

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

**Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de Concentração em
Fruticultura de Clima Temperado**



Tese

**Crescimento, fenologia, produção e qualidade de frutos de pessegueiros
obtidos por três sistemas de produção de mudas**

Lucas de Oliveira Fischer

Pelotas, 2025

Lucas de Oliveira Fischer

**Crescimento, fenologia, produção e qualidade de frutos de pessegueiros
obtidos por três sistemas de produção de mudas**

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

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Barbosa Malgarim

Coorientador: Prof. Dr. Mateus da Silveira Pasa

Pelotas, 2025

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

F531c Fischer, Lucas de Oliveira

Crescimento, fenologia, produção e qualidade de frutos de pessegueiros obtidos por três sistemas de produção de mudas [recurso eletrônico] / Lucas de Oliveira Fischer ; Marcelo Barbosa Malgarim, orientador ; Mateus da Silveira Pasa, coorientador. — Pelotas, 2025.
119 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2025.

1. Cultivo fora de solo. 2. Fruticultura. 3. Produtividade. 4. Propagação. 5. *Prunus persica* (L.) Batsch.. I. Malgarim, Marcelo Barbosa, orient. II. Pasa, Mateus da Silveira, coorient. III. Título.

CDD 634.25

**Crescimento, fenologia, produção e qualidade de frutos de pessegueiros
obtidos por três sistemas de produção de mudas**

Requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências (área de conhecimento: Fruticultura de Clima Temperado), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 22/12/2025

Banca Examinadora:

.....
Dr. Marcelo Barbosa Malgarim (Presidente)
Doutor em Ciências, professor no PPGA, área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado, na Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

.....
Dr. Paulo Celso de Mello Farias
Doutor em Ciências, professor no PPGA, área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado, na Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

.....
Dra. Débora Leitzke Betemps
Doutora em Ciências, professora na Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, Cerro Largo, RS, Brasil

.....
Dr. Clevison Luiz Giacobbo
Doutor em Ciências, professor na Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Chapecó, Chapecó, SC, Brasil.

.....
Dra. Marines Batalha Moreno Kirinus
Doutora em Ciências, professora no Instituto Federal Farroupilha, campus Alegrete, Alegrete, RS, Brasil.

.....

Aos meus pais, Claudiomar e Doralice, pelo carinho, educação e ensinamentos. Ao meu irmão Felipe e minha namorada Amanda pelo apoio. A todos que me auxiliaram nessa caminhada.

Agradecimentos

À Deus, por me proteger e sempre guiar meus passos.

Aos meus pais Claudiomar e Doralice pelo carinho, educação, ensinamentos, e por nunca medir esforços para me proporcionar as melhores condições possíveis para estudar e lutar pelos meus sonhos.

Ao meu irmão Felipe pelo companheirismo, amizade e ajuda em diversas avaliações realizadas durante esse período.

À minha namorada Amanda pelo amor, companheirismo e auxílio em todos os momentos durante esses anos.

Ao amigo e colega Igor Ratzmann Holz pela amizade e auxílio em todas as atividades realizadas durante essa longa caminhada, desde o início da graduação.

Ao Prof. Dr. Marcelo Barbosa Malgarim pela orientação, ensinamentos e confiança concedidos a mim.

Ao Prof. Dr. Mateus da Silveira Pasa pelos inúmeros conhecimentos transmitidos durante esses anos de coorientação e convivência.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia por cada aula ministrada e pelos inúmeros ensinamentos transmitidos.

Aos amigos e colegas de pós-graduação pela amizade e conhecimentos compartilhados durante esse período, em especial ao Jorge Atílio Benati e Renan Navroski.

Ao Dr. Alberto Ramos Luz pela amizade oportunidade e por todos os ensinamentos transmitidos durante o período do Doutorado Sanduíche na Irlanda.

Aos amigos Jean do Prado, Virgile Ballandras e Jack Perry pelo acolhimento e amizade durante os sete meses na Irlanda.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram para a realização desse trabalho, desde a sua elaboração até a sua conclusão, meus mais sinceros agradecimentos.

*“A mente que se abre a uma nova
ideia jamais volta ao seu tamanho
original” (Albert Einstein)*

Resumo

FISCHER, Lucas de Oliveira. **Crescimento, fenologia, produção e qualidade de frutos de pessegueiros obtidos por três sistemas de produção de mudas**. 2025. 119f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

O pessegueiro é uma das principais frutíferas de clima temperado cultivadas no Brasil, com expressiva relevância socioeconômica. A propagação da espécie é tradicionalmente realizada pelo plantio de caroços do porta-enxerto no solo, seguido da enxertia por borbulhia. Contudo, o sistema convencional de produção de mudas apresenta limitações relacionadas à sanidade e ao desenvolvimento do sistema radicular, podendo comprometer o desempenho inicial das plantas após a implantação do pomar. Embora diversos estudos tenham avaliado sistemas de produção de mudas fora de solo, ainda são escassas as investigações que acompanham o crescimento, a produção e a qualidade de frutos de pessegueiros provenientes desses sistemas após o plantio, especialmente sob as condições climáticas da região Sul do Brasil. Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar, de forma integrada, a fenologia, o crescimento vegetativo, a produção e a qualidade dos frutos das cultivares de pessegueiro 'BRS Fascínio', 'Chimarrita' e 'Maciel', utilizando plantas oriundas de três sistemas de produção de mudas: convencional, semi-hidropônico e em recipiente plástico, ao longo dos quatro primeiros anos após a implantação do pomar. O trabalho foi estruturado em três estudos: no primeiro, avaliou-se o comportamento fenológico das cultivares; no segundo, analisaram-se os atributos de crescimento e os componentes de produção; e, no terceiro, determinaram-se os atributos físicos, químicos e de coloração da epiderme dos frutos. Os resultados fenológicos indicaram diferenças apenas entre cultivares, evidenciando que o sistema de produção de mudas não interfere no desenvolvimento fenológico das plantas. Em relação ao crescimento vegetativo, observaram-se diferenças iniciais associadas às características morfológicas das mudas, as quais foram atenuadas com o avanço dos anos após o plantio. Quanto aos aspectos produtivos, no primeiro ano de produção significativa, as plantas oriundas do sistema semi-hidropônico apresentaram maior produção por planta, produtividade e maior massa média dos frutos, indicando efeito positivo desse sistema no desempenho produtivo inicial do pomar. Já a qualidade dos frutos foi influenciada predominantemente pelas características genéticas das cultivares, com destaque para maiores valores de firmeza, sólidos solúveis e diferenças de coloração associadas ao tipo de polpa, não sendo observadas diferenças consistentes entre os sistemas de produção de mudas. Assim, esses resultados integrados contribuem para o entendimento dos efeitos dos sistemas de produção de mudas no estabelecimento inicial dos pomares e fornecem subsídios técnicos para a modernização da cadeia produtiva do pessegueiro no Brasil.

Palavras-chave: cultivo fora de solo; fruticultura; produtividade; propagação; *Prunus persica* (L.) Batsch.

Abstract

FISCHER, Lucas de Oliveira. **Growth, phenology, yield, and fruit quality of peach trees produced through three nursery production systems**. 2026. 119f. Thesis (Doctorate's degree in Agronomy – concentration area: Temperate Fruit Crops) – Graduate Program in Agronomy, Department of Crop Science, Federal University of Pelotas, Pelotas, RS.

The peach tree is one of the main temperate fruit crops cultivated in Brazil, with significant socioeconomic importance. Propagation of the species is traditionally carried out by sowing rootstock stones directly in the soil, followed by bud grafting. However, the conventional nursery production system presents limitations related to plant health and root system development, which may compromise the initial performance of trees after orchard establishment. Although several studies have evaluated soilless nursery production systems, investigations that monitor the growth, yield and fruit quality of peach trees originating from these systems after planting are still scarce, especially under the climatic conditions of southern Brazil. In this context, the present study aimed to evaluate, in an integrated manner, the phenology, vegetative growth, yield and fruit quality of the peach cultivars 'BRS Fascínio', 'Chimarrita' and 'Maciel', using plants produced under three nursery production systems: conventional, semi-hydroponic and plastic container, over the first four years after orchard establishment. The study was structured into three experiments: the first evaluated the phenological behavior of the cultivars; the second analyzed vegetative growth attributes and yield components; and the third determined the physical, chemical and skin color attributes of the fruits. Phenological results showed differences only among cultivars, indicating that the nursery production system does not interfere with the phenological development of the trees. Regarding vegetative growth, initial differences associated with nursery plant morphological characteristics were observed, which were attenuated over the years following planting. Concerning yield performance, in the first year of significant production, trees originating from the semi-hydroponic system exhibited higher yield per tree, yield and mean fruit mass, indicating a positive effect of this system on early orchard productivity. Fruit quality was predominantly influenced by the genetic characteristics of the cultivars, with higher firmness, soluble solids content and skin color differences associated with flesh type, while no consistent differences were observed among nursery production systems. Thus, these integrated results contribute to a better understanding of the effects of nursery production systems on early orchard establishment and provide technical support for the modernization of the peach production chain in Brazil.

Key-words: fruit growing; yield; propagation; *Prunus persica* (L.) Batsch; soilless systems.

Lista de Figuras

Relatório de trabalho no exterior

Figura 1. Pomar onde foi realizado o experimento (A) e cachos florais (B).....	40
Figura 2. Aplicação dos raleantes químicos (A) e cacho floral com frutos com 8-10 mm de diâmetro (B).....	43
Figura 3. Frutos da cultivar 'Gala Big Buks' prontos para colheita (A) e colheita de amostras (B).....	45
Figura 4. Laboratório (A) onde foram realizadas as análises de qualidade de frutos, dentre elas peso individual (B), diâmetro individual (C) e firmeza de polpa (D).....	45
Figura 5. Instalação do sistema de condução de plantas V-trellis (A) e realização de poda de verão (B).....	46
Figura 6. Auxílio na organização e participação em dias de campo com pomicultores e população local.....	46

Artigo 1

Figura 1. Acúmulo mensal e total de horas de frio na região do experimento, durante as safras de 2022, 2023, 2024 e 2025. Dados obtidos da estação meteorológica localizada na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil....	66
Figura 2. Médias mensais das temperaturas mínimas e máximas e da precipitação mensal no local do experimento, nas safras de 2022, 2023, 2024 e 2025. Dados obtidos da estação meteorológica localizada na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.....	66
Figura 3. Floração dos pessegueiros 'BRS Fascínio', 'Chimarrita' e 'Maciel', originados dos sistemas de produção de mudas convencional (CN), semi-hidropônico (SH) e em recipiente plástico (PC), durante as safras de 2022, 2023, 2024 e 2025.....	68

Artigo 2

Figura 1. Acúmulo mensal e total de horas de frio na região do experimento, durante as safras de 2022, 2023, 2024 e 2025. Dados obtidos da estação meteorológica localizada na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil....	87
---	----

Artigo 3

Figura 1. Acúmulo mensal e total de horas de frio na região do experimento, durante as safras de 2022, 2023, 2024 e 2025. Dados obtidos da estação meteorológica localizada na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil...	107
--	-----

Lista de Tabelas

Projeto de pesquisa

Tabela 1. Cronograma de atividades a serem desenvolvidas durante o período de execução do projeto de pesquisa.....	31
Tabela 2. Recursos necessários para realização do projeto de pesquisa.....	32

Relatório de trabalho no exterior

Tabela 1. Tratamentos compostos por diferentes produtos, doses e épocas de aplicação dos raleantes químicos Exilis® (6-benziladenina) e Fixor® (ácido 1-naftalenoacético) em macieiras ‘Gala Schniga® SchniCo red’ nas condições climáticas da Irlanda.....	41
Tabela 2. Tratamentos compostos por diferentes doses e épocas de aplicação do raleante químico Brevis® (metamitrom) em macieiras ‘Gala Big Buks’ nas condições climáticas da Irlanda.....	42
Tabela 3. Floração, pegamento de frutos, número de frutos, área da seção transversal do tronco (ASTT) e carga de frutos em macieiras ‘Gala Schniga® SchniCo red’ com pulverização de diferentes doses de Fixor® e Exilis®, em diferentes épocas de aplicação.....	47
Tabela 4. Floração, pegamento de frutos, número de frutos, área da seção transversal do tronco (ASTT) e carga de frutos em macieiras ‘Gala Big Buks’ com pulverização de diferentes doses de Brevis®, em diferentes épocas de aplicação.....	48
Tabela 5. Sólidos solúveis totais, acidez, firmeza de polpa, número de sementes, massa média, diâmetro médio, diâmetro menor que 55 mm, diâmetro entre 55 e 70 mm, diâmetro maior que 70 mm, produção e produtividade em macieiras ‘Gala Schniga® SchniCo red’ com pulverização de diferentes doses de Fixor® e Exilis®, em diferentes épocas de aplicação.....	50
Tabela 6. Sólidos solúveis totais, acidez, firmeza de polpa, número de sementes, massa média, diâmetro médio, diâmetro menor que 55 mm, diâmetro entre 55 e 70 mm, diâmetro maior que 70 mm, produção e produtividade em macieiras ‘Gala Big Buks’ com pulverização de diferentes doses de Brevis®, em diferentes épocas de aplicação.....	51

Artigo 1

Tabela 1. Tratamentos combinando três cultivares de pessegueiro ('Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel') e três sistemas de produção de mudas (convencional, semi-hidropônico e recipiente plástico).....	67
Tabela 2. Evolução da floração de pessegueiros 'BRS Fascínio', 'Chimarrita' e 'Maciel', originados dos sistemas de produção de mudas convencional, semi-hidropônico e em recipiente plástico, nas safras de 2022, 2023, 2024 e 2025.....	70

Artigo 2

Tabela 1. Tratamentos combinando três cultivares de pessegueiro ('Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel') e três sistemas de produção de mudas (convencional, semi-hidropônico e recipiente plástico).....	88
Tabela 2. Diâmetro abaixo e acima do ponto de enxertia e comprimento das pernas principais direita e esquerda (PPD e PPE) de pessegueiros das cultivares 'BRS Fascínio', 'Chimarrita' e 'Maciel', obtidos de plantas oriundas dos sistemas de produção de mudas em recipiente plástico, convencional e semi-hidropônico, nas safras de 2022, 2023, 2024 e 2025.....	89
Tabela 3. Produção por planta, produtividade, massa média de frutos, área da seção transversal do tronco (ASTT) e eficiência produtiva de pessegueiros das cultivares 'BRS Fascínio', 'Chimarrita' e 'Maciel', obtidos de plantas oriundas dos sistemas de produção de mudas em recipiente plástico, convencional e semi-hidropônico, nas safras de 2022, 2023, 2024 e 2025.....	91

Artigo 3

Tabela 1. Tratamentos combinando três cultivares de pessegueiro ('Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel') e três sistemas de produção de mudas (convencional, semi-hidropônico e recipiente plástico).....	108
Tabela 2. Altura, diâmetro e firmeza da polpa de frutos de pessegueiro das cultivares 'BRS Fascínio', 'Chimarrita' e 'Maciel', obtidos de plantas oriundas dos sistemas de produção de mudas em recipiente plástico, convencional e semi-hidropônico, nas safras de 2023, 2024 e 2025.....	109
Tabela 3. Teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e relação SS/AT de frutos de pessegueiro das cultivares 'BRS Fascínio', 'Chimarrita' e 'Maciel', obtidos de plantas oriundas dos sistemas de produção de mudas em recipiente plástico, convencional e semi-hidropônico, nas safras de 2023, 2024 e 2025.....	111

Tabela 4. Parâmetros de cor da epiderme (L^* , a^* , b^* , C^* e h°) de frutos de pessegueiro ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ e ‘Maciel’ provenientes de plantas produzidas em sistemas de viveiro em recipiente plástico, convencional e semi-hidropônico, durante as safras de 2023, 2024 e 2025 113

Sumário

1 Introdução geral.....	15
2 Projeto de pesquisa.....	16
2.1 Título.....	16
2.2 Introdução e justificativa.....	16
2.3 Revisão bibliográfica.....	18
2.3.1 Importância do sistema radicular.....	19
2.3.2 Sistemas de produção de mudas de pessegueiro.....	20
2.3.2.1 Sistema convencional.....	20
2.3.2.2 Sistema semi-hidropônico.....	20
2.3.2.3 Sistema em sacos de polietileno.....	21
2.3.3 Cultivares copa.....	21
2.3.3.1 'Chimarrita'.....	21
2.3.3.2 'BRS Fascínio'.....	22
2.3.3.3 'Maciel'.....	22
2.4 Objetivos.....	23
2.4.1 Objetivo geral.....	23
2.4.2 Objetivos específicos.....	23
2.5 Hipóteses.....	23
2.6 Metas.....	24
2.7 Material e métodos.....	24
2.7.1 Implantação do pomar.....	24
2.7.2 Constituição dos tratamentos.....	25
2.7.3 Preparo do solo e plantio.....	25
2.7.4 Delineamento experimental.....	25
2.7.5 Experimento 1.....	25
2.7.6 Experimento 2.....	28
2.8 Cronograma de atividades.....	31
2.9 Recursos necessários.....	32
2.10 Referências bibliográficas.....	33

3 Relatórios.....	37
3.1 Relatório de trabalho de campo.....	37
3.2 Relatório de trabalho no exterior.....	38
4 Artigos desenvolvidos.....	53
4.1 Artigo 1.....	53
4.1.1 Introdução.....	54
4.1.2 Material e métodos.....	55
4.1.3 Resultados.....	57
4.1.4 Discussão.....	59
4.1.5 Agradecimentos.....	61
4.1.6 Referências.....	61
4.2 Artigo 2.....	73
4.2.1 Introdução.....	74
4.2.2 Material e métodos.....	75
4.2.3 Resultados.....	78
4.2.4 Discussão.....	80
4.2.5 Agradecimentos.....	83
4.2.6 Referências.....	83
4.3 Artigo 3.....	93
4.3.1 Introdução.....	94
4.3.2 Material e métodos.....	95
4.3.3 Resultados.....	98
4.3.4 Discussão.....	99
4.3.5 Agradecimentos.....	102
4.3.6 Referências.....	103
5 Considerações finais.....	115
Referências bibliográficas (Introdução geral).....	118

1 Introdução geral

O cultivo do pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch] possui expressiva relevância econômica e social no Brasil, principalmente nas regiões Sul e Sudeste. O estado do Rio Grande do Sul é considerado o principal produtor nacional, com cerca de 137,5 mil toneladas de frutos (IBGE, 2024), mantendo o país entre os treze maiores produtores mundiais de pêssegos e nectarinas (FAO, 2024). No entanto, quando se considera a produtividade, o Brasil ocupa apenas a 26ª posição no ranking mundial, permanecendo aquém dos valores observados em países líderes como Estados Unidos, Espanha e China. Entre os fatores que contribuem para esse cenário, destaca-se a baixa qualidade das mudas utilizadas na formação de novos pomares, a qual reflete diretamente no estabelecimento, na longevidade e no potencial produtivo das plantas (MAYER et al., 2017).

A qualidade das mudas constitui um dos pilares da fruticultura moderna, influenciando o vigor inicial, o equilíbrio vegeto-produtivo e a precocidade de entrada em produção dos pomares (LAYNE; BASSI, 2008; BADENES; BYRNE, 2012). No caso do pessegueiro, atributos como uniformidade, arquitetura radicular e sanidade das mudas desempenham papel determinante no desempenho do pomar, sobretudo nos primeiros anos após a implantação. Entretanto, os sistemas tradicionais de produção de mudas, majoritariamente conduzidos em solo, ainda estão sujeitos a grande variabilidade decorrente das condições climáticas, das características físicas e químicas dos solos e de limitações fitossanitárias.

Diante dessas restrições, pesquisas conduzidas no Brasil têm intensificado a avaliação de sistemas de produção de mudas fora de solo, com o objetivo de promover maior padronização, melhor controle hídrico e nutricional e incremento da qualidade fisiológica das plantas (SCHMITZ et al., 2014; SOUZA et al., 2018; NICOLAO et al., 2023). Esses sistemas possibilitam um ambiente de cultivo mais controlado, reduzindo a interferência de adversidades climáticas e fitopatológicas, o que resulta em mudas mais vigorosas, com maior proporção de raízes finas, maior eficiência na absorção de nutrientes e maior uniformidade.

Diversos estudos reforçam a importância da fase de viveiro na determinação do desempenho futuro dos pomares, indicando que práticas adotadas na etapa juvenil — como o manejo nutricional, o tipo de recipiente e o substrato utilizado — podem gerar efeitos residuais duradouros, influenciando a arquitetura da copa, o crescimento vegetativo, a precocidade do florescimento e a produção em anos subsequentes

(DEJONG; DAY, 1991; WERNER; OKIE, 2008; SWANSON; BROWN, 2019). Contudo, apesar dos avanços no conhecimento sobre técnicas de produção de mudas, ainda são escassos os estudos que quantificam esses efeitos após a implantação do pomar, especialmente em frutíferas de caroço cultivadas sob clima subtropical úmido, predominante em grande parte da região Sul do Brasil.

Além do estabelecimento inicial das plantas, a compreensão do comportamento fenológico das cultivares é fundamental para o adequado planejamento e manejo dos pomares. Nesse sentido, diferenças fenológicas entre cultivares de pessegueiro sob distintas condições edafoclimáticas têm sido amplamente documentadas (PENSO et al., 2024; CIFUENTES-CARVAJAL et al., 2024; SOBIERAJSKI et al., 2024; YAN et al., 2024). Entretanto, ainda são limitadas as informações que integrem os efeitos dos sistemas de produção de mudas sobre o comportamento fenológico, o crescimento vegetativo, a produção e a qualidade dos frutos após o estabelecimento do pomar.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, de forma integrada, a fenologia, o crescimento, a produção e a qualidade de frutos de três cultivares de pessegueiro provenientes de distintos sistemas de produção de mudas, ao longo dos quatro primeiros anos após a implantação do pomar. A tese é composta por três artigos científicos: o primeiro aborda as características fenológicas das cultivares em plantas oriundas de três sistemas de produção de mudas; o segundo analisa o crescimento vegetativo e os componentes de produção dessas plantas; e o terceiro avalia os parâmetros físicos e químicos da qualidade dos frutos obtidos. Ao integrar essas abordagens, buscou-se preencher uma lacuna relevante na literatura e fornecer subsídios técnicos para a escolha de sistemas de produção de mudas, contribuindo para o avanço tecnológico da cadeia produtiva do pessegueiro no Brasil.

2 Projeto de pesquisa

2.1 Título

Crescimento, produção e dinâmica nutricional de pessegueiros obtidos de mudas produzidas em diferentes sistemas de cultivo

2.2 Introdução e justificativa

O pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch] apresenta importância econômica e social dentre as frutíferas de clima temperado cultivadas no Brasil, com uma

produção estimada de aproximadamente 200.000 toneladas e uma área plantada de cerca de 16 mil hectares (FAOSTAT, 2020). A propagação da espécie é convencionalmente realizada com o plantio do porta-enxerto no solo, com posterior enxertia da cultivar copa desejada, ocasionando problemas como resistência mecânica do solo à expansão e desenvolvimento do sistema radicular das mudas e, conseqüentemente, mudas com um menor número de raízes secundárias, que resultam em menor sobrevivência após o plantio, afetando o desempenho inicial das plantas após a implantação do pomar e tornando a porcentagem de replante muitas vezes elevada (MAYER; ANTUNES, 2010).

