

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPATIBILIDADE DE PEREIRAS
ENXERTADAS SOBRE CULTIVARES DE MARMELEIROS NO RIO GRANDE
DO SUL

Gustavo Klamer de Almeida
Engenheiro Agrônomo/UCS
Mestre em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia
Ênfase em Fisiologia e Manejo Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2018

CIP - Catalogação na Publicação

Almeida, Gustavo Klamer
CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPATIBILIDADE DE
PEREIRAS ENXERTADAS SOBRE CULTIVARES DE MARMELEIROS
NO RIO GRANDE DO SUL / Gustavo Klamer Almeida. -
2018.

183 f.

Orientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin.

Coorientador: João Caetano Fioravanço.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. *Pyrus* spp.. 2. porta-enxerto. 3.
incompatibilidade de enxertia. 4. frutificação. 5.
fenologia. I. Marodin, Gilmar Arduino Bettio,
orient. II. Fioravanço, João Caetano, coorient.
III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

GUSTAVO KLAMER DE ALMEIDA
Engenheiro Agrônomo - UCS
Mestre em Fitotecnia - UFRGS

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOCTOR EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 28.02.2018
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 24.05.2018
Por

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Orientador - PPG Fitotecnia
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

JOÃO CAETANO FIORAVANÇO
Coorientador - EMBRAPA Uva e Vinho
Bento Gonçalves/RS

RENAR JOÃO BENDER
PPG Fitotecnia/UFRGS

ANTONIO FELIPPE FAGHERAZZI
UDESC - Lages/SC

LEO RUFATO
UDESC - Lages/SC

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade
de Agronomia

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde e por todas as pessoas que colocou em meu caminho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de cursar o doutorado e por disponibilizar a estrutura necessária para a realização dos trabalhos.

Ao professor Marodin por toda a orientação, ensinamentos e amizade.

Ao Dr. João Caetano Fioravanço por toda a orientação e ensinamentos durante o período de estágio acadêmico, mestrado e doutorado, e por disponibilizar a área experimental para realização do trabalho.

Aos professores do PPG Fitotecnia UFRGS pelo conhecimento transmitido durante as disciplinas.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

À Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura Temperada de Vacaria e seus funcionários pelo apoio na manutenção da área a experimental.

A Estação Experimental Agronômica da UFRGS e seus funcionários pelo auxílio na condução do experimento.

À Fernanda Varela Nascimento, minha noiva, por colaborar diretamente na condução deste trabalho.

Ao professor Renar João Bender pelo convívio, pelos ensinamentos e por disponibilizar o laboratório para as análises.

À Sandra Jussara Nunes da Silva pelos ensinamentos e orientação na realização das análises.

À banca examinadora pela colaboração à melhoria do trabalho.

Ao Mateus Pereira Gonzatto pela amizade e parceria em experimentos.

Ao Fábio Varela Nascimento pelo auxílio na revisão do trabalho.

Aos estagiários da Embrapa Uva e Vinho e da UFRGS pelo auxílio na coleta dos dados.

Aos colegas da pós-graduação do PPG Fitotecnia/UFRGS pelo convívio e pela troca de conhecimentos.

Aos meus pais e irmã por acreditaram e incentivarem minhas escolhas.

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPATIBILIDADE DE PEREIRAS ENXERTADAS SOBRE CULTIVARES DE MARMELEIROS NO RIO GRANDE DO SUL¹

Autor: Gustavo Klamer de Almeida
Orientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin
Coorientador: João Caetano Fioravanço

RESUMO

O Rio Grande do Sul é o principal estado produtor de peras no Brasil e nos pomares implantados nos últimos anos, utilizaram-se principalmente marmeleiros como porta-enxerto, visando o controle de vigor. No entanto, os estudos que subsidiem a recomendação de combinações copa/porta-enxerto para as diferentes regiões de cultivo são ainda escassos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento vegetativo, a compatibilidade de enxertia e a produção de pereiras enxertadas sobre marmeleiros, em dois locais do Rio Grande do Sul. Nas condições de Eldorado do Sul, local com baixo acúmulo de horas de frio, avaliaram-se as pereiras 'Seleção 9.93', 'Smith', 'Teen' e 'Triunfo' enxertadas sobre 'Adam's', 'EMA' e 'EMC', até o terceiro ano após o plantio. Em Vacaria, local com alto acúmulo de frio, foram avaliadas as pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', até o nono ano após o plantio. Nos dois locais, avaliou-se o crescimento vegetativo e a compatibilidade de enxertia. Apenas em Vacaria, avaliou-se a produção e o tamanho dos frutos. Em Eldorado do Sul, 'Smith' apresentou maior crescimento vegetativo e boa compatibilidade de enxertia com os marmeleiros. 'Seleção 9.93', 'Teen' e 'Triunfo' apresentaram sintomas de incompatibilidade de enxertia. Entre os porta-enxertos, 'Adam's' induziu maior crescimento que 'EMA' e 'EMC', independente da copa. Em Vacaria, 'Abate Fetel' exibiu sintomas mais pronunciados de incompatibilidade localizada. As pereiras enxertadas sobre 'Ba29', principalmente de 'Rocha' mostraram baixos níveis de carboidratos abaixo da enxertia. 'Rocha' iniciou a produção no terceiro ano e a produção oscilou entre as safras em função das variações de floração e frutificação efetiva. 'Abate Fetel' exibiu produção insignificante. Para as duas condições experimentais, a fotossíntese foi baixa e não diferiu entre as copas ou entre os porta-enxertos. Os resultados indicam que em Eldorado do Sul a combinação 'Smith'/'Adam's' apresenta crescimento vegetativo satisfatório. Em 'Vacaria', embora a 'Rocha' apresente alternância de produção, ela mostra-se promissora para o cultivo, principalmente quando enxertada sobre 'Adam's', que induz maior crescimento inicial e maior intensidade de floração.

¹ Tese de doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (183f.) Fevereiro, 2018.

GROWTH, PRODUCTION AND COMPATIBILITY OF PEAR TREES GRAFTED ON QUINCE CULTIVARS IN RIO GRANDE DO SUL¹

Author: Gustavo Klamer de Almeida
Adviser: Gilmar Arduino Bettio Marodin
Co-adviser: João Caetano Fioravanço

ABSTRACT

Rio Grande do Sul is the main state of pear production in Brazil and in the orchards planted in the last years, quinces are most commonly used as rootstocks, aiming to control vigor. However, the researches which are base for recommendations of combinations cultivar/rootstock for different producing regions are still scarce. The aim of this work was to evaluate the vegetative growth, the grafting compatibility and the production of pear trees grafted on quinces, in two sites of Rio Grande do Sul. In the conditions of Eldorado do Sul, place with low cumulative cold during the winter, the pear trees 'Seleção 9.93', 'Smith', 'Teen' and 'Triunfo' grafted on 'Adam's', 'EMA' e 'EMC' were evaluated to the third year. In Vacaria, place with high cumulative cold during the winter, the pear trees 'Abate Fetel' and 'Rocha' grafted on 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC' were evaluated to the ninth year. At both sites, vegetative growth and grafting compatibility were evaluated. In Vacaria, yield and fruit size were also evaluated. In Eldorado do Sul, 'Smith' showed higher vegetative growth and good graft compatibility with quince rootstocks. 'Seleção 9.93', 'Teen' and 'Triunfo' showed weak growth and symptoms of grafting incompatibility. Among the rootstocks, 'Adams' induced higher growth than 'EMA' and 'EMC', regardless of the top cultivar. In Vacaria, 'Rocha' showed higher vegetative growth, while 'Abate Fetel' showed strong symptoms of located incompatibility. Pear trees grafted on 'Ba29', mainly 'Rocha', showed lower levels of carbohydrates below the grafting spot. 'Rocha' initiated production on the third year and the yield fluctuated between years due to the variations of flowering and fruit set. 'Abate Fetel' showed insignificant production. For both experimental conditions, the photosynthesis was reduced and did not differ between cultivars or between rootstocks. The results denote that in Eldorado do Sul the combination 'Smith'/'Adam's' shows adequate vegetative growth. In Vacaria, although 'Rocha' present alternate bearing, it is promising for cultivation, especially when grafted on 'Adam's', which induces higher initial growth and higher flowering intensity.

¹ Doctoral thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (183p.) February, 2018.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 HIPÓTESES.....	7
3 OBJETIVOS.....	8
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
4.1 Produção de peras no Brasil.....	9
4.2 Porta-enxertos utilizados para pereiras no Brasil.....	11
4.3 Incompatibilidade de enxertia em frutíferas caducifólias.....	13
4.4 Mecanismos fisiológicos relacionados à incompatibilidade de enxertia entre pereiras e marmeleiros.....	19
4.5 Referências Bibliográficas.....	26
5 CAPÍTULO I: Compatibilidade de enxertia em pereiras de baixo requerimento em frio enxertadas sobre cultivares de marmeleiros.....	33
5.1 Introdução.....	33
5.2 Material e Métodos.....	35
5.2.1 Delineamento e área experimental.....	35
5.2.2 Descrição das cultivares copa e porta-enxertos.....	36
5.2.3 Avaliações de crescimento vegetativo.....	37
5.2.4 Coeficiente de afinidade de enxertia.....	38
5.2.5 Avaliação de conexões vasculares.....	38
5.2.6 Teores de clorofilas, carotenoides e atividade fotossintética.....	40
5.2.7 Análise de carboidratos.....	41
5.2.8 Análise estatística.....	42
5.3 Resultados e Discussão.....	42
5.3.1 Crescimento vegetativo.....	42
5.3.2 Afinidade de enxertia.....	49
5.3.3 Aspecto da enxertia e conexões vasculares.....	51
5.3.4 Teores de carboidratos.....	59
5.3.5 Teor de clorofilas e carotenoides e atividade fotossintética.....	64
5.4 Conclusão.....	69
5.5 Referências Bibliográficas.....	70
6 CAPÍTULO II: Crescimento e produção de pereiras ‘Rocha’ e ‘Abate Fetel’ enxertadas sobre cultivares de marmeleiros.....	76
6.1 Introdução.....	76
6.2 Material e Métodos.....	77
6.2.1 Área experimental e delineamento.....	77

	Página
6.2.2 Descrição das cultivares copa e porta-enxertos.....	78
6.2.3 Crescimento vegetativo.....	79
6.2.4 Trocas gasosas.....	80
6.2.5 Fenologia, intensidade de floração e frutificação efetiva.....	80
6.2.6 Produtividade e tamanho de fruto.....	81
6.2.7 Análise estatística.....	82
6.3 Resultados e Discussão.....	83
6.3.1 Crescimento vegetativo.....	83
6.3.2 Trocas gasosas.....	88
6.3.3 Fenologia, intensidade de floração e frutificação efetiva.....	91
6.3.4 Produtividade e tamanho de fruto.....	102
6.4 Conclusão.....	111
6.5 Referências Bibliográficas.....	111
7 CAPÍTULO III: Concentração de carboidratos na região da enxertia de pereiras sobre marmeleiros em diferentes estádios fenológicos.....	117
7.1 Introdução.....	117
7.2 Material e Métodos.....	120
7.2.1 Coeficiente de afinidade	121
7.2.2 Avaliação macroscópica do sistema vascular.....	122
7.2.3 Atividade de peroxidase e teor de ácido clorogênico.....	123
7.2.4 Conteúdo de clorofilas e carotenoides.....	124
7.2.5 Teor de carboidratos na enxertia.....	125
7.2.6 Análise de dados.....	127
7.3 Resultados e Discussão.....	128
7.3.1 Coeficiente de afinidade.....	128
7.3.2 Avaliação macroscópica do sistema vascular.....	130
7.3.3 Atividade enzimática e teor de ácido clorogênico.....	136
7.3.4 Teor de pigmentos em folhas.....	141
7.3.5 Concentração de carboidratos na região da enxertia.....	145
7.4 Conclusão.....	157
7.5 Referências Bibliográficas.....	158
8 APÊNDICE.....	166

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO I	
1 Assimilação de CO ₂ em folhas de pereira enxertadas em marmeleiros, durante o verão, no segundo ano após o plantio, Eldorado do Sul, RS, safra 2015/16.....	67
2 Condutância estomática em folhas de cultivares de pereira enxertadas em marmeleiros, durante o verão, no segundo ano após o plantio, em Eldorado do Sul, RS, safra 2015/16.....	68
CAPÍTULO II	
1 Massa fresca anual de poda das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' e enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', do terceiro ao quinto ano, de 2011 a 2014, nas condições edafoclimáticas de Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.....	87
2 Assimilação de CO ₂ e condutância estomática em folhas de pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', em janeiro de 2016, durante o 7º ano após o plantio, nas condições edafoclimáticas de Vacaria. Vacaria/RS, 2018.....	89
3 Número de frutos por cacho floral das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre diferentes marmeleiros, do terceiro ao oitavo ano após o plantio, em Vacaria/RS.....	97
4 Produtividade de frutos das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre diferentes marmeleiros, do terceiro ao oitavo ano após o plantio, de 2011 a 2017, em Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.....	102
5 Correlação de Pearson entre o número de cachos florais por planta e a produção, do 3º ao 8º ano, entre as safras 2011 e 2017. Vacaria/RS, 2018.....	106
6 Massa fresca de fruto (MFF) da pereira 'Rocha' enxertada sobre diferentes marmeleiros, do terceiro ao oitavo ano após o plantio, em Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.....	107

CAPÍTULO III

1	Atividade de peroxidase (POD) na casca na linha da enxertia, durante a plena floração de pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, no sexto ano após plantio, em 2014, em Vacaria. Vacaria/RS, 2018.....	137
2	Teor de ácido clorogênico acima ou abaixo da enxertia, durante o período de plena floração do sexto ano, em 2014, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, Vacaria. Vacaria/RS, 2018.....	138
3	Conteúdo de clorofilas a e b, carotenoides (Caro), relação de clorofilas a/b e relação de clorofilas/carotenoides em folhas de pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, em abril de 2015, sexto ano após o plantio, Vacaria. Vacaria/RS, 2018.....	141
4	Conteúdo de clorofilas a e b, carotenoides, relação de clorofilas a/b e relação de clorofilas/carotenoides em folhas de pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, em Janeiro de 2016, sétimo ano após o plantio, Vacaria. Vacaria/RS, 2018.....	142

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página	
CAPÍTULO I		
1	Preparação das plantas para o teste com fucsina ácida. A) irrigação das plantas; B) formação de uma bacia de água; C) corte de raízes com pá de corte; D) transferência da planta para um balde com água; E) corte do caule em baixo de água para prevenir entrada de ar nos vasos; F) planta transferida para água limpa, Eldorado do Sul/RS, 2018.....	39
2	a) Área da secção transversal de caule (ASTC) das pereiras 'Smith', 'Triunfo', 'Teen' e 'Sel. 9.93' na média dos porta-enxertos. b) ASTC na média das copas sobre os porta-enxertos 'Adam's', 'EMA' e 'EMC'. c) Incremento de ASTC na média dos marmeleiros. d) Incremento de ASTC na média das copas e dos anos. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	43
3	Alteração na coloração de folhas da pereira 'Seleção 9.93' enxertada sobre marmeleiros em 'Eldorado do Sul'. Eldorado do Sul/RS, 2018...	46
4	Número médio de ramos (a) e comprimento médio de ramos (b) das pereiras 'Smith', 'Triunfo', 'Teen' e 'Sel. 9.93', na média dos porta-enxertos, no segundo e terceiro ano após o plantio, safras 2015/16 e 2016/17. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	47
5	Correlação de Pearson entre o comprimento total de ramos e a área da secção transversal de caule (ASTC) de pereiras enxertadas sobre marmeleiros, nas condições de Eldorado do Sul, RS, no segundo (linha contínua) e terceiro ano (linha tracejada) após o plantio. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	48
6	Coefficiente de afinidade de enxertia de pereiras enxertadas sobre marmeleiros ao final terceiro ano após o plantio, safra 2016/17, em Eldorado do Sul, RS. a) Cálculo pelo método de Perraudine (1962); b) Cálculo pelo método de Onaran (1940). Eldorado do Sul/RS, 2018.....	49

7	Correlação entre os métodos de Onaran (1940) e Perraudine (1962) aplicado para o cálculo do coeficiente de afinidade de pereiras enxertadas sobre marmeleiros, no primeiro (a), segundo (b) e terceiro (c) ano após o plantio, entre as safras 2014/15 e 2016/17, nas condições de Eldorado do Sul, RS. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	50
8	Aspecto da zona de enxertia em pereiras ‘Seleção 9.93’, ‘Smith’, ‘Teen’ e ‘Triunfo’ enxertadas sobre marmeleiros ‘Adam’s’, ‘EMA’ e ‘EMC’, no quarto ano após o plantio, nas condições de Eldorado Sul, RS. Eldorado do Sul/RS, 2018	52
9	Aspecto da zona de enxertia em cortes longitudinais em pereiras ‘Seleção 9.93’, ‘Smith’, ‘Teen’ e ‘Triunfo’ enxertadas sobre os marmeleiros ‘Adam’s’, ‘EMA’ e ‘EMC’, no quarto ano após o plantio, nas condições de Eldorado Sul, RS. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	54
10	Corte longitudinal do caule no ponto de enxertia da pereira ‘Seleção 9.93’ enxertada sobre ‘Adam’s’ (A), ‘EMC’ (B) e ‘EMA’ (C), no quarto ano após o plantio. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	55
11	Corte longitudinal do caule no ponto de enxertia da pereira ‘Smith’ enxertada sobre ‘EMC’ (A), ‘EMA’ (B) e ‘Adam’s’ (C), no quarto ano após o plantio. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	56
12	Corte longitudinal do caule no ponto de enxertia da pereira ‘Triunfo’ enxertada sobre ‘EMC’ (A), ‘Adam’s’ (B) e ‘EMA’ (C), no quarto ano após o plantio. Setas escuras indicam descontinuidade no lenho. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	57
13	Corte longitudinal do caule no ponto de enxertia da pereira ‘Teen’ enxertada sobre ‘EMC’ (A), ‘EMA’ (B) e ‘Adam’s’ (C), no quarto ano após o plantio. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	58
14	Teor de açúcares solúveis totais na casca de cultivares de pereira sobre marmeleiros, na média da concentração entre tecidos acima ou abaixo da enxertia, em março de 2017, terceiro ano após o plantio, em Eldorado do Sul, RS. ns- não significativo; letras minúsculas indicam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	59
15	a) Teor de amido na casca acima ou abaixo da enxertia de pereiras sobre marmeleiros, em março de 2017, terceiro ano, em Eldorado do Sul. b) Teor de amido nos tecidos abaixo ou acima da enxertia, na média das copas e média dos porta-enxertos. c) Teor de amido em pereiras, na média dos tecidos acima ou abaixo da enxertia e na média dos porta-enxertos. Eldorado do Sul/RS.....	62

16	Teor de carboidratos totais acima ou abaixo da enxertia de pereiras sobre marmeleiros, em março de 2017, terceiro ano, em Eldorado do Sul. a) Teor de carboidratos acima ou abaixo da enxertia, na média das copas e dos porta-enxertos. b) Teor de carboidratos em pereiras na média dos porta-enxertos. Letras minúsculas indicam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	63
17	a) Teor de clorofilas a (a), b (b), total de clorofilas (c), relação de clorofilas a/b (d), carotenóides (e) e relação clorofilas/carotenóides (f) em folhas de pereiras 'Seleção 9.93', 'Smith', 'Teen' e 'Triunfo' na média dos porta-enxertos, em janeiro, no segundo ciclo após o plantio, nas condições de Eldorado do Sul, RS. ns: não significativo; letras diferentes indicam diferenças significativas, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.....	65
CAPÍTULO II		
1	Estádios fenológicos nas pereiras 'Rocha' (a, b, c, d, e) e 'Abate Fetel' (f, g, h, i, j) nas condições de Vacaria/RS. Gemas apicais no estágio de dormência (a, f), início de brotação (b, g), início de floração (c, h), plena floração (d, i) e final de floração (e, j). Vacaria/RS, 2018.....	81
2	Área da secção transversal de caule (ASTC) de pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', do primeiro ao oitavo ano após o plantio, de 2009 a 2017, em Vacaria, RS. a) 'Rocha' e 'Abate Fetel' na média dos porta-enxertos; b) Média das copas sobre os diferentes porta-enxertos. Vacaria/RS, 2018.....	83
3	Incremento anual de área transversal de caule (ASTC) de 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', do segundo ao oitavo ano após o plantio, 2010 a 2017, em Vacaria, RS. a) Abate Fete e Rocha na média dos porta-enxertos; b) Incremento anual de ASTC na média das copas e dos porta-enxertos. *diferença significativa entre as copas dentro de cada ano pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro; letras diferentes indicam diferenças entre as safras. ns-não significativo. Vacaria/RS, 2018.....	86
4	Correlação de Pearson entre massa de poda total (poda verde + poda de inverno) e área da secção transversal de caule (ASTC), no terceiro (a), quarto (b) e quinto (c) ano após o plantio, de 2011 a 2014. Vacaria/RS, 2018.....	88

