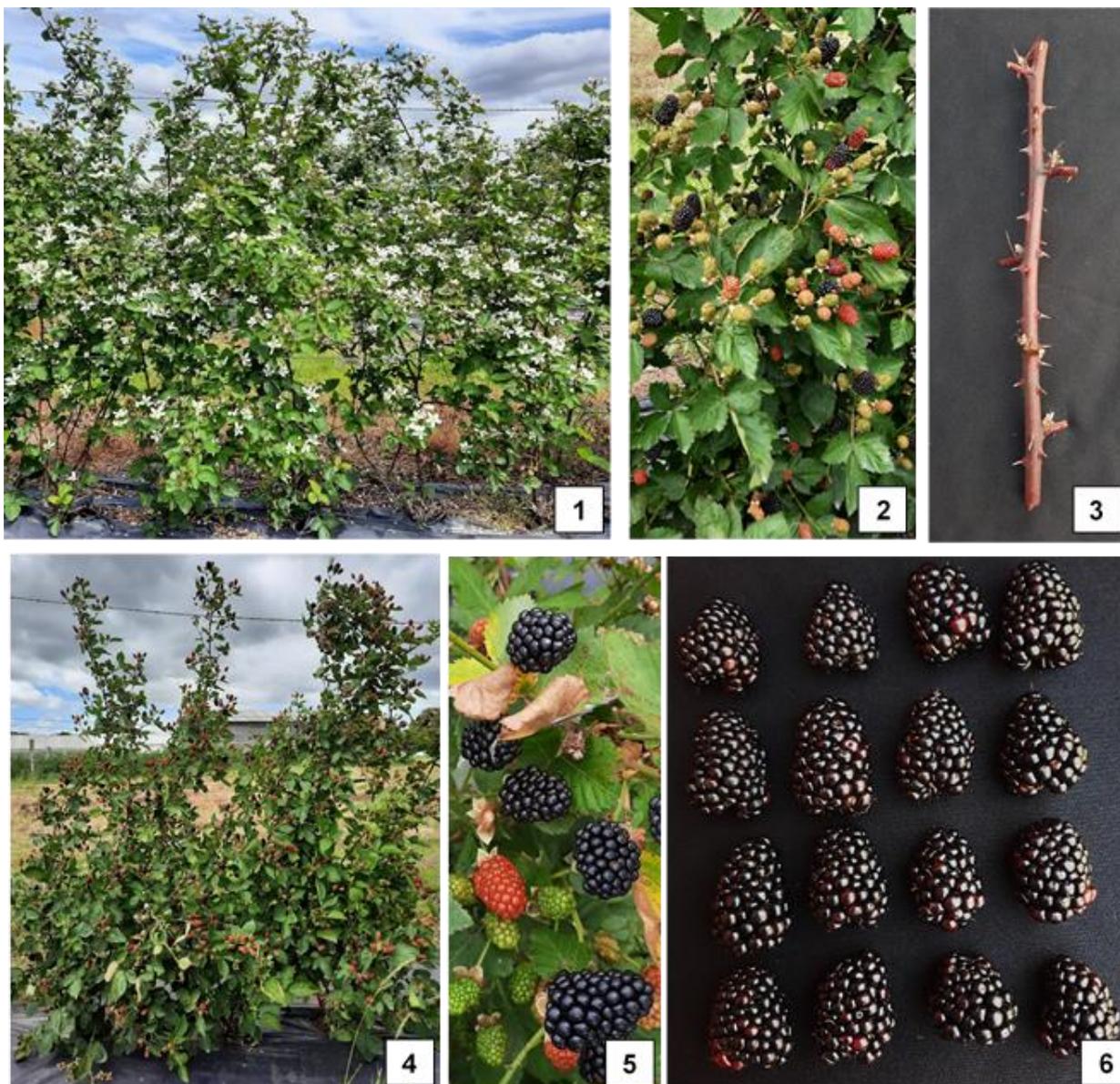
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice N – Seleção de amoreira-preta Black 312. Plantas em floração (1); Frutas maduras e imaturas (2 e 3); Hastes primaria com baixa densidade de espinhos (4); Plantas em plena frutificação (5); Amoras-pretas maduras (6).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice O – Seleção de amoreira-preta Black 331. Plantas em floração (1); Plantas com frutas imaturas e maduras (2, 4 e 5); Haste primária com espinhos (3); Amoras-pretas maduras (6).