A qualidade das mudas é considerada um dos pilares da fruticultura, pois devido à maioria das espécies serem perenes, produzindo por um longo período de tempo, a mesma irá influenciar diretamente na produtividade e longevidade dos pomares e, conseqüentemente, na rentabilidade do empreendimento frutícola (FACHINELLO et al., 2005). Dessa forma, a utilização de mudas com sistema radicular bem desenvolvido, com maior ramificação de raízes, resulta na exploração de uma maior área de solo, aumentando a eficiência na absorção de nutrientes e, conseqüentemente, permite um maior crescimento e desenvolvimento inicial das plantas (RAZAQ et al., 2017). Por outro lado, com o plantio de mudas com sistema radicular de baixa qualidade, as plantas apresentam maiores dificuldades de desenvolvimento durante o seu crescimento inicial, além de menor tolerância a estresses abióticos como déficit hídrico e menor resistência a ventos fortes (SALISU et al., 2018).

Os sistemas de cultivo sem solo apresentam grande potencial na propagação de espécies frutíferas, devido ao suprimento mais adequado de nutrientes, além de proporcionar melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicular das mudas produzidas (SCHUCH; PEIL, 2012; TOMAZ et al., 2014). A produção de mudas em embalagem com substrato proporciona uma boa qualidade em relação às mudas produzidas a campo, devido à retenção de água, rápido crescimento no viveiro, melhor controle da adubação e ausência de nematoides pelo uso de substratos estéreis, possibilitando o transplantio para o campo em qualquer época do ano, quando provido de irrigação, além de apresentar desenvolvimento inicial mais rápido (PEREIRA; MAYER, 2005). Outra alternativa ao sistema de cultivo convencional é a semi-hidroponia, considerada um sistema de cultivo inovador para a produção de mudas de espécies lenhosas, sendo fundamental a avaliação das plantas após seu plantio,

assim como de seus frutos, para se tornar uma boa opção ao setor produtivo do pessegueiro (SOUZA et al., 2018).

Muitos estudos foram desenvolvidos avaliando a qualidade de mudas de pessegueiro produzidas em sistemas de produção alternativos ao convencional, sem utilização de solo (FISCHER et al., 2022; MAYER et al., 2013; SCHMITZ et al., 2014; TOMAZ et al., 2014). Porém, torna-se necessária a avaliação do crescimento e desenvolvimento iniciais, bem como da dinâmica da absorção de nutrientes das plantas oriundas de diferentes tipos de mudas, após sua implantação do pomar.

A utilização eficiente dos nutrientes pelas plantas depende de mecanismos relacionados às características morfológicas e fisiológicas das mesmas, como sistema radicular extensivo, o qual possibilita a exploração de maior volume de solo, além de alta relação entre raízes e parte aérea, capacidade de manter o metabolismo normal com baixo teor de nutrientes nos tecidos, e elevada taxa fotossintética (FAGERIA; BALIGAR, 1993). Plantas com um bom crescimento inicial e vigor, apresentam maior área de superfície foliar e, conseqüentemente, maior eficiência na absorção dos raios solares, elevando as taxas fotossintéticas que possibilitam uma maior produção de biomassa. (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Portanto, considerando a importância da qualidade das mudas sobre o desempenho inicial das plantas e, conseqüentemente, na rentabilidade dos pomares frutícolas, com o presente projeto de pesquisa objetiva-se avaliar o crescimento e produção, assim como a qualidade de frutos e dinâmica da absorção de nutrientes de pessegueiros ‘Chimarrita’, ‘BRS Fascínio’ e ‘Maciel’ provenientes de mudas obtidas em sistema de produção convencional, semi-hidropônico e em sacos de polietileno.

2.3 Revisão Bibliográfica

A qualidade das mudas utilizadas na implantação de um pomar é extremamente importante e impacta diretamente no crescimento e desenvolvimento inicial das plantas. Dentre os atributos indicativos de qualidade das mudas, apresentam destaque os relacionados ao sistema radicular, pois influenciam diretamente na sobrevivência após o plantio, assim como na resistência a estresses abióticos e na eficiência de absorção de nutrientes.

No Brasil, a grande maioria das mudas de pessegueiro é convencionalmente produzida no solo, porém, devido aos inúmeros problemas relacionados a esse sistema de produção, os viveiristas vêm buscando alternativas para fornecer aos

produtores mudas com maior qualidade. Sistemas produção sem solo como a semi-hidroponia e em embalagens de polietileno estão sendo utilizados com o intuito de melhorar a qualidade do sistema radicular das mudas produzidas. As cultivares copa 'Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel' são amplamente utilizadas em pomares comerciais de pessegueiro e apresentam destaque, com boa produção e qualidade de fruto.

2.3.1 Importância do sistema radicular

O sistema radicular é responsável pelo armazenamento de reservas, sustentação e captação de água e nutrientes pelas plantas, além de apresentar grande importância na produção de fitohormônios, como as citocininas (BASILE et al., 2007). Além disso, as raízes também são responsáveis pela resistência e sobrevivência das plantas quando expostas a condições ambientais desfavoráveis, como nutrientes limitados, salinidade, temperaturas extremas, encharcamento, acidez e seca, dentre outros estresses bióticos (SALEEM et al., 2020; ZHANG et al., 2017).

Sistemas com predominância de raízes com menor diâmetro apresentam maior área superficial específica, com grande número de ápices radiculares grande importância, sendo consideradas o principal caminho para a absorção de água e nutrientes nas plantas, além de ter um importante papel na ciclagem de carbono e nutrientes no solo (JACKSON et al., 1997). Em espécies arbóreas perenes, as ramificações laterais no sistema radicular apresentam relação direta com a sobrevivência e o rápido estabelecimento após o transplante das mudas, resultando, dessa forma, em melhores taxas de crescimento inicial (SCHULTZ; THOMPSON, 1997).

A regeneração radicular é de fundamental importância para o estabelecimento de mudas plantadas, pois o crescimento de novas raízes permite que a muda estabeleça a conexão com o solo e, dessa forma, supere o estresse e as condições impostas pelo ambiente (KRASOWSKI, 2003; GROSSNICKLE, 2005). Portanto, sistemas de produção que aumentam a quantidade de raízes com menor diâmetro nas mudas, tanto de raiz nua quanto em embalagem, apresentam grande importância, contribuindo para uma melhora na qualidade das mesmas (WILSON et al., 2007).

2.3.2 Sistemas de produção de mudas de pessegueiro

2.3.2.1 Sistema convencional

As mudas provenientes desse sistema são denominadas de raiz nua, devido à forma em que são comercializadas, com arranquio do solo e exposição do sistema radicular. Dessa forma, o plantio dos caroços (porta-enxerto) é feito diretamente no solo, a campo e conduzido em linhas, com posterior enxertia da cultivar copa entre os meses de novembro e janeiro, utilizando borbúlia de gema ativa, em “T” invertido, com posterior comercialização das mudas no período de repouso vegetativo das mesmas, entre os meses de junho e agosto (MAYER et al., 2014; PEREIRA; MAYER, 2005). Porém, apesar de ser amplamente utilizado, esse sistema de cultivo acaba dificultando o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, diminuindo a precisão de práticas importantes, como a adubação e o controle da irrigação dessas plantas, além de favorecer a ocorrência de erosões (MAYER; ANTUNES, 2010).

Além disso, outro empecilho se deve ao fato de algumas frutíferas terem como característica a liberação de fitotoxinas no solo, as quais acabam comprometendo cultivos posteriores, como por exemplo, no caso do pessegueiro, a prunasina e da ameixeira, a amigdalina. Portanto, é fundamental que a área escolhida para implantação do viveiro esteja com no mínimo cinco anos sem o plantio de pomares e três anos sem o plantio de viveiros (HOFFMAN et al., 2005).

2.3.2.2 Sistema semi-hidropônico

No ano de 2016, foi desenvolvido no viveiro Frutplan Mudas Ltda, em Pelotas/RS, um novo sistema de produção para mudas de frutos de caroço, com o intuito de solucionar os inúmeros problemas existentes no sistema convencional. Assim, desenvolveu-se um sistema denominado semi-hidropônico, em canteiros suspensos, com calha, utilizando turfa com casca de pinus como substrato, sendo todo o manejo nutricional realizado via fertirrigação.

Esse inovador sistema de produção diminuiu consideravelmente a necessidade de mão de obra a ser empregada no viveiro, melhorando as condições de trabalho, desde o momento do plantio dos porta-enxertos, até o arranquio das mudas. Também se notou, visualmente, grande diferença na qualidade, principalmente no que tange ao desenvolvimento do sistema radicular, pois as plantas provenientes do sistema semi-hidropônico apresentam um elevado número de raízes

e de radículas, implicando em um maior desenvolvimento após a implantação do pomar.

Outras características interessantes foram observadas por produtores, os quais citam uma grande diferença na produção das plantas cultivadas nesse sistema, adiantando a produção comercial em aproximadamente um ano, quando comparado com pomares implantados com mudas oriundas do sistema convencional. Nota-se ainda, uma maior uniformidade entre as plantas, quanto aos aspectos relacionados ao tamanho, vigor e brotação.

2.3.2.3 Sistema em sacos de polietileno

A produção de mudas de pessegueiros em recipientes apresenta diversas vantagens, dentre elas a otimização no uso de fertilizantes, maior facilidade de tratamentos culturais e sistema radicular de excelente qualidade, com grande quantidade de radículas, ocasionando uma maior porcentagem de pegamento das mudas no campo. Além disso, possibilita que as mudas sejam transplantadas para o campo em qualquer época do ano, desde que não falte umidade (MAYER et al., 2013).

O substrato utilizado é considerado um dos principais fatores para a produção de mudas de qualidade, influenciando no crescimento e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (WAGNER JÚNIOR et al., 2007). Schmitz et al. (2014), com a produção de porta-enxertos em sacos de polietileno mantidos em ambiente protegido, verificaram que o período necessário para atingir o diâmetro adequado para enxertia é o mesmo do cultivo a campo, demonstrando assim, a viabilidade do sistema de cultivo testado.

2.3.3 Cultivares copa

2.3.3.1 ‘Chimarrita’ (*Prunus persica*)

Cultivar de mesa, criada pelo Centro Nacional de Fruticultura de Clima Temperado, originária do cruzamento entre ‘Babcock’ e ‘Flordabella’, no ano 1987. As plantas apresentam vigor médio, formato aberto, e alta produtividade. Produz bem em anos com acúmulo de frio hibernar de 200 horas, assim como em anos com acúmulo de 600 horas, desde que as áreas não estejam expostas a geadas tardias. Seus frutos apresentam forma redonda, tamanho grande e peso médio (em torno de 100 g), com

polpa branca, fundente e firme, e sabor doce, com teor de sólidos solúveis variando entre 12 e 15 °Brix. Possuem boa aparência, com película de coloração creme-esverdeado, com 40 a 60% de vermelho. A plena floração ocorre, geralmente, em meados de agosto, com a colheita dos frutos iniciando no final de novembro ou na primeira semana de dezembro. Apesar de seu lançamento ter ocorrido na década de 1980, a cultivar Chimarrita continua sendo muito plantada, devido à sua elevada produtividade, como também pelas ótimas características de seus frutos (RASEIRA et al., 2014).

2.3.3.2 'BRS Fascínio' (*Prunus persica*)

Cultivar de mesa obtida por polinização aberta da progênie resultante do cruzamento entre a cultivar de pessegueiro 'Chimarrita' e a nectarineira 'Linda', sendo primeiramente testada como seleção Cascata 1032. Suas plantas apresentam vigor médio a alto, assim como alta produtividade, em regiões e anos com 200 a 300 horas de acúmulo de frio hibernal. Produz frutos de tamanho grande (massa média de 200 a 300 gramas), com polpa branco-esverdeada e traços de vermelho, não fundente no ponto de colheita e sabor doce, com pouca acidez. A película apresenta coloração creme, sendo mais de 50% com cor vermelho-marmorizada (RASEIRA et al., 2014).

2.3.3.3 'Maciel' (*Prunus persica*)

Cultivar de dupla finalidade, oriunda de seleção entre os seedlings do cruzamento entre as seleções Conserva 171 e Conserva 334, da Embrapa Clima Temperado. As plantas apresentam formato aberto e vigor médio, adaptando-se a regiões com 200 a 300 horas de acúmulo de frio hibernal. Os frutos têm forma redondo-cônica e tamanho grande, com peso médio de 120 g, e película amarelo-ouro com até 20% de coloração vermelha. A polpa é amarela, firme, não fundente e aderente ao caroço, com sabor doce-ácido, valor de sólidos solúveis variando de 11 a 16 °Brix, apresentando leve adstringência. A plena floração ocorre no final de julho ou início de agosto, com colheita iniciando-se, geralmente, na segunda e terceira semana de dezembro. Dessa forma, a cultivar Maciel destaca-se por apresentar uma elevada produtividade, com frutos de bom tamanho, aparência e resistência ao transporte, considerados com ótima qualidade, tanto para industrialização, quanto para consumo in natura (RASEIRA et al., 2014).

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo geral

Avaliar o crescimento, produção e qualidade de frutos, além da dinâmica nutricional de pessegueiros 'Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel' obtidos a partir de mudas produzidos em sistema de cultivo convencional, semi-hidropônico e em sacos de polietileno.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar a influência de mudas produzidas em sistema convencional, semi-hidropônico e em sacos de polietileno no diâmetro de caule, comprimento das pernas principais, volume de copa e massa fresca de poda de pessegueiros 'Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel'.

- Identificar os efeitos de mudas oriundas de sistemas de produção convencional, semi-hidropônico e em sacos de polietileno sobre o número de frutos por planta, produção média e produtividade estimada de pessegueiros das cultivares Chimarrita, BRS Fascínio e Maciel.

- Analisar a influência de mudas produzidas em sistema convencional, semi-hidropônico e em sacos de polietileno sobre a massa fresca, diâmetro, sólidos solúveis totais, acidez total, coloração da epiderme e firmeza de polpa de frutos de pessegueiros 'Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel'.

- Identificar os efeitos de mudas oriundas de sistemas de produção convencional, semi-hidropônico e em sacos de polietileno sobre a dinâmica da absorção de nutrientes em pessegueiros das cultivares Chimarrita, BRS Fascínio e Maciel

2.5 Hipóteses

- As plantas oriundas de mudas produzidas nos sistemas de cultivo semi-hidropônico e em sacos de polietileno apresentam maior crescimento inicial quando comparadas às produzidas em sistema de produção convencional.

- As plantas provenientes de mudas produzidas nos sistemas de cultivo semi-hidropônico e em sacos de polietileno apresentam maior produção inicial, quando comparadas às produzidas em sistema de produção convencional.

- Os frutos de plantas oriundas de mudas produzidas nos sistemas de cultivo semi-hidropônico e em sacos de polietileno apresentam maior qualidade, quando comparados aos de produzidas em sistema de produção convencional.

- As plantas provenientes de mudas produzidas nos sistemas de cultivo semi-hidropônico e em sacos de polietileno apresentam melhor dinâmica de absorção nutricional, após a implantação do pomar, quando comparadas às oriundas de mudas convencionais.

2.6 Metas

- Identificar qual sistema de produção de mudas origina plantas com maior desempenho inicial, relacionado ao crescimento, produção e qualidade dos frutos, assim como na dinâmica da absorção de nutrientes.

- Verificar qual cultivar comercial apresenta o melhor desempenho inicial em aspectos relacionados ao crescimento, produção e qualidade dos frutos, assim como na dinâmica da absorção de nutrientes.

2.7 Material e métodos

Durante o período do doutorado, serão desenvolvidos dois experimentos, com o primeiro avaliando parâmetros relacionados ao crescimento e produção iniciais, assim como a qualidade de frutos provenientes de plantas oriundas de mudas de três cultivares copa de pessegueiro, obtidas em três sistemas de produção. Com o segundo trabalho, espera-se estimar a dinâmica da absorção de nutrientes das plantas, quantificando os mesmos por meio de análises foliares, correlacionando esses resultados com os aspectos produtivos avaliados no primeiro estudo.

2.7.1 Implantação do pomar

Os experimentos serão conduzidos em um pomar previamente implantado no viveiro comercial Frutplan Mudas Ltda, localizado no município de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Latitude 31° 32' 58" S, Longitude 52° 23' 46" O

Greenwich, a 106 metros de altitude) com mudas obtidas durante o ciclo de 2020/2021. Dessa forma, as avaliações ocorrerão durante os ciclos produtivos iniciais de 2022 até 2024.

2.7.2 Constituição dos tratamentos

Serão utilizadas mudas oriundas de três diferentes sistemas de produção: convencional (no solo), semi-hidropônico e em sacos de polietileno com dimensões de 19 x 35 cm, com os dois sistemas sem solo utilizando turfa com casca de pinus como substrato. O porta-enxerto utilizado na produção das mudas será o pessegueiro Capdeboscq, e as cultivares copa Chimarrita, BRS Fascínio e Maciel, obtidas através de enxertia via borbúlia de gema ativa.

2.7.3 Preparo do solo e plantio

Será previamente realizada a amostragem e análise do solo no local onde se instalará o pomar, seguidas da calagem e adubação para correção inicial do pH e dos níveis de nutrientes no mesmo, de acordo com as recomendações para a espécie. Após, as mudas serão plantadas a campo, com espaçamento de 1,5 metros entre plantas e 5,0 metros entre as linhas de cultivo, utilizando sistema de condução em “Y” com duas pernadas principais. Posteriormente, será instalado sistema de fertirrigação por gotejamento e rafia de solo com largura de 1,20 metros ao longo da linha de cultivo.

2.7.4 Delineamento experimental

Será utilizado delineamento experimental em casualização por blocos, em um fatorial 3 x 3 (três sistemas de produção de mudas x três cultivares copa), totalizando nove tratamentos, sendo utilizadas quatro repetições por tratamento, cada uma composta por cinco plantas, sendo avaliadas as três plantas internas de cada parcela, com as duas restantes servindo como bordadura.

2.7.5 Experimento 1

2.7.5.1 Variáveis a serem analisadas

Ocorrerá continuidade na avaliação dos parâmetros relacionados ao crescimento vegetativo das plantas, a qual teve início após o plantio em 2021. As

avaliações relacionadas à produção e qualidade de frutos serão realizadas a partir do primeiro ciclo produtivo, no final de 2022, até o ciclo de 2024, compreendendo dessa forma, os períodos de crescimento e produção iniciais das plantas.

2.7.5.2 Sobrevivência após plantio

Avaliada verificando a quantidades de mudas que sobreviveram ao transplântio, realizando replante caso necessário.

2.7.5.3 Variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo

2.7.5.3.1 Diâmetro de tronco (mm)

Aferido anualmente, cerca de 5 cm abaixo e acima do ponto de enxertia, com auxílio de paquímetro digital, com início logo após o plantio.

2.7.5.3.2 Área de secção do tronco (cm²)

Calculada com a fórmula: $AST = \pi \times R^2$, onde AST = área de secção do tronco, $\pi = 3,1416$ e R = raio do tronco (cm).

2.7.5.3.3 Comprimento das pernadas principais (cm)

Aferida com fita métrica, desde o ponto de brotação da perna até seu ápice, logo após a poda de formação e, posteriormente, a cada 365 dias.

2.7.5.3.4 Volume de copa (cm³)

Determinado pelo volume de um paralelepípedo, através da fórmula $v = a.b.c$, onde 'v' = volume da copa, 'a' = altura a partir da abertura das pernadas, 'b' = maior largura da copa, 'c' = menor largura da copa. Aferido anualmente.

2.7.5.3.5 Massa fresca de poda (g)

Será obtida por meio da pesagem do material retirado nas podas de inverno e verão em cada planta avaliada, com o auxílio de balança digital.

2.7.5.4 Variáveis relacionadas aos aspectos produtivos

2.7.5.4.1 Número de frutos por planta

No momento da colheita será feita a contagem do número de frutos de cada planta avaliada.

2.7.5.4.2 Produção média (kg planta⁻¹)

A produção média por planta será determinada por meio da pesagem dos frutos colhidos por parcela, dividido pelo número de plantas.

2.7.5.4.3 Produtividade estimada (t ha⁻¹)

Com base no espaçamento utilizado, resultando na densidade de plantio de 1.333 plantas por hectare, a produtividade será estimada.

2.7.5.4.4 Eficiência produtiva (kg cm²)

Determinada pela fórmula: $EF = P/AST$, onde EF = eficiência produtiva, P = produção da planta e AST = área da secção do tronco.

2.7.5.5 Variáveis relacionadas à qualidade de fruto

Após realizada a pesagem e contagem, uma amostra contendo 20 frutos por repetição será separada aleatoriamente para análise dos demais parâmetros relacionados à sua qualidade:

2.7.5.5.1 Massa fresca de fruto (g)

Será avaliada utilizando balança de precisão, aferindo a massa dos 20 frutos selecionados para cada parcela.

2.7.5.5.2 Diâmetro de fruto (mm)

Aferido com paquímetro digital, posicionado perpendicularmente ao eixo do fruto, sendo realizadas duas medidas por fruto.

2.7.5.5.3 Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis será determinado utilizando suco puro em um refratômetro digital.

2.7.5.5.4 Acidez Total (meq L⁻¹)

Obtida por titulação, utilizando 10 mL de suco diluído em 90 mL de água destilada e titulada com hidróxido de sódio 0,1 N para pH 8,1.

2.7.5.5.5 Coloração da Epiderme

Determinada por uma escala de cores variando de 1 a 4, representando > 80% vermelho, 60-80% vermelho, 40-60% vermelho e 20-40% vermelho, respectivamente.

2.7.5.5.6 Firmeza de polpa (N)

Para a mensuração da firmeza de polpa, a epiderme será previamente retirada em dois lados opostos da porção equatorial dos frutos, sendo em seguida perfurados com auxílio de um penetrômetro manual, utilizando ponteira de 8,0 mm de diâmetro.

2.7.5.6 Análise estatística

Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando significativo, realizada comparação de médias ou análise de regressão linear ou polinomial ($p < 0,05$), utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

2.7.5.7 Resultados esperados

Espera-se determinar a influência de três diferentes tipos de muda sobre o crescimento e produção inicial, assim como na qualidade de frutos de pessegueiros 'Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel', contribuindo para a produção e aquisição de mudas com maior tecnologia e qualidade, que possibilitem um retorno econômico maior e mais rápido aos produtores.

2.7.6 Experimento 2

2.7.6.1 Coleta das amostras

Serão coletadas amostras de folhas nas três plantas centrais de cada repetição, na época padrão indicada pela CQFS-RS/SC (2016), entre a 13^a e a 15^a semana após a plena floração, respeitando o ciclo de cada uma das três cultivares copa, conforme a recomendação de CARMO et al. (1998).