	Página	
5	Época de brotação e de floração das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, do quarto ao sétimo ano após o plantio, de 2012 a 2016, nas condições de Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.....	92
6	Número de cachos florais por planta das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre diferentes marmeleiros, do terceiro ao oitavo ano, 2011 a 2017, nas condições de Vacaria/RS. a) copas na média dos marmeleiros; b) Média das copas sobre os três marmeleiros. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.....	95
7	a) Correlação de Pearson entre o número de cachos florais por planta no sexto ano e a área da secção transversal de caule (ASTC) do quinto ano na pereira 'Abate Fetel. b) correlação entre o número de cachos florais por planta no sexto ano e ASTC e produção por planta no quinto ano na pereira 'Rocha'. Vacaria/RS, 2018.....	96
8	Frutificação efetiva de plantas da pereira 'Rocha' em relação à distância de plantas da polinizadora da pereira 'Packham's Triumph', no 3° (a), 4° (b), 5° (c), 6° (d), 7° (e) e 8° (f) ano após o plantio. Vacaria/RS, 2018.....	99
9	Frequência de frutos em classes de diâmetro ou com a presença de rachaduras, da pereira 'Rocha' enxertada sobre diferentes marmeleiros, no 4° (a), 5° (b), 6° (c) e 7° (d) ano após o plantio, de 2012 a 2016. Vacaria/RS, 2018.....	108
10	Correlação de Pearson entre massa fresca de fruto e o número de frutos por planta no 3° ano (a), 4° ano (b), 5° ano (c), 6° ano (d), 7° ano (e) e 8° ano (f), ou entre a massa fresca de fruto e o incremento anual de área transversal de caule no 3° ano (g), 4° ano (h), 5° ano (i), 6° ano (j), 7° ano (k) e 8° ano (l). *coeficiente de correlação significativo a 5 % e ** significativo a 1 %. Quando não significativa a correlação, não são apresentadas linhas de tendência. Vacaria/RS, 2018.....	109
 CAPÍTULO III		
1	Coeficiente de afinidade (CA) calculado pela fórmula proposta por Onaran (1940) para pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos porta-enxertos, no 7° ano após o plantio, em 2016, em Vacaria, RS. b) Comportamento do CA do 3° ao 7° ano após o plantio, na média das copas e dos porta-enxertos. ns: não significativo; letra minúscula compara as copas dentro de cada ano; letra maiúscula compara o CA ao longo dos anos, de acordo com Tukey 5 % de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.....	128

	Página	
2	Coeficiente de afinidade (CA) calculado pela fórmula proposta por Perraudine (1962) para pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos porta-enxertos, no 7º ano após o plantio, em 2016, em Vacaria, RS. b) Comportamento do CA do 3º ao 7º ano após o plantio, na média das copas e dos porta-enxertos. ns: não significativo; letra minúscula compara as copas dentro de cada ano; letra maiúscula compara o CA ao longo dos anos, de acordo com Tukey 5 % de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.....	129
3	Aspecto externo da enxertia de pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' enxertadas sobre diferentes marmeleiros e P. calleryana, em dezembro de 2017, nas condições de Vacaria, RS. Vacaria/RS, 2018. Plantas de P. calleryana, não fazem parte da área experimental, mas foram incluídas neste teste como comparativo de boa compatibilidade de enxertia. Vacaria/RS, 2018.....	131
4	Aspecto do lenho de pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29', 'EMC' e P. calleryana, submetidas à aplicação de fucsina ácida 0,08 % via fluxo transpiratório, em dezembro de 2017. Vacaria/RS, 2018. Plantas de P. calleryana, não fazem parte da área experimental, mas foram incluídas neste teste como comparativo de boa compatibilidade de enxertia. Vacaria/RS, 2018.....	132
5	Aspecto externo do lenho em pereiras 'Abate Fetel' enxertadas sobre 'Adam's' (a), 'Ba29' (b) e 'EMC' (c), no nono ano após o plantio, em 2017, em Vacaria, RS. Seta vermelha indica o ponto de enxertia. Vacaria/RS, 2018.....	133
6	Aspecto externo do lenho em pereiras 'Rocha' enxertadas sobre 'Adam's' (a), Ba29 (b) e EMC (c), no nono ano após a enxertia, em 2017, Vacaria, RS. Seta indica o ponto de enxertia. Vacaria/RS, 2018.....	134
7	Correlação de Pearson entre o teores de ácido clorogênico (mg kg^{-1} massa seca de tecido) na média dos tecidos acima e abaixo da enxertia e a atividade da peroxidase (Unidade absorvância $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ massa seca casca) em pereiras sobre diferentes marmeleiros nas condições de Vacaria. ** significativo a 1% de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.....	140

	Página
8 Teor de açúcares solúveis acima ou abaixo da enxertia, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', na época de colheita dos frutos, em Vacaria/RS. a) Teor de açúcares redutores na média das copas sobre os diferentes porta-enxertos. b) Teor de açúcares não redutores acima ou abaixo da enxertia na média das copas e dos porta-enxertos. Teor de açúcares solúveis totais na média das copas sobre os diferentes porta-enxertos (c) e acima ou abaixo da enxertia na média de copas e de porta-enxertos (d). Vacaria/RS, 2018.....	145
9 Teor de açúcares não redutores (a), açúcares redutores (b) e açúcares solúveis totais (c), acima ou abaixo da enxertia, no período de queda natural de folhas de 2015, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' (na média das copas) enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', Vacaria/RS, 2018.....	146
10 Teor de açúcares não redutores, açúcares redutores e açúcares solúveis totais, acima ou abaixo da enxertia, no período de plena floração de 2015, em pereiras 'Abate Fetel' (a,c,e) e 'Rocha' (b,d,f) enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', em Vacaria/RS. Letra minúscula compara os porta-enxertos para o teor de açúcares abaixo da enxertia; letra maiúscula compara os porta-enxertos para os teores de carboidratos acima da enxertia. *diferença significativa no teor de açúcares entre os tecidos acima ou abaixo da enxertia dentro da mesma combinação copa/porta-enxerto, de acordo com Tukey 5 % de probabilidade de erro; ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.....	147
11 Teor de açúcares solúveis totais, acima ou abaixo da enxertia, no período de plena floração de 2017, em pereiras 'Abate Fetel' (a) e 'Rocha' (b) enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', Vacaria, RS. ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.....	152
12 Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, no período de queda natural de folhas de 2015, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC'. a) Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, nas pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos porta-enxertos. b) Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, na média das copas e dos porta-enxertos. Letra maiúscula indica diferenças de amido entre copas acima da enxertia, de acordo com Tukey 5 % de probabilidade de erro; * compara acima ou abaixo da enxertia; ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.....	153

- 13 Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, no período de plena floração de 2015, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertada sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC'. a) Teor de amido nas pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos tecidos acima e abaixo da enxertia e na média dos porta-enxertos. b) Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, na média das copas e dos porta-enxertos. *diferença significativa entre os tecidos na região da enxertia; ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018..... 154
- 14 Teor de amido na casca, acima ou abaixo da enxertia, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertada sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', no período de plena floração de 2017. Teor de amido em 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos porta-enxertos e das copas (a) e acima ou abaixo da enxertia na média das copas e dos porta-enxertos (b). Letra maiúscula compara as copas de acordo com o teste F; *diferença significativa entre os tecidos na região da enxertia; ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018..... 155

1 INTRODUÇÃO

O Brasil não tem um papel relevante na cultura da pereira (*Pyrus* sp.) e destaca-se no cenário mundial apenas como um grande importador da fruta. Anualmente, enquanto a produção nacional se mantém estagnada, o país gasta centenas de milhões de dólares com a importação de peras de países como Argentina, Chile, Portugal, Espanha e Estados Unidos.

No entanto, as condições climáticas de alguns locais da região Sul do Brasil são consideradas aptas ao cultivo de pereiras – exemplos disso são as regiões onde hoje se cultivam macieiras, cultura que apresenta exigência climática semelhante à da pereira (Wrege *et al.*, 2017). Apesar disso, a produção nacional de peras é insignificante. Dentre os principais limitantes à expansão da cultura está a alternância de produção dos pomares. Isso faz com que outras culturas de melhor desempenho produtivo, como as macieiras, se tornem mais atraentes aos fruticultores.

Muitos fatores estão relacionados com a alternância da produção de pereiras no Brasil, mas é possível resumi-los em duas causas principais: a baixa intensidade de floração e a baixa taxa de frutificação.

O baixo número de cachos florais é um limitante à obtenção de altos rendimentos. Isso pode ocorrer em algumas safras devido ao abortamento floral, à falta de ajuste da carga de frutos na safra anterior ou às condições

meteorológicas desfavoráveis durante os processos de indução e diferenciação floral.

O abortamento floral provoca a necrose de primórdios florais, reduzindo o número de estruturas que poderiam formar frutos. A intensidade de abortamento varia entre cultivares de pereira, locais e safras. Em alguns ciclos produtivos, o impacto negativo do abortamento floral sobre a produção de frutos pode ser maior quando associado ao baixo número de gemas florais formadas.

Outro fator que reduz a intensidade de floração é a alta carga de frutos. No Brasil, a baixa frutificação é comum nos pomares, o que faz com que o produtor não realize o raleio adequadamente, por receio de que ocorram quedas posteriores de frutos. Porém, quando as condições são favoráveis à frutificação e, há falta de ajuste da carga de frutos, ocorre alta competição entre os órgãos da planta, reduzindo a indução e diferenciação de gemas florais para a safra seguinte (Loescher *et al.*, 1990; Weinbaum *et al.*, 2001).

Em determinadas safras, mesmo quando a intensidade de floração se apresenta aceitável, é comum observar baixa frutificação nos pomares. Isso pode ser causado por problemas durante os processos de polinização e fertilização. Para que estes processos ocorram de forma satisfatória, são necessárias boa sincronia de floração entre as cultivares e adequada frequência e atividade de insetos polinizadores (Sezerino, 2014). Condições climáticas favoráveis também são fundamentais para os processos de germinação do pólen, de crescimento do tubo polínico e de fertilização do óvulo (Leite & Souza, 2003).

No Brasil, os estudos envolvendo o hábito fenológico de pereiras em diferentes locais de produção, com distintas condições de clima e solo, ainda são

escassos e a falta dessas informações pode conduzir à escolha equivocada das cultivares e polinizadoras que irão compor o pomar.

A frutificação efetiva também pode ser afetada pela disponibilidade de carboidratos na planta durante o período de floração e início de frutificação (Lopez *et al.*, 2007). Nesse período, até que as novas folhas comecem a exportar carboidratos para suprir os órgãos em crescimento, a necessidade energética é provida pelas reservas armazenadas no ciclo anterior. Assim, os estresses de final de ciclo, como a desfolha precoce causada por doenças fúngicas não devidamente controladas, ou o estresse hídrico podem afetar o acúmulo de reservas e prejudicar a frutificação (Loescher *et al.*, 1990). A competição por carboidratos entre os órgãos da planta também pode impactar a frutificação efetiva, principalmente em porta-enxertos de maior vigor, onde ocorre forte crescimento de ramos no início do ciclo, competindo com os frutos em formação (Hawerroth & Petri, 2011).

A indefinição de cultivares copa e porta-enxerto também é considerada por alguns autores como um entrave para o desenvolvimento da cultura da pereira no Brasil (Silva *et al.*, 1997; Pasa *et al.*, 2012). Por meio de programas de melhoramento como os do Instituto Agrônomo de Campinas, da Embrapa e da Epagri, houve diversas tentativas para a viabilização da cultura pelo lançamento de cultivares nacionais ou pela introdução de cultivares mundialmente consagradas. Os resultados dessas tentativas foram, contudo, pouco significativos.

Tanto as cultivares copa como os porta-enxertos são determinantes para o rendimento de frutos de um pomar. Cultivares de pereira diferem entre si em relação ao hábito de frutificação, intensidade de floração, hábito fenológico e

alternância de produção, dentre outros aspectos produtivos (Ingels *et al.*, 2007). Os porta-enxertos podem afetar o crescimento vegetativo das copas, sendo que aqueles que induzem menor vigor tendem a apresentar maior formação de gemas florais. Já aqueles vigorosos demandam podas mais frequentes para que ocorra a formação satisfatória de gemas floríferas no interior do dossel e precocidade de produção (Hawerth & Petri, 2011; Pasa *et al.*, 2011).

Os estudos envolvendo a avaliação de diferentes cultivares combinadas com diferentes porta-enxertos são recentes no Brasil e apresentam curto período de avaliação. Devido à importância destas informações, esses estudos devem ser desenvolvidos a longo prazo para que os resultados sejam confiáveis e possam subsidiar as escolhas de fruticultores sobre as melhores combinações copa/porta-enxerto que irão compor os futuros pomares.

Entre os porta-enxertos usados para a pereira no Brasil, as espécies do gênero *Pyrus*, propagadas por semente, foram amplamente utilizadas em pomares antigos. Dentre esses, destacou-se o *P. calleryana*, que, por um lado, exibe boa compatibilidade de enxertia com as principais cultivares copa, mas, por outro, apresenta alto vigor (Rufato *et al.*, 2012). Associando o alto vigor deste porta-enxerto às práticas de manejo inadequadas, essas plantas se tornam difíceis de manejar, resultando em maior custo com podas e arqueamento de ramos. Já os marmeleiros, largamente utilizados na Europa, passaram a ser utilizados no Brasil por volta de 1970. Nessa época, foram utilizadas cultivares de marmeleiros que também eram cultivadas para a produção de marmelos (Campo-Dall'orto *et al.*, 1996). Posteriormente, nos anos 1990, foram introduzidos no Brasil cultivares de marmeleiros selecionadas para o uso

específico como porta-enxertos de pereiras, sendo as cultivares 'EMA', 'EMC', 'Adam's' e 'Ba29' as mais conhecidas.

Os pomares implantados sobre marmeleiros apresentam plantas de copa compacta, que possibilitam maior densidade de plantio e facilidade de manejo (Iglesias & Asin, 2011). No entanto, alguns destes pomares já foram arrancados devido ao baixo rendimento e à alternância de produção. Em alguns pomares, o crescimento vegetativo das plantas foi excessivamente baixo, resultando em plantas com limitada capacidade produtiva.

O fraco crescimento vegetativo das plantas em pomares implantados no Sul do Brasil pode estar relacionada à utilização de mudas de baixa qualidade, ao manejo inadequado do pomar em termos de adubação e irrigação, por exemplo, ou à incompatibilidade de enxertia.

Embora a redução do porte da planta seja o objetivo para utilização de marmeleiros como porta-enxertos, quando o seu crescimento é insuficiente pode resultar em plantas muito pequenas, com limitada área foliar e baixa capacidade produtiva. Como nos marmeleiros se observa sistema radicular superficial (Lallata, 1999) e o uso de sistemas de irrigação em pomares de pereiras não é usual no Brasil, o baixo crescimento vegetativo pode estar relacionado ao déficit hídrico, pois, mesmo que o acumulado anual de chuvas se mostre suficiente para a cultura, a distribuição pode não ser satisfatória em alguns meses (Nachitgall *et al.*, 2014). Porém, os estudos sobre o uso da irrigação em pomares de pereira no Sul do Brasil são ainda necessários, pois a falta de água impacta diretamente na produtividade do pomar.

A incompatibilidade de enxertia também pode ser umas das causas do baixo crescimento vegetativo de algumas combinações copa/porta-enxerto. A

incompatibilidade tende a ocorrer com maior intensidade quanto maior for a distância genética das partes enxertadas, como no caso de pereiras e marmeleiros que pertencem a gêneros diferentes (Goldschmidt, 2014). Como consequência da incompatibilidade, ocorrem problemas funcionais nos tecidos vasculares na interface da enxertia, afetando tanto o transporte de água e nutrientes em direção à copa quanto o transporte de fotoassimilados em direção às raízes (Herrero, 1951). Em casos severos, nos quais a lignificação na enxertia não é boa, a quebra do caule pode ocorrer neste ponto.

Dessa forma, estudos foram conduzidos no estado do Rio Grande do Sul, em dois locais com distintas condições edafoclimáticas, visando a avaliar o crescimento vegetativo, a produção, a qualidade de frutos e também os aspectos relacionados à ocorrência de incompatibilidade de enxertia em plantas jovens e adultas de pereiras enxertadas sobre cultivares de marmeleiro.

2 HIPÓTESES

Capítulo 1: Cultivares de pereira apresentam crescimento vegetativo e compatibilidade de enxertia similar quando enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'EMA' e 'EMC', em Eldorado do Sul, RS.

Capítulo 2: As cultivares Abate Fetel e Rocha exibem crescimento vegetativo e produção semelhantes quando enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', em Vacaria, RS.

Capítulo 3: 'Abate Fetel' e 'Rocha' apresentam compatibilidade de enxertia semelhante quando enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', em Vacaria, RS.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar, em dois locais edafoclimáticos distintos do Rio Grande do Sul, o crescimento vegetativo, a produção e a compatibilidade de enxertia de cultivares de pereiras enxertadas em marmeleiros.

3.2 Específicos

Capítulo 1: Avaliar o crescimento da área transversal de caule, o crescimento de ramos e a compatibilidade de enxertia, nos primeiros anos de crescimento, de cultivares de pereiras enxertadas nos marmeleiros 'Adam's', 'EMA' e 'EMC', em Eldorado do Sul, RS.

Capítulo 2: Avaliar o crescimento da área transversal de caule e a produção das pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', em Vacaria, RS.

Capítulo 3: Comparar a compatibilidade de enxertia das pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', de acordo com o coeficiente de afinidade, o acúmulo de carboidratos na região da enxertia, o teor de clorofilas em folhas e a avaliação macroscópica do sistema vascular.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Produção de peras no Brasil

A produção brasileira de peras é insuficiente, quando comparada ao que é consumido. O auge da produção ocorreu nos anos 1970, quando foram produzidas mais de 60 mil toneladas (FAO, 2017). Desde o final dos anos 80, no entanto, a produção está estabilizada em torno das 20 mil toneladas por ano. Em 2015, foram produzidas no país 21,16 mil toneladas, em 1453 hectares de área cultivada, o que permite estabelecer um rendimento médio de apenas 14,56 ton ha⁻¹. Em 2016, a produção diminuiu ainda mais, foram 14,9 mil toneladas devido à redução da área plantada para 1248 hectares e da queda no rendimento médio dos pomares para 11,94 ton ha⁻¹.

Os estados da Região Sul do Brasil produzem cerca de 96% da pera nacional, sendo que o Rio Grande do Sul responde por 52% do total (IBGE, 2018).

Em função da pequena produção, há necessidade de importação anual de um grande volume de pera para atender a demanda interna. Em 2012 atingiu-se o volume histórico de 217 mil toneladas a um custo de US\$ 224 milhões. Em 2017, o volume importado mostrou redução para 156 mil toneladas ao custo de 151 milhões de dólares (MAPA, 2018). Porém, mesmo com a redução observada nos últimos anos o volume importado de peras ainda é alto.

Diversos fatores estão relacionados ao baixo desenvolvimento da cultura no Brasil. Dentre eles, podemos destacar a baixa eficiência produtiva observada em pomares de pereira. Os pomares instalados têm apresentado produções irregulares ao longo dos anos, oscilando entre altas e muito baixas produtividades (Fioravanço & Oliveira, 2014).

A alternância de produção está relacionada a vários fatores. De acordo com Guitton *et al.* (2012), após altas produções é esperado que o retorno floral da safra seguinte seja menor, principalmente quando não se realiza o raleio de frutos. O excesso de frutos na planta proporciona maior rendimento, porém promove alta competição por carboidratos entre os diferentes órgãos com força de dreno, resultando em redução do calibre dos frutos, menor acúmulo de massa seca nas raízes e na parte aérea e redução da concentração de amido nas raízes (Loescher *et al.*, 1990; Inglese *et al.*, 2002; Lopez *et al.*, 2007). Como consequência do baixo acúmulo de reservas durante o ciclo de crescimento, no ciclo seguinte, a taxa de frutificação efetiva pode ser reduzida (Lopez *et al.*, 2007).

Outro fator associado à alternância de produção nas condições brasileiras é a baixa frutificação efetiva observada em algumas safras (Almeida *et al.*, 2015; Luz, 2016). Evidências têm sido encontradas de que isso é consequência de problemas de polinização. Trabalhos com polinização manual em pereiras proporcionaram alta frutificação e aumento de rendimento produtivo (Sezerino, 2014; Luz, 2016). Possivelmente, fatores ambientais como as altas pluviosidades e as baixas temperaturas, que são frequentemente observadas no período de floração de pereiras em locais da região sul do Brasil, prejudiquem os processos de polinização, germinação, emissão do tubo polínico e fertilização

do óvulo (Leite & Souza, 2003; Sezerino, 2014; Almeida *et al.*, 2015, Fioravanço *et al.*, 2016; Luz, 2016).