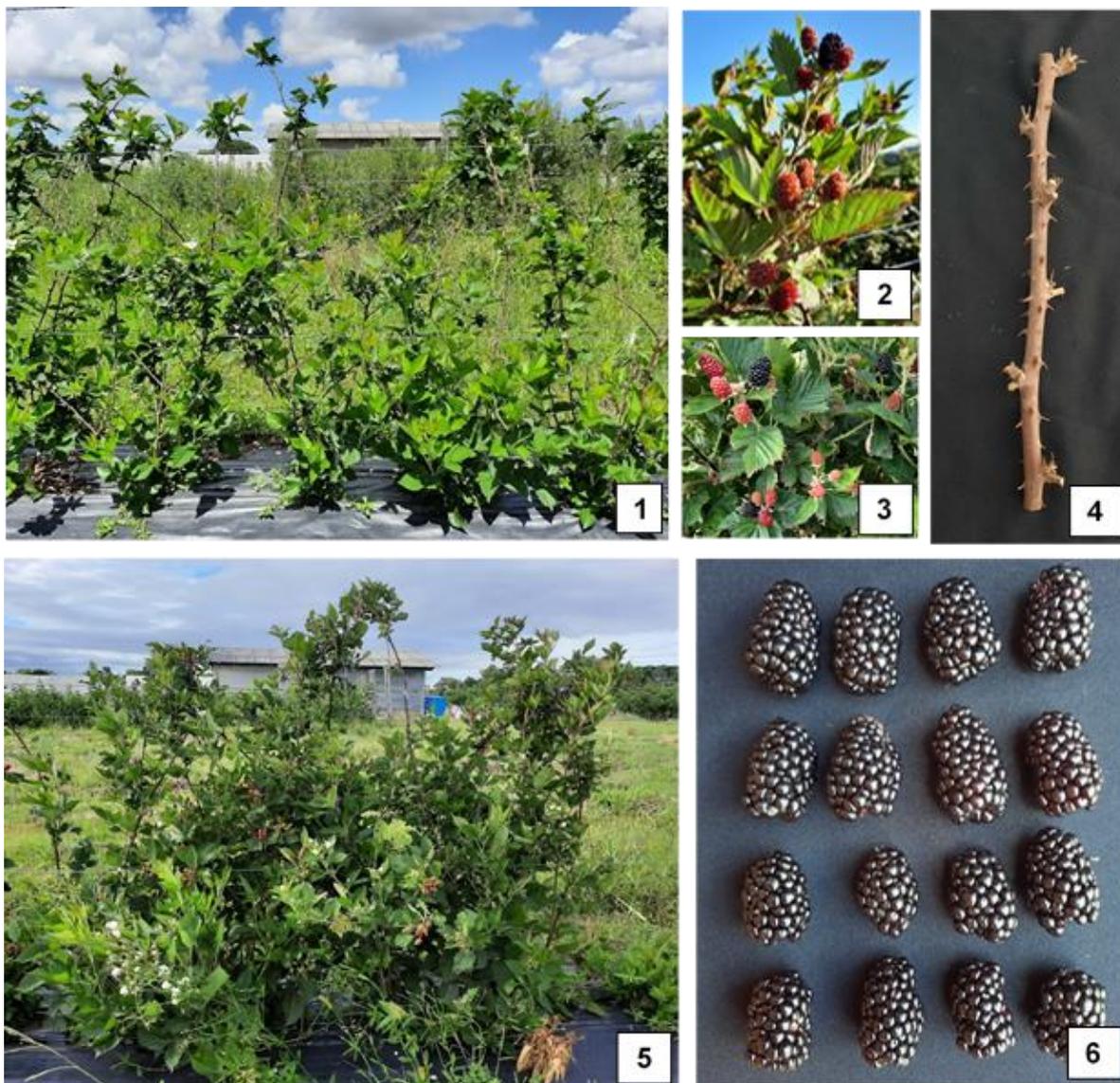
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice P – Seleção de amoreira-preta Black 338. Floração (1); Plantas com frutas imaturas e maduras (2 e 4); Haste primária com espinhos (3); Amoras-pretas maduras (5).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice Q – Seleção de amoreira-preta Black 355. Plantas com brotação com brotação irregular (1); Frutas imaturas e maduras aderidas à planta (2 e 3); Haste primária com alta densidade de espinhos (4); Plantas com frutas imaturas e flores (5); Amoras-pretas maduras (6).