2.7.6.2 Preparo das amostras

Para análise do conteúdo dos nutrientes, as amostras serão primeiramente secas em estufa com temperatura de 65 °C até obterem peso constante, sendo posteriormente, moídas em moinho e analisadas quanto aos teores minerais conforme metodologias descritas por TEDESCO et al. (1995).

2.7.6.3 Obtenção dos extratos

Para a obtenção dos extratos dos elementos fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro, será realizada a digestão nítrico-perclórica. Para o nitrogênio, será utilizada solubilização sulfúrica e para o boro, solubilização via digestão seca (mufla).

2.7.6.4 Análise dos elementos

O fósforo será analisado por espectrometria com amarelo de vanadato, enquanto o potássio determinado em fotômetro de chama. Cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês serão determinados em espectrofotômetro de absorção atômica. O boro será quantificado pelo método da Azometina-H e o nitrogênio por meio do analisador elemental TruSpec CHN-S.

2.7.6.5 Variáveis a serem analisadas

Os resultados obtidos com esse segundo experimento serão relacionados aos parâmetros de crescimento inicial, assim como aos aspectos produtivos e qualitativos dos frutos, os quais serão obtidos com o primeiro estudo.

2.7.6.6 Análise estatística

Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando significativo, realizada comparação de médias ($p < 0,05$), utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019). Será realizada a análise de correlação linear de Pearson entre os nutrientes e, para interpretação da correlação, a classificação proposta por SHIKAMURA (2006), classificando os valores por faixas, considerando até 0,19 como correlação muito fraca; fraca de 0,20 a 0,39; moderada de 0,40 a 0,69; forte de 0,70 a 0,89; e muito forte de 0,90 a 1,00.

2.7.6.7 Resultados esperados

Espera-se determinar a dinâmica da absorção de nutrientes em pessegueiros 'Chimarrita', 'BRS Fascínio' e 'Maciel' oriundos de mudas produzidas em sistema convencional, semi-hidropônico e em sacos de polietileno.

2.9 Recursos necessários

Tabela 2. Recursos necessários para realização do projeto de pesquisa.

Materiais	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Óleo Diesel	litro	120	7,05	846,00
Tesoura de poda	un.	1	520,00	520,00
Fita métrica	un.	1	50,00	50,00
Paquímetro digital	un.	1	385,00	385,00
Etiquetas	folha	10	2,50	25,00
Placas identificação	un.	50	2,00	100,00
NaOH	grama	1.000	1,60	1.600,00
Água destilada	litro	5	48,50	242,50
Caixas plásticas	un.	16	36,50	584,00
Calcário	tonelada	8	16,00	128,00
Uréia	saco	6	205,00	1.230,00
Cloreto de Potássio	saco	5	286,00	1.430,00
Superfosfato triplo	saco	10	285,00	2.850,00
Nitrato de Cálcio	saco	2	115,00	230,00
Sulfato de Magnésio	saco	1	95,00	95,00
MKP	saco	1	318,50	318,50
MAP	saco	1	276,00	276,00
Ferro	kg	1	105,00	105,00
Boro Green	litro	1	81,50	81,50
Zincosol	litro	1	40,00	40,00
Geoquel Cobre	kg	1	120,00	120,00
Sulfato de Manganês	kg	1	13,00	13,00
Reagentes	un.	1	2.500,00	2.500,00
TOTAL				R\$13.769,50

2.10 Referências bibliográficas

BASILE, B.; BRYLA, D. R.; SALSMAN, M. L.; MARSAL, J.; CIRILLO, C.; JOHNSON, R. S.; DEJONG, T. M. Growth patterns and morphology of fine roots of sizecontrolling and invigorating peach rootstocks. **Tree Physiology**, v.27, p.231–241, 2007.

CARMO, C. A. F. S.; NOGUEIRA, A. R. A.; OLIVEIRA, A. S.; ALMEIDA, D. G.; FERNANDES, F. D.; PITTA, G. V. E.; CARLOS, G. M.; OLIVEIRA, H.; MAMÃO, J. B.; ARMELIN, M. J. A.; SALDANHA, M. F. C.; MYAZAWA, M.; SCRAMIM, S.; BARRETO, W. O.; RUFINI, Y. A. Tecidos vegetais. In: NOGUEIRA, A. R. A.; MACHADO, P. L. O.; CARMO, C. A. F. S.; FERREIRA, J. R. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. Coleta, acondicionamento e preparo de amostras**. São Carlos: EMBRAPA - Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, p.32-42, 1998.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10ed. Porto Alegre: SBCS. 376p. 2016.

FACHINELLO J. C; HOFFMANN A.; NACHTIGAL J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: **Workshop on adaptation of plants to soil stresses**. Proceedings... Lincoln: University of Nebraska, p.142-159, 1993.

FAOSTAT. **Crop Production**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 9 maio. 2022.

FISCHER, L. O.; MALGARIM, M. B.; BERGMANN, A. R.; HOLZ, I. R.; FISCHER, D. L. O.; PASA, M. S. **Qualidade do sistema radicular de mudas de pessegueiro produzidas em diferentes sistemas de cultivo**. Anais XXVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. 5p., 2022.

GROSSNICKLE S. C. The importance of root growth in overcoming planting stress. **New Forests**, v.30, p.273–294, 2005.

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. A. Formas de propagação por sementes. In: FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN A.; NACHTIGAL J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.45-67.

JACKSON, R. B.; MOONEY, H. A.; SCHULZE, E. D. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. **Proceedings of the National Academy of Science**, v.94, p.7362–7366, 1997.

KRASOWSKI, M. J. Root system modifications by nursery culture reflect on postplanting growth and development of coniferous seedlings. **Forestry Chronicle**, v.79, n.5, p.882–891, 2003.

MAYER, N. A.; ANTUNES, L. E. C. **Diagnóstico do Sistema de Produção de Mudanças de Prunóideas no Sul e Sudeste do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 50p.

MAYER, N. A.; BIANCHI, V. J.; CASTRO, L. A. S. Porta-enxertos. In: **Pessegueiro**. Brasília: Embrapa, 2014. p.173–223.

MAYER, N. A.; UENO, B. A.; FELDBERG, N. A. **Produção de mudas de frutíferas de caroço em recipientes**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013.

PEREIRA, F. M.; MAYER, N. A. **Pessegueiro: tecnologias para a produção de mudas**. Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão - Funep, 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna. R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 9 maio. 2022.

RASEIRA, M. C. B.; NAKASU, B. H.; BARBOSA, W. Cultivares: Descrição e Recomendação. In: CARVALHO, F. L. C.; RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, J. F. M. **Pessegueiro**. Brasília: Embrapa, 2014. p.73–141.

RAZAQ, M.; ZHANG, P.; SHEN, H.; SALAHUDDIN, L. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono. **PLoS ONE**, v.12, p.1-13, 2017.

SALEEM, M.; PERVAIZ, Z. H.; CONTRERAS, J.; LINDENBERGER, J. H.; HUPP, B. M.; CHEN, D.; ZHANG, Q.; WANG, C.; IQBAL, J.; TWIGG, P. Cover crop diversity improves multiple soil properties via altering root architectural traits. **Rhizosphere**, v.16, p.1-10, 2020.

SALISU, M. A.; SULAIMAN, Z.; SAMAD, M. Y. A.; KOLAPO, O. K. Effect of various types and size of container on growth and root morphology of rubber (*Hevea Brasiliensis* Mull. Arg.). **Scientific & Technology Research**, v.7, p.21–27, 2018.

SCHMITZ, J. D.; PASA, M. S.; FISCHER, D. L. O.; FACHINELLO, J. C.; BIANCHI, V. J. Desempenho de porta-enxertos em diferentes sistemas de cultivo na produção de mudas do pessegueiro 'Chimarrita'. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n.2, p.155-160, 2014.

SCHUCH, M. W.; PEIL, R. M. N. Soilless cultivation systems: A new approach in fruit plants propagation in Southern Brazil. **Acta Horticulturae**, p.877-883, 2012.

SCHULTZ, R. C.; THOMPSON J. R. Effect of density control and undercutting on root morphology of bareroot hardwood seedlings: five-year field performance of rootgraded stock in the central USA. **New Forests**, v.13, p.301–314, 1997.

SHIKAMURA SE. 2006. **Correlação**. CE003 – Estatística II. Curitiba: UFPR. p.71-78.

SOUZA, A. L. K.; CAMARGO, S. S.; SCHUCH, M. W.; PEREIRA, R. R.; SOUZA, E. L.; PASA, M. S. Desempenho de pessegueiro 'Maciel' sobre diferentes portaenxertos clonados. **Revista da 15ª Jornada de Pós graduação e Pesquisa - Congrega**, v.15, n.15, p.1032-1046, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. 6ed., Porto Alegre: Artmed, 678p., 2017.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TOMAZ, Z. F. P.; SCHUCH, M. W.; PEIL, R. M. N.; TIMM, C. R. F. Produção de mudas de pessegueiro via enxertia de gema ativa e dormente em sistema de

cultivo sem solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.4, p.1002-1008, 2014.

WAGNER JÚNIOR A.; COSTA E SILVA J. O.; SANTOS C. E. M.; PIMENTEL L. D.; NEGREIROS J. R. S.; ALEXANDRE R. S.; BRUCKNER C. H. Substratos na formação de mudas para pessegueiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, n.4, p.569-572, 2007.

WILSON, E. R.; VITOLS, K. C.; PARK, A. Root characteristics and growth potential of container and bare-root seedlings of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario, Canada. **New Forests**, v.34, p.163–176, 2007.

ZHANG, Q., SALEEM, M., WANG, C. Probiotic strain *Stenotrophomonas acidaminiphila* BJ1 degrades and reduces chlorothalonil toxicity to soil enzymes, microbial communities and plant roots. **AMB Express**, v.7, p.4–11, 2017.

3. Relatórios

3.1 Relatório de trabalho de campo

O presente trabalho foi desenvolvido com base no projeto intitulado “Crescimento, produção e dinâmica nutricional de pessegueiros obtidos de mudas produzidas em diferentes sistemas de cultivo”, registrado sob o código COCEPE/UFPEL 5365 e coordenado pelo professor Marcelo Barbosa Malgarim. Os experimentos foram conduzidos em parceria entre o Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, e o viveiro Frutplan Mudas Ltda, localizado na zona rural do município de Pelotas/RS.

As atividades desenvolvidas tiveram início ainda no primeiro semestre do ano de 2021, com o preparo da área destinada à implantação do pomar em local da empresa, esta realizada em setembro do mesmo ano. A partir disso, as avaliações de crescimento das plantas, fenologia, produção e qualidade de frutos foram conduzidas entre os anos de 2021 e 2025, possibilitando estimar o desempenho dos três sistemas de produção de mudas e das três cultivares copa de pessegueiro nas condições edafoclimáticas da região Sul do Rio Grande do Sul.

Devido à impossibilidade de consolidar, desde o início do experimento, uma parceria com laboratórios especializados em nutrição de plantas, não foi possível estimar os parâmetros nutricionais previstos originalmente no projeto. Além desse empecilho, outros desafios também afetaram o andamento das avaliações, especialmente aqueles relacionados às condições climáticas adversas, como o excesso de precipitação registrado em 2024.

Ainda assim, apesar das limitações enfrentadas, as demais atividades foram desenvolvidas adequadamente, garantindo a obtenção dos dados necessários para o desenvolvimento da tese.

3.2 Relatório de trabalho no exterior

3.2.1 Dados gerais

Nome do bolsista: Lucas de Oliveira Fischer

Processo CAPES: 88881.933624/2024-01

Instituição de origem no Brasil: Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Universidade Federal de Pelotas

Instituição anfitriã no exterior: Teagasc - The Agriculture and Food Development Authority, Oak Park Campus

Período de vigência da bolsa: 01/04/2024 – 30/09/2024

3.2.2 Introdução e objetivos da estadia

A produção de maçãs (*Malus domestica* Borkh.) na Irlanda possui uma história centenária, marcada por períodos de expansão e declínio. Após a entrada do país na União Europeia, em 1973, e a consequente remoção de tarifas sobre maçãs importadas, a produção local sofreu uma queda acentuada. O mercado local de maçãs destinadas ao consumo in natura tem um valor estimado de €135 milhões, com o país importando mais de 90% dos frutos para atender à demanda interna (BORD BIA, 2019). No entanto, suas condições climáticas são consideradas adequadas para o cultivo da espécie, apresentando um alto potencial para substituir essas importações substanciais de maçãs, além de oferecer uma opção de diversificação para os horticultores e produtores de outras culturas, além de contribuir para a compensação de emissões de CO₂ (TEAGASC, 2017).

Nesse contexto, o Apple Research Programme, desenvolvido no Teagasc Oak Park, em Carlow, sob a coordenação do pesquisador Dr. Alberto Ramos Luz, surge como uma iniciativa estratégica para revitalizar a produção de maçãs irlandesa. O programa, busca avaliar a adaptação de diferentes genótipos de macieiras às condições climáticas locais, além de testar diferentes sistemas de condução, porta-enxertos, espaçamentos entre plantas, dentre outros fatores que afetem diretamente o desenvolvimento e produção das macieiras.

Neste cenário, dentre as diversas técnicas de manejo de plantas e sistemas produtivos que vêm sendo estudadas pelo programa, o controle da carga de frutos por meio do raleio químico desempenha um papel crucial. Essa prática permite ajustar o número de frutos por planta, garantindo o desenvolvimento de frutos de qualidade superior e a regularidade produtiva. Além de regular o crescimento inicial dos frutos, o raleio químico contribui para reduzir a alternância de produção, aumentar a eficiência no uso de recursos e

melhorar a viabilidade econômica da fruticultura, especialmente em regiões com limitações na disponibilidade de mão de obra.

Diante da demanda em verificar o comportamento das plantas sob realização dessa prática, amplamente utilizada nas regiões produtoras de maçã no Brasil e no mundo, nas condições climáticas irlandesas, o Dr. Alberto sugeriu, desde o momento da aplicação para a bolsa de doutorado sanduíche, a coordenação e execução de um experimento testando os efeitos da aplicação de diferentes produtos, doses e épocas de aplicação. Dessa forma, o estudo foi conduzido em um pomar comercial e com apoio do programa de pesquisa, avaliando duas cultivares, três raleantes químicos, com diferentes doses e épocas de aplicação, visando reforçar a importância do raleio químico como ferramenta indispensável para o desenvolvimento de uma pomicultura mais eficiente na Irlanda.

Além desse estudo, contribuiu-se com os demais experimentos conduzidos pelo Apple Research Programme, buscando incentivar uma parceria entre a instituição de pesquisa no exterior e o Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração em Fruticultura de Clima Temperado) da Universidade Federal de Pelotas, possibilitando futuras cooperações entre o Dr. Alberto e os professores do programa, assim como a ida de outros alunos de doutorado à Irlanda.

3.2.3 Atividades Realizadas

Dois experimentos foram conduzidos no pomar comercial McCann Orchards, localizado no condado de Louth, na região nordeste da Irlanda (figura 1).



Figura 1. Pomar onde foi realizado o experimento (A) e cachos florais (B).

Com o primeiro estudo, verificou-se os efeitos da aplicação dos produtos Exilis® (6-benziladenina) e Fixor® (ácido 1-naftalenoacético) em macieiras ‘Gala Schniga® SchniCo red’ com diferentes doses, e em duas épocas de aplicação: durante a queda de pétalas (75% das pétalas já caídas) e quando os frutos estavam com diâmetro entre 8 e 10 mm (tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos compostos por diferentes produtos, doses e épocas de aplicação dos raleantes químicos Exilis® (6-benziladenina) e Fixor® (ácido 1-naftalenoacético) em macieiras ‘Gala Schniga® SchniCo red’ nas condições climáticas da Irlanda.

Tratamento	Produto	Formulação	Ingrediente ativo	Dose i.a. (ppm)	Época de aplicação	Volume (L ha ⁻¹)
1	Controle	-	-	-	-	-
2	Exilis®	20 CS	6-BA	75	Queda de pétala	1000
3	Exilis®	20 CS	6-BA	112,5	Queda de pétala	1000
4	Exilis®	20 CS	6-BA	150	Queda de pétala	1000
5	Fixor®	100 CS	ANA	10	Queda de pétala	1000
6	Exilis® + Fixor®	20 CS 100 CS	6-BA + ANA	75 + 10	Queda de pétala	1000
7	Exilis® + Fixor®	20 CS 100 CS	6-BA + ANA	112,5 + 10	Queda de pétala	1000
8	Exilis® + Fixor®	20 CS 100 CS	6-BA + ANA	150 + 10	Queda de pétala	1000
9	Exilis® + Fixor®	20 CS 100 CS	6-BA + ANA	150 + 15	Queda de pétala	1000
10	Exilis®	20 CS	6-BA	75	8-10 mm	1000
11	Exilis®	20 CS	6-BA	112,5	8-10 mm	1000
12	Exilis®	20 CS	6-BA	150	8-10 mm	1000
13	Fixor®	100 CS	ANA	10	8-10 mm	1000
14	Exilis® + Fixor®	20 CS 100 CS	6-BA + ANA	75 + 10	8-10 mm	1000
15	Exilis® + Fixor®	20 CS 100 CS	6-BA + ANA	112,5 + 10	8-10 mm	1000
16	Exilis® + Fixor®	20 CS 100 CS	6-BA + ANA	150 + 10	8-10 mm	1000
17	Exilis® + Fixor®	20 CS 100 CS	6-BA + ANA	150 + 15	8-10 mm	1000

No segundo experimento, os tratamentos foram compostos por diferentes doses do produto comercial Brevis® (metamitrom) em macieiras da cultivar Gala Big Buks, com três diferentes épocas de pulverização: na queda de pétalas,

quando os frutos estavam com diâmetro entre 8 e 10 mm, e com diâmetro entre 14 e 16 mm (tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos compostos por diferentes doses e épocas de aplicação do raleante químico Brevis® (metamitrom) em macieiras ‘Gala Big Buks’ nas condições climáticas da Irlanda.

Tratamento	Produto	Formulação	Ingrediente ativo	Dose i.a. (ppm)	Época de aplicação	Volume (L.ha ⁻¹)
1	Controle	-	-	-	-	-
2	Brevis®	150 GS	Metamitrom	1100	Queda de pétala	1000
3	Brevis®	150 GS	Metamitrom	1650	Queda de pétala	1000
4	Brevis®	150 GS	Metamitrom	2200	Queda de pétala	1000
5	Brevis®	150 GS	Metamitrom	1100	8-10 mm	1000
6	Brevis®	150 GS	Metamitrom	1650	8-10 mm	1000
7	Brevis®	150 GS	Metamitrom	2200	8-10 mm	1000
8	Brevis®	150 GS	Metamitrom	1100	14-16 mm	1000
9	Brevis®	150 GS	Metamitrom	1650	14-16 mm	1000
10	Brevis®	150 GS	Metamitrom	2200	14-16 mm	1000

As plantas foram selecionadas priorizando homogeneidade em relação ao vigor e à intensidade da floração e o delineamento experimental utilizado foi o de casualização por blocos, com 4 repetições e unidades experimentais compostas por 5 plantas, considerando as três plantas internas como úteis. Para as pulverizações dos raleantes químicos, foi utilizado um atomizador costal (Figura 2)



Figura 2. Aplicação dos fungicidas químicos (A) e cacho floral com frutos com 8 - 10 mm de diâmetro (B).

Após realizada a colheita (Figura 3), uma amostra de 50 frutos foi levada ao laboratório para avaliação do diâmetro do fruto, peso médio do fruto, percentual de cor vermelha, firmeza da polpa e concentração de sólidos solúveis (Figura 4).

As seguintes variáveis foram avaliadas:

- a. Área da Seção Transversal do Tronco (ASTT): calculada medindo-se o diâmetro do tronco a 10 cm acima do ponto de enxertia das plantas, por meio da seguinte equação: $ASTT = \pi r^2$, em que $\pi = 3,1416$ e r (raio) = diâmetro/2, expressa em (cm²).
- b. Floração: obtida pela contagem do número de cachos florais por planta, multiplicado pela média obtida de 6 flores ou frutos por cacho.
- c. Número de frutos: obtido por contagem dos frutos por planta no momento da colheita.
- d. Pegamento de frutos: calculado por $PF = 100$ (número de flores ou frutos antes da aplicação/número de frutos na colheita).
- e. Índice de carga de frutos: calculada dividindo-se o número de frutos pela ASTT.
- f. Produção: calculada pesando a quantidade de frutos colhida por planta (Kg).

- g. Produtividade: calcula pela multiplicação de produção por planta e a quantidade de 3600 plantas por hectare ($t\ ha^{-1}$).
- h. Massa média de frutos: obtida pela pesagem individual dos frutos em balança digital (gramas).
- i. Diâmetro médio de frutos: calculado pela média do diâmetro dos 50 frutos da amostra avaliados (mm).
- j. Classes de diâmetro de frutos: obtida com a separação e contagem dos frutos em três classes de diâmetro: menor que 55 mm, entre 55 e 70 mm, e maior que 70 mm.
- k. Firmeza de polpa dos frutos: determinada por resistência à penetração utilizando penetrômetro digital com ponteira de 8 mm de diâmetro. Foram efetuadas duas leituras por fruto, em duas faces opostas, no perímetro equatorial, depois de retirada da epiderme ($Kgf\ cm^{-2}$).
- l. Número de sementes: obtido por meio de contagem após corte longitudinal nos frutos.
- m. Sólidos Solúveis Totais: avaliado utilizando suco puro em refratômetro digital ($^{\circ}Brix$).
- n. Acidez: avaliada por titulação e demonstrada por conteúdo de ácido málico ($g\ L^{-1}$).

Para atender as pressuposições da análise de variância, as variáveis expressas em porcentagem foram transformadas pela equação arco seno de ($\sqrt{x/100}$). Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e as variáveis cujos resultados revelaram significância ($p < 0,05$) tiveram as médias comparadas pelo teste Skott-knott a 5% de probabilidade de erro.



Figura 3. Frutos da cultivar ‘Gala Big Buks’ prontos para colheita (A) e colheita de amostras (B).