As diferentes cultivares de pereiras combinados com os diferentes porta-enxertos podem apresentar grande variação de produtividade. Em Israel, a pereira 'Coscia' produziu de 34,7 a 87,5 ton ha⁻¹ no acumulado até o sexto após o plantio, em função de diferentes porta-enxertos (Stern & Doron, 2009). Na Lleida, Espanha, 'Conference' sobre diferentes porta-enxertos produziu de 28 a 72 ton ha⁻¹ no acumulado até o sexto ano (Iglesias *et al.*, 2011). Para a pereira 'Suvenirs' foi observado que a produtividade acumulada até o sexto ano variou de 20 a 58 ton ha⁻¹ em função de diferentes porta-enxertos, na Lituania, e de 53 a 81 ton ha⁻¹ também em função de diferentes porta-enxertos, na Estônia (Lepsis *et al.*, 2011). Os trabalhos citados indicaram também diferenças de crescimento vegetativo, intensidade de florescimento e tamanho de fruto para as pereiras sobre os diferentes porta-enxertos.

Desta forma, a realização de estudos sobre o comportamento de diferentes combinações copa/porta-enxerto, em locais com diferentes condições de clima e solo, incluindo a avaliação do hábito fenológico e produtivo, torna-se de fundamental importância para determinar as combinações mais bem adaptadas e determinar as polinizadoras com melhor coincidência de floração.

4.2 Porta-enxertos utilizados para pereiras

As pereiras podem ser cultivadas sobre uma elevada gama de porta-enxertos, destacando-se: seleções clonais Old Home x Farmingdale (OHxF) (Estados Unidos); BP (África do Sul); Fox (Itália); Pyrodwarf (Alemanha);

seedlings de *P. pyrilifolia*, *P. calleryana*, *P. betulaefolia* e de cultivares importantes de *P. communis* e de marmeleiros (Jackson, 2003; Sansavini, 2007).

No Brasil, pomares antigos de pereiras foram instalados sobre porta-enxertos do gênero *Pyrus* spp., os quais induzem grande rusticidade, porém proporcionam alto vigor, o que torna as plantas difíceis de manejar (Fioravanço, 2007). Já os pomares implantados nos últimos anos utilizaram principalmente marmeleiros, pois induzem baixo vigor e maior precocidade de produção às pereiras (Jackson, 2003).

A redução do porte da planta é um ponto importante, que justifica a larga utilização de marmeleiros como porta-enxertos de pereiras. Isso permite a formação de pomares adensados, de alto rendimento produtivo e de menor demanda de mão de obra para o manejo. No entanto, as pereiras apresentam incompatibilidade com marmeleiros, e o grau da incompatibilidade pode variar em função do porta-enxerto e da copa utilizada (Jackson, 2003).

Nas condições brasileiras há pouco conhecimento acerca do desempenho de diferentes combinações copa/porta-enxerto. Estudos publicados até o momento são de grande importância, porém baseiam-se em poucas safras de avaliação (Rufato *et al.*, 2012; Pasa *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2013).

Na Europa, os marmeleiros mais utilizados como porta-enxertos para pereiras são o 'EMA', 'EMC' e 'EMH' (East Malling, Inglaterra), 'Adam's' (Bélgica), além de 'Sydo' e 'Ba29' (França) (Jackson, 2003). Nestes locais as condições de clima e de solo são completamente diferentes daquelas observadas nas condições brasileiras e os pomares são conduzidos com alta tecnologia e irrigação. Isso é um aspecto importante quando são utilizados marmeleiros como porta-enxertos, pois estes apresentam sistema radicular

superficial, comparado ao *Pyrus* sp., e, por consequência, exploram menor volume de solo (Lallata, 1999). Em condições de déficit hídrico, o crescimento vegetativo, o rendimento produtivo e a qualidade dos frutos de pereiras são afetados (Oliveira *et al.*, 2007).

Em condições de déficit hídrico a produção é limitada pelo baixo calibre dos frutos, pois seu crescimento depende de água para provocar a expansão celular (Lakso & Goffinet, 2013). O crescimento vegetativo também é reduzido pela falta de água assim como a fotossíntese nas folhas, o que prejudica o acúmulo de reservas nos órgãos perenes da planta (Giacobbo, 2006; Oliveira *et al.*, 2007; Lopez *et al.*, 2007).

Dentre os locais de cultivo, a região de Vacaria apresenta déficit hídrico com frequência no período de novembro a fevereiro (Nachtigall *et al.*, 2014). No entanto, o uso de irrigação em pomares de pereira é incomum.

4.3 Incompatibilidade de enxertia em frutíferas caducifólias

A incompatibilidade de enxertia é definida como a incapacidade de dois indivíduos unidos através da enxertia apresentarem a interface da enxertia funcional, crescerem e produzirem normalmente durante toda a vida (Jackson, 2003; Campana & Ochoa, 2007).

Distinguir uma combinação compatível de uma incompatível pode ser difícil, pois combinações incompatíveis podem apresentar desenvolvimento aparentemente normal e, após certo tempo, romper o caule no ponto de união (Campana & Ochoa, 2007; Goldschmidt, 2014). Além disso, grande variabilidade dos sintomas pode ser observada entre plantas da mesma combinação (Herrero, 1951). Por outro lado, plantas enxertadas sobre porta-enxertos considerados

compatíveis podem revelar alterações anatômicas no ponto de união (Simons & Chu, 1985; Olmstead *et al.*, 2006).

Atualmente, a incompatibilidade é dividida em localizada e translocada, dependendo dos fatores envolvidos e ambas podem ocorrer simultaneamente (Mosse, 1962; Zarrouk, 2006). Na incompatibilidade localizada são observadas irregularidades anatômicas no ponto de enxertia, como a presença de células necróticas no lenho e na casca, involuções e quebras no câmbio vascular, provocando fragilidade mecânica no caule com possibilidade de quebra (Ermel *et al.*, 1999). As alterações dependem somente do contato dos tecidos dos dois indivíduos enxertados para que se iniciem os processos de rejeição que causam a descontinuidade do sistema vascular (Mosse *et al.*, 1962). Nessa incompatibilidade, os problemas podem ser contornados pela inserção de um terceiro indivíduo entre a copa e o porta-enxerto, compatível com ambos, como um interenxerto (Chauhan *et al.*, 2012). Em alguns casos, no entanto, o uso de interenxerto pode não ser efetivo (Gur *et al.*, 1978)

A identificação da incompatibilidade localizada pode ser feita através de avaliações na interface da enxertia. A presença de tecido parenquimático em áreas isoladas ou em camadas contínuas, necrose no câmbio e descontinuidade no tecido vascular foram as principais características relatadas em combinações incompatíveis (Herrero, 1951; Moose 1986). Outros sintomas como a involução cambial também foram observados, porém, por si só este sintoma não indica incompatibilidade (Herrero, 1951). Avaliações histológicas também são utilizadas, porém a variabilidade de sintomas é alta, e um número alto de variáveis é necessário para a distinção entre compatível e incompatível (Herrero, 1951; Ermel *et al.*, 1999).

Outro método empregado para observação dos tecidos vasculares consiste no uso de corantes, permitindo verificar as conexões vasculares (Tomaz *et al.*, 2009; Olmstead *et al.*, 2006; Machado *et al.*, 2015; Machado *et al.*, 2017).

A incompatibilidade translocada está relacionada com alterações químicas e morfológicas que provocam degeneração de tubos crivados e de células companheiras do floema na região da enxertia. Os danos são causados pelo transporte de uma substância tóxica produzida nos tecidos de um dos indivíduos enxertados (Mosse, 1962). Em alguns casos, quando há inversão da ordem dos indivíduos como copa/porta-enxerto, pode ocorrer compatibilidade entre eles (Mosse, 1962).

Os sintomas da incompatibilidade translocada na planta envolvem a parada precoce do crescimento vegetativo, a alteração da coloração das folhas, com queda precoce, e o acúmulo de carboidratos acima da enxertia, em função de alterações que ocorrem nesta região e dificultam o transporte em direção às raízes (Herrero, 1951; Moose, 1986; Zarrouk *et al.*, 2006; Hossein *et al.*, 2010). De acordo com Herrero (1951), a presença de descontinuidade vascular pode não prejudicar o crescimento normal da copa, a menos que a quantidade de conexões vasculares esteja abaixo de um nível mínimo.

Trabalhos recentes têm utilizado a concentração de clorofilas em folhas como indicativo de incompatibilidade translocada. Os mesmos mostram que diferenças significativas para conteúdo de clorofilas podem ser observadas quando são comparadas combinações contrastantes em relação ao grau de incompatibilidade em pereiras (Machado *et al.*, 2015; Machado *et al.*, 2017) e em *Prunus* spp. (Zarrouk *et al.*, 2006; Neves *et al.*, 2017). Nas combinações

incompatíveis as alterações que provocam a queda de folhas tendem a ocorrer mais precocemente, antecipando o período de queda (Gur *et al.*, 1978).

Embora não seja possível mensurar quantitativamente a incompatibilidade, algumas escalas procuram distinguir as combinações copa/porta-enxerto baseando-se no aspecto da enxertia. Herrero (1951) classificou o aspecto visual dos enxertos nas seguintes categorias: A- todas as plantas da combinação mostram boa continuidade dos tecidos na casca e no lenho; B- algumas plantas da combinação exibem leve descontinuidade ou distorção na casca e no lenho, ou involuções no câmbio no ponto de união; C- algumas plantas exibem presença de tecido parenquimático no lenho e/ou descontinuidade na casca, no ponto de união; D- todas as plantas exibem presença de tecido parenquimático no lenho e/ou descontinuidade na casca, no ponto de união.

A classificação utilizada por Gur *et al.* (1968) mostra-se semelhante: 1) união exibindo grande crescimento e assimetria, com incisão profunda na casca; 2) crescimento na união, com incisão na casca pouco marcada, mas com rachaduras longitudinais; 3) leve e simétrico crescimento no ponto de união e sem rachaduras na casca; 4) engrossamento suave na união.

Outros métodos propõem o cálculo de um coeficiente de afinidade baseado no diâmetro do caule na região da enxertia. Pela fórmula de Onaran (1940) consideram-se os diâmetros de caule acima e abaixo da enxertia. Pela fórmula de Perraudine (1962) consideram-se além do diâmetro de copa e porta-enxerto, também o diâmetro no ponto de enxertia. Os valores calculados para cada combinação são comparados com os valores de referência propostos por cada método.

Conforme observado por Herrero (1951), as combinações incompatíveis de pereira/marmeleiro exibiram menor crescimento no diâmetro do porta-enxerto, comparado com a copa. Possivelmente, devido à restrição na translocação de fotoassimilados para as raízes. Além disso, observou-se também coloração avermelhada, queda prematura de folhas e descontinuidade na casca no ponto da enxertia.

O engrossamento do caule no ponto de enxertia pode estar relacionado à falta de conexões vasculares, à presença de camadas de células mortas na região da união e às involuções no câmbio (Herrero (1951). Estes problemas resultam em prejuízos ao transporte de substâncias entre as partes da planta e fragilidade mecânica no ponto de união (Ciobotari *et al.*, 2010). Porém, o engrossamento do ponto de união não deve ser tomado isoladamente como um sintoma de incompatibilidade, pois as diferenças de crescimento do caule acima ou abaixo do ponto da enxertia também podem ser características da planta formada ou consequência de condições ambientais desfavoráveis, deficiências nutricionais, sanidade ou má execução da enxertia (Campana & Ochoa, 2007).

Evidências apontam que os processos de incompatibilidade em estádios tardios de desenvolvimento da planta estão relacionados com anormalidades dos processos iniciais de reconhecimento e formação do calo pelos tecidos dos indivíduos enxertados. Para Usenik *et al.* (2006), o sucesso da enxertia está relacionado ao estabelecimento de um sistema de compatibilidade entre as células.

Diversos são os mecanismos afetados pela incompatibilidade na interface de enxertia, como: atraso na associação entre os calos dos indivíduos enxertados (Jonard *et al.* 1990); atraso e formação anormal de plasmodesmos

(Pina *et al.*, 2009); aumento na atividade da fenilalanina amônia liase (PAL) (Pina & Errea, 2008); altos níveis de espécies reativas de oxigênio e alterações estruturais das mitocôndrias, causando drástica redução na respiração (Irrisari *et al.*, 2015); acúmulo de compostos fenólicos (Errea, 1998; Pina & Errea, 2008); redução da atividade da UDP-glicose pirofosforilase, que atua na síntese de sacarose (Pina *et al.*, 2008); atraso na formação do tecido cambial e diferenciação dos tecidos vasculares (Espen *et al.*, 2005; Pina *et al.*, 2012).

A formação de uma união bem-sucedida e compatível entre dois indivíduos depende de vários fatores, dos quais podemos destacar a proximidade genética dos indivíduos, as condições climáticas de cultivo e a sanidade do material (Campana & Ochoa, 2007).

A proximidade genética dos indivíduos proporciona maior chance de ocorrer a formação de uma combinação copa/porta-enxerto compatível (Goldschmidt, 2014). Porém, o uso de combinações interespecíficas ou intergenéricas também é comum na propagação de pereiras e fruteiras de caroço (Usenik *et al.*, 2006; Hudina *et al.*, 2014). Nestes casos, no entanto, os problemas de incompatibilidade tornam-se mais frequentes (Hudina *et al.*, 2014).

As condições ambientais também são influentes na formação de um enxerto bem-sucedido. As temperaturas na faixa de 18 a 25 °C são consideradas adequadas para a maioria das espécies. Temperaturas mais elevadas podem acentuar os mecanismos que levam à incompatibilidade (Gur *et al.*, 1968). A umidade é outro fator de extrema importância. Por isso, a região da enxertia deve ser bem isolada com plástico ou cera, assim como os porta-enxertos devem ser mantidos em condições hídricas adequadas antes e após a enxertia (Jackson, 2003; Campana & Ochoa, 2007). O estresse hídrico em plantas de pereira ‘Santa

Maria' enxertada sobre 'EMA' induziu aumento da atividade de peroxidase, aumento na concentração de compostos fenólicos e drástica redução do crescimento, além de redução de clorofilas (Bolat *et al.*, 2014), o que poderia ter algum reflexo negativo no processo de compatibilidade.

A sanidade do material vegetal utilizado na enxertia é outro aspecto relevante, pois tecidos contaminados além de aumentarem a disseminação de doenças, afetam a compatibilidade, como relatado para macieiras e pereiras (Jackson, 2003; Goldschmidt, 2014).

Como consequências da incompatibilidade, os prejuízos econômicos ocorrem nas diferentes etapas de um sistema de produção, como no viveiro, pela redução da sobrevivência de plantas, ou após a instalação do pomar, devido ao baixo crescimento vegetativo das plantas, redução da sanidade, morte de plantas em decorrência da quebra no ponto de enxertia ou pela morte do porta-enxerto (Errea, 1998; Zarrouk *et al.*, 2006).

4.4 Mecanismo fisiológicos relacionados à incompatibilidade entre pereiras e marmeleiros

Em combinações de pereiras/marmeleiros, os sintomas de incompatibilidade podem se manifestar tardiamente, após alguns anos da enxertia. Em casos mais severos, há quebra do caule no ponto de união devido à falta de lignificação (Errea, 1998; Ciobotari *et al.*, 2010).

O desenvolvimento vegetativo pode não ser um indicativo confiável de incompatibilidade, pois plantas com sintomas macroscópicos de incompatibilidade podem apresentar crescimento vegetativo vigoroso (Herrero, 1951; Moose, 1986). Além disso, os sintomas de incompatibilidade muitas vezes

não são específicos e podem ser semelhantes aos causados por condições climáticas desfavoráveis (Mosse, 1986).

A enxertia de pereiras sobre marmeleiros apresenta incompatibilidade de enxertia localizada, a qual depende do contato entre os tecidos para que se desencadeiem os processos que provocam as anormalidades (Mosse, 1962). Para Moore (1986), no entanto, não é necessário o contato entre os tecidos do marmeleiro e da pereira para desencadear a incompatibilidade, sendo suficiente, tão somente o contato com os metabólitos produzidos no marmeleiro.

Gur *et al.* (1968) demonstrou que a incompatibilidade entre pereiras e marmeleiros está relacionada com a presença de glicosídeos cianogênicos, como a amigdalina e a prunasina. De acordo com os autores, marmeleiros sintetizam a prunasina, que não é sintetizada pelas pereiras. A síntese ocorre a partir de aminoácidos aromáticos, envolvendo N-hidroxilações, que formam a α -hidroxinitrila. Posteriormente, ocorre a glicosilação da molécula, formando então o glicosídeo cianogênico (Gleadow & Mooler, 2014). Esta molécula é transportada na planta via floema e, quando em contato com os tecidos da pereira, na presença da β -glicosidase, é hidrolisada, originando α -hidroxinitrila. Em pH 6,0, a α -hidroxinitrila dissocia-se espontaneamente em HCN (ácido cianídrico), glicose e cetona (Gleadow & Mooler, 2014). Em pH baixo, a reação é catalisada pela α -hidroxinitrila liase.

O HCN é conhecido como um composto tóxico, devido à sua facilidade em interagir e inibir a ação de metaloproteínas, as quais estão envolvidas no processo de respiração celular, dentre outros (Taiz & Zieger, 2013). Isso afeta a produção de adenosina trifosfato (ATP) na célula. Nocito *et al.*, (2010) observaram que a combinação pereira/marmeleiro 'Beurré Bosc'/'EMC' mostrou

baixa concentração de ATP, alta produção de espécies reativas de oxigênio e elevado estresse oxidativo.

A presença de HCN provoca inativação cambial, o que ocasiona distúrbios na formação de tecidos do xilema e floema, causando grande redução no fluxo de água, minerais e metabólitos (Moore, 1986). Como consequência, são observadas a presença de células necróticas, descontinuidades vasculares e rachaduras na casca acima da enxertia (Hudina *et al.*, 2014).

A ocorrência de incompatibilidade depende da cultivar de pereira e da cultivar de marmeleiro enxertadas. No mecanismo de hidrólise da prunasina nos tecidos da pereiras, três fatores podem ser destacados: a atividade da β -glicosidase, a concentração de arbutina e metilarbutina e a concentração de glicosídeos cianogênicos (Gur *et al.*, 1968; Heuser, 1972). Em baixa concentração da enzima, a arbutina, um composto fenólico abundante em pereiras, reduz a hidrólise da prunasina, porém, em alta concentração da enzima, a arbutina induz aumento da atividade enzimática, gerando maiores concentrações de HCN (Gur *et al.*, 1968). Já em relação à concentração de glicosídeos cianogênicos, quanto mais alta a concentração no porta-enxerto há a tendência de provocar maior intensidade de incompatibilidade (Gur *et al.*, 1978). Desta forma, a incompatibilidade relaciona-se à cultivar de marmeleiro, devido ao teor de glicosídeos cianogênicos sintetizados e transportados à copa, e a cultivar de pereira, por consequência de sua habilidade em hidrolisar glicosídeos cianogênicos (Gur *et al.*, 1968; Heuser, 1972; Moore, 1986).

Outro fator importante sobre a velocidade da hidrólise de glicosídeos cianogênicos está ligado à temperatura. O aumento de 25°C para 35°C provocou um incremento de mais de 10 vezes na velocidade de hidrólise da prunasina no

tecido da pereira 'Beurré Superfin' e de cerca de 5 vezes na 'Bartlett' (Gur *et al.*, 1968).

Os processos que ocorrem no porta-enxerto também são determinantes para a ocorrência de incompatibilidade. Ao longo do ciclo de crescimento, o teor de cianeto no tecido do porta-enxerto em combinação de pereiras enxertadas sobre marmeleiros apresenta grandes flutuações e fatores ambientais mostram-se influentes (Gur *et al.*, 1968; Gleadow & Møller, 2014). Valores máximos de HCN ocorrem em dois períodos: na primavera, no início do ciclo vegetativo, em função da elevada concentração de prunasina e da baixa concentração de açúcares redutores; no outono, devido à baixa concentração de açúcares redutores no porta-enxerto (Gur *et al.*, 1968). Em baixa concentração de açúcares, os glicosídeos cianogênicos podem ser hidrolisados e as moléculas de glicose são utilizadas para manutenção da respiração celular, pois estes compostos possuem unidades de glicose na molécula (Gleadow & Møller, 2014).

Os fatores ambientais são conhecidos por influenciar a síntese de glicosídeos cianogênicos na planta. Disponibilidade de nutrientes, principalmente altos níveis de nitrogênio, altas temperaturas e estresse hídrico podem estimular a síntese de glicosídeos cianogênicos que, em condições prolongadas de estresse, podem alcançar teores elevados (Vetter, 2000; Gleadow *et al.*, 2014). Outras condições de estresse, como doenças, também podem intensificar a incompatibilidade e reduzir a vida útil de plantas incompatíveis (Prinsi *et al.*, 2015). Desta forma, a redução das condições de estresse poderia ser benéfica para a compatibilidade de enxertia.

A síntese de glicosídeos cianogênicos é apontada por alguns autores como realizada nos tecidos dos marmeleiros, mas não em pereiras (Mosse,

1962; Gur *et al.*, 1968; Moore, 1986; Jackson, 2003; Hudina *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2014). Porém, de acordo com Pereira *et al.* (2015), amigdalina e prunasina ocorrem em *Pyrus* spp. Após 20 anos do plantio, cultivares de *Pyrus pyrifolia* enxertadas sobre *P. calleryana* e *P. betulaefolia* foram avaliadas em relação à concentração de glicosídeos cianogênicos. Pereira *et al.* (2015) classificaram como incompatíveis as combinações que apresentaram plantas mortas. Porém, nenhuma relação foi observada entre a concentração de glicosídeos cianogênicos e as combinações atribuídas como incompatíveis.