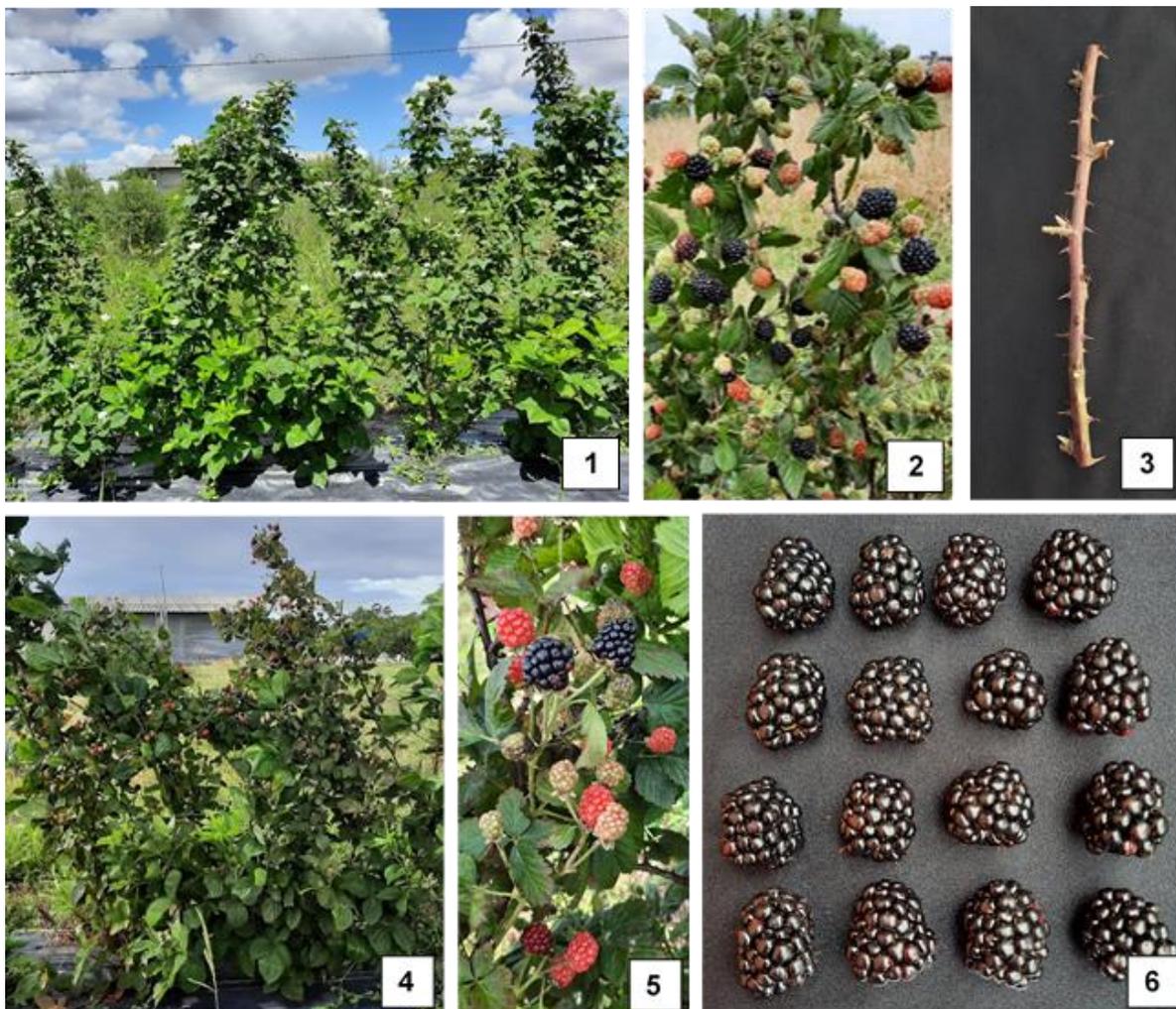
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice R – Seleção de amoreira-preta Black 367. Floração (1); Plantas com frutas imaturas (2); Haste primária com espinhos (3); Frutas imaturas e maduras aderidas à planta (4 e 5); Amoras-pretas maduras (6).