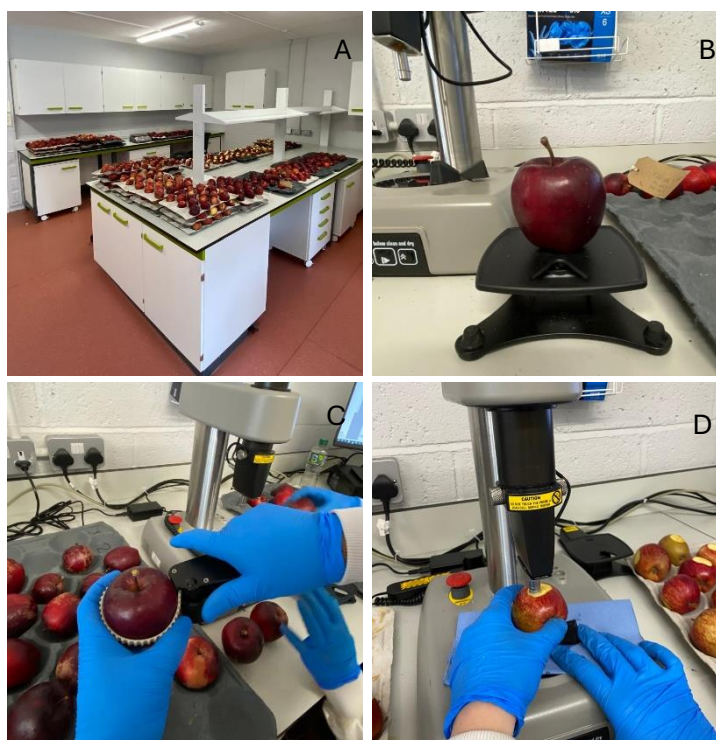


Figura 4. Laboratório (A) onde foram realizadas as análises de qualidade de frutos, dentre elas peso individual (B), diâmetro individual (C) e firmeza de polpa (D).

Além do experimento principal, pude contribuir com os demais trabalhos desenvolvidos pelo Dr. Alberto e alunos de doutorado sob sua orientação, no pomar experimental do Apple Research Programme na estação experimental de Oak Park, trabalhando com mais de 40 genótipos de maçã e oito sistemas de

condução. Dentre as atividades desenvolvidas, auxiliei registrando dados fenológicos, conduzindo ramos, ajustando os sistemas de condução das plantas e efetuando a poda de verão (Figura 5), raleio manual, colheita e análises de qualidade de frutos no laboratório de pomologia. Também tive a oportunidade de participar e colaborar na organização de eventos para produtores e a população local, bem como visitas de pomicultores ao pomar experimental do programa de pesquisa (Figura 6).



Figura 5. Instalação do sistema de condução de plantas V-trellis (A) e realização de poda de verão (B).



Figura 6. Auxílio na organização e participação em dias de campo com pomicultores e população local.

3.2.4 Resultados Obtidos

Com o primeiro experimento, obteve-se diferença na floração entre todos os tratamentos, sendo esta provavelmente inerente às condições das parcelas selecionadas, mesmo tendo buscado escolher plantas o mais homogêneas possível, e também no pegamento, no qual os tratamentos em que os raleantes foram aplicados quando os frutos estavam com diâmetro entre 8 e 10 mm apresentaram médias superiores em relação aos que receberam a aplicação durante a queda de pétalas e o tratamento controle. Não houve diferença significativa quando avaliados o número de frutos, a área da seção transversal do tronco e a carga de frutos nas plantas (tabela 3).

Tabela 3. Floração, pegamento de frutos, número de frutos, área da seção transversal do tronco (ASTT) e carga de frutos em macieiras 'Gala Schniga® SchniCo red' com pulverização de diferentes doses de Fixor® e Exilis®, em diferentes épocas de aplicação.

Tratamento	Floração	Pegamento	Número de frutos	ASTT	Carga
1	255 d ⁽¹⁾	5.06 b	92	7.30	13.06
2	218 m	6.19 b	91	6.54	13.73
3	258 c	5.72 b	84	7.26	11.66
4	243 h	6.13 b	81	6.63	12.72
5	279 b	5.79 b	84	7.37	11.60
6	210 p	5.30 b	92	7.25	12.68
7	293 a	4.25 b	72	7.74	9.87
8	235 j	4.14 b	77	7.19	11.18
9	246 g	5.17 b	92	7.04	13.12
10	251 f	31.71 a	91	7.21	12.59
11	242 i	30.56 a	94	7.42	12.91
12	218 m	29.42 a	79	6.42	12.44
13	220 l	35.43 a	85	6.53	13.33
14	253 e	35.64 a	80	7.44	11.14
15	216 n	26.54 a	72	7.11	10.56
16	215 o	32.38 a	84	7.41	11.00
17	227 k	38.23 a	81	6.86	11.98
P	<0.001	<0.001	0.931	0.672	0.913

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Da mesma forma que no primeiro experimento, na cultivar Gala Big Buks também se obteve diferença na floração entre os tratamentos. Como já se era esperado, obteve-se maior pegamento de frutos no tratamento controle, o qual foi composto por plantas com maior área de secção transversal de tronco. Em relação à carga, obteve-se superioridade no tratamento oito (tabela 4).

Tabela 4. Floração, pegamento de frutos, número de frutos, área da seção transversal do tronco (ASTT) e carga de frutos em macieiras ‘Gala Big Buks’ com pulverização de diferentes doses de Brevis®, em diferentes épocas de aplicação.

Tratamento	Floração	Pegamento	Número de frutos	ASTT	Carga
1	182 d ⁽¹⁾	127 a	6.71	19 a	37.37 b
2	172 g	78 b	6.86	11.27 b	5.84 d
3	188 c	69 b	5.98	11.59 b	6.31 d
4	166 i	58 b	6.17	9.46 b	5.63 d
5	171 h	66 b	5.55	12.14 b	25.81 c
6	178 e	66 b	6.00	11.11 b	20.11 c
7	198 b	54 b	6.57	8.07 b	15.15 c
8	176 f	83 b	6.71	12.45 b	51.52 a
9	166 i	76 b	6.73	11.40 b	42.54 b
10	221 a	73 b	5.99	12.18 b	37.37 b
P	<0.001	<0.001	0.075	<0.005	<0.001

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

No primeiro experimento, ao avaliar o uso de diferentes doses dos raleantes químicos Fixor® e Exilis®, em diferentes épocas de aplicação, não se verificou diferença significativa entre os tratamentos, nas variáveis avaliadas: sólidos solúveis totais, acidez, firmeza de polpa, número de sementes, massa média, diâmetro médio, diâmetro menor que 55 mm, diâmetro entre 55 e 70 mm, diâmetro maior que 70 mm, produção e produtividade (Tabela 5).

Já no segundo estudo, ao analisar as variáveis sólidos solúveis totais, acidez titulável, número de sementes, frutos com diâmetro menor que 55 mm, produção e produtividade, não se obteve diferença significativa entre o controle e as diferentes doses e épocas de aplicação do raleante químico Brevis®. Porém

verificou-se que em todos os tratamentos em que foi aplicado o raleante, independentemente da dose e época de aplicação utilizada, obteve-se frutos com diâmetro e massa médios superior em relação ao tratamento controle. Ao separar os frutos com a classe de diâmetro entre 55 e 70 mm, verificou-se superioridade nos demais tratamentos em relação ao tratamento sete, e nos frutos com diâmetro maior que 70 mm se obteve superioridade no tratamento um (Tabela 6).

Tabela 5. Sólidos solúveis totais, acidez, firmeza de polpa, número de sementes, massa média, diâmetro médio, diâmetro menor que 55 mm, diâmetro entre 55 e 70 mm, diâmetro maior que 70 mm, produção e produtividade em macieiras ‘Gala Schniga® SchniCo red’ com pulverização de diferentes doses de Fixor® e Exilis®, em diferentes épocas de aplicação.

Tratamento	SST	Acidez	Firmeza	Sementes	Massa	Diâmetro	< 55 mm	55 - 70 mm	>70 mm	Produção	Produtividade
1	12.58	4.04	8.94	0.38	96.85	62.03	5.00	88.33	6.67	8.31	30347
2	12.70	4.37	8.84	0.56	97.65	61.86	5.00	89.17	5.83	8.99	32812
3	12.50	4.24	9.04	0.71	118.15	63.61	0.83	91.67	7.50	9.85	35940
4	12.50	3.73	8.70	0.63	104.60	64.37	1.67	80.84	17.50	8.64	31549
5	12.85	3.86	8.61	0.85	118.03	63.86	0.83	88.33	10.84	9.82	35836
6	12.73	4.21	8.73	0.68	109.83	63.61	6.67	75.83	17.50	9.84	35927
7	12.50	3.85	8.82	0.64	123.00	65.85	2.50	79.16	18.34	8.88	32408
8	12.98	4.04	8.64	1.35	125.20	66.79	0.00	75.00	25.00	9.51	34707
9	12.48	3.95	9.08	0.68	95.90	63.16	5.83	74.77	19.40	8.23	30058
10	12.70	3.95	8.91	0.45	114.20	64.25	0.00	93.33	6.67	10.34	37729
11	12.63	3.77	8.48	0.54	87.75	62.48	3.33	90.00	6.67	7.90	28848
12	12.65	4.07	8.87	0.40	103.38	63.78	9.17	78.33	12.50	7.62	27813
13	12.73	4.08	8.79	0.51	86.50	63.68	5.00	84.17	10.83	7.41	27061
14	12.85	4.42	8.77	0.39	109.13	63.42	5.00	80.84	14.17	8.75	31938
15	12.58	3.97	8.68	0.42	95.45	64.33	1.67	80.00	18.33	6.69	24414
16	12.65	3.91	8.79	0.55	112.23	63.54	4.17	83.33	12.50	9.12	33294
17	12.73	4.34	8.985	0.35	110.03	62.89	1.67	91.50	6.83	8.70	31767
P	0.989	0.978	0.869	0.209	0.382	0.689	0.602	0.265	0.669	0.855	0.856

Tabela 6. Sólidos solúveis totais, acidez, firmeza de polpa, número de sementes, massa média, diâmetro médio, diâmetro menor que 55 mm, diâmetro entre 55 e 70 mm, diâmetro maior que 70 mm, produção e produtividade em macieiras 'Gala Big Buks' com pulverização de diferentes doses de Brevis®, em diferentes épocas de aplicação.

Tratamento	SST	Acidez	Firmeza	Sementes	Massa	Diâmetro	< 55 mm	55 - 70 mm	>70 mm	Produção	Produtividade
1	12.60	4.10	9.21 a ₍₁₎	1.00	58.26 b	44.60 b	0.00	76.67 a	23.33 a	5.66	20674.33
2	13.23	4.15	8.56 b	0.83	64.58 a	107.78 a	5.84	85.00 a	9.17 b	8.47	30915.04
3	12.78	3.77	8.80 b	0.78	62.70 a	115.63 a	5.83	85.72a	8.45 b	7.88	28753.74
4	13.53	4.40	8.36 b	0.87	64.67 a	93.60 a	0.83	85.00 a	14.17 b	5.20	18985.93
5	13.58	4.18	8.53 b	0.77	64.35 a	103.45 a	3.33	82.50 a	14.17 b	6.72	24539.68
6	13.55	4.21	8.60 b	0.84	63.58 a	107.98 a	6.67	80.83 a	12.5 b	6.85	25013.50
7	13.33	4.26	8.52 b	1.56	67.96 a	145.60 a	1.67	56.67 b	41.67 b	7.82	28547.29
8	13.08	4.53	8.66 b	0.57	63.03 a	112.35 a	4.17	86.67 a	9.17 b	9.29	33918.17
9	13.40	4.29	8.60 b	0.80	63.45 a	108.43 a	5.84	86.67 a	7.50 b	8.34	30429.27
10	13.33	4.23	9.03 a	0.50	62.55 a	91.88 a	0.83	89.17 a	10.00 b	6.78	24752.52
P	0.156	0.849	<0.05	0.395	<0.005	<0.005	0.578	<0.001	<0.001	0.397	0.397

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

3.2.5 Considerações finais

O doutorado sanduiche, desenvolvido no Teagasc Oak Park na Irlanda, foi extremamente importante para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Durante os sete meses presente na instituição, pude aprimorar o meu inglês, além de adquirir experiência para coordenação de projetos de pesquisa e estudar temas como fenologia e manejo de plantas, assim como análises de qualidade de frutos, os quais convergem com a temática dos experimentos desenvolvidos no doutorado no Brasil.

Além do conhecimento técnico, vale ressaltar o grande enriquecimento cultural adquirido, pois pude conviver e desenvolver experimentos com irlandeses e, devido ao grande número de imigrantes que trabalham na instituição, com pessoas oriundas de diversos países de todo o mundo.

Essa experiência fortalece a parceria e cooperação entre o Teagasc e o Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, possibilitando a ida de outros alunos de doutorado no futuro, além do desenvolvimento de pesquisas e projetos em conjunto com a instituição de pesquisa no exterior, contribuindo com a internacionalização do programa.

3.2.6 Referências bibliográficas

BORD BIA. *Irish apple market insights report*. 2019. Disponível em: <https://www.bordbia.ie>. Acesso em: 19 dez. 2024.

TEAGASC. *Commercial apple production in Ireland*. 2017. Disponível em: <https://www.teagasc.ie/rural-economy/rural-development/diversification/commercialapple-production>. Acesso em: 19 dez. 2024.

4 Artigos desenvolvidos

4.1 Artigo 1

Manuscrito formatado de acordo com as normas do periódico Scientia Agricola, disponíveis em: <https://www.scielo.br/journal/sa/about/>.

Running title: Phenological development of peach cultivars

Manuscript category: Agrometeorology

Does nursery production system influence the phenological development of peach cultivars?

Abstract

Understanding the phenological development of peach cultivars is essential for optimizing orchard management and selecting genotypes adapted to subtropical regions. This study aimed to characterize the phenological development of the peach cultivars Chimarrita, BRS Fascínio and Maciel, originated from three nursery production systems (conventional, semi-hydroponic, and plastic containers) and cultivated under humid subtropical conditions in Pelotas, Southern Brazil, during four consecutive growing seasons (2022–2025). The experimental design followed a randomized block arrangement in a 3×3 factorial (three nursery systems $\times$ three cultivars), with four replicates. Phenological stages were recorded, including early, full, and end of bloom, and harvest. No significant interaction between nursery production systems and cultivars was observed. Likewise, no significant differences were detected among nursery systems for any of the evaluated phenological stages. In contrast, clear differences were observed among cultivars, indicating that phenological development was mainly determined by genetic factors rather than by the nursery system. Across all seasons, ‘Maciel’ consistently flowered earlier and had the longest cycle between full bloom and harvest, while ‘BRS

Fascínio’ exhibited the longest total flowering duration and ‘Chimarrita’ showed the shortest flowering period. These findings confirm that cultivar phenology in Southern Brazil is strongly genotype-driven, with no or little influence of nursery system. The results provide practical guidance for nursery and orchard management, indicating that soilless systems can improve nursery trees quality without altering flowering or harvest timing.

Keywords: phenology, full bloom, *Prunus* spp., flowering, chill accumulation.

Introduction

Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] production in Brazil is mainly concentrated in the South and Southeast regions, with the state of Rio Grande do Sul being the largest producer, accounting for approximately 137.5 thousand tons (IBGE, 2024), placing the country among the world’s top thirteen producers of peaches and nectarines in recent years (FAO, 2024). Despite the socioeconomic relevance of stone fruit production, national productivity remains relatively low compared to other major producing countries. This limitation is frequently associated with the quality of nursery plants, which directly influences orchard establishment, longevity and yield potential (Mayer et al., 2017).

In this context, several studies in Brazil have investigated soilless cultivation systems using substrate mixtures, as an alternative approach to improve the uniformity and physiological quality of peach nursery trees (Schmitz et al., 2014; Souza et al., 2018; Nicolao et al., 2023). Such systems allow better control of the growing environment, including substrate and water management, promoting earlier establishment and greater vigor of young trees (Souza et al., 2017). Although the quality of nursery plants is known to affect vegetative growth and orchard performance (Menegatti et al., 2022), possible

carry-over effects of different nursery systems on the early phenological development of peach trees have not yet been clarified.

Understanding the phenological behavior of temperate fruit species, particularly flowering and fruit development, is essential for optimizing orchard management practices (Campoy et al., 2011; Luedeling et al., 2012; Fadón et al., 2020). Knowledge of cultivar-specific phenology also supports modeling of climatic influences on flowering and fruit set, enabling more resilient management strategies under changing environmental conditions (Cooke et al., 2012).

Phenological differences among peach cultivars under distinct climatic conditions have been widely reported (Penso et al., 2024; Cifuentes-Carvajal et al., 2024; Sobierajski et al., 2024; Yan et al., 2024). However, there is still a lack of information comparing the phenological development of peach trees originated from different nursery production systems. Therefore, this study aimed to characterize the phenological development of the peach cultivars Chimarrita, BRS Fascínio and Maciel, derived from conventional, semi-hydroponic, and plastic container nursery systems, cultivated under the humid subtropical conditions of Pelotas, Southern Brazil, during the 2022–2025 growing seasons.

Materials and Methods

Experimental site and characterization of local climate

The experiment was performed in a commercial nursery in the city of Pelotas, Rio Grande do Sul State, Brazil (31°33'06" S, 52°23'30" W, at 99 m altitude), during the 2022, 2023, 2024 and 2025 growing seasons.

The soil of the experimental orchard is classified as Ultisol (Soil Survey Staff, 2014) and the climate of the region is humid subtropical (Cfa) according to Köppen-Geiger's classification, i.e., humid subtropical, without dry season, and with warm summer (Alvares et al., 2013). The accumulation of chilling hours (CH) below 7.2°C (45°F) from

1st May to September 30 was as follows: 226 hours in 2022, 183 hours in 2023, 208 hours in 2024 and 227 hours in 2025. These values were recorded under the experimental conditions of the region and are presented monthly in Figure 1. Minimum and maximum temperatures, and monthly rainfall of experimental site during the experiment, are shown in Figure 2.

Plant material

Plant material consisted of ‘Chimarrita’, ‘BRS Fascínio’ and ‘Maciel’ peach nursery trees grafted onto ‘Capdeboscq’ peach rootstocks, from the 2020/2021 production cycle. The plants used were originated from three different production systems: (a) conventional, with seeds sown in ridged soil rows (120 cm between rows, 10 cm between seeds); (b) semi-hydroponic, using W-shaped fiber cement gutters (25 cm deep, 55 cm between rows, 10 cm between seeds) filled with a peat and pine bark (1:1 v/v) substrate; and (c) container cultivation, with seedlings grown in 19 × 35 cm plastic bags on benches in open air, also using peat and pine bark as substrate.

Soil acidity and fertility were previously corrected according to soil analysis. The nursery trees were planted in the field, spaced 1.5 meters apart, with 5.0 meters between cultivation rows (1,333 plants ha⁻¹) and trained to a "Y" system.

Experimental design

Experimental design consisted of a randomized block arrangement in a 3 x 3 factorial (three cultivation systems and three scion cultivars), resulting in nine treatments (Table 1), with four replicates of five plants each. Only the three central plants were evaluated, while the other two served as borders.

Phenological data

Dates of early, full and end of bloom were recorded, as well as the start of harvest, and analyzed as the period of time (days) from the beginning of the year to start of bloom

(January 1st - F), start of bloom to full bloom (F-F2), full bloom to end of bloom (F2-G), start of bloom to end of bloom (F-G), end of bloom to begging of harvest (G-H) and start of bloom to begging of harvest (F-H). The start of bloom was considered when 5% of flowers were opened (stage 60), full bloom when 50% were opened (stage 65), end of bloom when 75% were opened (stage 67) and at commercial harvest maturity when fruits were ready for consumption, firm but edible (stage 87), according to BBCH scale (Lancashire et al., 1991).

Statistical analyses

Statistical analyses were performed using the R software (R Core Team, 2024), with package ExpDes (Ferreira et al., 2013). Data were analyzed for statistical significance by means of F test. Tukey's test was performed to compare treatments when analysis of variance showed significant differences among means.

Results

Considering the analyzed variables, no significant interaction was observed between the factors production system and cultivar. Therefore, only the simple effects of these factors are presented.

Throughout the four evaluation years, no significant differences were detected in the phenological development of peach trees originating from the different nursery production systems. On the other hand, when cultivars were compared, 'Maciel' consistently exhibited earlier flowering, while 'Chimarrita' and 'BRS Fascínio' flowered later and at similar dates. However, 'Chimarrita' showed a shorter overall flowering period (Figure 3). The analysis of the flowering periods for each growing season is summarized in Table 2.

In the 2022 growing season, 'BRS Fascínio' presented the longest interval between the beginning and full bloom (approximately 10 days) and also the longest total

flowering duration (around 16 days), followed by ‘Maciel’, while ‘Chimarrita’ had the shortest period. Conversely, ‘Maciel’ showed longer intervals between full and end of bloom, as well as between the end of bloom and harvest, resulting in the longest overall cycle from the beginning of bloom to the beginning of harvest.

Similarly, in 2023, ‘Maciel’ again exhibited the longest periods between full and end of bloom, between the end of bloom and harvest, and for the complete flowering–harvest cycle. ‘BRS Fascínio’ maintained a longer interval between the beginning and full bloom, but in this year, it did not differ from ‘Chimarrita’ for total flowering duration.

In 2024, a comparable pattern was observed: ‘Maciel’ had the longest periods between full and end of bloom, between the end of bloom and harvest, and for the overall cycle from flowering onset to harvest, followed by ‘BRS Fascínio’, while ‘Chimarrita’ again showed the shortest duration. Regarding the interval between the beginning and full bloom, as well as between the end of bloom and harvest, the highest values were recorded for ‘BRS Fascínio’, followed by ‘Maciel’ and, finally, ‘Chimarrita’.

During the 2025 season, ‘BRS Fascínio’ exhibited the highest values for the intervals between the beginning and full bloom and for total flowering duration, followed by ‘Chimarrita’, while ‘Maciel’ had the shortest interval. For the period between full and end of bloom, the longest duration was observed in ‘Maciel’, followed by ‘Chimarrita’ and, finally, ‘BRS Fascínio’. Similarly to what was observed during the first three years of evaluation, ‘Maciel’ exhibited the longest periods between the end of bloom and harvest, as well as for the overall cycle from flowering onset to harvest, followed by ‘BRS Fascínio’, whereas ‘Chimarrita’ again showed the shortest duration (Table 2).

Overall, the data revealed consistent cultivar-dependent patterns across years: ‘Maciel’ was the earliest cultivar, initiating flowering several days before the others and maintaining an extended period between full bloom and harvest, while ‘BRS Fascínio’

tended to exhibit the longest total flowering duration. ‘Chimarrita’ generally showed the shortest flowering period and an intermediate harvest cycle. These trends indicate that flowering time and duration are strongly determined by genetic differences among cultivars rather than by the nursery production system from which the plants originated.

Discussion

The absence of interaction between production systems and cultivars indicates that the phenological development of peach trees was determined mainly by the genetic characteristics of each cultivar, rather than by the nursery system from which the plants originated. Although nursery systems may influence early vegetative growth of peach trees (Schmitz et al., 2014; Souza et al., 2017), our multi-year results demonstrate that these initial differences do not persist in the field in terms of flowering or fruiting schedules. This reinforces that, once plants are established, their phenological development is largely governed by genotype and environmental cues.