Outros mecanismos relacionados com a incompatibilidade de enxertia foram identificados em combinações de pereiras e marmeleiros, como as diferenças no padrão de compostos fenólicos e a similaridade de isoperoxidasas.

Os compostos fenólicos quando apresentam diferenças quantitativas e qualitativas entre os indivíduos enxertados podem provocar disfunções metabólicas e desencadear reações de incompatibilidade (Errea, 1998). Mesmo em baixa concentração, compostos fenólicos podem provocar alterações nos microtúbulos e no lado interno da membrana plasmática, ocasionando prejuízos à permeabilidade seletiva da membrana, além de afetar a diferenciação celular e a formação do calo (Errea, 1998). Alguns compostos fenólicos, como os flavonoides, acumulam-se na região da enxertia (Errea *et al.*, 1994; Hudina *et al.*, 2014), causam alterações na estrutura do floema e no câmbio e inibem o transporte de auxina em direção à raiz (Errea *et al.*, 1994; Besseau *et al.*, 2007). Isso pode refletir negativamente sobre o crescimento vegetativo da planta, pois a auxina, a qual regula o crescimento e o funcionamento de raízes e a síntese de citocinina, pode ter a concentração reduzida nas raízes (Sorice *et al.*, 2002; Aloni *et al.*, 2010).

Hudina *et al.* (2014) observaram que pereiras enxertadas sobre 'Fox 11', um *Pyrus communis*, exibiram maior incompatibilidade do que aquelas enxertadas sobre marmeleiros. Pereiras 'Abate Fetel', 'Conference' e 'William's' mostraram grandes diferenças em relação à concentração de compostos fenólicos na casca comparado com 'Fox 11', o que possivelmente foi uma das causas da alta incompatibilidade observada, com mortalidade variando de 50 a 75%. Já a enxertia sobre os marmeleiros 'Ba29' e 'EMA' foi classificada como união perfeita, com morte de 8% das plantas, apenas nas combinações de 'Conference' e 'William's' com 'Ba29'. Dentre os compostos fenólicos avaliados, arbutina e o ácido clorogênico são abundantes em pereiras. Estes fenólicos apresentam ação antioxidante (ácido clorogênico) e antibiótica (arbutina), como, por exemplo, na resistência contra o fogo bacteriano (*Erwinia amylovora*) (Cui *et al.* 2005).

Diferenças de compostos fenólicos e sua relação com a incompatibilidade também foram verificadas em *Prunus* sp. (Feucht & Treutter, 1991; Rodrigues *et al.*, 2002; Usenik *et al.*, 2006) e *Vitis* spp. (Canas *et al.*, 2015).

A similaridade de isoperoxidases entre os tecidos da pereira e do marmeleiro mostrou ser um indicador de incompatibilidade. Gulen *et al.*, (2002) identificaram muitas isoperoxidases nos tecidos de pereiras e marmeleiros, porém duas foram relacionadas à incompatibilidade. As isoperoxidases, bandas A e B, foram presentes na casca da enxertia das combinações 'Beurre Hardy'/'EMA' (compatível) e 'Beurre Hardy'/'Ba29' (semi-compatível), porém ambas foram ausentes na combinação 'Bartlett'/'EMA' (incompatível). Desta forma, os autores sugeriram que a presença das bandas A e B indica boa

compatibilidade e que a análise de isoperoxidasas poderia ser utilizada para a predição de incompatibilidade.

Hossein *et al.* (2008) também observaram que a presença das isoperoxidasas, bandas A e B, estava associada com a compatibilidade de pereiras com o marmeleiro 'EMA'. Em castanha chinesa (*Castanea mollissima* Blume) a análise de isoperoxidasas mostrou-se também eficiente para identificar a incompatibilidade (Santamour Jr., 1988).

A peroxidase atua na síntese de lignina, catalisando a ligação oxidativa cruzada de grupos fenólicos (tirosina, fenilalanina, ácido ferúlico) em proteínas de parede, pectinas e outros polímeros, que unem subunidades de lignina de maneira complexa (Taiz & Zeiger, 2013). Além disso, esta enzima atua no sistema de proteção contra o estresse oxidativo celular (Baxter *et al.*, 2013).

A atividade de peroxidase também é utilizada nos estudos sobre incompatibilidade. Musacchi *et al.* (2002) observaram que combinações incompatíveis de pereira/marmeleiro exibiram aumento na atividade de peroxidase, em comparação com combinações compatíveis. Em combinações incompatíveis de *Prunus* spp. também houve aumento de atividade de peroxidase (Zarrouk *et al.*, 2010).

Outras proteínas também poderiam ser indicadores de incompatibilidade. Gulen *et al.* (2005), avaliando a concentração total de proteínas solúveis no tecido da copa de pereiras sobre marmeleiros, não observaram nenhuma correlação linear entre o teor de proteínas e a compatibilidade de enxertia, em plantas com cinco anos. Porém, uma proteína com banda de 63 KDa, a qual poderia apresentar algum papel importante na compatibilidade de pereiras/marmeleiros, mostrou-se presente em combinações compatíveis.

4.5 Referências bibliográficas

- ALMEIDA, G. K.; LUZ, A. R.; IUCHI, T. Early Bearing of Six Pear Cultivars grafted on *Pyrus calleryana* in Southern Brazil. **Acta horticulturae**, Haia, v. 1094, 153-158, 2015.
- ALONI, B. et al. Hormonal signaling in rootstock–scion interactions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 127, n. 2, p. 119-126, 2010.
- ARRUDA, J. P.; CAMELATTO, D. Flower bud abortion in five pear cultivars (*Pyrus* spp., L.), in two localities of Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 635-638, 1999.
- BAXTER, A.; MITTLER, R.; SUZUKI, N. ROS as key players in plant stress signalling. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 65, n. 5, p. 1229-1240, 2013.
- BESSEAU, S. et al. Flavonoid accumulation in Arabidopsis repressed in lignin synthesis affects auxin transport and plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v. 19, n. 1, p. 148-162, 2007.
- BOLAT, I. et al. The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. **The Scientific World Journal**, New York, v. 2014, 8 p, 2014.
- CAMPANA, B. M. R.; OCHOA, M. J. Propagación vegetativa o agâmica de espécies frutales. In: SOZZI, G. (Ed.). **Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2007. p. 135-200.
- CAMPO-DALL'ORTO, F. A. et al. **Variedades de pêra para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1996. (Boletim Técnico, 164).
- CANAS, S. et al. Phenolic compounds involved in grafting incompatibility of *Vitis* spp: development and validation of an analytical method for their quantification. **Phytochemical analysis**, Sussex, v. 26, n. 1, p. 1-7, 2015.
- CHAUHAN, J. K.; SHARMA, U.; SHARMA, S. Effect of rootstock and interstock on plant vigour of pear. **International Journal of Farm Sciences**, Solan, v. 2, n. 1, p. 29-35, 2012.
- CIOBOTARI, G. et al. Graft incompatibility influence on assimilating pigments and soluble sugars amount of some pear (*Pyrus communis*) cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 38, n. 1, p. 187, 2010.
- CUI, T. et al. Analyses of arbutin and chlorogenic acid, the major phenolic constituents in oriental pear. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 10, p. 3882-3887, 2005.

- ERMEL, F. F. et al. Localized graft incompatibility in pear/quince (*Pyrus communis*/*Cydonia oblonga*) combinations: multivariate analysis of histological data from 5-month-old grafts. **Tree Physiology**, Victoria, v. 19, n. 10, p. 645-654, 1999.
- ERREA, P.; FEUCHT, W.; TREUTTER, D. Characterization of Flavanol Typepolyphenols in Apricot Cultivar and Rootstocks. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 8, n. 3, p. 165-169, 1994.
- ERREA, P. Implications of phenolic compounds in graft incompatibility in fruit tree species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 3, p. 195-205, 1998.
- ESPEN, L.; COCUCCI, M.; SACCHI, G. A. Differentiation and functional connection of vascular elements in compatible and incompatible pear/quince internode micrografts. **Tree Physiology**, Victoria, v. 25, p. 1419–1425, 2005.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Pera**: produção. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- FEUCHT, W.; TREUTTER, D. Phenol gradients in opposing cells of *Prunus* heterografts. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 5, n. 3, p. 107-111, 1991.
- FIORAVANÇO, J. C.; OLIVEIRA, P. R. D. Produção e importação brasileira de pera no período de 2001 a 2012. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 44, n. 6, p. 16-22, 2014.
- FIORAVANÇO, J. et al. **Avaliação agrônômica da pereira 'Rocha' em Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016. (Circular Técnica, 128). 12 p.
- GIACOBBO, C. L.; FACHINELLO, J. C.; PICOLOTTO, L. Compatibilidade entre o marmeleiro porta-enxerto cv. EMC e cultivares de pereira. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 33-37, 2007.
- GLEADOW, R. M.; MØLLER, B. L. Cyanogenic glycosides: synthesis, physiology, and phenotypic plasticity. **Annual review of plant biology**, Palo Alto, v. 65, p. 155-185, 2014.
- GOLDSCHMIDT, E. E. Plant grafting: new mechanisms, evolutionary implications. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 5, p. 1-9, 2014.
- GUITTON, B. et al. Genetic control of biennial bearing in apple. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 63, n. 1, p. 131-149, 2011.
- GULEN, H. et al. Peroxidase isozyme profiles in compatible and incompatible pear-quince graft combinations. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Ankara, v. 127, n. 2, p. 152-157, 2002.

GUR, A.; SAMISH, R. M.; LIFSHITZ, E. The role of cyanogenic glycoside of the quince in the incompatibility between pear cultivars and quince rootstocks. **Horticulturae Research**, Edinburgh, n. 8, p. 113-134, 1968.

GUR, A.; ZAMET, D.; ARAD, E. A pear rootstock trial in Israel. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 8, n. 3, p. 249-264, 1978.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, L. J. **Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. (Documentos, 147). 36 p.

HERRERO, J. Studies of compatible and incompatible graft combinations with special reference to hardy fruit trees. **Journal of Horticultural Science**, Asford, v. 26, n. 3, p. 186-287, 1951.

HEUSER, C. W. β -Glucosidase from 'Marianna' plum1. **Phytochemistry**, Nova lorque, v. 11, n. 8, p. 2455-2457, 1972.

HOSSEIN, D. G.; FARAJOLLAH, S.; HASSANPOUR, H. Identification of graft incompatibility of pear cultivars on quince rootstock by using isozymes banding pattern and starch. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 7, n. 1, p. 109-112, 2008.

HUDINA, M. et al. The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 171, n. 5, p. 76-84, 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de peras**. Disponível em:

<https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 10 jan. 2018.

IGLESIAS, I. et al. Comportamiento de algunos patrones de peral en Lleida y Girona. **Información Técnica Económica Agraria**, Zaragoza, v. 99, n. 1, p. 112-121, 2003.

INGELS, C. A. et al. Varieties. In: MITCHAM, E. J.; ELKINS, R. B. (Ed.). **Pear: production and handling manual**. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2007. p. 59-62.

INGLESE, P. et al. Crop load and rootstock influence on dry matter partitioning in trees of early and late ripening peach cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 127, n. 5, p. 825-830, 2002.

IRISARRI, P. et al. Oxidative stress associated with roostock-scion interactions in pear/quince combinations during early stages of graft development. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 176, p. 25-35, 2015.

JACKSON, J. E. **The biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

- JONARD, R. et al. Early testing of graft incompatibilities in apricot and lemon trees using in vitro techniques. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 43, n. 1-2, p. 117-128, 1990.
- LAKSO, A. N.; GOFFINET, M. C. Apple fruit growth. **New York Fruit Quarterly**, Geneva, v. 21, n. 1, p. 11-14, 2013.
- LALATTA, F. **Guía complete del cultivo de las peras**. Barcelona: Editorial De Vecchi, S. A., 1999. 125 p.
- LEPSIS, J. Evaluation of pear rootstocks for the cultivar 'Suvenirs' in the baltic region. **Proceeding of the Latvian Academy of Sciences**, Section B, Varsóvia, v. 67, n. 2, p. 145-150, 2013.
- LOESCHER, W. H.; MCCAMANT, T.; KELLER, J. D. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 3, p. 274-281, 1990.
- LOPEZ, G.; GIRONA, J.; MARSAL, J. Response of winter root starch concentration to severe water stress and fruit load and its subsequent effects on early peach fruit development. **Tree Physiology**, Victoria, v. 27, n. 11, p. 1619-162.
- LUZ, A. R. **Técnicas de redução de vigor e aumento da frutificação de pereiras europeias**. 2016. 163 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.
- MACHADO, B. D. et al. Cultivares e portaenxertos sobre o vigor de plantas de pereira europeias. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1542-1545, 2013.
- MACHADO, B. D. et al. Compatibilidade fenotípica entre cultivares de pereiras europeias e porta-enxertos de marmeleiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1551-1556, 2015.
- MACHADO, B. D. et al. Graft compatibility between european pear cultivars and east malling "C" rootstock. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 3, p. 1-9, 2017.
- MARODIN, G. A. B. **Época e intensidade de abortamento de gemas florais em pereiras (*Pyrus communis*) cv. Packham's Triumph em ambientes com distintas condições climáticas**. 1998. 191 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.
- MDIC. **Pera**: importação. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis/frame-brasil>>. Acesso em: 2 jan. 2018.

- MOORE, R. Graft incompatibility between pear and quince: the influence of metabolites of *Cydonia oblonga* on suspension cultures of *Pyrus communis*. **American Journal of Botany**, Lancaster, v. 73, n. 1, p. 1-4, 1986.
- MOSSE, B. **Graft-incompatibility in Fruit Trees with Particular Reference to Its Underlying Causes**. Farnham Royal, Bucks: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1962.
- NACHTIGALL, G. R. et al. **Irrigação e fertirrigação na cultura da macieira na região de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. 20 p. (Documentos, 89).
- NEVES, T. R.; MAYER, N. A.; UENO, B. Graft incompatibility in *Prunus* spp. preceded by SPAD index reduction. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 635-648, 2017.
- NOCITO, F. F. et al. Oxidative stress and senescence-like status of pear calli co-cultured on suspensions of incompatible quince microcalli. **Tree Physiology**, Victoria, v. 30, n. 4, p. 450-458, 2010.
- OLIVEIRA, I. et al. Estudo sobre a adaptação da pêra Rocha no baixo alentejo. Avaliação da resposta a diferentes estratégias de rega. In: CONGRESSO NACIONAL DE REGA E DRENAGEM, 2., 2010, Fundação. **Anais...** Beja: [s.n.], 2007. p. 1-13. 1 CD-ROM.
- OLMSTEAD, M. A. et al. Xylem vessel anatomy of sweet cherries grafted onto dwarfing and nondwarfing rootstocks. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 131, n. 5, p. 577-585, 2006.
- ONARAN, M. H. **Filokseraya mukavim anaclar**. Ziraat vekaleti nesriyatı, Umumi sayı462, 1940.
- PASA, M. D. et al. Desenvolvimento, produtividade e qualidade de peras sobre porta-enxertos de marmeleiro e *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 873-80, 2012.
- PEREIRA, I. S. et al. Glicosídeos cianogênicos e compatibilidade de enxertia em pereiras asiáticas enxertadas sobre *Pyrus calleryana* e *P. betulifolia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 9, p. 854-859, 2015.
- PERRAUDINE, 1962. **La Pomologie Francoise**. Tam IV N. 2 Fevrier.
- PINA, A.; ERREA, P. Differential induction of phenylalanine ammonia-lyase gene expression in response to in vitro callus unions of *Prunus* spp. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 165, n. 7, p. 705-714, 2008a.
- PINA, A.; ERREA, P. Influence of graft incompatibility on gene expression and enzymatic activity of UDP-glucose pyrophosphorylase. **Plant Science**, Limerick v. 174, n. 5, p. 502-509, 2008b.

- PINA, A. et al. Cell-to-cell transport through plasmodesmata in tree callus cultures. **Tree Physiology**, Victoria, v. 29, n. 6, p. 809-818, 2009
- RODRIGUES, A. C. et al. Peroxidases e fenóis totais em tecidos de porta-enxertos de *Prunus* sp. nos períodos de crescimento vegetativo e de dormência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 559-564, 2002.
- RUFATO, L. et al. Intensidade e épocas de poda verde em pereira 'Abate Fetel' sobre dois porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 475-481, 2012.
- SANSAVINI, S. Portinnesti. In: FIDEGHELLI, C.; PONTI, I. (Ed.). **Il Pero**. Bologna: Art Servizi, 2007. p. 270-281.
- SANTAMOUR JR, F. S. Graft incompatibility related to cambial peroxidase isozymes in Chinese chestnut. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 6, n. 2, p. 33-39, 1988.
- SEZERINO, A. A. **A polinização da pereira europeia (*Pyrus communis* L. cv. Rocha) no Sul do Brasil**. 2014. 175 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- SIMONS, R. K.; CHU, M. C. Graft union characteristics of M. 26 apple rootstock combined with 'Red Delicious' strains—Morphological and anatomical development. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 49-59, 1985.
- SORCE, C. et al. Hormonal relationships in xylem sap of grafted and ungrafted *Prunus* rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 93, n. 3-4, p. 333-342, 2002.
- STERN, R. A.; DORON, I. Performance of 'Coscia' pear (*Pyrus communis*) on nine rootstocks in the north of Israel. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 3, p. 252-256, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013. 918 p.
- TOMAZ, Z. F. P. et al. Compatibilidade de enxertia de cultivares de marmeleiros com pereiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1211-1217, 2009.
- USENIK, V. et al. Early detection of graft incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca* L.) using phenol analyses. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 109, n. 4, p. 332-338, 2006.
- VERISSIMO, V. et al. Caracterização de gemas florais de pereira (*Pyrus* sp.) relacionada ao abortamento floral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 193-197, 2004.

VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, Elmsford, v. 38, n. 1, p. 11-36, 2000.

WEINBAUM, S. A.; DEJONG, T. M.; MAKI, J. Reassessment of seed influence on return bloom and fruit growth in 'Bartlett' pear. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n. 2, p. 295-297, 2001.

ZARROUK, O. et al. Graft compatibility between peach cultivars and *Prunus* rootstocks. **Hortscience**, Alexandria, v. 41, n. 6, p. 1389-1394, 2006.

ZARROUK, O. et al. Changes in cell/tissue organization and peroxidase activity as markers for early detection of graft incompatibility in peach/plum combinations. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 135, n. 1, p. 9-17, 2010.

5 CAPÍTULO I:
COMPATIBILIDADE DE ENXERTIA EM PEREIRAS DE BAIXO
REQUERIMENTO EM FRIO ENXERTADAS SOBRE CULTIVARES DE
MARMELEIROS

5.1 Introdução

A pera é historicamente uma das frutas importadas em grande volume pelo Brasil, sendo que em 2017 foram importadas 156 mil toneladas (FAO, 2018). Até o momento, os esforços da pesquisa foram insuficientes para resolver os grandes problemas da cultura no país e, conseqüentemente, aumentar a produtividade dos pomares.

Os estados da região Sul produzem cerca de 96% da pera brasileira, com destaque para o estado do Rio Grande do Sul, que produz mais de 52,6% do total, seguido por Santa Catarina com 35%, Paraná 8,1%, Minas Gerais 2,4% e São Paulo 1,9% (IBGE, 2018). No Rio Grande do Sul, o zoneamento agroclimático aponta para a possibilidade de cultivo em praticamente todas as regiões, desde que respeitadas as exigências de frio de cada cultivar (Wrege *et al.*, 2017).

Pomares mais recentes de pereiras têm sido implantados utilizando os marmeleiros como porta-enxerto, os quais proporcionam a formação de plantas pouco vigorosas, de copa compacta e fáceis de manejar, além disto, conferem

precocidade para o início de produção e boa qualidade dos frutos (Jackson, 2003; Sansavini, 2007). Porém, os marmeleiros apresentam compatibilidade de enxertia irregular com pereiras, sendo a afinidade variável de acordo com a cultivar copa.

No mecanismo de incompatibilidade descrito por Gur *et al.* (1968), a prunasina é sintetizada no marmeleiro, transportada para a região da enxertia e hidrolisada pela β -glicosidase presente no tecido da pereira. Como resultado há liberação de ácido cianídrico (HCN), o qual provoca danos aos tecidos, como a inativação cambial, restringindo o transporte de água, minerais e fotoassimilados na região próxima à enxertia (Gur *et al.*, 1968). Fatores ambientais e outros ligados ao manejo poderiam interferir neste processo.