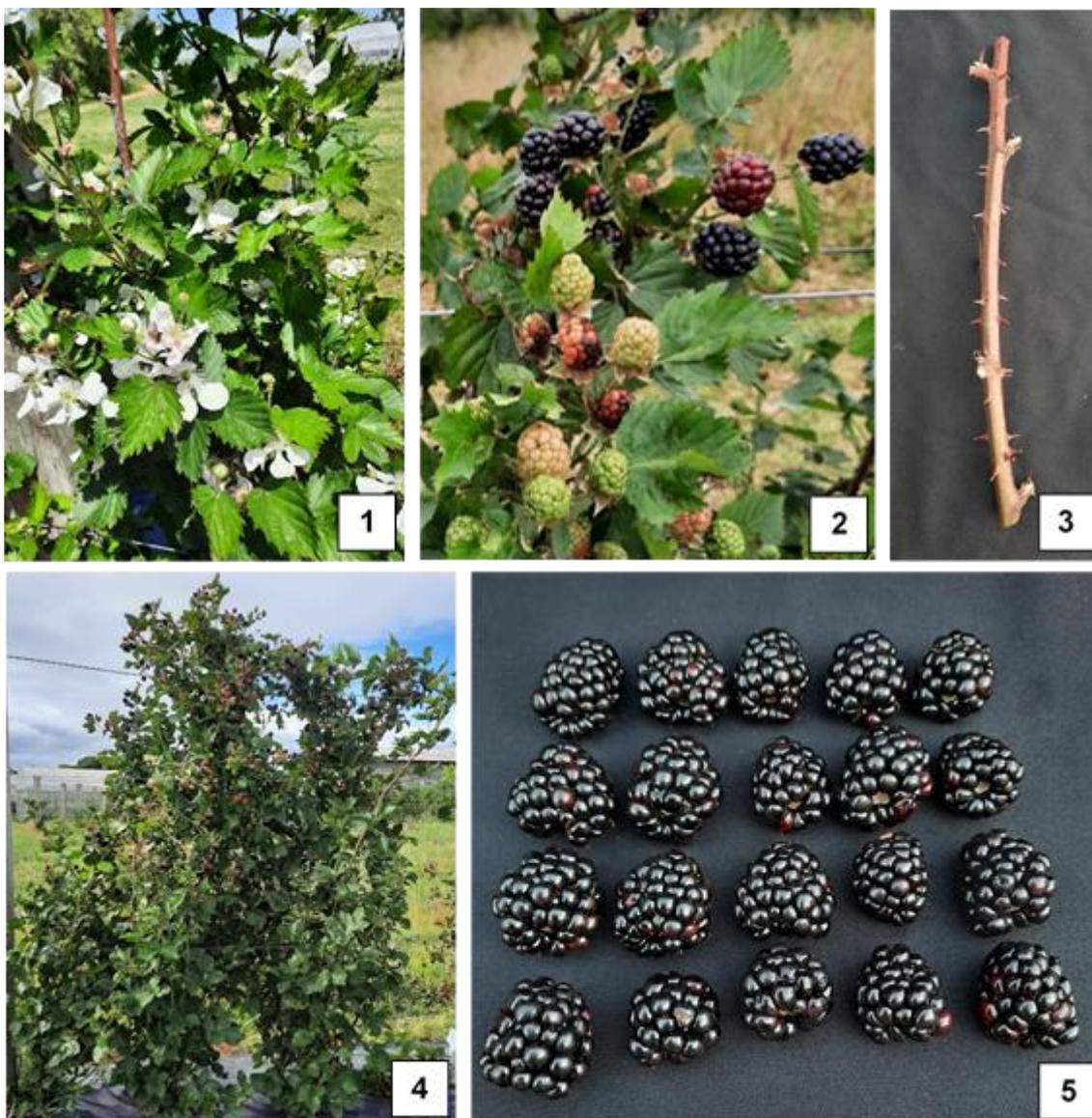
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice S – Seleção de amoreira-preta Black 370. Plantas em Floração (1); Plantas com frutas imaturas e maduras (2, 4 e 5); Hastes primárias com espinhos (3); Amoras-pretas maduras (6).