According to Raseira et al. (2014), ‘Maciel’ is characterized by early flowering (late July to early August) and harvest in mid-December; ‘Chimarrita’ flowers in mid-August, with harvest from late November to early December; and ‘BRS Fascínio’ flowers in late August, maturing in late November. The present results are in close agreement with these patterns, confirming the accuracy of phenological characterization under the humid subtropical conditions of Pelotas city. The relative precocity of ‘Maciel’, followed by ‘Chimarrita’ and ‘BRS Fascínio’, remained consistent over the four growing seasons, demonstrating that flowering and fruiting periods are primarily determined by inherent cultivar attributes. Similar cultivar-dependent trends have been reported across southern Brazil (Alves et al., 2012; Barreto et al., 2017; Anzanello and Lampugnani, 2020; Barbieri and Nava, 2022; Posser et al., 2023), reinforcing the stability of genotypic characteristics under diverse subtropical environments.

These differences among cultivars are mainly attributed to their distinct chilling and heat requirements, which regulate dormancy release and the subsequent bud development (Campoy et al., 2011; Yan et al., 2024). ‘Maciel’, the earliest cultivar, likely presents a lower chilling requirement and higher heat demand, enabling budburst soon after moderate cold exposure. In contrast, ‘Chimarrita’ and ‘BRS Fascínio’ require greater chill accumulation, which delays bloom but may promote greater synchrony once chilling is satisfied. This physiological trade-off between chilling and heat requirements has been widely reported for *Prunus* species (Kitamura et al., 2018; Prudencio et al., 2018; Fadón et al., 2020).

Interannual variability in flowering dates was closely associated with fluctuations in winter chill accumulation at the experimental site, which ranged from approximately 180 to 220 hours ($< 7.2^{\circ}\text{C}$) during the study period. Previous studies in subtropical Brazil have shown that even small variations in winter chill can advance or delay flowering by more than a week (Alves et al., 2012; Luedeling, 2012), a pattern consistent with the results. Despite these climatic fluctuations, the ranking of cultivar earliness remained unchanged, highlighting the strong genetic control of phenological timing. Such stability under variable winters confirms the adaptability of these cultivars to the climatic conditions of Pelotas and similar regions.

The absence of a production-system effect confirms that phenological expression in the field is stable and primarily governed by genetic characteristics rather than by pre-planting conditions. This result provides valuable guidance for nursery and orchard management: growers may adopt semi-hydroponic or substrate-based systems to enhance seedling uniformity and sanitary quality without expecting alterations in flowering or harvest dates. Considering the importance of understanding the behavior of peach trees under changing environmental conditions, continuous phenological monitoring,

integrated with climatic data, will be essential to develop adaptive management strategies and anticipate the cultivar responses to future climatic scenarios in southern Brazil.

Acknowledgments

The authors thanks to CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) for scholarship support (Process: 88887.669699/2022-00) and to Frutplan Mudas Ltda nursery for providing plant material and structure, supporting the research.

Conflict of interest

Nothing to declare.

Data availability statement

The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Declaration of use of Artificial Intelligence (AI) Technologies

No AI technologies, including generative AI tools, were used in the preparation, writing, or analysis of this study.

References

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Moraes Gonçalves JL, Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alves G, Silva JD, De Mio LLM, Biasi LA. 2012. Phenological and yield behavior of peach cultivars in Lapa municipality, state of Paraná, Brazil. *Pesquisa agropecuária brasileira* 47: 1596-1604. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001100006>

- Anzanello R, Lampugnani CS. 2020. Chilling requirement of peach cultivars and cultivation recommendation in the Rio Grande do Sul State. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 26: 18-28. (in Portuguese, with an abstract in English). <https://doi.org/10.36812/pag.202026118-28>
- Barbieri CR., Nava GA. 2022. Phenology and fruit set of peach trees cultivated in Dois Vizinhos, Paraná State, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias* 43: 25-36. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n1p25>
- Barreto CF, Kirinus MBM, Silva PS, Schiavon CR, Rombaldi CV, Malgarim MB, Fachinello JC. 2017. Agronomic performance of the Maciel peach with different rootstocks. *Semina: Ciências Agrárias* 38: 1217-1227. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1217>
- Campoy JA, Ruiz D, Egea J. 2011. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. *Scientia Horticulturae* 130: 357-372. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011>
- Cifuentes-Carvajal A, Chaves-Córdoba B, Vinson III EL, Coneva ED, Chavez DJ, Salazar-Gutiérrez MR. 2024. Predicting Floral Bud Progression for Three Peach Cultivars. *Agronomy* 14: 240. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020240>
- Cooke JE, Eriksson ME, Junttila O. 2012. The dynamic nature of bud dormancy in trees: Environmental control and molecular mechanisms. *Plant Cell & Environment* 35: 1707–1728. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02552.x>
- Fadón E, Herrera S, Guerrero BI, Guerra ME, Rodrigo J. 2020. Chilling and Heat Requirements of Temperate Stone Fruit Trees (*Prunus* sp.). *Agronomy* 10: 409. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030409>

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. 2013. Package 'ExpDes'. Version 1.1.2. Available at: <http://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes/> [Accessed Sep 29, 2025].

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2024. Food and Agriculture Data. Available from: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [Accessed Aug 17, 2025].

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2024. Produção agrícola municipal (in Portuguese). Available at: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria> [Accessed Aug 17, 2025].

Kitamura Y, Habu T, Yamane H, Nishiyama S, Kajita K, Sobue T, et al. 2018. Identification of QTLs controlling chilling and heat requirements for dormancy release and bud break in Japanese apricot (*Prunus mume*). *Tree Genetics & Genomes* 14: 33. <https://doi.org/10.1007/s11295-018-1243-3>

Lancashire PD, Bleiholder H, Van Den Boom T, Langelüddeke P, Stauss R, Weber E, et al. 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology* 119: 561-601. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x>.

Luedeling E. 2012. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review. *Scientia Horticulturae* 144: 218-229. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.011>

Mayer NA, Bianchi VJ, Feldberg NP, Morini S. 2017. Advances in peach, nectarine and plum propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39: e-355. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017355>

- Menegatti RD, Lima MA, Souza AG, Smiderle OJ, Bianchi VJ. 2022. Contrasting aspects of the physical and physiological dormancy by seeds from four peach rootstocks. *Advances in Horticultural Sciences* 36: 239245. <https://doi.org/10.36253/ahsc-12192>
- Nicolao G, Mayer NA, Ueno B, Bianchi VJ. 2023. Morphological traits of 'Granada' peach nursery trees from rootstocks of two production systems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 58: e03225. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03225>
- Penso GA, Serafini GAD, Santos CEMD, Picoli EAT, Citadin I, Lauri PE. 2024. Peach tree growth in a tropical climate: shoot formation and fruiting. *Scientia Agricola* 81: e20230038. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2023-0038>
- Posser HK, Radons SZ, Betemps DL, Dutra BR, Barbosa JGP. 2023. Fenologia e qualidade de frutos de cultivares de pessegueiro às condições subtropicais de Cerro Largo, RS, Brasil. *Agropecuária Catarinense* 36: 87-91. <https://doi.org/10.52945/rac.v36i1.14977>
- Prudencio AS, Martínez-Gómez P, Dicenta F. 2018. Evaluation of breaking dormancy, flowering and productivity of extra-late and ultra-late flowering almond cultivars during cold and warm seasons in South-East of Spain. *Scientia Horticulture* 235: 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.073>
- R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Availabe at: <https://www.R-project.org/> [Accessed Sep 29, 2025].
- Raseira MCB, Nakasu BH, Barbosa W. 2014. Cultivares: Descrição e Recomendação. In: Carvalho FLC, Raseira MCB, Pereira JFM. *Pessegueiro*. Brasília: Embrapa, p. 73-141.

Schmitz JD, Pasa MS, Fischer DLO, Fachinello JC, Bianchi VJ. 2014. Performance of peach rootstocks in different crop systems for the production of ‘Chimarrita’ seedlings. *Revista Ceres* 61: 293-307. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200020>

Sobierajski GDR, Feldberg NP, Barros VLNPD, Blain GC, Bettiol JE, Chagas EA. 2024. Peach cultivars and new IAC selections for mild winter. *Revista Brasileira de Fruticultura* 46: e-025. <https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452024025>

Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. 12 ed. USDA/NRCS, Washington, DC, USA.

Souza AG, Smiderle OJ, Muraro RE, Bianchi VJ. 2018. Patents for the morphophysiological quality of seedlings and grafted peach trees: Effects of nutrient solution and substrates. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture* 9: 111-118. <https://doi.org/10.2174/2212798410666180508101641>

Souza ALK, Schuch MW, Camargo SS, Pereira RR, Souza EL, Pasa MS. 2017. Does propagation method affect the field performance of peach trees?. *Semina: Ciências Agrárias* 38: 2815-2821. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2815>

Yan J, Cai Z, Chen Z, Zhang B, Li J, Xu J, et al. 2024. Relationship between chilling accumulation and heat requirement for flowering in peach varieties of different chilling requirements. *Agronomy* 14: 1637. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081637>

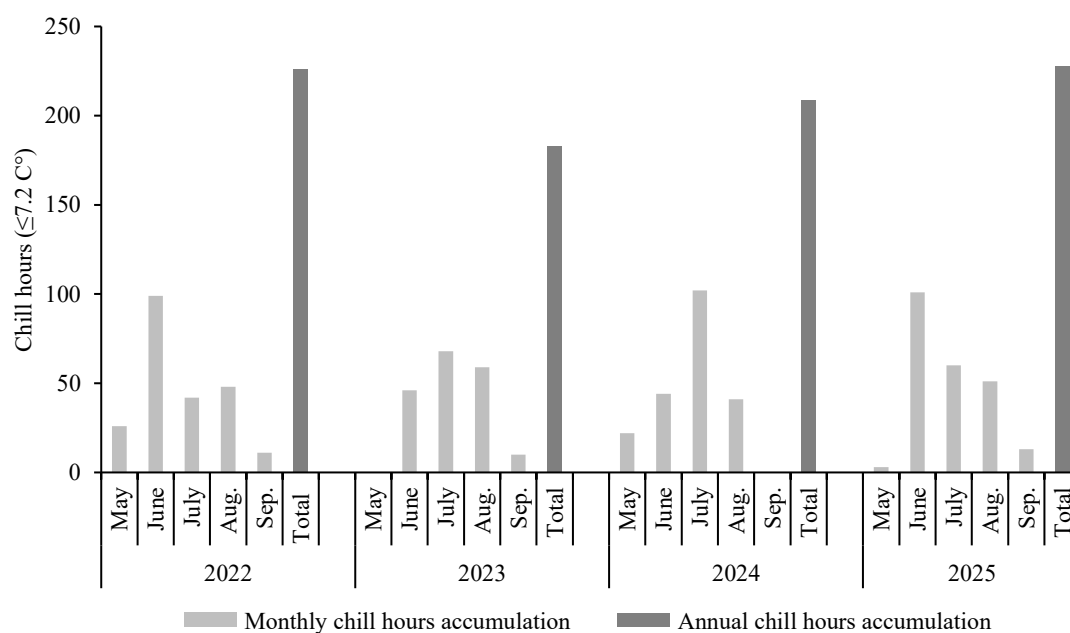


Figure 1. Monthly and total chill hours accumulation at the experimental site region, during 2022, 2023, 2024 and 2025 growing seasons. Data obtained from the weather station located at the Embrapa Clima Temperado in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.

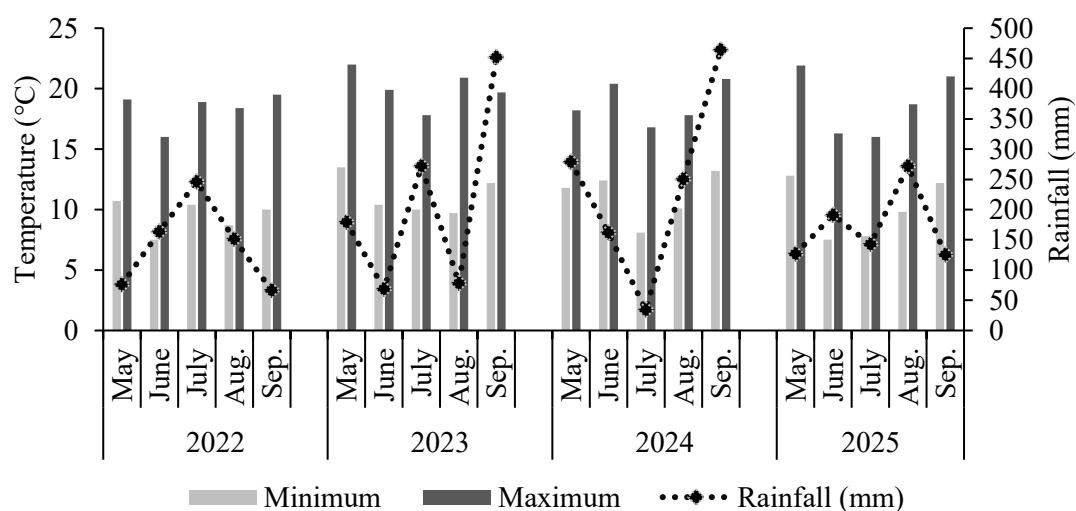
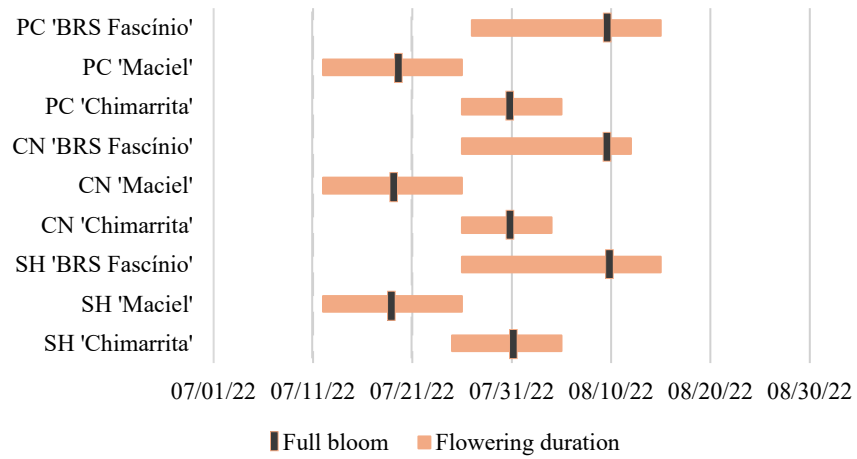


Figure 2. Monthly average of minimal and maximum temperatures, and monthly rainfall at the experimental site, in 2022, 2023, 2024 and 2025 growing seasons. Data obtained from the weather station located at the Embrapa Clima Temperado in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.

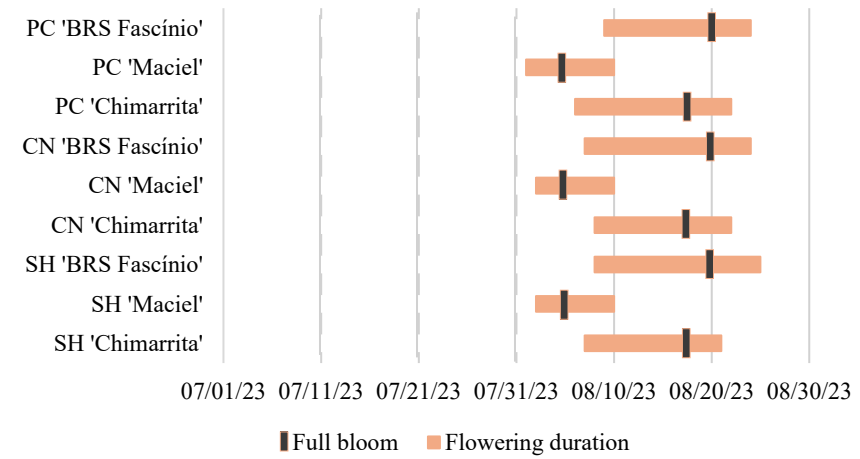
Table 1. Treatments combining three peach cultivars ('Chimarrita', 'BRS Fascínio' and 'Maciel') and three nursery production systems (conventional, semi-hydroponic, and plastic container).

Treatment	Description
1	Semi-hydroponic 'Chimarrita'
2	Semi-hydroponic 'Maciel'
3	Semi-hydroponic 'BRS Fascínio'
4	Conventional 'Chimarrita'
5	Conventional 'Maciel'
6	Conventional 'BRS Fascínio'
7	Plastic Container 'Chimarrita'
8	Plastic Container 'Maciel'
9	Plastic Container 'BRS Fascínio'

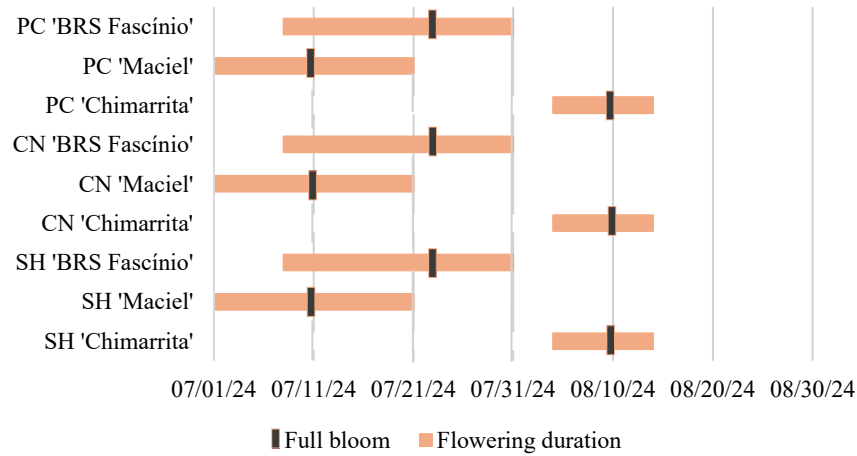
2022



2023



2024



2025

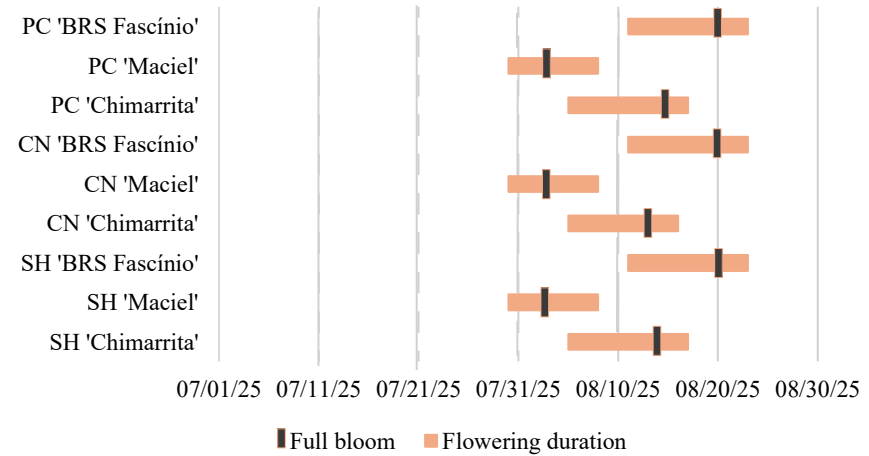


Figure 3. Flowering of ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ and ‘Maciel’ peach trees, originated from conventional (CN), semi-hydroponic (SH) and plastic container (PC) production systems, during the growing seasons of 2022, 2023, 2024 and 2025.

Table 2. Flowering evolution of ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ and ‘Maciel’ peach trees, originated from conventional, semi-hydroponic and plastic bags productions systems, in the growing seasons of 2022, 2023, 2024 and 2025.

Treatment	Date				Period of time (days)				
	F	F2	G	H	F-F2	F2-G	F-G	G-H	F-H
2022									
PS									
Semi-hydroponic	21-Jul	30-Jul	5-Aug	6-Dec	7.33 ^{ns}	6.08 ^{ns}	13.42 ^{ns}	127.67 ^{ns}	141.08 ^{ns}
Plastic container	21-Jul	29-Jul	3-Aug	10-Dec	6.83	5.92	12.75	127.42	140.17
Conventional	21-Jul	30-Jul	5-Aug	10-Dec	7.25	5.92	13.17	127.67	140.83
C									
‘Chimarrita’	26-Jul	31-Jul	5-Aug	5-Dec	5.25 b	4.83 c	10.08 c	122.25 b	132.33 b
‘Maciel’	12-Jul	18-Jul	26-Jul	16-Dec	6.00 b	7.67 a	13.67 b	147.50 a	161.17 a
‘BRS Fascínio’	26-Jul	9-Aug	14-Aug	5-Dec	10.17 a	5.42 b	15.58 a	113.00 c	128.58 b
<i>p</i>									
PS	-	-	-	-	0.497	0.704	0.350	0.989	0.900
C	-	-	-	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
PS x C	-	-	-	-	0.656	0.651	0.561	0.997	0.98
2023									
PS									
Semi-hydroponic	5-Aug	13-Aug	18-Aug	6-Dec	8.00 ^{ns}	5.08 ^{ns}	13.08 ^{ns}	109.08 ^{ns}	122.17 ^{ns}
Plastic container	5-Aug	13-Aug	17-Aug	6-Dec	8.92	4.75	13.67	109.17	122.83
Conventional	5-Aug	13-Aug	18-Aug	5-Dec	8.33	4.75	13.08	109.17	122.25
C									
‘Chimarrita’	7-Aug	17-Aug	22-Aug	30-Nov	10.17 b	4.75 b	14.92 a	100.17 b	115.08 b
‘Maciel’	2-Aug	4-Aug	10-Aug	17-Dec	2.75 c	6.00 a	8.75 b	129.25 a	138.00 a

'BRS Fascínio'	8-Aug	20-Aug	24-Aug	30-Nov	12.33 a	3.83 c	16.17 a	98.00 c	114.17 b
<i>p</i>									
PS	-	-	-	-	0.456	0.416	0.662	0.976	0.706
C	-	-	-	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
PS x C	-	-	-	-	0.612	0.808	0.702	0.603	0.729
2024									
PS									
Semi-hydroponic	14-Jul	24-Jul	2-Aug	20-Nov	10.00 ^{ns}	8.50 ^{ns}	18.17 ^{ns}	111.08 ^{ns}	129.25 ^{ns}
Plastic container	14-Jul	23-Jul	1-Aug	20-Nov	9.58	8.50	18.17	118.00	136.17
Conventional	14-Jul	24-Jul	1-Aug	21-Nov	10.33	8.15	18.92	111.58	130.50
C									
'Chimarrita'	4-Aug	8-Aug	14-Aug	14-Nov	4.00 c	6.00 c	10.00 c	99.00 c	109.00 c
'Maciel'	1-Jul	11-Jul	21-Jul	4-Dec	10.00 b	10.00 a	20.00 b	136.33 a	156.33 a
'BRS Fascínio'	8-Jul	23-Jul	31-Jul	14-Nov	15.00 a	8.25 b	23.25 a	106.83 b	130.08 b
<i>p</i>									
PS	-	-	-	-	0.611	0.405	0.589	0.469	0.547
C	-	-	-	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
PS x C	-	-	-	-	0.812	0.837	0.849	0.756	0.825
2025									
PS									
Semi-hydroponic	5-Aug	12-Aug	16-Aug	03-Dec	6.92 ^{ns}	4.17 ^{ns}	11.08 ^{ns}	109.58 ^{ns}	120.67 ^{ns}
Plastic container	5-Aug	11-Aug	15-Aug	03-Dec	6.75	4.14	10.92	109.67	120.58
Conventional	5-Aug	12-Aug	16-Aug	04-Dec	6.75	4.17	10.92	109.75	120.67
C									
'Chimarrita'	5-Aug	13-Aug	17-Aug	25-Nov	7.50 b	4.00 b	11.50 b	100.82 c	112.32 c

'Maciel'	30-Jul	3-Aug	8-Aug	11-Dec	3.92 c	5.00 a	8.92 c	125.00 a	133.92 a
'BRS Fascínio'	11-Aug	20-Aug	23-Aug	05-Dec	9.00 a	3.50 c	12.50 a	100.93 b	116.43 b
<i>p</i>									
PS	-	-	-	-	0.750	0.958	0.758	0.476	0.913
C	-	-	-	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.001	<0.001
PS x C	-	-	-	-	0.881	0.923	0.887	0.558	0.984

*Different letters within columns indicate significant differences according to Tukey's test ($p < 0.05$). PS: production system; C: cultivar; F-F2: start of bloom to full bloom; F2-G: full bloom to end of bloom; F-G: start of bloom to end of bloom; G-H: end of bloom to begging of harvest; F-H: start of bloom to begging of harvest; ns: not significant.