O aumento da temperatura pode aumentar a hidrólise da prunasina, gerando maiores teores de HCN e intensificando a incompatibilidade entre pereiras e marmeleiros (Gur *et al.*, 1968; Gur *et al.*, 1978). Outros fatores capazes de reduzir a concentração de carboidratos no porta-enxerto, como por exemplo o estresse hídrico (Lopez *et al.*, 2007; Bolat *et al.*, 2014), poderiam induzir aumento na hidrólise da prunasina no porta-enxerto e acentuar a incompatibilidade (Gur *et al.*, 1968).

A incompatibilidade de enxertia afeta diferentes mecanismos da relação copa/porta-enxerto. Os estudos envolvendo o tema têm demonstrado que a incompatibilidade prejudica o transporte de carboidratos em direção às raízes (Herrero, 1951; Espen *et al.*, 2005; Hossein *et al.*, 2008), aumenta a atividade da peroxidase (Musacchi *et al.*, 2002), reduz o conteúdo de clorofilas nas folhas (Ciobotari *et al.*, 2010, Machado *et al.*, 2015; Machado *et al.*, 2017) e restringe o transporte de água devido à descontinuidade do xilema (Machado *et al.*, 2017).

Devido à variabilidade no grau de compatibilidade entre copas e porta-enxertos, a avaliação prévia das diferentes combinações copa/porta-enxerto é um fator importante para evitar futuros prejuízos econômicos (Pina *et al.*, 2017). Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a compatibilidade de enxertia e o crescimento vegetativo de pereiras de baixo requerimento em frio enxertadas sobre diferentes cultivares de marmeleiro, em Eldorado do Sul, na Depressão Central do Rio Grande do Sul.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Delineamento e área experimental

O experimento foi realizado em Eldorado do Sul, na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS 30° 06' S 51°39' W, altitude aproximada de 50 metros), nas safras 2014/15 a 2017/18, equivalendo do primeiro ao quarto ano após o plantio. Não houve produção de frutos neste período. A região apresenta clima temperado úmido, com verão quente (Cfa - conforme classificação de Köppen). A temperatura média anual é de 18,8 °C e a precipitação média anual é de 1.445 mm (Bergamaschi *et al.*, 2013). O solo é do tipo Argissolo vermelho distrófico típico.

O pomar experimental foi implantado em agosto de 2014, com mudas de um ano produzidas na Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves/RS. O espaçamento de plantio foi 4,0 m x 0,8 m, com condução em sistema líder central apoiado em espaldeira. O pomar não recebeu irrigação e os tratos culturais seguiram as recomendações para a cultura (Nakasu *et al.*, 2003).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições compostas por quatro plantas, considerando-se úteis as duas

centrais. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 3x4, sendo as pereiras 'Triunfo', 'Teen', 'Seleção 9.93' e 'Smith' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adams', 'EMA' e 'EMC'.

5.2.2 Descrição das cultivares copa e porta-enxertos

Triunfo: cultivar obtida pelo Instituto Agronômico de Campinas pelo cruzamento entre as cultivares 'Packham's Triumph' (*P. communis*) x 'Hood' (*P. communis* x *P. pyrifolia*). Os frutos apresentam massa fresca média de 200 a 250g e formato oblongo. As plantas são produtivas e podem ser cultivadas em condições de baixo acúmulo de frio (Campo Dall'orto *et al.*, 1996).

Smith: pereira rústica, bastante difundida em diversas regiões do Brasil (Nakasu & Faoro, 2003). Sua origem genética é incerta, atribuída como oriental ou híbrido (Hedrick, 1921). A planta é muito vigorosa. Os frutos são de tamanho médio a grande (140-180g), com formato piriforme, levemente arredondado e com epiderme verde-amarelada (Simonetto & Grellmann, 1999).

Seleção 9.93: seleção da Embrapa Clima Temperado, possivelmente de polinização livre da 'Le Conte'. Informações são escassas sobre este material.

Teen: cultivar de origem americana, de progênie desconhecida, com exigência de 350 a 400 horas de frio para superação da dormência. As plantas apresentam grande porte quando enxertadas sobre *P. calleryana*. Os frutos são de tamanho médio, formato piriforme bastante uniforme e apresentam coloração avermelhada em parte da superfície (USDA, 2017).

Adam's: porta-enxerto selecionado na Bélgica em 1965. Induz cerca de 40% menos vigor que os porta-enxertos francos, como *Pyrus communis* e *Pyrus*

betulaefolia (Sansavini, 2007). É considerado de vigor médio, capaz de induzir precocidade de produção e boa eficiência produtiva (Jackson, 2003).

EMA: foi selecionado em 1920, na Inglaterra, pela Estação Experimental East Malling. Induz menor precocidade de início de produção que 'EMC' (Jackson, 2003). O vigor induzido à copa é 30% menor que os porta-enxertos francos (Sansavini, 2007).

EMC: também selecionado em 1920, na Inglaterra, pela Estação Experimental East Malling. Induz vigor 50% inferior aos porta-enxertos francos (Sansavini, 2007). É recomendado para altas densidades de plantio por ser considerado um dos mais ananizantes e induzir alta e precoce produção de frutos (Jackson, 2003).

5.2.3 Avaliações de crescimento vegetativo

Ao final de cada ciclo de crescimento se avaliou o diâmetro de caule na linha de enxertia, 10 cm acima e 10 cm abaixo da linha. As medições foram realizadas com paquímetro digital, com duas medições em sentidos opostos para cada ponto. Calculou-se então a área da seção transversal de caule (ASTC).

Para cada ciclo de crescimento calculou-se ainda o incremento anual de ASTC pela diferença nos valores entre o início e o fim do ciclo de crescimento.

No primeiro e segundo ano após o plantio mediu-se o comprimento de todos os ramos com mais de 10 centímetros formados em cada ciclo. Calculou-se então o número e o comprimento médio dos ramos por planta.

5.2.4 Coeficiente de afinidade de enxertia

A partir dos dados de diâmetro de caule calculou-se o coeficiente de afinidade, com objetivo de demonstrar a uniformidade de crescimento entre as partes do enxerto. O coeficiente de afinidade foi calculado através de duas fórmulas:

1) $CA = [(C/A) + (C + A)/2B] + 10$; sendo A= diâmetro de caule a 10 cm acima da enxertia; B= diâmetro de caule na enxertia; C= diâmetro de caule a 10 cm abaixo da enxertia. Valores próximos a 12 indicam melhor afinidade de enxertia; valores inferiores a 12 indicam maior diâmetro do caule da copa; valores superiores a 12 indicam maior crescimento do porta-enxerto (Perraudine, 1962).

2) $AC = (C \times 100)/A = \%$; onde A= diâmetro de caule a 10 cm acima da enxertia; C= diâmetro de caule a 10 cm abaixo da enxertia. Valores próximos a 100 indicam maior afinidade de enxertia; valores inferiores a 100 indicam maior diâmetro do caule da copa, enquanto valores superiores a 100 indicam maior diâmetro do caule no porta-enxerto (Onaran, 1940).

5.2.5 Avaliação de conexões vasculares

No terceiro ano após a enxertia realizou-se a avaliação macroscópica da zona de enxertia. Observou-se em relação à presença de descontinuidade e rachaduras na casca. Capturaram-se imagens da enxertia com uma câmera Canon SX530 HS.

Em uma planta representativa de cada combinação, avaliaram-se as conexões vasculares na região da enxertia através do uso do corante fucsina ácida 0,08% (m/v) diluída em água ultrapura. A metodologia foi adaptada de

Tomaz *et al.* (2009). Para minimizar a embolia de vasos, previamente ao teste, as plantas foram irrigadas em abundância, formando uma bacia de água ao redor do caule (Figura 1). Em seguida, arrancou-se rapidamente a planta com auxílio de uma pá de corte, mergulhando-se as raízes em balde com água. Dentro da água, o caule foi cortado com serrote 15 cm abaixo do ponto de enxertia e a planta transferida para outro balde contendo água limpa. Após alguns minutos o caule foi mergulhado em um frasco com a fucsina ácida, onde permaneceu por cerca de 40 minutos para que o corante ascendesse pelo sistema vascular via o fluxo transpiratório. Após este período, o caule foi cortado acima da enxertia.



FIGURA 1. Preparação das plantas para o teste com fucsina ácida. A) irrigação das plantas; B) formação de uma bacia de água; C) corte de raízes com pá de corte; D) transferência da planta para um balde com água; E) corte do caule em baixo de água para prevenir entrada de ar nos vasos; F) planta transferida para água limpa. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Os segmentos de caule foram deixados em temperatura ambiente por cerca de oito horas após retirada do corante. Posteriormente, realizaram-se cortes longitudinais ao longo da enxertia, registrando-se as imagens com uma câmera Canon SX530 HS.

5.2.6 Teores de clorofilas, carotenoides e atividade fotossintética

No segundo ano após o plantio, avaliaram-se os teores de clorofilas e carotenoides em folhas. As folhas, saudáveis e completamente expandidas, foram coletadas em janeiro de 2016. De cada folha coletou-se, com auxílio de um perfurador, um disco de 53,71 mm², totalizando 8 discos por repetição. Os discos foram macerados em acetona padrão analítico e os extratos passados em filtro de poliamida Chromafil 45/25. As amostras obtidas após a filtração foram analisadas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 661,6 nm para a clorofila a, 644,8 nm para clorofila b e 470 nm para os carotenoides. Os teores foram calculados seguindo as fórmulas propostas por Lichtenthaler & Buchmann (2001) e expressos em relação à área foliar dos discos coletados.

No segundo ano após o plantio foi avaliada a assimilação de CO₂ e a condutância estomática em folhas. Realizaram-se medições em 21 de janeiro e 7 de março de 2016. Com um analisador de gás por infravermelho (Licor 6400XT), equipado com câmara com fonte de luz de LED, foram realizadas medições com intensidade de luz 1000 μmol de fótons m⁻² s⁻¹, em quatro folhas sadias por parcela, com fluxo 500 μmol s⁻¹, no período entre as 10 e as 16 horas.

5.2.7 Análise de carboidratos

Para a análise de carboidratos, foram retiradas amostras de casca do caule, constituídas de tiras com cerca de 1 cm de largura por 10 cm de comprimento, partindo de aproximadamente 5 cm abaixo da enxertia até cerca de 5 cm acima. A coleta foi feita no final de março de 2017, no terceiro ano após o plantio. As amostras foram armazenadas em nitrogênio líquido e posteriormente liofilizadas a -40 °C.

Para a análise de açúcares solúveis totais foram pesados 100 mg de tecido finamente macerado, separando-se as amostras em tecidos coletados acima e abaixo da região de enxertia. A metodologia foi adaptada de Ciobotari *et al.* (2010). Os açúcares solúveis totais foram extraídos em etanol 80 % (v/v) a 70 °C por 30 min. Para cada amostra realizaram-se três extrações, combinando os extratos alcoólicos no mesmo frasco. O extrato foi filtrado e o volume foi completado para 25 mL. Para leitura da concentração, realizou-se reação com solução de antrona 0,2 % em ácido sulfúrico concentrado. A absorbância foi lida em espectrofotômetro a 630 nm. A concentração de açúcares solúveis foi obtida comparando-se com a curva padrão de D-glicose 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 e 175 mg L⁻¹ (Sigma-Aldrich).

A análise de amido foi realizada conforme a metodologia adaptada de Zapata *et al.* (2004). Utilizou-se 150 mg de casca macerada e liofilizada. O amido foi extraído em dimetilsulfóxido 90 % (v/v) por 1 hora, com os tubos acondicionados em água fervente. Após, foi realizada centrifugação por 5 min a 4500 g a 10 °C. A determinação de amido foi realizada colorimetricamente adicionando 0,2 mL do extrato com 3,3 mL da reação com solução de iodina ácida (0,06% KI e 0,003% I₂ em 0,05 N HCl). A leitura foi realizada a 620 nm e a

concentração na amostra foi obtida através de comparação com a curva padrão 0, 125, 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹ de amido solúvel (Sigma-Aldrich).

O teor de carboidratos totais foi obtido pela soma dos açúcares solúveis totais + amido. Os teores de açúcares solúveis totais, amido e carboidratos totais foram expressos em relação à massa seca de casca.

5.2.8 Análise estatística

Os dados coletados repetidamente na mesma unidade experimental foram analisados como medidas repetidas utilizando o efeito de ano como um fator intrínseco, através de modelo misto (PROC MIXED), pelo programa estatístico SAS. Selecionou-se a estrutura de covariância com melhor ajuste aos dados, conforme os critérios de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC). Dados não repetidos foram submetidos à análise de variância fatorial em blocos casualizados. Consideraram-se significativas as diferenças ao teste F quando $p < 0,05$, para efeitos principais, e $p < 0,25$ para interações, quando estas apresentaram mais de 1 GL, conforme Perecin & Cargnelutti Filho (2008). Quando pertinente aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os resultados são apresentados conforme a significância do teste F para as interações ou efeitos principais.

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Crescimento vegetativo

O comportamento vegetativo das quatro pereiras diferiu nas condições de Eldorado do Sul (Figura 2). As cultivares Smith e Triunfo destacaram-se pelos

maiores valores de área da secção transversal de caule (ASTC) na comparação com a 'Seleção 9.93', no segundo ano (Figura 2a).

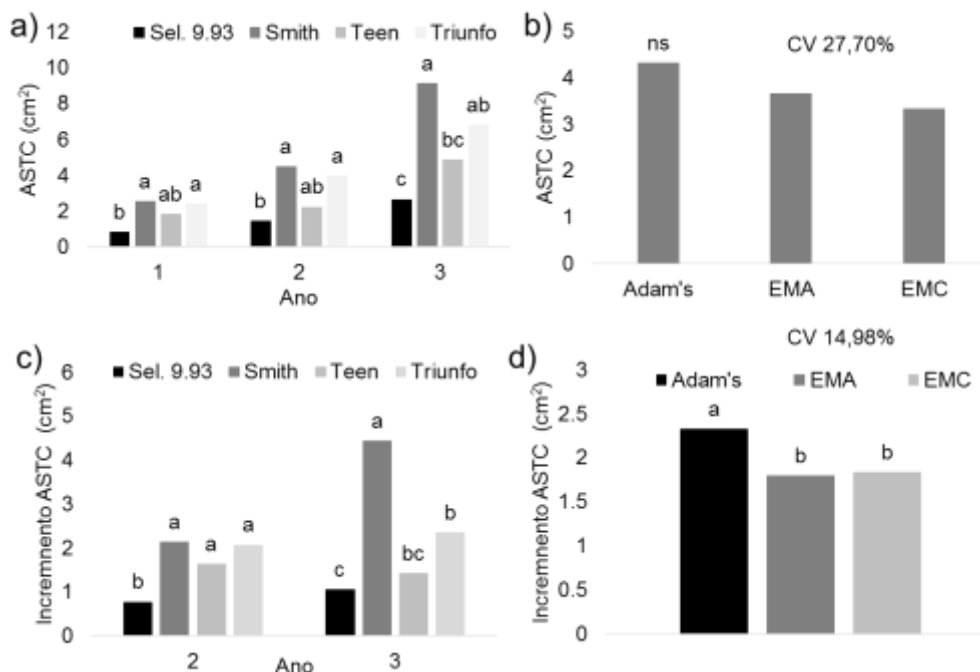


FIGURA 2. a) Área da secção transversal de caule (ASTC) das pereiras 'Smith', 'Triunfo', 'Teen' e 'Sel. 9.93' na média dos porta-enxertos. b) ASTC na média das copas sobre os porta-enxertos 'Adam's', 'EMA' e 'EMC'. c) Incremento de ASTC na média dos marmeleiros. d) Incremento de ASTC na média das copas e dos anos. ns: não significativo; Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa, de acordo com teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.

No terceiro ano, 'Smith' apresentou maior ASTC que 'Teen' e 'Seleção 9.93'. Os porta-enxertos não diferiram entre si em relação à ASTC (Figura 2b).

Já o incremento anual de ASTC também diferiu entre as pereiras (Figura 2a). No segundo ano, 'Smith', 'Triunfo' e 'Teen' apresentaram maior incremento de ASTC que a 'Seleção 9.93'. No terceiro ano, 'Smith' exibiu o maior incremento que as demais copas. Entre os marmeleiros, independente do ano, o 'Adam's' induziu maior incremento que 'EMA' e 'EMC' (Figura 2d).

As diferenças no hábito de crescimento da planta são influenciadas mais fortemente pelo efeito da cultivar copa, comparado com o efeito de porta-enxerto (Milosevic & Milosevic, 2011; Watson *et al.*, 2012). Diferenças de crescimento entre pereiras foram amplamente demonstradas (Jacyna *et al.*, 2004; Lewko *et al.*, 2007; Milosevic & Milosevic, 2011; Chauhan *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2013; 2015).

No que se refere aos porta-enxertos, o efeito no vigor das plantas tende a ser mais pronunciado quando são comparados materiais com características genéticas distintas, especialmente de gêneros diferentes. Porém, diferenças de crescimento ocorreram entre os marmeleiros independente do ano, onde 'Adam's' proporcionou maior incremento de ASTC que 'EMA' e 'EMC'. Iglesias *et al.* (2003) não observaram diferença de ASTC da 'Conference' enxertada sobre os marmeleiros 'Adam's', 'EMA' ou 'EMC'. Cabrera *et al.* (2015) e Maas (2015) também não observaram diferenças significativas de ASTC entre 'Adam's' e 'EMC' para as pereiras 'William's' e 'Conference', respectivamente. Lepsis & Drudze (2011), İkinci *et al.* (2014), Maas (2015) e Hadad *et al.*, (2016) não observaram diferenças entre 'EMC' e 'EMA' para as pereiras 'Suvenirs', 'Santa Maria' e 'Shahmiveh', respectivamente, o que corrobora com o que foi observado no presente experimento.

Por outro lado, alguns trabalhos mostraram diferenças entre marmeleiros em relação ao vigor induzido à copa. Machado *et al.* (2013) observaram que 'Adam's' induziu maior incremento de diâmetro de caule que o 'EMC' na pereira 'Abate Fetel', o que está de acordo com o observado no presente trabalho, porém os autores não observaram nenhuma diferença na 'Rocha'. Já Iglesias & Asin

(2011), avaliando a pereira 'Conference' observaram maior ASTC sobre 'Adam's' comparado com 'EMC'.

Os resultados citados acima mostram que os porta-enxertos podem ou não afetar o vigor da copa, observando-se, nas mesmas condições de solo e clima, efeito para certas combinações e ausência de efeito para outras. Diferenças entre trabalhos podem estar ligadas a interação copa*porta-enxerto*local de cultivo e, possivelmente, o comportamento de uma determinada combinação não pode ser extrapolado para diferentes regiões de cultivo. Nesse caso, os estudos regionalizados são importantes para subsidiar a escolha dos produtores.

Um dos aspectos a ser considerado, que pode exercer forte efeito sobre o crescimento vegetativo da planta, é o grau de compatibilidade entre a copa e o porta-enxerto. Em nosso estudo, algumas combinações, principalmente as que envolveram a 'Seleção 9.93', exibiram sintomas relacionados à incompatibilidade, como crescimento vegetativo debilitado e avermelhamento de folhas durante o verão, seguida de queda prematura (Figura 2). Porém, estes sintomas podem ser provocados por outros fatores, como por exemplo pelo declínio da pereira causado pelo fitoplasma *Candidatus phytoplasma pyri*. A doença provoca também o avermelhamento de folhas ao final do verão, a queda precoce de folhas e os sintomas podem ser confundidos com a incompatibilidade de enxertia (Maeso *et al.*, 2012).



FIGURA 3. Alteração na coloração de folhas da pereira 'Seleção 9.93' enxertada sobre marmeleiros em 'Eldorado do Sul'. Os sintomas iniciaram ainda em janeiro, seguido por queda precoce das folhas. Eldorado do Sul/RS, 2018.

O crescimento vegetativo pode não ser um parâmetro confiável para definição de compatibilidade/incompatibilidade de uma combinação. Embora o fraco crescimento vegetativo esteja presente em combinações incompatíveis, plantas com falta de afinidade podem se desenvolver normalmente nos primeiros anos (Herrero, 1951; Gur *et al.*, 1968). De acordo com Gur *et al.* (1968), após alguns anos as plantas apresentam drástica redução de vigor e podem morrer em casos mais severos. Além disso, as folhas podem apresentar descoloração

seguida de queda precoce ainda durante o verão (Herrero, 1951; Gur *et al.*, 1968; Zarrouk *et al.*, 2006).

A diferença de crescimento vegetativo entre as pereiras também ficou evidente na avaliação de crescimento total de ramos (Figura 4).