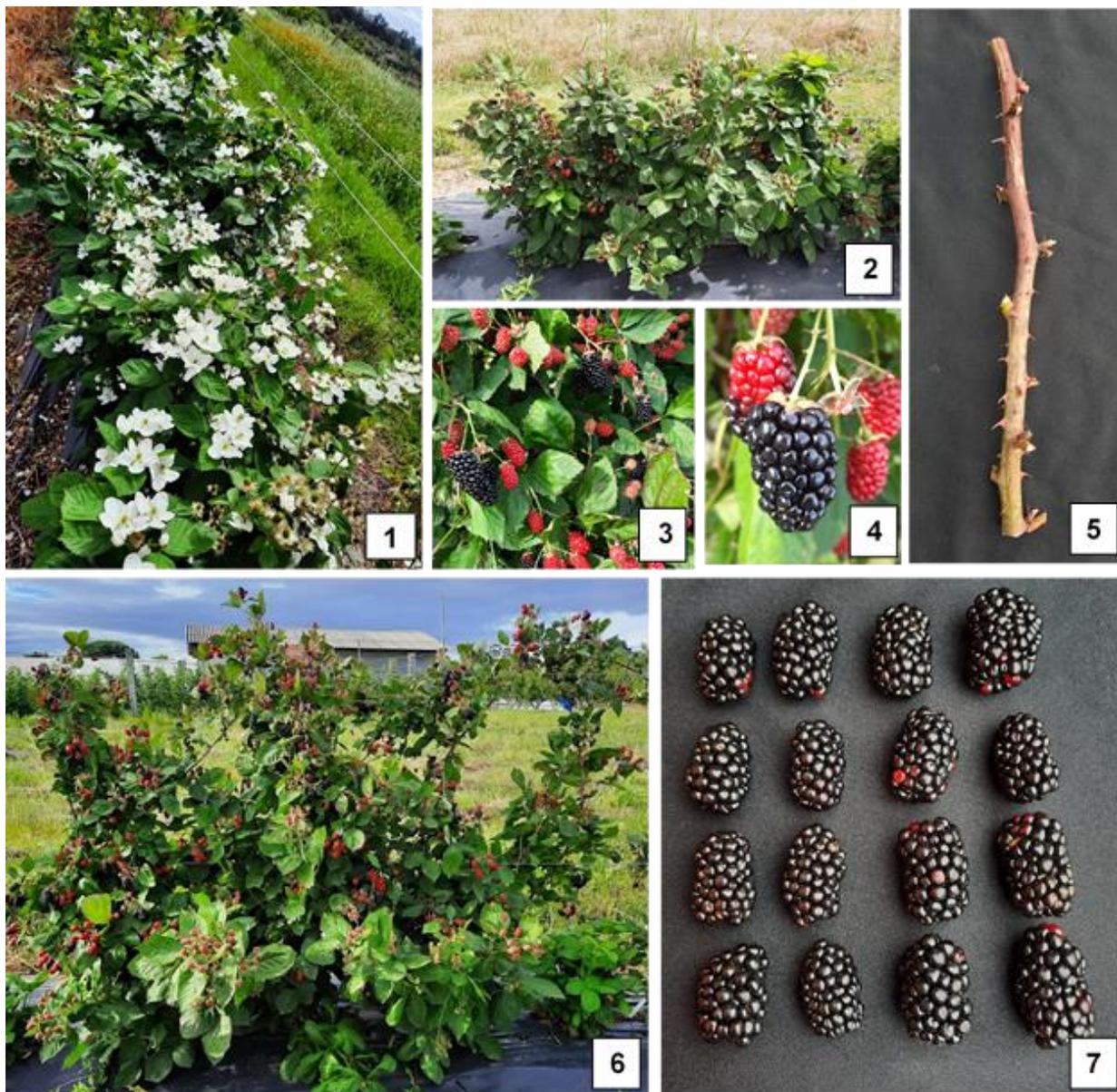
Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice T – Seleção de amoreira-preta Black 378. Floração (1); Frutas imaturas e maduras (2); Haste primária com espinhos (3); Planta com frutas imaturas e maduras (4); Amoras-pretas maduras (5).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice U – Amoreira-preta cultivar BRS Cainguá. Plantas em plena floração (1); Plantas com porte baixo, na primeira safra após o plantio, 2020/21 (2); Frutas maduras e imaturas (3 e 4); Hastes primária com espinhos e entrenós curtos (5); Plantas com porte mais elevado, safra 2021/22 (6); Amoras-pretas maduras (7).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon

Apêndice V – Amoreira-preta cultivar Tupy. Floração (1); Frutas maduras e imaturas (2 e 3); Haste primária com espinhos (4); Plantas com frutas imaturas e maduras (5); Amoras-pretas maduras (6).



Fonte: Andressa Vighi Schiavon