4.2 Artigo 2

Manuscrito formatado de acordo com as normas do periódico Scientia Agricola, disponíveis em: <https://www.scielo.br/journal/sa/about/>.

Running title: Early performance of peach trees

Manuscript category: Crop Science

Growth and productive performance of peach cultivars derived from different nursery production systems

Abstract

Peach orchard performance is strongly influenced by nursery plant quality, which can affect vegetative growth and early productivity after orchard establishment. In Brazil, conventional field nursery systems are widely used; however, alternative soilless systems have been proposed to improve seedling quality. This study aimed to evaluate vegetative growth and productive performance of peach cultivars established from different nursery production systems during the initial years after planting. The cultivars ‘Chimarrita’, ‘BRS Fascínio’ and ‘Maciel’ were planted using nursery trees produced under conventional, semi-hydroponic and plastic container systems. Plant growth attributes, including trunk diameter below and above the grafting point, scaffold branch length and trunk cross-sectional area, were assessed annually from 2021 to 2025. Yield per tree, productivity, mean fruit mass and yield efficiency were evaluated from the first harvest in 2022 onward. No significant interaction between nursery production system and cultivar was observed. During the first year after transplanting, plants from the conventional and semi-hydroponic systems showed greater trunk diameter than those from plastic containers, reflecting initial differences in seedling morphology. In subsequent years, growth differences among nursery systems were attenuated. Notably, during the first season of significant production (2025), trees originating from the semi-

hydroponic system exhibited higher yield per plant, productivity and mean fruit mass. Among cultivars, ‘BRS Fascínio’ and ‘Maciel’ generally showed greater vegetative vigor and yield than ‘Chimarrita’. These results indicate that nursery production systems may influence early orchard performance, particularly at the onset of commercial production, while cultivar choice plays a major role in determining growth and yield patterns under humid subtropical conditions.

Keywords: *Prunus persica* (L.) Batsch, early yield, vegetative growth, yield efficiency.

Introduction

Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] cultivation plays an important socioeconomic role in Brazil, particularly in the South and Southeast regions, where climatic conditions are suitable for temperate fruit production. Rio Grande do Sul is the country’s main producer, accounting for approximately 137.5 thousand tons annually (IBGE, 2024). Brazil has remained among the world’s leading peach- and nectarine-producing countries in recent years, however, despite its relevance, national peach productivity remains lower than that observed in major producing countries (FAO, 2024), highlighting the need for technological advances throughout the production chain.

Among the factors affecting orchard performance, the quality of nursery plants has received increasing attention, as it directly influences orchard establishment, early vegetative growth and the onset of production. In Brazil, peach propagation is traditionally carried out under conventional field nursery systems; however, these systems may present limitations related to plant uniformity, root system development and sanitary control (Mayer et al., 2017). In this context, alternative nursery production systems based on soilless cultivation have been developed, to improve the morphological and physiological quality of peach nursery trees (Schmitz et al., 2014; Souza et al., 2018; Nicolao et al., 2023).

Studies conducted under nursery conditions have demonstrated that soilless systems can promote improved root architecture, enhanced early vigor and greater uniformity of peach seedlings (Souza et al., 2017). However, information regarding the persistence of these advantages after orchard establishment remains limited. In particular, no studies have evaluated whether differences observed during the nursery phase translate into contrasting vegetative growth and productive performance during the early bearing years of peach orchards, especially under the humid subtropical conditions of southern Brazil.

In addition to nursery system effects, cultivar genetic background strongly influences vegetative growth, canopy architecture and yield potential. Cultivars differ in inherent vigor, growth habit and productivity, which may interact with orchard management practices and environmental conditions (Raseira et al., 2014). Therefore, evaluating plant growth and yield across cultivars originating from different nursery systems is essential to understand their combined effects on orchard development.

Given this context, the present study aimed to evaluate the vegetative growth and productive performance of the peach cultivars ‘Chimarrita’, ‘BRS Fascínio’ and ‘Maciel’, established from conventional, semi-hydroponic and plastic container nursery production systems, during the initial years after orchard establishment (2021–2025), under humid subtropical conditions in southern Brazil.

Materials and Methods

Experimental site and characterization of local climate

The experiment was performed in a commercial nursery in the city of Pelotas, Rio Grande do Sul State, Brazil (31°33'06" S, 52°23'30" W, at 99 m altitude), during the 2022, 2023, 2024 and 2025 growing seasons.

The soil of the experimental orchard is classified as Ultisol (Soil Survey Staff, 2014) and the climate of the region is humid subtropical (Cfa) according to Köppen-Geiger's classification, i.e., humid subtropical, without dry season, and with warm summer (Alvares et al., 2013). The accumulation of chilling hours (CH) below 7.2°C (45°F) from 1st May to September 30 was as follows: 226 hours in 2022, 183 hours in 2023, 208 hours in 2024 and 227 hours in 2025. Minimum and maximum temperatures, and monthly rainfall of experimental site during the experiment, are shown in Figure 1 (Embrapa, 2025).

Plant material and orchard management practices

Plant material consisted of 'Chimarrita', 'BRS Fascínio' and 'Maciel' peach nursery trees grafted onto 'Capdeboscq' peach rootstocks, from the 2020/2021 production cycle. The plants used were originated from three different production systems: (a) conventional, with seeds sown in ridged soil rows (120 cm between rows, 10 cm between seeds); (b) semi-hydroponic, using W-shaped fiber cement gutters (25 cm deep, 55 cm between rows, 10 cm between seeds) filled with a peat and pine bark (1:1 v/v) substrate; and (c) container cultivation, with seedlings grown in 19 × 35 cm plastic bags on benches in open air, also using peat and pine bark as substrate.

Soil acidity and fertility were previously corrected according to soil analysis. The nursery trees were planted in the field, spaced 1.5 meters apart, with 5.0 meters between cultivation rows (1,333 plants ha⁻¹) and trained to a "Y" system. Black woven polypropylene ground cover was installed along the tree rows, contributing to weed suppression and soil moisture conservation. Water and nutrient supply were managed through drip fertigation, with applications adjusted according to crop requirements and local climatic conditions.

Fruit thinning was performed manually between five and eight weeks after full bloom, when fruitlets had reached a diameter of approximately 1.5 to 2.0 cm, following the recommendations for peach trees described by Pereira and Raseira (2014).

Experimental design

Experimental design consisted of a randomized block arrangement in a 3 x 3 factorial (three cultivation systems and three scion cultivars), resulting in nine treatments (Table 1), with four replicates of five plants each. Only the three central plants were evaluated, while the other two served as borders.

Vegetative growth attributes

Vegetative growth was evaluated annually in September, from the year of orchard establishment (2021) to 2025. Trunk diameter was measured at two positions: 5 cm below and 5 cm above the graft union, using a digital caliper, and expressed in millimeters (mm).

The length of the two main scaffold branches (right and left) was measured using a graduated measuring tape and expressed in centimeters (cm). Measurements of scaffold branch length were not performed in 2021, as the branches had not yet been fully formed during the first year after planting.

For each evaluated plant, trunk diameter and scaffold branch length were recorded individually, and mean values were calculated for statistical analysis.

Yield productive performance attributes

Yield evaluations were performed from the first commercial harvest, beginning in the 2022 growing season. Fruit yield per plant was determined by weighing all fruits harvested from each evaluated plant and expressed in kilograms per plant (kg plant^{-1}).

Productivity was estimated based on plant density and expressed as megagrams per hectare (Mg ha^{-1}). Mean fruit weight was calculated by dividing total fruit yield per plant by the total number of harvested fruits and expressed in grams (g).

Trunk cross-sectional area (TCSA) was calculated using the trunk diameter measured 5 cm above the graft union, according to the formula:

$$TCSA = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Where:

d: trunk diameter (cm).

Productive efficiency was calculated as the ratio between fruit yield per plant and TCSA, and expressed as kilograms of fruit per square centimeter of trunk cross-sectional area (kg cm⁻²).

Statistical analyses

Statistical analyses were performed using the R software (R Core Team, 2024), with package ExpDes (Ferreira et al., 2013). Data were analyzed for statistical significance by means of F test. Tukey's test was performed to compare treatments when analysis of variance showed significant differences among means.

Results

No significant interaction was detected between nursery production system and cultivar for any of the evaluated variables. Thus, only the main effects of these factors are presented.

Regarding vegetative growth, in the first year after transplanting (2021), trees originating from the conventional nursery system exhibited greater trunk diameter both below and above the grafting point, followed by those from the semi-hydroponic system, whereas plants produced in plastic containers showed the lowest values. When cultivars were compared, no differences were observed for trunk diameter below the grafting point. However, 'BRS Fascínio' presented a larger trunk diameter above the grafting point than 'Chimarrita', not differing from 'Maciel' (Table 2).

In the second year of evaluation (2022), trees produced in the semi-hydroponic system showed greater trunk diameters and longer main scaffold branches, although these values did not differ statistically from those observed in the conventional system. In the same season, no differences among cultivars were detected for trunk diameter; however, ‘Maciel’ trees exhibited greater vigor, as evidenced by longer scaffold branches (Table 2).

During the first two years after orchard establishment, trees originating from the semi-hydroponic and conventional nursery systems showed higher trunk cross-sectional area (TCSA) than those produced in plastic containers (Table 3).

In the third year of evaluation (2023), differences among nursery systems were observed only for trunk diameter above the grafting point, with semi-hydroponic trees presenting higher values than those from the plastic container system, while not differing from conventionally produced plants. Among cultivars, ‘BRS Fascínio’ showed a greater trunk diameter below the grafting point, whereas ‘Maciel’ presented longer scaffold branches, although values did not differ from ‘BRS Fascínio’ when the left scaffold branch was considered (Table 2).

In the 2024 and 2025 growing seasons, no significant differences in vegetative growth were detected among nursery production systems. However, when cultivars were compared, ‘Maciel’ consistently showed greater scaffold branch length, indicating higher vegetative vigor (Table 2).

Regarding productive parameters, no significant differences were observed among nursery production systems during the first four years after planting. However, in the 2025 season, when the first expressive yield was recorded, trees originating from the semi-hydroponic system exhibited higher yield per plant (approximately 5 kg plant⁻¹),

higher productivity (approximately 5 Mg ha⁻¹), and greater mean fruit mass (15 g higher) compared to the other systems (Table 3).

When cultivars were evaluated, it is important to note that overall production was markedly reduced in the 2024 season due to extremely unfavorable climatic conditions, particularly excessive rainfall during May, which severely affected tree performance. Under these conditions, ‘Chimarrita’ did not produce fruit (Table 3).

Across the first three productive seasons, ‘BRS Fascínio’ showed higher yield per plant and higher productivity compared to the other cultivars. With respect to mean fruit mass, ‘BRS Fascínio’ presented the highest values in 2022, not differing from ‘Maciel’ in 2023, whereas ‘Maciel’ showed greater fruit mass in 2024. Regarding yield efficiency, ‘BRS Fascínio’ exhibited higher values in the 2022 season, not differing from ‘Chimarrita’, while no significant differences among cultivars were observed in the 2024 and 2025 seasons. In the 2025 season, no significant differences among cultivars were detected for any of the productive parameters evaluated (Table 3).

Discussion

The lack of significant interactions between nursery production systems and cultivars indicates that their effects on vegetative growth and productive performance were independent throughout the evaluation period.

During the first year after transplanting, differences in trunk diameter observed among nursery systems mainly reflected the morphological characteristics of the nursery plants at planting. Trees produced in the conventional system exhibited greater initial trunk diameters, followed by those from the semi-hydroponic system, while plants originating from plastic containers showed smaller diameters. This response is consistent with the influence of root volume restriction on shoot development, as container-grown nursery plants often exhibit reduced early vigor due to limited root expansion (Schmitz

et al., 2014; Pokhrel and Albrecht, 2024). As diameter measurements were performed shortly after orchard establishment, these differences represent nursery-induced traits rather than field-driven growth responses.

In the second year, trees originating from the semi-hydroponic system showed greater trunk diameters and longer scaffold branches, not differing from conventionally produced plants. This indicates that the improved physiological quality and root architecture associated with semi-hydroponic propagation may enhance early vegetative growth after transplanting, as previously described for peach nursery trees produced under controlled substrate and nutrient conditions (Mayer et al., 2017; Nicolao et al., 2023). However, as orchard development progressed, differences among nursery systems were progressively attenuated, and by the 2024 and 2025 seasons no significant contrasts in vegetative growth were detected. Similar attenuation of early propagation effects has been reported in perennial fruit crops, where initial advantages tend to diminish as trees establish their root systems under field conditions (Marín et al., 2023).

Cultivar-related differences in vegetative growth were more persistent across seasons and can be attributed to inherent genetic vigor. ‘Chimarrita’, classified as moderately vigorous, consistently exhibited reduced trunk diameter and scaffold branch length compared with the medium- to high-vigor cultivars ‘BRS Fascínio’ and ‘Maciel’ (Raseira et al., 2014). The greater scaffold branch length observed in ‘Maciel’ trees aligns with its known vegetative performance and may influence canopy architecture and resource distribution during orchard establishment.

Regarding productive performance, no differences among nursery systems were detected during the initial production years, indicating that early yield was not markedly influenced by plant origin. The sharp reduction in yield recorded during the 2024 growing season can be attributed to unfavorable climatic conditions, notably the unusually high

rainfall occurring in periods close to and during flowering (Figure 1). Although yield losses were most pronounced in the cultivar ‘Chimarrita’, these conditions likely imposed physiological stress across all evaluated cultivars, adversely affecting key reproductive processes such as flower development, pollination success, fruit set and early fruit growth in peach trees (Campoy et al., 2011; Luedeling et al., 2012).

However, during the first season with more expressive production (2025), trees originating from the semi-hydroponic system showed higher yield per plant, greater productivity and increased mean fruit mass. This result suggests that improvements in root system quality achieved during the nursery phase may become more evident when trees reach higher physiological demand associated with increased crop load.

The greater mean fruit mass observed in semi-hydroponic trees further supports the hypothesis of a more favorable source–sink balance, potentially associated with improved water and nutrient uptake efficiency. Fruit mass is a key commercial attribute and is strongly influenced by tree vigor, canopy development and carbohydrate availability during fruit growth (Costa and Botton, 2022).

Regarding cultivar effects, ‘BRS Fascínio’ generally showed higher yield and productivity during the first production cycles, confirming its breeding objective as a productive alternative to older cultivars such as ‘Chimarrita’ (Raseira et al., 2014). The absence of differences among cultivars in 2025 may be associated with increased tree maturity and stabilization of production.

In summary, the results demonstrate that the nursery production systems adopted can affect early orchard growth during the initial years after planting and contribute to improved yield performance under favorable conditions. At the same time, the genetic background of the cultivars also influences plant vigor and yield expression, indicating

that both nursery practices and cultivar choice play complementary roles in the productive performance of young peach orchards

Acknowledgments

The authors thanks to CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) for scholarship support (Process: 88887.669699/2022-00) and to Frutplan Mudas Ltda nursery for providing plant material and structure, supporting the research.

Conflict of interest

Nothing to declare.

Data availability statement

The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Declaration of use of Artificial Intelligence (AI) Technologies

No AI technologies, including generative AI tools, were used in the preparation, writing, or analysis of this study.

References

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Moraes Gonçalves JL, Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Campoy JA, Ruiz D, Egea J. 2011. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. *Scientia Horticulturae* 130: 357-372. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011>

Costa G, Botton A. 2022. Thinning in peach: Past, present and future of an indispensable practice. *Scientia Horticulturae* 296: 110895. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110895>

Embrapa – Brazilian Agricultural Research Corporation. 2025. Agrometeorological monitoring system. Embrapa Clima Temperado. Available at: https://agromet.cpact.embrapa.br/online/Current_Monitor.htm [Accessed Dec 14, 2025].

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. 2013. Package ‘ExpDes’. Version 1.1.2. Available at: <http://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes/> [Accessed Sep 29, 2025].

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2024. Food and Agriculture Data. Available from: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [Accessed Aug 17, 2025].

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2024. Produção agrícola municipal (in Portuguese). Available at: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria> [Accessed Aug 17, 2025].

Luedeling E. 2012. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review. *Scientia Horticulturae* 144: 218-229. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.011>

Marín JA, García E, Lorente P, Andreu P, Arbeloa A. 2023. Assessing effect of rootstock micropropagation on field performance of grafted peach varieties by fitting mixed-effects models: A longitudinal study. *Plants* 12: 674. <https://doi.org/10.3390/plants12030674>

- Mayer NA, Bianchi VJ, Feldberg NP, Morini S. 2017. Advances in peach, nectarine and plum propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39: e-355. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017355>
- Nicolao G, Mayer NA, Ueno B, Bianchi VJ. 2023. Morphological traits of 'Granada' peach nursery trees from rootstocks of two production systems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 58: e03225. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03225>
- Pereira JFM, Raseira MCB. 2014. Raleio. In: Raseira MCB, Pereira JFM, Carvalho FLC. *Pessegueiro*. Brasília: Embrapa, p.309–327.
- Pokhrel A, Albrecht U. (2024). Evaluation of different container types on root structure and performance of nursery-grown citrus plants. *HortScience* 59: 1056-1064. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17979-24>
- R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/> [Accessed Sep 29, 2025].
- Raseira MCB, Nakasu BH, Barbosa W. 2014. Cultivares: Descrição e Recomendação. In: Raseira MCB, Pereira JFM, Carvalho FLC. *Pessegueiro*. Brasília: Embrapa, p. 73-141.
- Schmitz JD, Pasa MS, Fischer DLO, Fachinello JC, Bianchi VJ. 2014. Performance of peach rootstocks in different crop systems for the production of 'Chimarrita' seedlings. *Revista Ceres* 61: 293-307. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200020>
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. 12 ed. USDA/NRCS, Washington, DC, USA.
- Souza AG, Smiderle OJ, Muraro RE, Bianchi VJ. 2018. Patents for the morphophysiological quality of seedlings and grafted peach trees: Effects of nutrient

solution and substrates. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture* 9: 111-118.
<https://doi.org/10.2174/2212798410666180508101641>

Souza ALK, Schuch MW, Camargo SS, Pereira RR, Souza EL, Pasa MS. 2017. Does propagation method affect the field performance of peach trees?. *Semina: Ciências Agrárias* 38: 2815-2821. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2815>

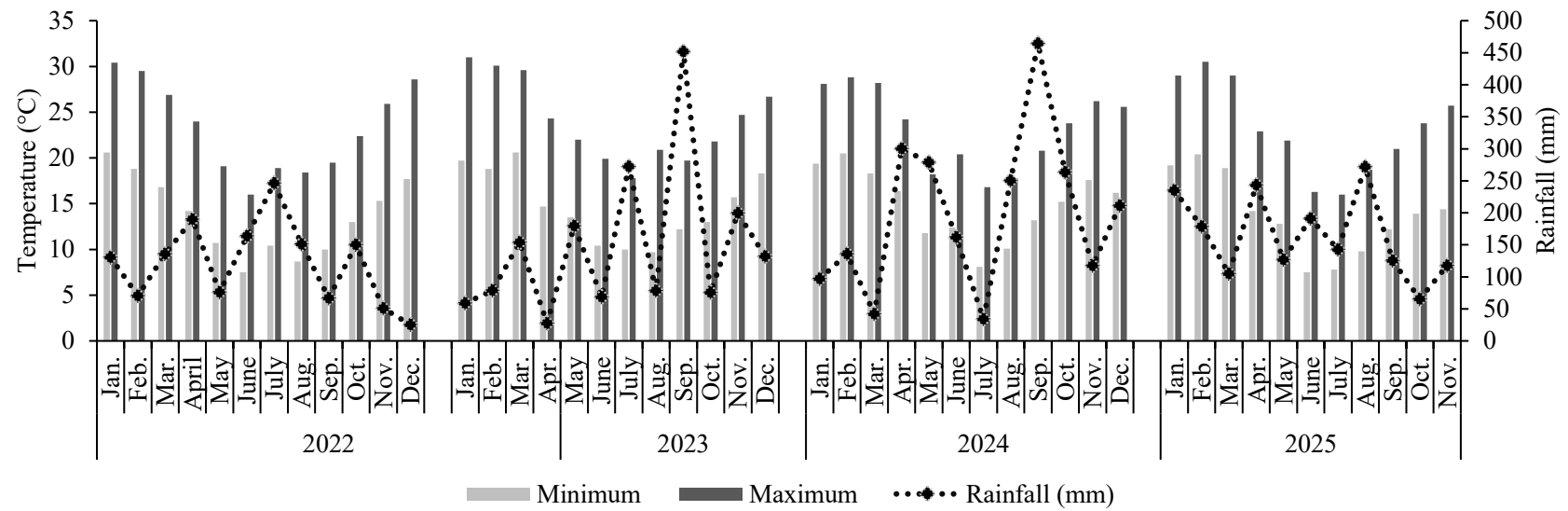


Figure 1. Monthly average of minimal and maximum temperatures, and monthly rainfall at the experimental site, in 2022, 2023, 2024 and 2025 growing seasons. Data obtained from the weather station located at the Embrapa Clima Temperado in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.

Table 1. Treatments combining three peach cultivars ('Chimarrita', 'BRS Fascínio' and 'Maciel') and three nursery production systems (conventional, semi-hydroponic, and plastic container).

Treatment	Description
1	Semi-hydroponic 'Chimarrita'
2	Semi-hydroponic 'Maciel'
3	Semi-hydroponic 'BRS Fascínio'
4	Conventional 'Chimarrita'
5	Conventional 'Maciel'
6	Conventional 'BRS Fascínio'
7	Plastic Container 'Chimarrita'
8	Plastic Container 'Maciel'
9	Plastic Container 'BRS Fascínio'

Table 2. Diameter below and above graft union and length of right and left main scaffold branches (RSB and LSB) of ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ and ‘Maciel’ peach trees obtained from plastic container, conventional and semi-hydroponic production systems, during the growing seasons of 2022, 2023, 2024 and 2025.