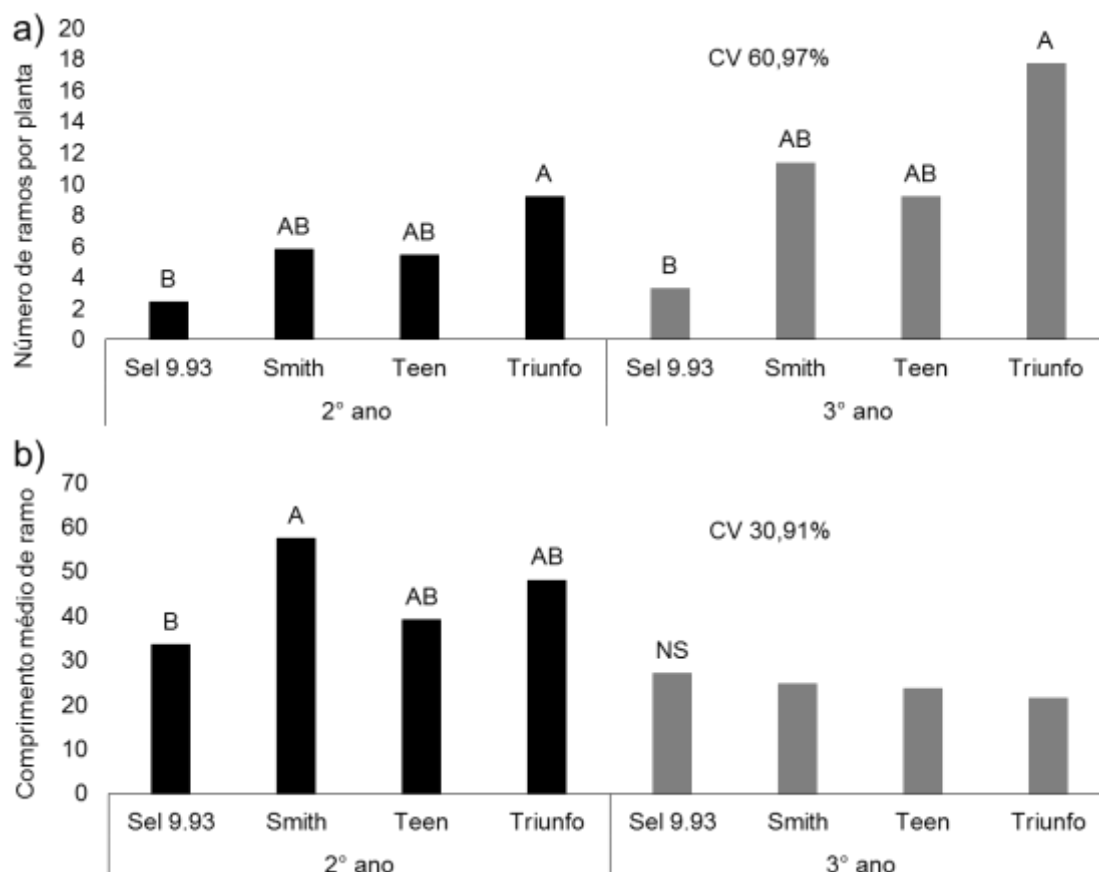


FIGURA 4. Número médio de ramos (a) e comprimento médio de ramos (b) das pereiras ‘Smith’, ‘Triunfo’, ‘Teen’ e ‘Sel. 9.93’, na média dos porta-enxertos, no segundo e terceiro ano após o plantio, safras 2015/16 e 2016/17. NS: não significativo; letras diferentes indicam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.

‘Triunfo’ apresentou maior número médio de ramos por planta comparado com a ‘Seleção 9.93’. Já a ‘Smith’ apresentou o maior comprimento médio dos ramos no segundo ano, enquanto que no terceiro não houve diferença entre as copa. Porta-enxertos não afetaram esta variável.

Observou-se também que o comprimento total de ramos da planta mostrou alta correlação positiva com a área transversal de caule (Figura 5). Ou seja, quanto maior a ASTC maior é o comprimento de ramos.

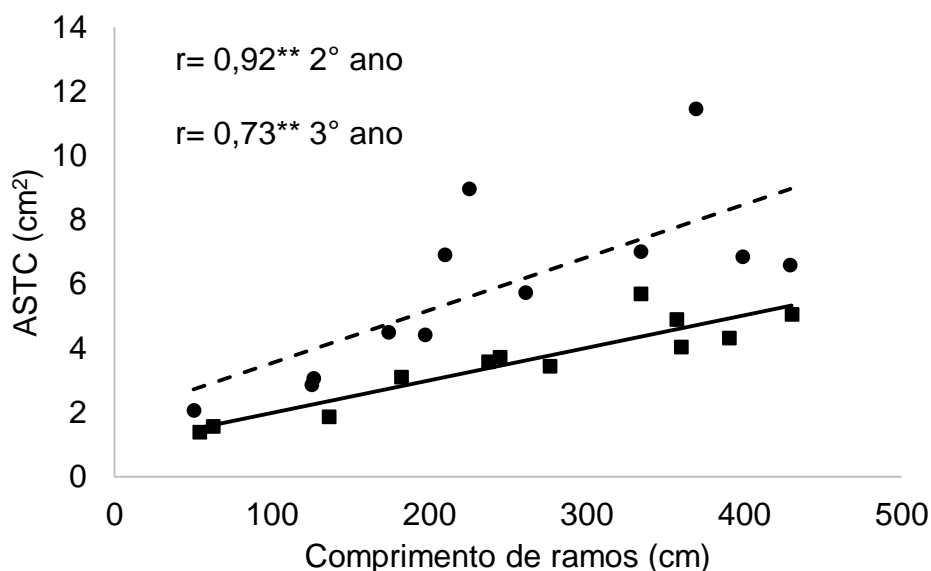


FIGURA 5. Correlação de Pearson entre o comprimento total de ramos e a área da secção transversal de caule (ASTC) de pereiras enxertadas sobre marmeleiros, nas condições de Eldorado do Sul, RS, no segundo (linha contínua) e terceiro ano (linha tracejada) após o plantio. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Resultados semelhantes também foram observados por Carvalho *et al.* (2010) em cafeeiro, onde o diâmetro de caule mostrou correlação com a altura de planta, número de nós, número e comprimento de ramos. Os resultados apresentados por Machado (2013), para diferentes combinações de pereira/marmeleiro, também sugerem a relação entre o incremento no diâmetro de caule e as variáveis referentes ao crescimento da parte aérea, como volume de copa e massa de ramos podados.

5.3.2. Afinidade de enxertia

Os coeficientes de afinidade calculados pelas fórmulas de Perraudine (1962) e Onaran (1940) são apresentados na Figura 6. Houve diferença significativa entre as pereiras na média dos marmeleiros. ‘Teen’ apresentou valor inferior dos coeficientes em relação as outras copa, pelos dois métodos de cálculo.

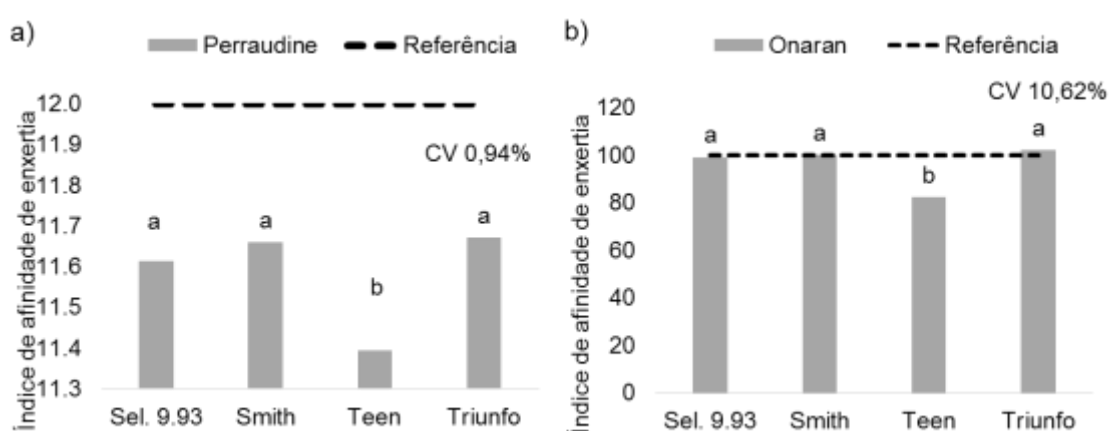


FIGURA 6. Coeficiente de afinidade de enxertia de pereiras enxertadas sobre marmeleiros ao final terceiro ano após o plantio, safra 2016/17, em Eldorado do Sul, RS. a) Cálculo pelo método de Perraudine (1962); b) Cálculo pelo método de Onaran (1940). Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Valores mais próximos a 12 pelo cálculo de Perraudine e de 100 pelo cálculo de Onaran indicam maior afinidade de enxertia. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Pelo método de Perraudine (1962) nenhuma das cultivares apresentou valor próximo ao valor de referência 12, sendo que em todas os valores foram inferiores, o que indica maior crescimento da copa em relação ao porta-enxerto.

Já o método de Onaran (1940) indicou boa compatibilidade das combinações copa/porta-enxerto, com valores aproximados da referência 100 para a maioria das copas, com exceção da pereira ‘Teen’.

Os métodos calculam a afinidade de enxertia a partir dos mesmos valores de diâmetro de caule e isso faz com eles se mostrem equivalentes e com alta correlação nos resultados (Figura 7). A diferença ocorre que Perraudine (1962) considera também os valores de diâmetro de caule na enxertia, o que permite uma visão mais completa sobre o crescimento do caule entre partes do enxerto e, por isso parece mais adequado.

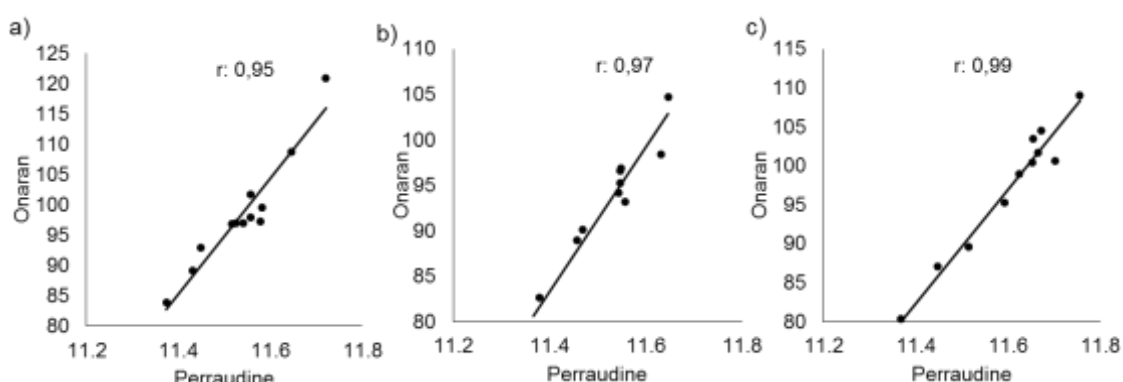


FIGURA 7. Correlação entre os métodos de Onaran (1940) e Perraudine (1962) aplicado para o cálculo do coeficiente de afinidade de pereiras enxertadas sobre marmeleiros, no primeiro (a), segundo (b) e terceiro (c) ano após o plantio, entre as safras 2014/15 e 2016/17, nas condições de Eldorado do Sul, RS. Eldorado do Sul/RS, 2017.

Os resultados obtidos nesse estudo indicaram que a cultivar Teen exibiu menor crescimento do porta-enxerto que da copa, o que pode indicar menor afinidade de enxertia. A desuniformidade de crescimento entre as partes pode ser consequência de problemas funcionais na enxertia. Herrero (1951) observou que as combinações compatíveis apresentaram crescimento mais uniforme entre as partes do caule, enquanto que as 'incompatíveis' exibiram menor crescimento do porta-enxerto em relação à copa.

O uso do coeficiente de afinidade foi eficiente para distinguir combinações compatíveis e incompatíveis em pessegueiros (Comiotto *et al.*, 2013) e videiras (Gokbayrak, *et al.*, 2007). Porém, os resultados obtidos no presente trabalho

mostram que em pereiras enxertadas sobre marmeleiros os coeficientes de afinidade não foram suficientes para a tomada de decisão sobre quais combinações exibem maior ou menor compatibilidade de enxertia. Pelas duas fórmulas de cálculo, 'Smith', a qual exibiu crescimento vegetativo satisfatório, e 'Seleção 9.93', a qual apresentou crescimento muito debilitado, apresentaram valores muito similares. Desta forma, outros parâmetro devem utilizados para identificar a ocorrência de incompatibilidade, sendo que o coeficiente de afinidade pode ser aplicado afim de resumir as informações e indicar o uniformidade de crescimento entre copa, enxertia e porta-enxerto.

5.3.3 Aspecto da enxertia e conexões vasculares

Em relação ao aspecto visual da enxertia, todas as combinações exibiram engrossamento no ponto de união (Figura 8).

O crescimento no ponto de união também está associado à falta de afinidade de enxertia. Este sintoma foi observado nas combinações da pereira 'Kieffer' com os marmeleiros 'EMC' e 'Adam's', as quais exibiram má formação de tecidos vasculares na região de união e a presença de necrose celular no lenho (Tomaz *et al.*, 2009). Giacobbo *et al.* (2007) também observaram grande crescimento da enxertia na combinação incompatível da pereira 'Cascatense' sobre o 'EMC'. Olmstead *et al.* (2006) observaram que a cerejeira 'Lapins' enxertada sobre 'G5' mostrou maior área transversal na enxertia e indícios de menor condutância de água, comparado com 'Colt'. O crescimento na enxertia têm sido associado à presença de tecido parenquimático não diferenciado na interface da união (Herrero, 1951; Olmstead *et al.*, 2006).

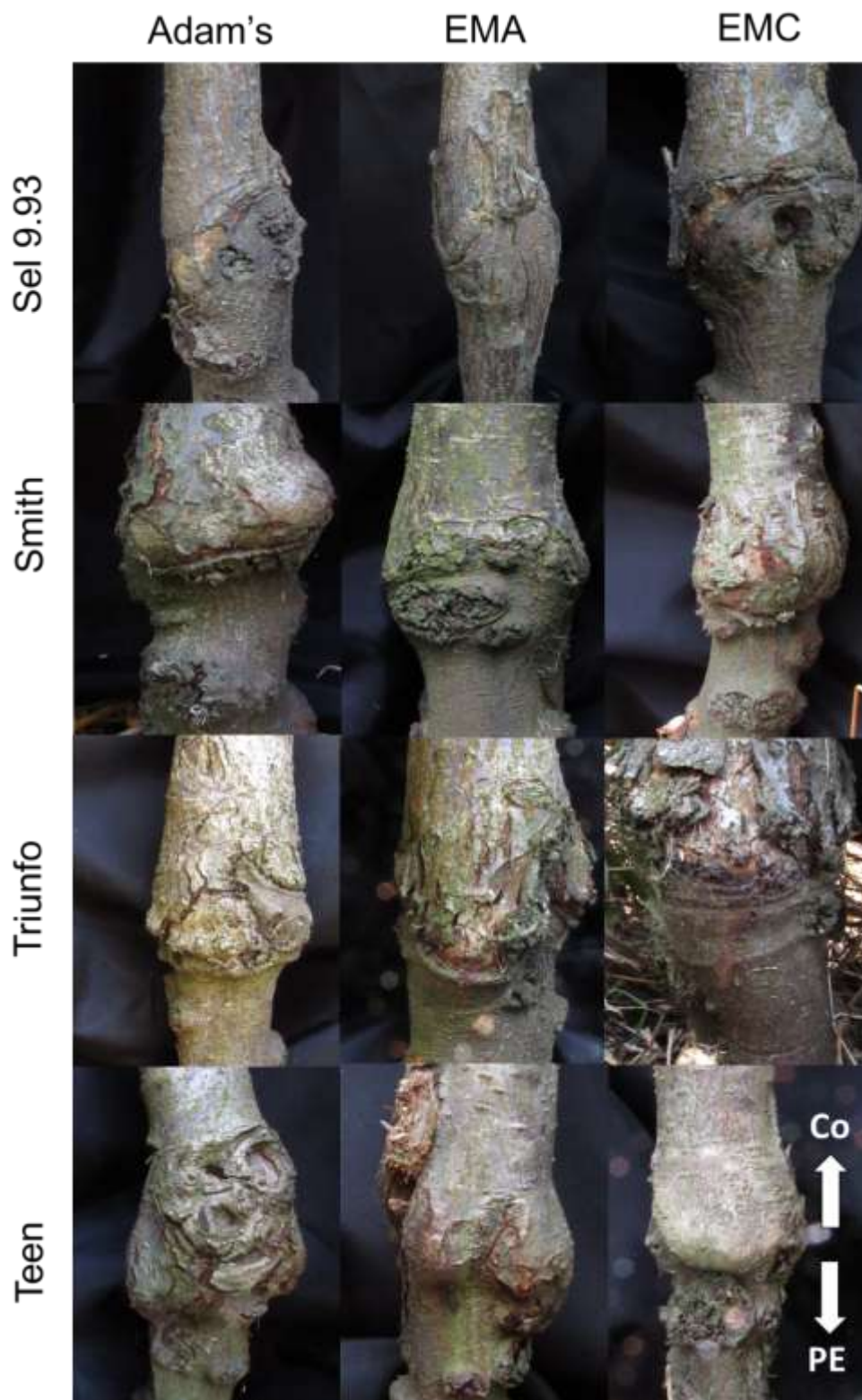


FIGURA 8. Aspecto da zona de enxertia em pereiras 'Seleção 9.93', 'Smith', 'Teen' e 'Triunfo' enxertadas sobre marmeleiros 'Adam's', 'EMA' e 'EMC', no quarto ano após o plantio, nas condições de Eldorado Sul, RS. Co: copa; PE: porta-enxerto. Eldorado do Sul/RS, 2018.

O engrossamento do ponto de união pode ser a maneira da planta minimizar os problemas relacionados à falta de conexões vasculares entre a copa e o porta-enxerto. Em combinações de pereiras/marmeleiros os problemas podem ser causados pela hidrólise da prunasina na região da enxertia, liberando o HCN, que causa disfunção cambial (Gur *et al.*, 1968). De acordo com Gur *et al.* (1968), isso pode causar restrições temporárias ao transporte de fotoassimilados, um efeito semelhante ao anelamento. No entanto, o engrossamento observado na enxertia pareceu indicar danos mais severos, com maiores implicações sobre a funcionalidade do sistema vascular, e não somente efeitos de curta duração.

Outro sintoma observado em todas as combinações foi a presença de uma linha acentuada delimitando os tecidos da casca e do porta-enxerto. 'Teen' e 'Triunfo' exibiram também rachaduras longitudinais na casca logo acima da região da enxertia. De acordo com Gur *et al.* (1968), as rachaduras na casca acima da linha da enxertia ocorrem devido à presença do cianeto, oriundo da hidrólise da prunasina.

O transporte de água pelo xilema, observado através do uso do corante fucsina ácida, de forma geral não foi restringido de forma acentuada (Figura 9).

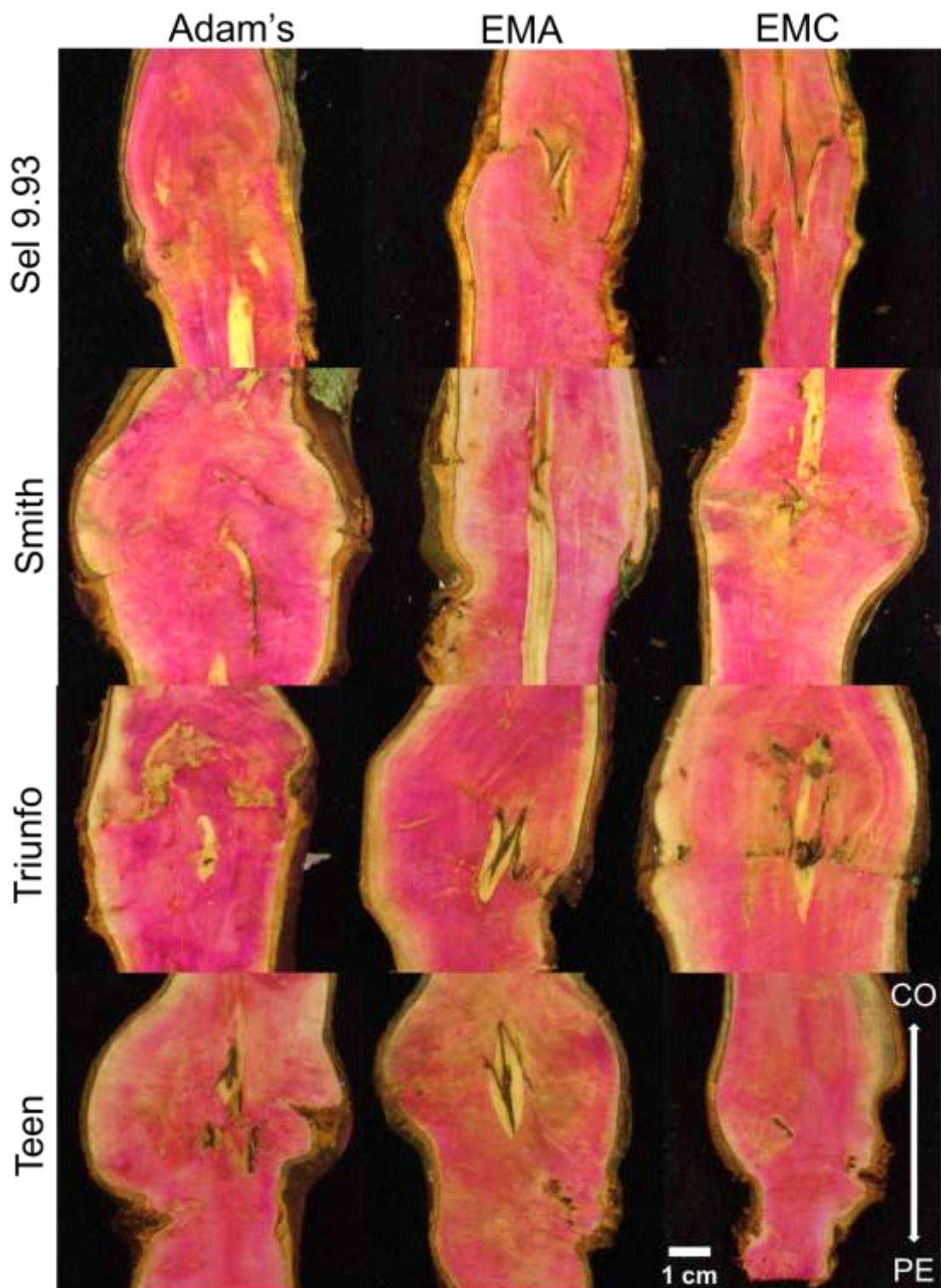


FIGURA 9. Aspecto da zona de enxertia em cortes longitudinais em pereiras 'Seleção 9.93', 'Smith', 'Teen' e 'Triunfo' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'EMA' e 'EMC', no quarto ano após o plantio, nas condições de Eldorado Sul, RS. CO-copa; PE-porta-enxerto. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Na 'Seleção 9.93' todas as combinações com os marmeleiros exibiram algum grau de descontinuidade no lenho e na casca (Figura 10). Involuções na casca e lenho também foram observadas.

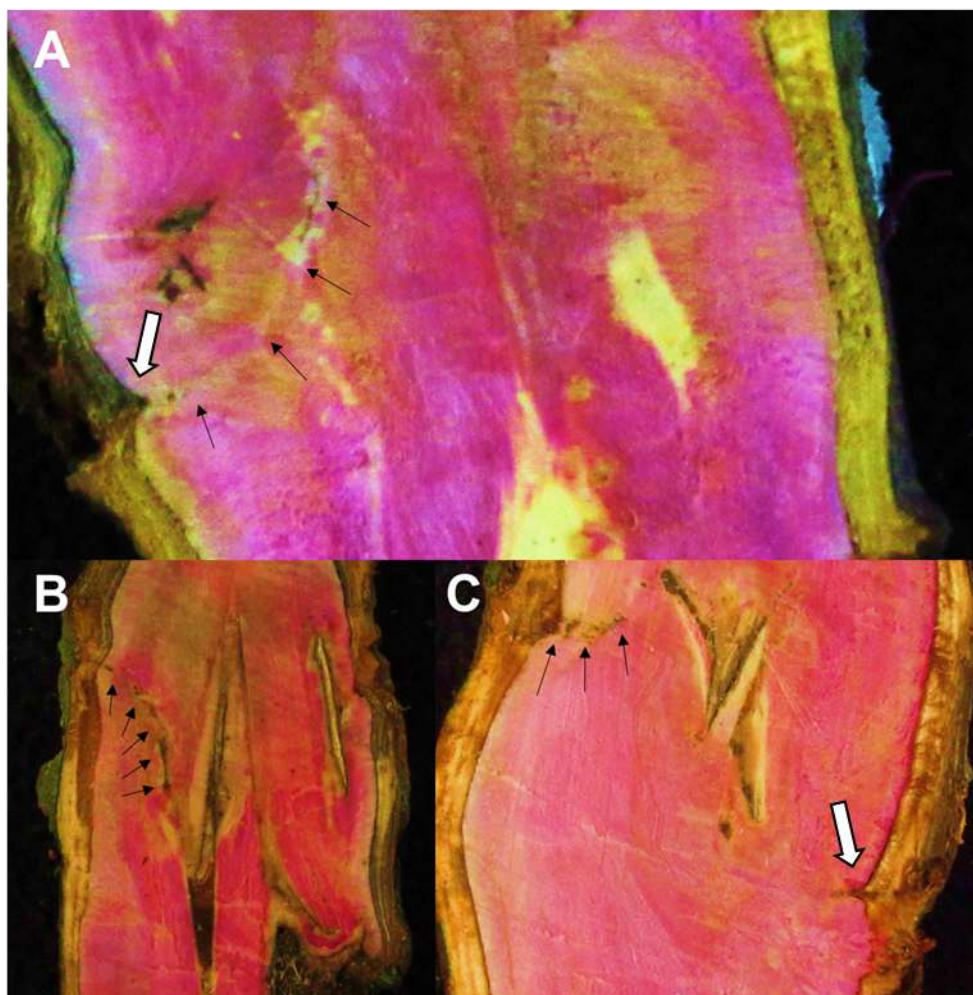


FIGURA 10. Corte longitudinal do caule no ponto de enxertia da pereira 'Seleção 9.93' enxertada sobre 'Adam's' (A), 'EMC' (B) e 'EMA' (C), no quarto ano após o plantio. Setas indicam descontinuidade no lenho. Setas brancas indicam involuções no lenho e casca. Eldorado do Sul/RS, 2018.

A 'Smith', embora tenha se destacado por apresentar crescimento vegetativo satisfatório, apresentou alguns defeitos na enxertia, como descontinuidade no lenho e principalmente na casca (Figura 11). As involuções

na casca e lenho mostraram-se mais acentuadas na 'Smith', quando comparadas à 'Seleção 9.93'.

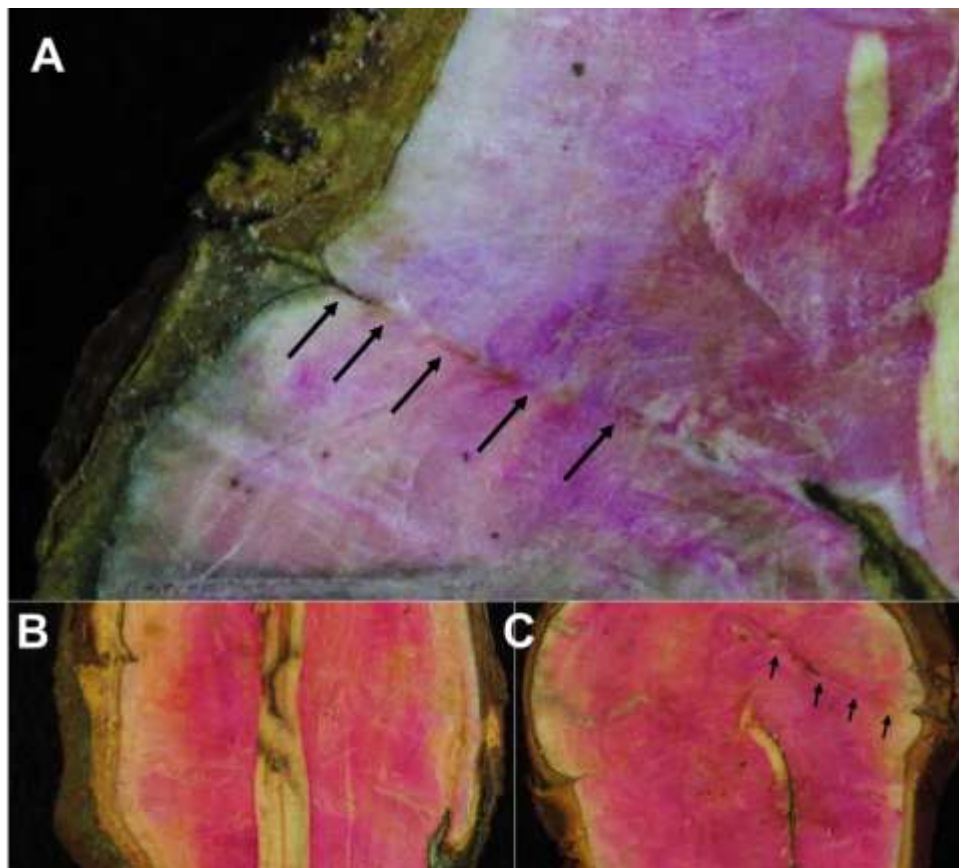


FIGURA 11. Corte longitudinal do caule no ponto de enxertia da pereira 'Smith' enxertada sobre 'EMC' (A), 'EMA' (B) e 'Adam's' (C), no quarto ano após o plantio. Setas indicam descontinuidade no lenho. Eldorado do Sul/RS, 2018.

A pereira 'Triunfo' apresentou descontinuidade do lenho em todas as combinações, com evidente separação dos tecidos da copa e do porta-enxerto (Figura 12). Além disso, observou-se também a presença de um tecido com baixa capacidade de translocação, por onde não houve a passagem do corante. Outros autores têm atribuído à presença de tecido parenquimático não diferenciado na interface da enxertia, como a causa da redução do fluxo de água (Herrero, 1951; Olmstead *et al.*, 2006).

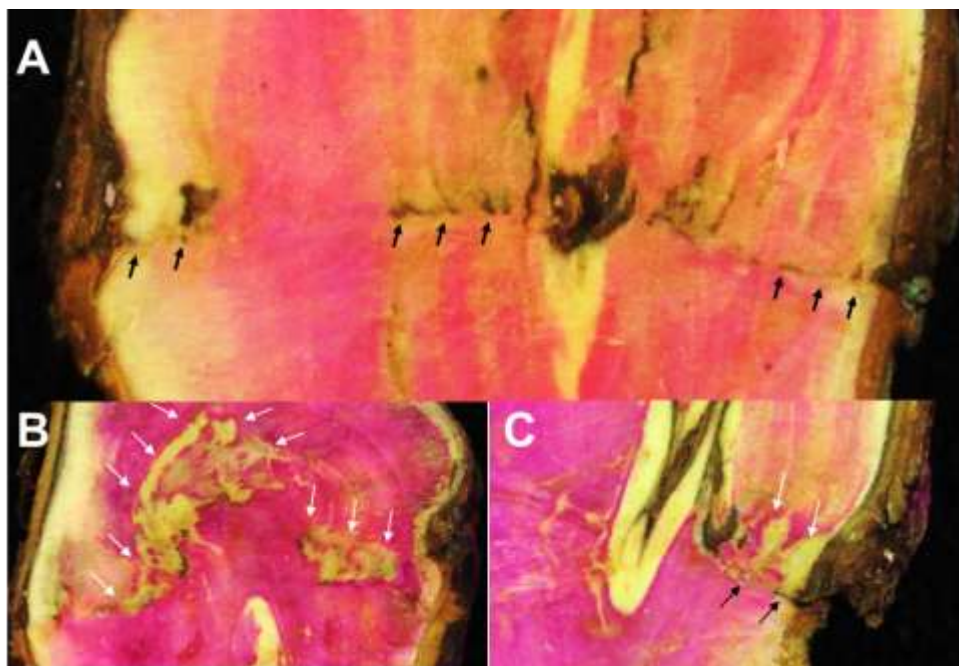


FIGURA 12. Corte longitudinal do caule no ponto de enxertia da pereira 'Triunfo' enxertada sobre 'EMC' (A), 'Adam's' (B) e 'EMA' (C), no quarto ano após o plantio. Setas escuras indicam descontinuidade no lenho. Setas brancas indicam a presença de tecidos com baixa capacidade de translocação. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Nas plantas de 'Teen' enxertadas sobre os marmeleiros não ficaram evidentes as falhas no lenho ou na casca no ponto de união (Figura 13). O principal sintoma observado nestas combinações foi a desuniformidade de crescimento entre as partes, onde o caule abaixo da enxertia apresentou menor circunferência. Este sintoma também foi observado por Herrero (1951) em combinações incompatíveis de pereiras.

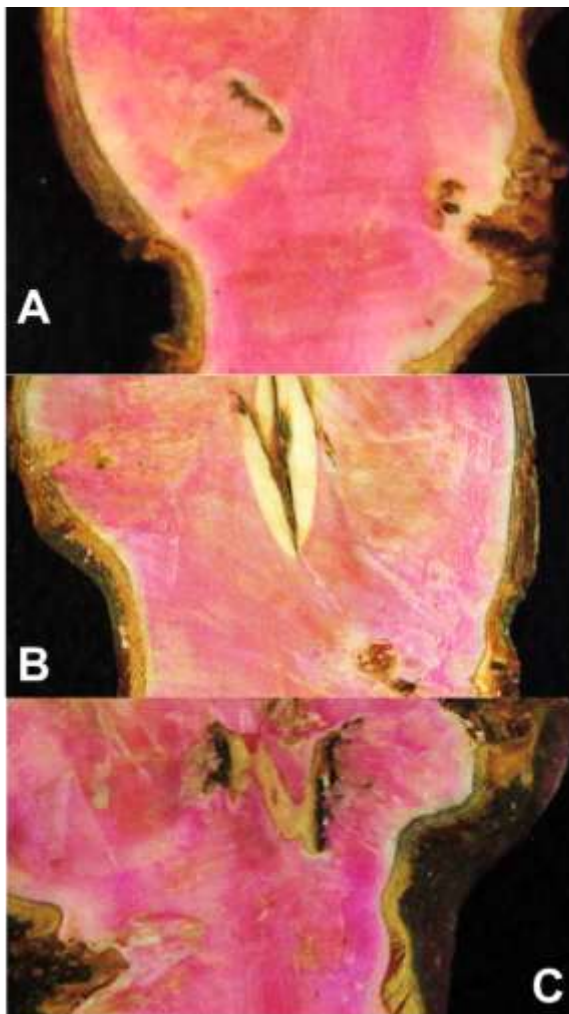


FIGURA 13. Corte longitudinal do caule no ponto de enxertia da pereira 'Teen' enxertada sobre 'EMC' (A), 'EMA' (B) e 'Adam's' (C), no quarto ano após o plantio. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Os defeitos observados no lenho e na casca parecem consequência da incompatibilidade localizada. Sintomas como a descontinuidade no lenho normalmente não ocorrem ou não são visíveis nas etapas iniciais de formação da enxertia (Ermel *et al.*, 1999; Ciobotari *et al.*, 2010), porém tornam-se evidentes a partir do segundo ano (Herrero, 1951; Ciobotari *et al.*, 2010), como observado no presente experimento. Descontinuidades nos tecidos vasculares também foram relatadas em outros trabalhos com diferentes combinações pereira/marmeleiro (Tomaz *et al.*, 2009; Machado *et al.*, 2015; Machado *et al.*, 2017).

Os problemas anatômicos, como a presença de células necróticas na interface da enxertia e a descontinuidade no sistema vascular, podem acarretar sérios prejuízos neste ponto, como a fragilidade mecânica e a redução do fluxo de seiva pela planta, prejudicando o crescimento vegetativo (Ciobotari *et al.*, 2010).

Das características observadas em combinações incompatíveis de pereira/marmeleiro, a descontinuidade na casca foi apontada como o principal fator (Herrero, 1951; Ermel *et al.*, 1999). Já, a involução cambial no lenho por si só não indica incompatibilidade, embora possa preceder os sintomas mais intensos de descontinuidade do lenho (Herrero, 1951).

5.3.4 Teores de carboidratos

A análise de açúcares solúveis totais em amostras de casca mostrou interação entre copa e porta-enxerto (Figura 14).

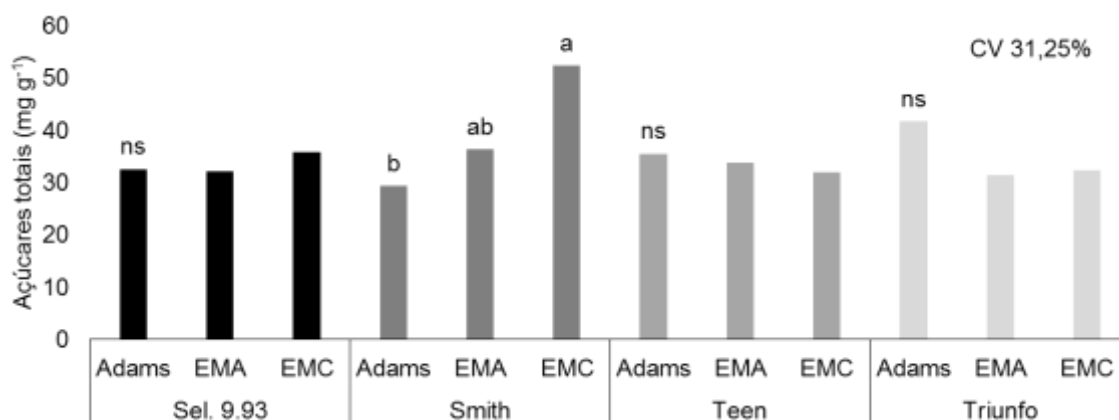


FIGURA 14. Teor de açúcares solúveis totais na casca de cultivares de pereira sobre marmeleiros, na média da concentração entre tecidos acima ou abaixo da enxertia, em março de 2017, terceiro ano após o plantio, em Eldorado do Sul, RS. ns- não significativo; letras minúsculas indicam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.

A diferença ocorreu entre os porta-enxerto na pereira 'Smith'. 'EMC' apresentou maior concentração de açúcares solúveis totais que o 'Adam's', considerando a média da concentração da copa e do porta-enxerto.

Ciobotari *et al.* (2010) observaram que nas pereiras 'Comtesse de Paris', 'William's', 'Triumph' e 'Trivale' enxertadas sobre marmeleiro 'BN 70' ou *Pyrus communis*, durante o primeiro ano após a enxertia, os maiores teores de açúcares solúveis foram observados no ponto de enxertia, comparado com os tecidos da copa ou do porta-enxerto. Os autores observaram também que a concentração de açúcares acima da enxertia foi menor que no porta-enxerto. Em avaliações anatômicas da enxertia, os autores não observaram defeitos na interface. Quando a região da enxertia das mesmas combinações foi analisada novamente em plantas com quatro anos foi possível observar a descontinuidade dos tecidos vasculares em pereiras sobre o marmeleiros 'BN 70'.

Salvatierra *et al.* (1998), observaram que em pessegueiro, nos tecidos acima da enxertia, o maior acúmulo de açúcares solúveis ocorreu em um porta-enxerto ananizante, comparado a um porta-enxerto vigoroso. Abaixo da enxertia, o comportamento foi inverso, com teor de açúcares superior no 'vigoroso'. Neste caso, o acúmulo de açúcares acima da enxertia apresentou relação com os defeitos observados no ponto de união, como a presença de uma linha necrótica e a desorientação de vasos, o que pode ter afetado o fluxo de metabólitos pela enxertia (Salvatierra *et al.*, 1998). Em pessegueiro, a enxertia da cultivar Springtime sobre porta-enxerto incompatível mostrou menores teores de sorbitol abaixo da enxertia, enquanto que em combinação compatível os teores foram semelhantes acima ou abaixo da enxertia (Moing *et al.*, 1987).

Em cerejeira observou-se comportamento semelhante ao observado por Salvatierra *et al.* (1998), em plantas sobre porta-enxertos com diferenças de vigor. Sobre o ananizante 'Gi 5', houve maior concentração de açúcares solúveis nos tecidos acima da enxertia, comparado com o vigoroso 'Colt' (Olmstead *et al.*, 2010). Quando os autores avaliaram os tecidos abaixo da enxertia, observou-se que em várias épocas a concentração de açúcares solúveis foi maior no porta-enxerto de maior vigor. De acordo com Olmstead *et al.*, (2010), o acúmulo de açúcares acima da enxertia possivelmente está relacionado com uma maior resistência ao transporte no tecido vascular do porta-enxerto ananizantes, como relatado por Salvatierra *et al.*, (1998).

Em nossas condições de experimento, a diferença de concentração de açúcares solúveis totais entre copa e porta-enxerto não foi significativa, indicando que o transporte pelo floema no ponto de união não apresentava restrições significativas no período avaliado.

A concentração de amido nos tecidos foi diferente entre as combinações (Figura 15). Na 'Seleção 9.93', houve diferença entre os porta-enxertos para a concentração de amido na casca, abaixo da enxertia, onde a maior concentração ocorreu no 'EMA' comparado ao 'Adam's'. 'EMC' não diferiu de 'Adam's' e 'EMA'. Independente da copa e porta-enxerto, a concentração de amido foi superior acima da enxertia (Figura 15b). Entre as copas os teores foram semelhantes (Figura 15c).