Treatments	Diameter below (mm)	Diameter above (mm)	RSB lenght (cm)	LSB lenght (cm)
2021				
PS				
Semy-hidroponic	11.86 b	9.09 b	-	-
Plastic container	8.92 c	6.79 c	-	-
Conventional	13.15 a	10.53 a	-	-
CT				
Chimarrita'	10.95 ^{ns}	8.01 b	-	-
Maciel'	11.77	8.97 ab	-	-
BRS Fascínio'	11.21	9.42 a	-	-
<i>p</i>				
PS	< 0.001	< 0.001	-	-
CT	0.189	< 0.01	-	-
PS x CT	0.141	0.131	-	-
2022				
PS				
Semy-hidroponic	29.89 a	28.91 a	132.44 a	124.15 a
Plastic container	25.39 b	24.51 b	114.23 b	105.94 b
Conventional	27.77 ab	27.60 a	123.88 ab	118.65 a
CT				
Chimarrita'	26.84 ^{ns}	25.77 ^{ns}	109.63 b	103.93 b
Maciel'	29.04	27.37	137.41 a	132.41 a
BRS Fascínio'	27.17	27.88	123.52 ab	112.40 b
<i>p</i>				
PS	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01
CT	0.147	0.153	<0.001	<0.001
PS x CT	0.960	0.970	0.829	0.731
2023				
PS				
Semy-hidroponic	57.60 ^{ns}	57.70 a	256.14 ^{ns}	240.28 ^{ns}
Plastic container	58.63	54.40 b	245.89	225.47
Conventional	57.73	57.29 ab	246.06	231.58
CT				
Chimarrita'	56.12 b	54.76 ^{ns}	226.56 c	212.14 b
Maciel'	55.25 b	57.45	272.00 a	242.83 a
BRS Fascínio'	62.60 a	57.19	249.53 b	242.36 a
<i>p</i>				

PS	0.635	<0.05	0.141	0.223
CT	<0.001	0.056	<0.001	<0.01
PS x CT	0.473	0.568	0.073	0.915
2024				
PS				
Semy-hidroponic	66.37 ^{ns}	62.72 ^{ns}	309.89 ^{ns}	275.08 ^{ns}
Plastic container	62.14	59.66	299.83	270.56
Conventional	61.19	61.41	298.81	274.11
CT				
Chimarrita'	60.68 ^{ns}	61.43 ^{ns}	278.44 b	247.97 c
Maciel'	62.06	60.45	330.28 a	299.81 a
BRS Fascínio'	64.96	60.92	299.81 b	271.97 b
<i>p</i>				
PS	0.254	0.312	0.412	0.842
CT	0.094	0.472	<0.001	<0.001
PS x CT	0.986	0.995	0.85	0.374
2025				
PS				
Semy-hidroponic	71.57 ^{ns}	66.30 ^{ns}	388.06 ^{ns}	344.53 ^{ns}
Plastic container	68.17	62.89	370.25	342.89
Conventional	65.65	66.29	373.22	340.81
CT				
Chimarrita'	71.94 ^{ns}	66.67 ^{ns}	353.61 b	323.06 b
Maciel'	64.08	64.17	408.14 a	366.78 a
BRS Fascínio'	69.36	61.78	369.78 b	338.39 b
<i>p</i>				
PS	0.423	0.638	0.102	0.913
CT	0.218	0.453	<0.001	<0.001
PS x CT	0.278	0.193	0.951	0.693

*Different letters within columns indicate significant differences according to Tukey's test ($p < 0.05$). PS: production system; CT: cultivar; ns: not significant.

Table 3. Yield per tree, yield, mean fruit mass, trunk cross section area (TCSA) and yield efficiency of ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ and ‘Maciel’ peach trees obtained from plastic container, conventional and semi-hydroponic production systems, during the growing seasons of 2022, 2023, 2024 and 2025.

Treatments	Yield per tree (kg)	Yield (Mg ha ⁻¹)	Mean fruit mass (g)	TCSA (cm ⁻²)	Yield efficiency (kg cm ⁻²)
2022					
PS					
Semy-hidroponic	0.651 ^{ns}	867.23 ^{ns}	106.07 ^{ns}	6.63 a	0.93 ^{ns}
Plastic container	0.315	420.45	115.17	4.75 b	0.67
Conventional	0.558	743.48	108.67	6.03 a	0.09
CT					
Chimarrita'	0.310 b	413.67 b	104.50 b	5.25 ^{ns}	0.06 b
Maciel'	0.131 b	174.07 b	102.42 b	5.97	0.02 b
BRS Fascínio'	1.083 a	1,443.42 a	122.98 a	6.18	0.17 a
<i>p</i>					
PS	0.153	0.153	0.337	<0.01	0.476
CT	<0.001	<0.001	<0.01	0.156	<0.001
PS x CT	0.113	0.113	0.591	0.954	0.171
2023					
PS					
Semy-hidroponic	8.62 ^{ns}	11,483.80 ^{ns}	87.67 ^{ns}	26.20 a	0.33 ^{ns}
Plastic container	8.27	11,020.13	82.50	23.28 b	0.36
Conventional	7.99	10,661.78	83.92	25.91 a	0.31
CT					
Chimarrita'	7.86 b	10,482.93 b	77.75 b	23.67 ^{ns}	0.34 a
Maciel'	7.31 b	9,740.45 b	89.92 a	25.76	0.29 b
BRS Fascínio'	9.71 a	12,942.32 a	86.42 a	25.95	0.38 a
<i>p</i>					
PS	0.198	0.198	0.650	<0.05	0.061
CT	<0.001	<0.001	<0.001	0.066	<0.001
PS x CT	0.051	0.051	0.399	0.556	0.079
2024					
PS					
Semy-hidroponic	2.58 ^{ns}	3,432.98 ^{ns}	134.38 ^{ns}	35.59 ^{ns}	0.07 ^{ns}
Plastic container	2.38	3,169.21	130.50	32.56	0.07
Conventional	2.36	3,113.56	140.63	34.30	0.07
CT					
Chimarrita'	-	-	-	-	-
Maciel'	1.88 b	2.50 b	145.50 a	30.21 b	0.06 ^{ns}
BRS Fascínio'	2.98 a	3.97 a	124.83 b	38.10 a	0.08

<i>p</i>					
PS	0.868	0.868	0.183	0.377	0.808
CT	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	0.151
PS x CT	0.631	0.631	0.129	0.865	0.697
2025					
PS					
Semy-hidroponic	24.99 a	33,310.34 a	99.63 a	35.80 ^{ns}	0.91 ^{ns}
Plastic container	21.06 b	28,066.31 b	85.00 b	31.46	0.77
Conventional	21.04 b	28,049.65 b	82.63 b	33.61	0.74
CT					
Chimarrita'	22.40 ^{ns}	29,858.09 ^{ns}	86.75 ^{ns}	36.18 ^{ns}	0.76 ^{ns}
Maciel'	22.38	29,832.54	88.16	34.57	0.81
BRS Fascínio'	22.33	29,759.45	91.42	31.07	0.84
<i>p</i>					
PS	<0.05	<0.05	<0.05	0.699	0.575
CT	0.955	0.955	0.296	0.235	0.634
PS x CT	0.126	0.126	0.701	0.183	0.379

*Different letters within columns indicate significant differences according to Tukey's test ($p < 0.05$). PS: production system; CT: cultivar; ns: not significant.

4.3 Artigo 3

Manuscrito formatado de acordo com as normas do periódico Scientia Agrícola, disponíveis em: <https://www.scielo.br/journal/sa/about/>.

Running title: Fruit quality of peach cultivars

Manuscript category: Crop Science

Does nursery production system affect the fruit quality attributes of peach cultivars?

Abstract

The quality of peach fruits is influenced by genetic background, environmental conditions and orchard management practices. Among these factors, nursery production systems may affect early plant development and potentially influence fruit quality during the initial years of orchard production. This study aimed to evaluate the physical, chemical and skin color attributes of fruits from three peach cultivars, ‘Chimarrita’, ‘BRS Fascínio’ and ‘Maciel’, obtained from different nursery production systems. The experiment was conducted in a commercial orchard located in Southern Brazil, under humid subtropical conditions, during three production cycles (2023–2025). Trees originated from conventional, semi-hydroponic and plastic container nursery systems were evaluated in a randomized block design arranged in a 3×3 factorial scheme (nursery systems $\times$ cultivars). Fruit physical attributes, chemical characteristics and skin color parameters were determined at harvest. No significant interaction between nursery production systems and cultivars was observed for any evaluated variable. Fruit quality attributes were not significantly affected by the nursery production systems. In contrast, consistent differences among cultivars were detected. ‘Maciel’ fruits showed higher firmness, soluble solids content, titratable acidity and yellow skin coloration, reflecting its yellow

flesh and dual-purpose use. ‘Chimarrita’ fruits presented lower firmness and higher soluble solids-to-acidity ratio, whereas ‘BRS Fascínio’ showed intermediate characteristics, combining traits desirable for fresh consumption. These results indicate that fruit quality attributes in young peach orchards are primarily determined by cultivar characteristics rather than by the nursery production system, highlighting the importance of cultivar selection according to the target market.

Keywords: *Prunus persica* (L.) Batsch, titratable acidity, solid soluble content, flesh firmness, fruit color.

Introduction

Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] cultivation plays an important socioeconomic role in Brazil, especially in the South and Southeast regions, where climatic conditions favor temperate fruit production. The state of Rio Grande do Sul is the country’s main producer, with an annual output of approximately 137.5 thousand tons (IBGE, 2024), and Brazil has consistently ranked among the world’s leading peach and nectarine producers in recent years (FAO, 2024). In addition to yield, fruit quality attributes such as sweetness, color, and flesh texture determine the organoleptic properties of the fruit, becoming key factors for market competitiveness by directly influencing consumer acceptance, commercialization potential, and suitability for industrial processing (Veerappan et al., 2021).

Fruit quality attributes such as size, firmness, soluble solids content, titratable acidity and skin color are primarily determined by cultivar (Tavarini et al., 2008), but they are also modulated by environmental conditions and orchard management practices (Gullo et al., 2014). Among these factors, the quality of nursery plants has received increasing attention, as it can affect tree vigor, canopy development and source–sink

relationships during fruit growth, particularly in the early years after orchard establishment (Mayer et al., 2017; Menegatti et al., 2022).

In recent years, alternative nursery production systems based on soilless cultivation have been developed in Brazil to improve the uniformity and physiological quality of peach nursery trees (Schmitz et al., 2014; Souza et al., 2018; Nicolao et al., 2023). These systems promote improved root architecture and early vegetative growth, which may influence carbohydrate allocation and fruit development after orchard establishment. However, despite advances in nursery technology, information regarding the effects of nursery production systems on the physical, chemical and skin color attributes of fruits produced in young peach orchards remains scarce.

Therefore, this study aimed to evaluate the physical, chemical and skin color characteristics of fruits from the peach cultivars ‘Chimarrita’, ‘BRS Fascínio’ and ‘Maciel’, obtained from conventional, semi-hydroponic and plastic container nursery production systems, during three production cycles (2023–2025), under humid subtropical conditions in Southern Brazil.

Materials and Methods

Experimental site and characterization of local climate

The experiment was performed in a commercial nursery in the city of Pelotas, Rio Grande do Sul State, Brazil (31°33'06" S, 52°23'30" W, at 99 m altitude), during the 2023, 2024 and 2025 growing seasons.

The soil of the experimental orchard is classified as Ultisol (Soil Survey Staff, 2014) and the climate of the region is humid subtropical (Cfa) according to Köppen-Geiger's classification, i.e., humid subtropical, without dry season, and with warm summer (Alvares et al., 2013). The accumulation of chilling hours (CH) below 7.2°C (45°F) from 1st May to September 30 was as follows: 226 hours in 2022, 183 hours in 2023, 208 hours

in 2024 and 227 hours in 2025. Minimum and maximum temperatures, and monthly rainfall of experimental site during the experiment, are shown in Figure 1 (Embrapa, 2025).

Plant material

Plant material consisted of ‘Chimarrita’, ‘BRS Fascínio’ and ‘Maciel’ peach nursery trees grafted onto ‘Capdeboscq’ peach rootstocks, from the 2020/2021 production cycle. The plants used were originated from three different production systems: (a) conventional, with seeds sown in ridged soil rows (120 cm between rows, 10 cm between seeds); (b) semi-hydroponic, using W-shaped fiber cement gutters (25 cm deep, 55 cm between rows, 10 cm between seeds) filled with a peat and pine bark (1:1 v/v) substrate; and (c) container cultivation, with seedlings grown in 19 × 35 cm plastic bags on benches in open air, also using peat and pine bark as substrate.

Soil acidity and fertility were previously corrected according to soil analysis. The nursery trees were planted in the field, spaced 1.5 meters apart, with 5.0 meters between cultivation rows (1,333 plants ha⁻¹) and trained to a "Y" system. Black woven polypropylene ground cover was installed along the tree rows, contributing to weed suppression and soil moisture conservation. Water and nutrient supply were managed through drip fertigation, with applications adjusted according to crop requirements and local climatic conditions.

Fruit thinning was performed manually between five and eight weeks after full bloom, when fruitlets had reached a diameter of approximately 1.5 to 2.0 cm, following the recommendations for peach trees described by Pereira and Raseira (2014).

Experimental design

Experimental design consisted of a randomized block arrangement in a 3 x 3 factorial (three cultivation systems and three scion cultivars), resulting in nine treatments

(Table 1), with four replicates of five plants each. Only fruits of the three central plants were evaluated, while the remaining plants served as borders. For fruit quality evaluations, ten fruits per plant were harvested at commercial maturity and transported to the laboratory for the assessment of physical, chemical and skin color attributes.

Laboratory analyses

Laboratory evaluations were conducted at the Fruit Quality Laboratory of the Graduate Program in Agronomy (Temperate Climate Fruit Crops), Federal University of Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil (31°48'11" S, 52°24'52" W).

Physical attributes

Fruit size was determined by measuring fruit height and equatorial diameter. Fruit height and two equatorial diameter measurements (taken at perpendicular positions) were recorded using a graduated measuring tray (graduated ruler), and the mean equatorial diameter was calculated from these two measurements. Results were expressed in millimeters (mm). For each experimental unit, measurements were performed on ten fruits, and mean values were used for statistical analysis.

Fruit firmness was determined using a manual fruit pressure tester (Forli[®] FT 327, Italy), fitted with an 8 mm diameter tip, as recommended for peaches. Prior to firmness measurements, the fruit skin was removed at two opposite equatorial positions. Firmness was measured on both sides of each fruit, and the mean value was calculated. Results were expressed in kilogram-force (kgf).

Chemical attributes

Soluble solids content (SSC) was determined using pure fruit juice, obtained by manual extraction, and measured with a digital refractometer (Atago[®] PAL-1, Tokyo, Japan). Results were expressed in Brix degrees (°Brix).

Titrateable acidity (TA) was determined by acid–base titration. Briefly, 10 mL of pure fruit juice were diluted with 40 mL of distilled water, and an aliquot of 10 mL of the diluted solution was transferred to an Erlenmeyer flask. Three drops of phenolphthalein indicator were added, and the solution was titrated with 0.1 N sodium hydroxide (NaOH) until the appearance of a persistent light pink color. Titrateable acidity was expressed as percentage of citric acid.

SSC/TA ratio was calculated as the ratio between soluble solids content and titrateable acidity and used as an indicator of fruit flavor balance.

Skin color attributes

Peaches skin color was measured using a portable colorimeter (Konica Minolta® CR-300, Osaka, Japan), and color parameters were expressed in the CIELab color space (L, a*, b*, chroma and hue angle). Color readings were taken at two equatorial positions on each fruit, corresponding to the sun-exposed and shaded sides. The parameters L*, a* and b* were recorded, and the mean values of both sides were used for statistical analysis. Chroma (C*) and hue angle (h°) were calculated as $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$ and $h^\circ = \arctan(b^*/a^*)$, expressed in degrees.

Statistical analyses

Statistical analyses were performed using the R software (R Core Team, 2024), with package ExpDes (Ferreira et al., 2013). Data were analyzed for statistical significance by means of F test. Tukey's test was performed to compare treatments when analysis of variance showed significant differences among means.

Results

No significant interaction was detected between nursery production system and cultivar for any of the evaluated variables. Therefore, results are presented considering only the main effects of each factor.

Across the three evaluation years, fruit quality attributes were not significantly influenced by the nursery production systems. In contrast, clear and consistent differences were observed among cultivars.

Regarding fruit physical traits, peaches of the cultivar ‘BRS Fascínio’ exhibited greater fruit height and diameter than the other cultivars in most seasons. An exception occurred in the 2024 season, when overall yield was markedly reduced and no fruit production was recorded for ‘Chimarrita’. Flesh firmness differed among cultivars, with ‘Maciel’ showing the highest values, followed by ‘BRS Fascínio’, whereas ‘Chimarrita’ presented the lowest firmness values (Table 2).

Concerning chemical attributes, fruits of ‘Maciel’ displayed higher soluble solids content (SSC), not differing statistically from ‘Chimarrita’ in the third evaluation year. Titratable acidity (TA) followed a similar trend, with higher values observed in ‘Maciel’, intermediate values in ‘BRS Fascínio’, and lower acidity in ‘Chimarrita’. Consequently, the SSC/TA ratio was higher in ‘Chimarrita’ fruits, followed by ‘BRS Fascínio’, while ‘Maciel’ exhibited the lowest ratio values (Table 3).

With respect to skin color parameters, ‘Maciel’ fruits showed higher L* values compared with the other cultivars, although no differences were observed in relation to ‘BRS Fascínio’ during the 2025 season. This cultivar also presented consistently higher b* and chroma (C*) values throughout the evaluation period. In contrast, higher a* values were recorded for ‘Chimarrita’ and ‘BRS Fascínio’, except in 2025, when no significant differences were detected among cultivars. Hue angle values were greater in ‘BRS Fascínio’ and ‘Chimarrita’, when compared with ‘Maciel’ fruits (Table 4).

Discussion

The lack of significant interaction between nursery production systems and cultivars for fruit quality attributes indicates that, under the conditions of this study, fruit

physicochemical and skin color characteristics were predominantly determined by genetic factors.

Marked differences among cultivars were consistently observed across the evaluated seasons, which can be explained by their distinct genetic background, flesh color, and intended use. ‘Chimarrita’ and ‘BRS Fascínio’ are white-fleshed cultivars mainly destined for fresh consumption, while ‘Maciel’ is a yellow-fleshed cultivar with dual-purpose use, suitable for both fresh market and processing (Raseira et al., 2014). These intrinsic cultivar characteristics directly influence fruit size, firmness, chemical composition, and skin color (Belisle et al., 2018; Petruccelli et al., 2023), which agrees with the patterns observed in the present study.

Fruit physical attributes revealed that ‘BRS Fascínio’ generally produced larger fruits, expressed by greater height and diameter, which is an important commercial trait for the fresh market. Fruit size is a cultivar-dependent characteristic, but it is also influenced by seasonal climatic conditions and crop load (Costa and Botton, 2022). The reduced production observed in the 2024 season, particularly for ‘Chimarrita’, is likely associated with adverse climatic events, especially excessive rainfall during the months preceding and overlapping the flowering period (Figure 1). Such conditions are known to negatively affect floral development, pollination, fruit set, and subsequent fruit growth in peach orchards (Campoy et al., 2011; Luedeling et al., 2012).

Fruit firmness differed significantly among cultivars, with ‘Maciel’ consistently showing the highest values, followed by ‘BRS Fascínio’ and ‘Chimarrita’. Higher firmness in ‘Maciel’ fruits is consistent with its yellow flesh and dual-purpose classification, since peaches destined for processing generally require firmer texture to withstand harvesting, transport and industrial handling, as firmness and flesh type differences among cultivars influence postharvest behavior and resilience to mechanical

stress (Curi et al., 2017; Tatsuki et al., 2021). In contrast, ‘Chimarrita’ showed lower firmness, reflecting its breeding focus on sensory quality for fresh consumption rather than postharvest durability.

Regarding chemical attributes, ‘Maciel’ fruits presented higher soluble solids content (SSC) and titratable acidity (TA), resulting in lower SSC/TA ratios. This sugar–acid balance is characteristic of yellow-fleshed peaches and is particularly desirable for industrial processing, as higher acidity contributes to flavor stability and processing quality (Kader, 2002; Crisosto et al., 2006). Conversely, ‘Chimarrita’ fruits exhibited higher SSC/TA ratios, which are associated with sweeter taste perception and greater consumer acceptance in the fresh market (Infante et al., 2012). ‘BRS Fascínio’ showed intermediate values, which aligns with its breeding objective as a modern replacement for ‘Chimarrita’ (Raseira et al., 2014), combining improved firmness with acceptable sweetness and acidity for fresh consumption.

Fruit skin color, together with fruit size, is one of the main visual attributes influencing consumer preference at the point of sale (Scalisi et al., 2022). In the present study, skin color parameters highlighted clear cultivar-specific differences: ‘Maciel’ fruits exhibited higher L, b, and C* values, indicating lighter, more yellow and more saturated skin coloration, whereas higher a* values and hue angle in ‘Chimarrita’ and ‘BRS Fascínio’ reflected a greater contribution of red pigmentation. These differences are closely related to pigment composition, with carotenoids predominating in yellow-fleshed cultivars such as ‘Maciel’, while anthocyanins play a major role in the skin coloration of white-fleshed peaches, which are particularly valued in the fresh market (Crisosto et al., 2006).

The similarity observed between ‘Chimarrita’ and ‘BRS Fascínio’ across most quality attributes deserves special attention. ‘BRS Fascínio’ was developed as an

alternative to ‘Chimarrita’, aiming to overcome limitations related to lower firmness and postharvest performance while maintaining desirable sensory characteristics. The results of this study confirm that ‘BRS Fascínio’ preserves the quality profile expected for white-fleshed peaches, while presenting improvements in firmness and fruit size, reinforcing its suitability as an alternative for fresh-market production (Raseira et al., 2014).

Overall, the results demonstrate that fruit quality differences among the evaluated peaches are mainly driven by cultivar characteristics rather than by nursery production systems. These findings emphasize the importance of selecting cultivars according to their intended use and highlight the role of breeding programs in developing peach cultivars that combine fruit quality, postharvest performance, and adaptability to regional growing conditions.

Acknowledgments

The authors thanks to CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) for scholarship support (Process: 88887.669699/2022-00) and to Frutplan Mudas Ltda nursery for providing plant material and structure, supporting the research.

Conflict of interest

Nothing to declare.

Data availability statement

The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Declaration of use of Artificial Intelligence (AI) Technologies

No AI technologies, including generative AI tools, were used in the preparation, writing, or analysis of this study.

References

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Moraes Gonçalves JL, Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Belisle C, Phan UT, Adhikari K, Chavez DJ. 2018. A fruit quality survey of peach cultivars grown in the Southeastern United States. *HortTechnology* 28: 189-201. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03870-17>
- Campoy JA, Ruiz D, Egea J. 2011. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. *Scientia Horticulturae* 130: 357-372. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011>
- Costa G, Botton A. 2022. Thinning in peach: Past, present and future of an indispensable practice. *Scientia Horticulturae* 296: 110895. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110895>
- Crisosto CH, Crisosto GM, Echeverria G, Puy J. 2006. Segregation of peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars according to their organoleptic characteristics. *Postharvest Biology and Technology* 39: 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.007>
- Curi PN, Tavares BDS, Tadeu MH, Melo ETD, Pio R, Souza VRD. 2017. Peach cultivars from tropical regions: characterization and processing potential. *Ciência Rural* 47: e20170293. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170293>
- Embrapa – Brazilian Agricultural Research Corporation. 2025. Agrometeorological monitoring system. Embrapa Clima Temperado. Available at: https://agromet.cpact.embrapa.br/online/Current_Monitor.htm. Accessed: 14 Dec 2025.

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. 2013. Package 'ExpDes'. Version 1.1.2. Available at: <http://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes/> [Accessed Sep 29, 2025].

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2024. Food and Agriculture Data. Available from: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [Accessed Aug 17, 2025].

Gullo G, Motisi A, Zappia R, Dattola A, Diamanti J, Mezzetti B. 2014. Rootstock and fruit canopy position affect peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] (cv. Rich May) plant productivity and fruit sensorial and nutritional quality. Food chemistry 153: 234-242. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.056>

Infante R, Contador L, Rubio P, Aros D, Peña-Neira A. 2012. Postharvest sensory and phenolic characterization of 'Elegant Lady' and 'Carson' peaches. Chilean Journal of Agricultural Research 71: 445-451. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000300016>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2024. Produção agrícola municipal (in Portuguese). Available at: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria> [Accessed Aug 17, 2025].

Kader AA. 2008. Flavor quality of fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 1863-1868. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3293>

Luedeling E. 2012. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review. Scientia Horticulturae 144: 218-229. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.011>

- Mayer NA, Bianchi VJ, Feldberg NP, Morini S. 2017. Advances in peach, nectarine and plum propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39: e-355. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017355>
- Menegatti RD, Lima MA, Souza AG, Smiderle OJ, Bianchi VJ. 2022. Contrasting aspects of the physical and physiological dormancy by seeds from four peach rootstocks. *Advances in Horticultural Sciences* 36: 239245. <https://doi.org/10.36253/ahsc-12192>
- Nicolao G, Mayer NA, Ueno B, Bianchi VJ. 2023. Morphological traits of 'Granada' peach nursery trees from rootstocks of two production systems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 58: e03225. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03225>
- Pereira JFM, Raseira MCB. 2014. Raleio. In: Raseira MCB, Pereira JFM, Carvalho FLC. *Pessegueiro*. Brasília: Embrapa, p.309–327.
- Petrucelli R, Bonetti A, Ciaccheri L, Ieri F, Ganino T, Faraloni C. 2023. Evaluation of the fruit quality and phytochemical compounds in peach and nectarine cultivars. *Plants* 12: 1618. <https://doi.org/10.3390/plants12081618>
- R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/> [Accessed Sep 29, 2025].
- Raseira MCB, Nakasu BH, Barbosa W. 2014. Cultivares: Descrição e Recomendação. In: Carvalho FLC, Raseira MCB, Pereira JFM. *Pessegueiro*. Brasília: Embrapa, p. 73-141.
- Scalisi A, O'Connell MG, Islam MS, Goodwin I. 2022. A Fruit Colour Development Index (CDI) to Support Harvest Time Decisions in Peach and Nectarine Orchards. *Horticulturae* 8: 459. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050459>

Schmitz JD, Pasa MS, Fischer DLO, Fachinello JC, Bianchi VJ. 2014. Performance of peach rootstocks in different crop systems for the production of ‘Chimarrita’ seedlings. *Revista Ceres* 61: 293-307. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200020>

Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. 12 ed. USDA/NRCS, Washington, DC, USA.

Souza AG, Smiderle OJ, Muraro RE, Bianchi VJ. 2018. Patents for the morphophysiological quality of seedlings and grafted peach trees: Effects of nutrient solution and substrates. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture* 9: 111-118. <https://doi.org/10.2174/2212798410666180508101641>

Tatsuki M, Sawamura Y, Yaegaki H, Suesada Y, Nakajima N. 2021. The storage temperature affects flesh firmness and gene expression patterns of cell wall-modifying enzymes in stony hard peaches. *Postharvest Biology and Technology* 181: 111658. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111658>

Tavarini S, Degl’Innocenti E, Remorini D, Massai R, Guidi, L. 2008. Preliminary characterization of peach cultivars for their antioxidant capacity. *International Journal of Food Science and Technology* 43: 810-815. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01520.x>

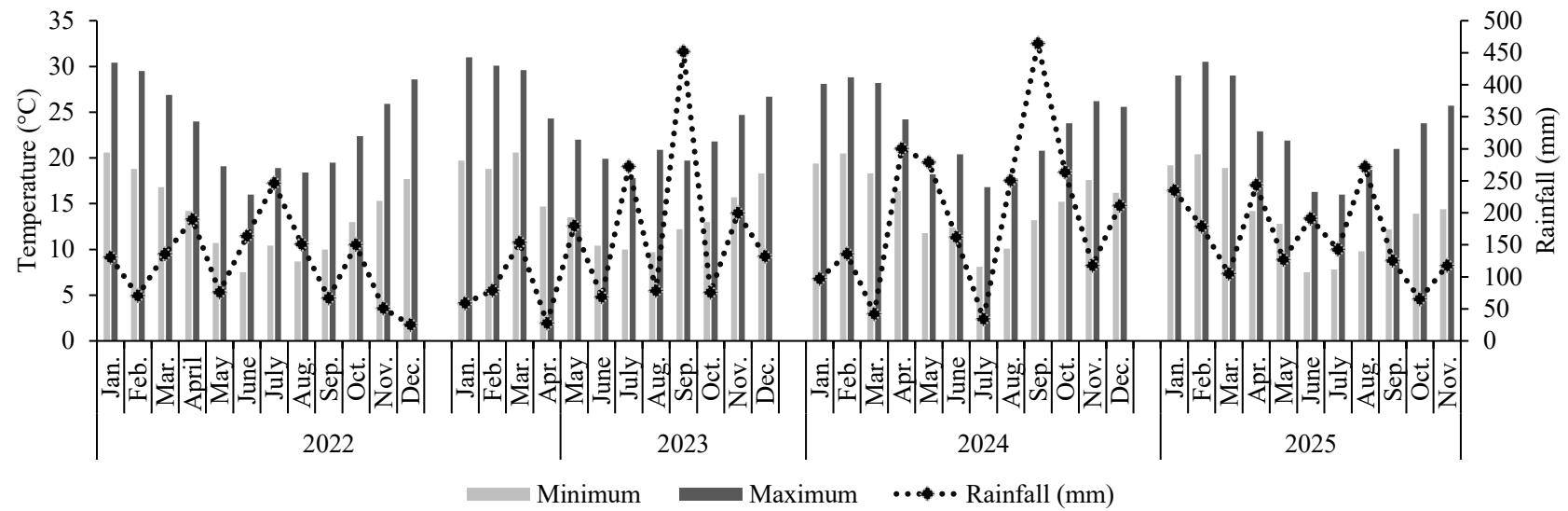


Figure 1. Monthly average of minimal and maximum temperatures, and monthly rainfall at the experimental site, in 2022, 2023, 2024 and 2025 growing seasons. Data obtained from the weather station located at the Embrapa Clima Temperado in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.

Table 1. Treatments combining three peach cultivars ('Chimarrita', 'BRS Fascínio' and 'Maciel') and three nursery production systems (conventional, semi-hydroponic, and plastic container).

Treatment	Description
1	Semi-hydroponic 'Chimarrita'
2	Semi-hydroponic 'Maciel'
3	Semi-hydroponic 'BRS Fascínio'
4	Conventional 'Chimarrita'
5	Conventional 'Maciel'
6	Conventional 'BRS Fascínio'
7	Plastic Container 'Chimarrita'
8	Plastic Container 'Maciel'
9	Plastic Container 'BRS Fascínio'

Table 2. Fruit height, fruit diameter and flesh firmness of ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ and ‘Maciel’ peach fruits obtained from trees originated from plastic container, conventional and semi-hydroponic production systems, during the growing seasons of 2023, 2024 and 2025.

Treatments	Fruit height (cm)	Fruit diameter (cm)	Flesh firmness (kgf)
2023			
PS			
Semy-hidroponic	5.76 ^{ns}	5.61 ^{ns}	2.12 ^{ns}
Plastic container	5.64	5.64	2.01
Conventional	5.63	5.53	2.08
CT			
Chimarrita'	5.36 c	5.37 c	0.81 c
Maciel'	5.69 b	5.60 b	2.86 a
BRS Fascínio'	5.98 a	5.81 a	1.72 b
<i>p</i>			
PS	0.126	0.254	0.869
CT	<0.001	<0.001	<0.001
PS x CT	0.857	0.846	0.673
2024			
PS			
Semy-hidroponic	6.32 ^{ns}	6.53 ^{ns}	2.27 ^{ns}
Plastic container	6.16	6.46	2.19
Conventional	6.26	6.58	2.21
CT			
Chimarrita'	-	-	-
Maciel'	6.28 ^{ns}	6.53 ^{ns}	2.82 a
BRS Fascínio'	6.21	6.52	1.63 b
<i>p</i>			
PS	0.193	0.491	0.904
CT	0.316	0.875	<0.001
PS x CT	0.814	0.691	0.689
2025			
PS			
Semy-hidroponic	5.41 ^{ns}	5.61 ^{ns}	1.91 ^{ns}
Plastic container	5.27	5.41	1.69
Conventional	5.32	5.53	1.59
CT			
Chimarrita'	5.01 b	5.49 b	0.66 c
Maciel'	5.10 b	5.23 c	2.75 a
BRS Fascínio'	5.88 a	5.84 a	1.79 b
<i>p</i>			

PS	0.259	0.092	0.055
CT	<0.001	<0.001	<0.001
PS x CT	0.311	0.469	0.382

*Different letters within columns indicate significant differences according to Tukey's test ($p < 0.05$). PS: production system; CT: cultivar; ns: not significant.

Table 3. Solid soluble content (SSC), titratable acidity (TA) and SSC/TA ratio of ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ and ‘Maciel’ peach fruits obtained from trees originated from plastic container, conventional and semi-hydroponic production systems, during the growing seasons of 2023, 2024 and 2025.

Treatments	SSC (°Brix)	TA (g 100g ⁻¹)	SSC/TA ratio
2023			
PS			
Semy-hidroponic	10.84 ^{ns}	0.41 ^{ns}	29.19 ^{ns}
Plastic container	10.91	0.42	31.49
Conventional	10.62	0.41	29.75
CT			
Chimarrita'	10.34 b	0.26 c	42.84 a
Maciel'	11.39 a	0.59 a	19.40 c
BRS Fascínio'	10.64 b	0.38 b	28.19 b
<i>p</i>			
PS	0.591	0.955	0.741
CT	<0.01	<0.001	<0.001
PS x CT	0.613	0.427	0.588
2024			
PS			
Semy-hidroponic	12.50 ^{ns}	0.77 ^{ns}	19.43 ^{ns}
Plastic container	12.28	0.76	17.48
Conventional	12.68	0.72	18.46
CT			
Chimarrita'	-	-	-
Maciel'	13.48 a	0.89 a	15.47 b
BRS Fascínio'	12.15 b	0.57 b	21.44 a
<i>p</i>			
PS	<0.05	<0.05	0.226
CT	<0.001	<0.001	<0.001
PS x CT	0.363	0.331	0.524
2025			
PS			
Semy-hidroponic	12.48 ^{ns}	0.65 ^{ns}	25.31 ^{ns}
Plastic container	12.88	0.69	21.68
Conventional	12.73	0.67	22.36
CT			
Chimarrita'	13.10 a	0.42 c	32.34 a
Maciel'	12.95 a	1.06 a	12.22 c
BRS Fascínio'	12.04 b	0.49 b	24.78 b
<i>p</i>			

PS	0.175	0.202	0.124
CT	<0.001	<0.001	<0.001
PS x CT	0.154	0.739	0.551

*Different letters within columns indicate significant differences according to Tukey's test ($p < 0.05$). PS: production system; CT: cultivar; ns: not significant.

Table 4. Skin color parameters (L^* , a^* , b^* , C^* and h°) of ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ and ‘Maciel’ peach fruits from trees produced in plastic container, conventional and semi-hydroponic nursery systems during the 2023, 2024 and 2025 growing seasons.

Treatments	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
2023					
PS					
Semy-hidroponic	57.29 ^{ns}	13.77 ^{ns}	32.53 ^{ns}	37.21 ^{ns}	25.72 ^{ns}
Plastic container	59.05	12.42	33.45	37.83	23.72
Conventional	57.69	13.85	31.69	36.65	27.3
CT					
Chimarrita'	52.99 b	16.71 a	24.64 b	34.57 b	34.68 a
Maciel'	67.38 a	6.96 b	47.27 a	48.48 a	9.73 b
BRS Fascínio'	53.66 b	16.38 a	25.77 b	31.64 b	32.33 a
<i>p</i>					
PS	0.088	0.224	0.065	0.121	0.124
CT	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PS x CT	0.269	0.356	0.166	0.461	0.178
2024					
PS					
Semy-hidroponic	59.78 ^{ns}	19.06 ^{ns}	38.98 ^{ns}	44.01 ^{ns}	28.41 ^{ns}
Plastic container	59.26	18.28	38.57	43.34	28.23
Conventional	59.53	18.29	38.80	43.42	27.46
CT					
Chimarrita'	-	-	-	-	-
Maciel'	65.17 a	17.05 b	50.80 a	53.61 a	18.55 b
BRS Fascínio'	53.60 b	20.04 a	26.09 b	32.90 b	37.52 a
<i>p</i>					
PS	0.325	0.274	0.156	0.258	0.223
CT	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PS x CT	0.063	0.772	0.434	0.687	0.491
2025					
PS					
Semy-hidroponic	39.37 ^{ns}	27.28 ^{ns}	28.36 ^{ns}	41.04 ^{ns}	43.44 ^{ns}
Plastic container	43.75	23.44	29.46	39.91	39.05
Conventional	44.75	24.52	30.92	38.23	41.36
CT					
Chimarrita'	38.73 b	23.85 ^{ns}	21.60 b	32.46 b	47.09 a
Maciel'	47.26 a	26.09	42.52 a	50.99 a	31.46 b
BRS Fascínio'	41.87 ab	25.31	24.63 b	35.71 b	45.30 a
<i>p</i>					
PS	0.127	0.234	0.296	0.415	0.196

CT	<0.05	0.608	<0.001	<0.001	<0.001
PS x CT	0.359	0.117	0.646	0.843	0.246

*Different letters within columns indicate significant differences according to Tukey's test ($p < 0.05$). PS: production system; CT: cultivar; ns: not significant.

5 Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo compreender, de forma integrada, os efeitos de três sistemas de produção de mudas — convencional, semi-hidropônico e em recipiente plástico — sobre o desempenho inicial de pomares das cultivares de pessegueiro ‘BRS Fascínio’, ‘Chimarrita’ e ‘Maciel’, considerando aspectos fenológicos, vegetativos, produtivos e de qualidade de frutos ao longo dos quatro primeiros anos após a implantação do pomar, nas condições edafoclimáticas do Sul do Brasil. A abordagem conjunta dos três estudos permitiu ampliar o entendimento sobre a influência do tipo de muda utilizado no estabelecimento e desenvolvimento inicial dos pomares de pessegueiro.

Os resultados do estudo fenológico evidenciaram que as diferenças observadas estiveram associadas exclusivamente às características genéticas das cultivares, não havendo interferência dos sistemas de produção de mudas sobre o desenvolvimento fenológico das plantas. Esse achado confirma que a fenologia do pessegueiro é predominantemente determinada por fatores genéticos e pelas condições ambientais, independentemente dos sistemas de produção no qual as mudas são originadas, contribuindo para o planejamento do manejo e para a previsibilidade do ciclo produtivo em pomares implantados com mudas de diferentes origens.

Em relação ao crescimento vegetativo, observaram-se diferenças iniciais entre os sistemas de produção de mudas, refletindo principalmente as características morfológicas das plantas no momento do transplante. As mudas oriundas dos sistemas convencional e semi-hidropônico apresentaram maior vigor inicial em comparação às produzidas em recipiente plástico. No entanto, essas diferenças foram progressivamente atenuadas ao longo dos anos, indicando que, após o estabelecimento do pomar, as plantas tendem a apresentar crescimento mais uniforme, independentemente do sistema de produção das mudas.

Quanto aos aspectos produtivos, os resultados demonstraram que, no primeiro ano de produção significativa, as plantas oriundas do sistema semi-hidropônico apresentaram maior produção por planta, maior produtividade e maior massa média dos frutos, evidenciando um efeito positivo desse sistema

no desempenho produtivo inicial do pomar. Esse resultado destaca o potencial do sistema semi-hidropônico em antecipar ganhos produtivos, aspecto particularmente relevante para a sustentabilidade econômica de novos pomares.

A qualidade dos frutos foi influenciada predominantemente pelas características genéticas das cultivares avaliadas. As diferenças observadas em atributos físicos, químicos e de coloração da epiderme estiveram associadas, sobretudo, ao tipo de polpa e à finalidade de uso dos frutos, com destaque para maior firmeza e características específicas de coloração na cultivar de dupla aptidão. Não foram observadas diferenças consistentes entre os sistemas de produção de mudas quanto aos parâmetros de qualidade dos frutos, indicando que a origem das mudas não compromete a qualidade final da produção.

De forma geral, os resultados desta tese demonstram que as decisões tomadas na fase de produção das mudas podem influenciar o crescimento inicial e, principalmente, o desempenho produtivo nos primeiros anos de colheita, sem alterar a qualidade dos frutos. A adoção de sistemas alternativos de produção de mudas fora de solo, como o semi-hidropônico, mostra-se uma estratégia promissora para a modernização da persicultura brasileira, favorecendo o desempenho inicial dos pomares.

Adicionalmente, a realização do doutorado sanduíche no centro de pesquisa Teagasc Oak Park, na Irlanda, representou uma etapa fundamental para a formação acadêmica e profissional do doutorando. Durante os sete meses de permanência na instituição, foi possível aprofundar conhecimentos em temas diretamente relacionados à presente tese, como fenologia, manejo de plantas e análises de qualidade de frutos, além de adquirir experiência em ambientes internacionais de pesquisa, aprimorar a proficiência na língua inglesa e desenvolver habilidades relacionadas à condução e coordenação de projetos científicos.

Essa vivência internacional também proporcionou significativo enriquecimento cultural e científico, por meio da interação com pesquisadores de diferentes nacionalidades, fortalecendo a troca de experiências e perspectivas. Ademais, a experiência contribui para o fortalecimento da cooperação entre o Teagasc e o Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, ampliando as possibilidades de

desenvolvimento de projetos conjuntos, mobilidade acadêmica e internacionalização do programa.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para a tomada de decisão de viveiristas, produtores, técnicos e pesquisadores, incentivando a adoção de tecnologias mais eficientes na produção de mudas de pessegueiro. Além disso, os resultados apresentados fornecem base para futuras pesquisas voltadas à avaliação dos efeitos de longo prazo dos sistemas de produção de mudas sobre a longevidade, a estabilidade produtiva e a sustentabilidade dos pomares.

Referências bibliográficas (introdução geral)

BADENES, M. L.; BYRNE, D. H. (Ed.). **Fruit Breeding**. New York: Springer, 2012. 875 p.

CIFUENTES-CARVAJAL, A.; CHAVES-CÓRDOBA, B.; VINSON III, E. L.; CONEVA, E. D.; CHAVEZ, D. J.; SALAZAR-GUTIÉRREZ, M. R. Predicting floral bud progression for three peach cultivars. **Agronomy**, v. 14, p. 240, 2024.

DEJONG, T. M.; DAY, K. R. The relationship between shoot growth and fruit growth of young peach trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 116, n. 3, p. 471–475, 1991.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT: Food and agriculture data. 2024. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 17 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria>. Acesso em: 17 ago. 2025.

LAYNE, D. R.; BASSI, D. (Ed.). *The Peach: Botany, Production and Uses*. Wallingford (UK): CABI International, 2008. 615 p. ISBN 978-1-84593-386-9.

MAYER, N. A.; BIANCHI, V. J.; FELDBERG, N. P.; MORINI, S. Advances in peach, nectarine and plum propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 4, p. e-355, 2017.

NICOLAO, G.; MAYER, N. A.; UENO, B.; BIANCHI, V. J. Morphological traits of ‘Granada’ peach nursery trees from rootstocks of two production systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, p. e03225, 2023.

PENSO, G. A.; SERAFINI, G. A. D.; SANTOS, C. E. M. D.; PICOLI, E. A. T.; CITADIN, I.; LAURI, P. E. Peach tree growth in a tropical climate: shoot formation and fruiting. **Scientia Agricola**, v. 81, p. e20230038, 2024.

SCHMITZ, J. D.; PASA, M. S.; FISCHER, D. L. O.; FACHINELLO, J. C.; BIANCHI, V. J. Performance of peach rootstocks in different crop systems for the production of ‘Chimarrita’ seedlings. **Revista Ceres**, v. 61, p. 293–307, 2014.

SOBIERAJSKI, G. D. R.; FELDBERG, N. P.; BARROS, V. L. N. P. D.; BLAIN, G. C.; BETTIOL, J. E.; CHAGAS, E. A. Peach cultivars and new IAC selections for mild winter. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 46, p. e-025, 2024.

SOUZA, A. G.; SMIDERLE, O. J.; MURARO, R. E.; BIANCHI, V. J. Patents for the morphophysiological quality of seedlings and grafted peach trees: effects of nutrient solution and substrates. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 9, p. 111–118, 2018.

SWANSON, B. T.; BROWN, S. K. Peach breeding. In: LAYNE, D. R.; BASSI, D. (Ed.). **The Peach: Botany, Production and Uses**. 2. ed. Wallingford: CABI, 2019. p. 54–89.

WERNER, D. J.; OKIE, W. R. The peach. In: LAYNE, D. R.; BASSI, D. (Ed.). **The Peach: Botany, Production and Uses**. Wallingford: CABI, 2008. p. 3–36.

YAN, J.; CAI, Z.; CHEN, Z.; ZHANG, B.; LI, J.; XU, J.; WANG, Y.; LIU, Q. Relationship between chilling accumulation and heat requirement for flowering in peach varieties of different chilling requirements. **Agronomy**, v. 14, p. 1637, 2024.