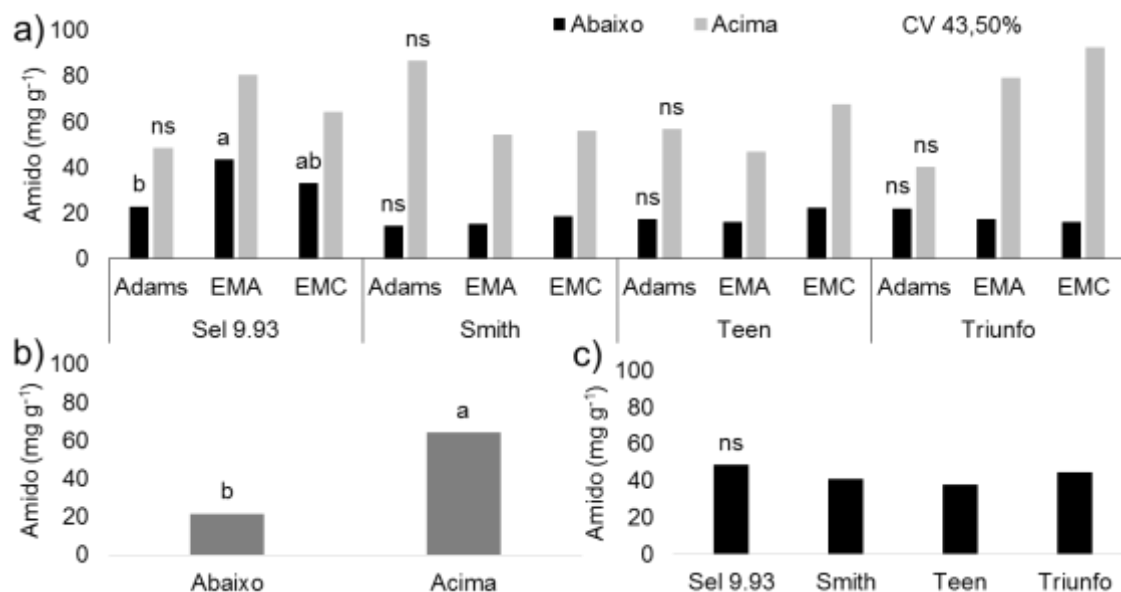


FIGURA 15. a) Teor de amido na casca acima ou abaixo da enxertia de pereiras sobre marmeleiros, em março de 2017, terceiro ano, em Eldorado do Sul. b) Teor de amido nos tecidos abaixo ou acima da enxertia, na média das copas e média dos porta-enxertos. c) Teor de amido em pereiras, na média dos tecidos acima ou abaixo da enxertia e na média dos porta-enxertos. ns: não significativo; letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os marmeleiros, dentro de cada copa, dentro do mesmo ponto (acima ou abaixo da enxertia), de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Hossein *et al.* (2008) observaram variações dos teores de amido acima ou abaixo da enxertia em função do grau de compatibilidade de pereiras sobre o marmeleiro 'EMA'. Em combinações compatíveis de pereiras sobre 'EMA', algumas exibiram teor de amido superior abaixo da enxertia, enquanto em outras o teor acima ou abaixo da enxertia foi semelhante. Já as combinações incompatíveis apresentaram acúmulo de amido acima da enxertia, indicando que houve restrição ao transporte em direção à raiz em função de incompatibilidade (Hossein *et al.* 2008). Em nossas as condições, o acúmulo de amido na copa foi observado e poderia indicar restrições ao transporte para os tecidos do porta-enxerto.

Em pessegueiro, plantas sobre um porta-enxerto incompatível exibiram grande acúmulo de amido acima da enxertia, enquanto que as plantas sobre um porta-enxerto compatível apresentaram distribuição uniforme na região da enxertia. Em cerejeira, Olmstead *et al.* (2010) observaram que a cultivar ‘Ranier’ enxertada sobre ‘G5’, que apresentou restrição ao transporte no sistema vascular, mostrou teores de amido semelhantes acima ou abaixo da enxertia. Já nas plantas enxertadas sobre ‘Colt’, um porta-enxerto mais vigoroso e sem anormalidades na enxertia, os teores de amido no porta-enxerto estavam mais altos que na copa. O acúmulo de amido na copa em combinações incompatíveis também foi relatado por Herrero (1951).

Em relação ao total de carboidratos não houve diferença entre as combinações copa/porta-enxerto (Figura 16). Independente da combinação copa/porta-enxerto, o teor de carboidratos totais foi maior acima da enxertia (Figura 16a). Nenhuma diferença foi observada entre as copas (Figura 16b).

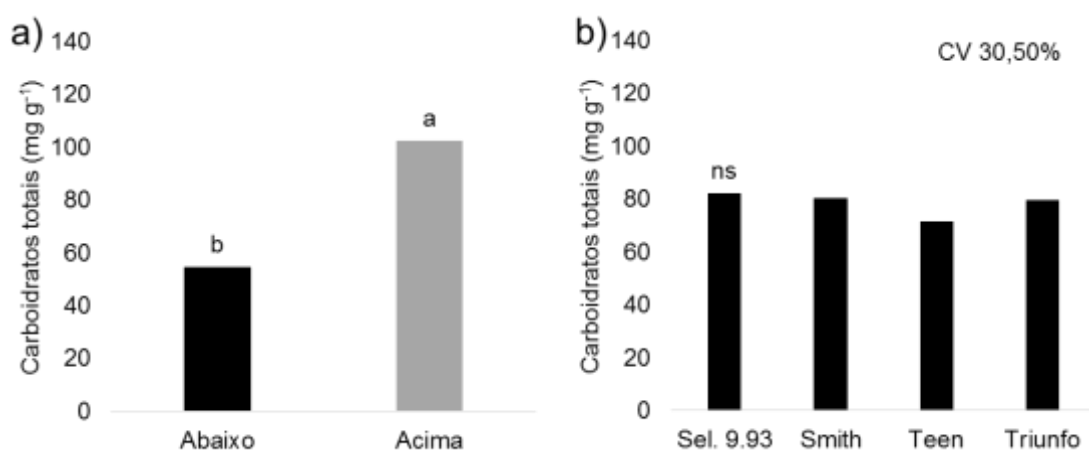


FIGURA 16. Teor de carboidratos totais acima ou abaixo da enxertia de pereiras sobre marmeleiros, em março de 2017, terceiro ano, em Eldorado do Sul. a) Teor de carboidratos acima ou abaixo da enxertia, na média das copas e dos porta-enxertos. b) Teor de carboidratos em pereiras na média dos porta-enxertos. Letras minúsculas indicam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.

O acúmulo de carboidratos acima da enxertia é observado com grande frequência nas combinações incompatíveis e indica restrições ao transporte pelo floema na região da enxertia. Esse padrão foi observado para todas as combinações avaliadas. Embora a avaliação de açúcares solúveis totais tenha indicado que não estavam ocorrendo restrições significativas ao transporte de carboidratos na enxertia, no momento da coleta, em março de 2017, o acúmulo de amido na copa, que refletiu no resultado dos carboidratos totais, sugere que restrições ao transporte de carboidratos para as raízes podem ter ocorrido em períodos anteriores à avaliação.

Conforme citado por Gur *et al.* (1968), o acúmulo de carboidratos acima da enxertia pode ocorrer em resposta a um dano temporário ao sistema vascular, causando um efeito de anelamento, como uma consequência do processo de hidrólise da prunasina. De forma geral, para plantas com boa afinidade de enxertia seria esperado que os teores de carboidratos fossem semelhantes entre os tecidos abaixo ou acima da enxertia, ou ainda que o teor abaixo da enxertia fosse superior comparado com acima da enxertia. Porém, em nenhuma das combinações isso foi observado. Isso sugere que em todas as combinações testadas houve restrição ao transporte de carboidratos em direção as raízes.

5.3.5 Teor de clorofilas e carotenoides e atividade fotossintética

As análises de pigmentos fotossintetizantes em folhas apresentaram diferenças entre copas, porém apenas na média dos porta-enxertos (Figura 17). Para o teor de clorofila a o teste F indicou efeito principal de copa (diferença entre as copas na média dos porta-enxertos), porém o teste de Tukey não encontrou diferença significativa entre elas a 5% de probabilidade de erro. As diferenças ocorreram para o teor de clorofila b e para a relação clorofila a/b. A

avaliação mostrou que a pereira ‘Triunfo’ exibiu teores superiores de clorofila b em relação à ‘Smith’ e ‘Teen’. A relação clorofilas a/b foi maior em folhas da ‘Smith’ comparado com a ‘Triunfo’. Clorofila a, carotenoides, clorofilas totais e relação clorofilas/carotenoides não diferiram entre as copas.

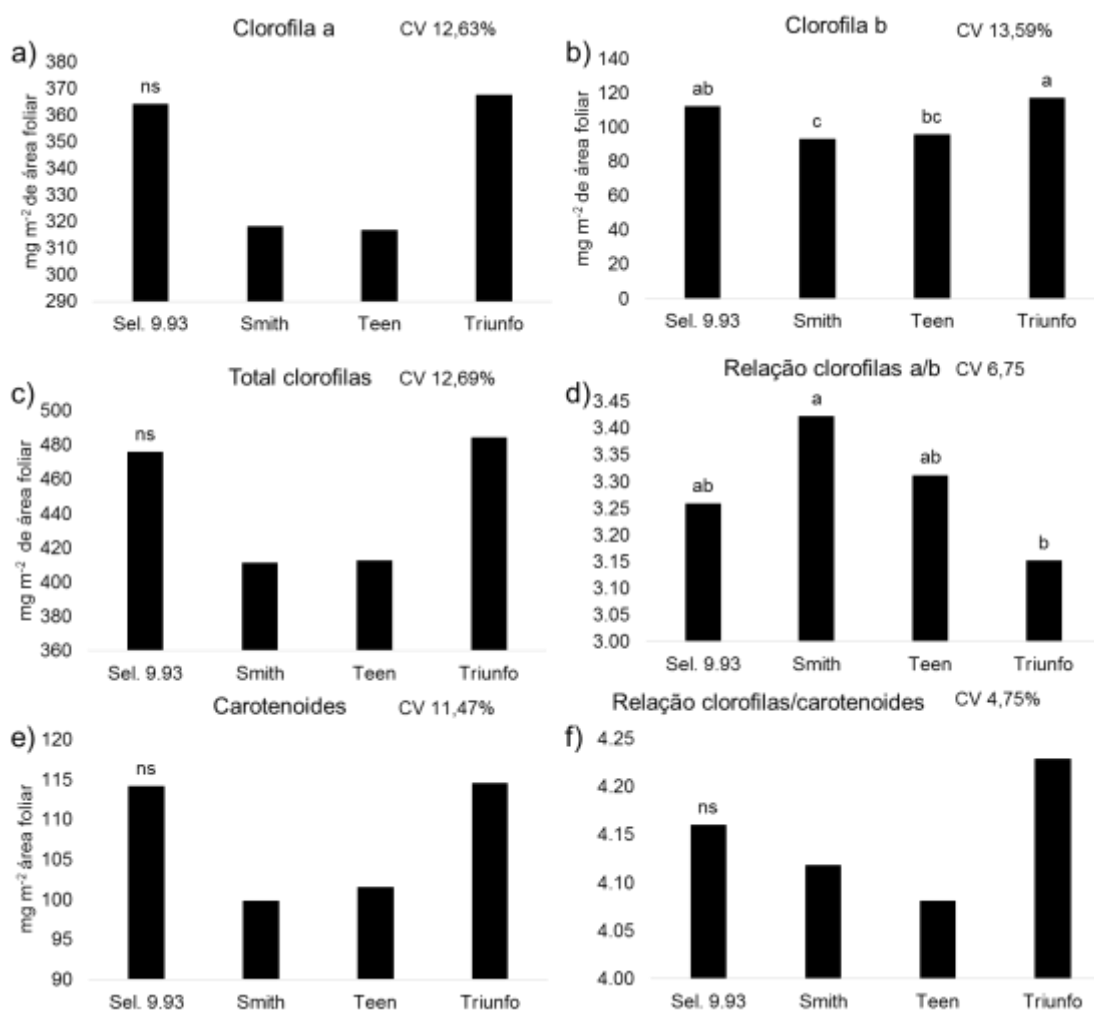


FIGURA 17. Teor de clorofilas a (a), b (b), total de clorofilas (c), relação de clorofilas a/b (d), carotenóides (e) e relação clorofilas/carotenoides (f) em folhas de pereiras ‘Seleção 9.93’, ‘Smith’, ‘Teen’ e ‘Triunfo’ na média dos porta-enxertos, em janeiro, no segundo ciclo após o plantio, nas condições de Eldorado do Sul, RS. ns: não significativo; letras diferentes indicam diferenças significativas, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Eldorado do Sul/RS, 2018.

O teor de clorofilas têm sido utilizado para monitorar a ocorrência de incompatibilidade translocada (Zarrouk *et al.*, 2006; Ciobotari *et al.*, 2010; Machado *et al.*, 2015; Neves *et al.*, 2017). De acordo com Zarrouk *et al.* (2006), plantas com incompatibilidade translocada apresentaram menor concentração de clorofilas, estimada pelo índice de clorofilas (SPAD- Soil Plant Analysis Development). Machado *et al.* (2015) observaram que pereiras 'Clapps Favourite' enxertadas sobre 'EMA', as quais apresentaram sérios problemas funcionais na região da enxertia e baixo crescimento vegetativo, exibiram também baixo índice SPAD em folhas durante o verão. Redução no SPAD foi observado também em cultivares de pessegueiro sobre porta-enxertos incompatíveis (Neves *et al.*, 2017).

Variações no conteúdo de clorofilas têm sido observadas quando são confrontadas combinações com alto contraste no grau de compatibilidade (Zarrouk *et al.*, 2006; Machado *et al.*, 2017; Neves *et al.*, 2017). Os resultados obtidos não permitem distinguir o grau de compatibilidade entre cultivares a partir do teor de clorofilas. Combinações com fraco crescimento vegetativo e sintomas de incompatibilidade, como as envolvendo a 'Seleção 9.93', apresentaram alto teor de clorofilas, enquanto a 'Smith', que apresentou alto crescimento vegetativo e poucos defeitos no ponto de união, mostrou concentração mais baixa de clorofilas. As diferenças observadas podem ser características de cada cultivar, pois diferenças entre pereiras sobre porta-enxertos compatíveis foram observadas por Pereira *et al.* (2015).

Embora a relação clorofilas a/b tenha apresentado diferença entre as copas, os valores observados em todas as combinações estão de acordo com

os citados por Lichtenthaler & Buchmann (2001) para folhas com boa exposição à luz solar.

As alterações no conteúdo de clorofilas não influenciaram a assimilação de CO₂. No segundo ano após o plantio, em janeiro e março, foram realizadas avaliações de assimilação de CO₂ (Tabela 1). Os resultados não indicaram diferenças significativas de assimilação de CO₂ entre as cultivares, entre os porta-enxertos ou entre as épocas de avaliação.

TABELA 1. Assimilação de CO₂ em folhas de pereira enxertadas em marmeleiros, durante o verão, no segundo ano após o plantio, Eldorado do Sul, RS, safra 2015/16. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Copa	PE	Assimilação CO ₂ (μmol m ⁻² s ⁻¹)			
		21/janeiro		07/março	
Seleção 9.93	Adam's	7,56	ns	5,44	ns
	EMA	7,93		7,39	
	EMC	8,01		7,96	
	Média	7,83	NS	6,93	NS
Smith	Adam's	8,12	ns	8,06	ns
	EMA	8,58		8,81	
	EMC	8,39		8,36	
	Média	8,36	NS	8,41	NS
Teen	Adams	5,98	ns	7,47	ns
	EMA	5,34		7,52	
	EMC	6,43		7,53	
	Média	5,92	NS	7,51	NS
Triunfo	Adams	5,85	ns	7,15	ns
	EMA	7,51		8,14	
	EMC	6,23		9,35	
	Média	6,53	NS	8,21	NS
CV (%)		22,39			

ns: não significativo.

Os valores de assimilação de CO₂ determinados neste experimento podem ser considerados baixos se comparado com os de outros autores. Bosa *et al.* (2014), por exemplo, observaram valores de 11 a 13 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹

para a pereira 'Conference', enquanto Oliveira *et al.* (2007) observaram assimilação variando de 10 a 16 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na pereira 'Rocha'. Silvestre *et al.* (2014) também para a pereira 'Rocha', em quatro locais, observaram valores próximos a 20 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, em quatro épocas de avaliação.

A semelhança na assimilação de CO_2 entre as diferentes combinações poderia indicar que este processo não foi influenciado pela incompatibilidade de enxertia das diferentes combinações. Porém, a baixa assimilação de CO_2 observada, possivelmente foi uma consequência da baixa condutância estomática (Tabela 2).

TABELA 2. Condutância estomática em folhas de cultivares de pereira enxertadas em marmeleiros, durante o verão, no segundo ano após o plantio, em Eldorado do Sul, RS, safra 2015/16. Eldorado do Sul/RS, 2018.

Copa	PE	Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			
		21/Janeiro		07/Março	
Seleção 9.93	Adam's	0,065	ns	0,050	ns
	EMA	0,070		0,074	
	EMC	0,075		0,075	
	Média	0,070	NS	0,066	NS
Smith	Adam's	0,069	ns	0,083	ns
	EMA	0,067		0,086	
	EMC	0,069		0,073	
	Média	0,068	NS	0,081	NS
Teen	Adam's	0,058	ns	0,092	ns
	EMA	0,059		0,085	
	EMC	0,075		0,077	
	Média	0,064	NS	0,085	NS
Triunfo	Adam's	0,068	ns	0,071	ns
	EMA	0,073		0,080	
	EMC	0,066		0,087	
	Média	0,069	NS	0,080	NS
CV (%)		18,48			

ns: não significativo.

A condutância estomática no presente experimento variou de 0,050 a 0,092 mol m⁻² s⁻¹ nas quatro copas, entre as duas épocas avaliadas. Losciale *et al.* (2008) observaram condutância variando de 0,2 a 0,3 mol m⁻² s⁻¹ na pereira 'Bosc'. Bosa *et al.* (2014) verificaram condutância variando de 0,13 a 0,20 mol m⁻² s⁻¹ em pereira 'Conference'. Valores baixos de condutância estomática (0,05 a 0,10 mol m⁻² s⁻¹) foram observados por Morandi *et al.* (2014) em pereiras 'Abate Fetel' submetidas à taxa de irrigação de apenas 25 % da evapotranspiração (ET_o), mas quando submetidas à irrigação de 100 % da ET_o a condutância variou de 0,2 a 0,6 mol m⁻² s⁻¹.

Assim, a baixa assimilação de CO₂ parece consequência da disponibilidade inadequada de água no solo. Além dos marmeleiros apresentarem sistema radicular superficial, a área experimental não possuía sistema de irrigação. Embora o local apresente precipitação média anual superior a 1.400mm, durante o verão, quando ocorrem altas temperaturas e a evapotranspiração é elevada, a distribuição de chuvas pode ser irregular (Bergamaschi *et al.*, 2013).

Desta forma, futuros testes deveriam avaliar o uso de irrigação afim de minimizar o estresse causado pela falta de água, o que poderia melhorar e desenvolvimento vegetativo das plantas e acelerar a formação da copa.

5.4 Conclusão

Nas condições de Eldorado do Sul, a pereira 'Smith' é a que apresenta o maior crescimento vegetativo, evidenciado pelo incremento na área transversal de caule e maior comprimento médio dos ramos, independente do marmeleiro utilizado.

O coeficiente de afinidade não é um indicador eficiente para a identificação e definição de incompatibilidade de enxertia entre pereiras e marmeleiros.

As pereiras enxertadas sobre marmeleiros acumulam maior teor de carboidratos acima da região da enxertia, possivelmente em resposta à restrição ao transporte em direção ao sistema radicular.

Os porta-enxertos 'Adam's', 'EMA' e 'EMC' apresentam grau de compatibilidade semelhante com as pereiras avaliadas. 'Adam's' é o que proporciona maior crescimento vegetativo.

A assimilação de CO₂ não difere entre as combinações copa/porta-enxerto, todavia os valores são baixos.

A concentração de clorofilas b e relação clorofilas a/b difere entre copas, mas não indica que há uma relação clara com os sintomas de incompatibilidade de enxertia.

5.5 Referências bibliográficas

BERGAMASCHI, H. et al. **Boletins agrometeorológicos da Estação Experimental Agrônômica da UFRGS: série histórica 1970 – 2012**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/joomla/files/EEA/Serie_Meteorologica_da_EEA-UFRGS.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2017.

BOLAT, I. et al. The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. **The Scientific World Journal**, New York, v. 2014, 8 p, 2014.

BOSA, K. et al. Evaluating the effect of rootstocks and potassium level on photosynthetic productivity and yield of pear trees. **Russian Journal of Plant Physiology**, Nova York, v. 61, n. 2, p. 231-237, 2014.

CABRERA, D.; RODRÍGUEZ, P.; ZOPPOLO, R. Evaluation of quince and elected 'Farold®' pear rootstocks for commercial 'Williams BC' production in Uruguay. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 1094, p. 159-162, 2015.

CAMPO-DALL'ORTO, F. A. et al. **Variedades de pêra para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. (Boletim Técnico, 164).

CARVALHO, A. M. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, 2011.

CHAUHAN, J. K.; SHARMA, U.; SHARMA, S. Effect of rootstock and interstock on plant vigour of pear. **International Journal of Farm Sciences**, Solan, v. 2, n. 1, p. 29-35, 2012.

CIOBOTARI, G. et al. Graft incompatibility influence on assimilating pigments and soluble sugars amount of some pear (*Pyrus communis*) cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 38, n. 1, p. 187, 2010.

COMIOTTO, A. et al. Desenvolvimento, produção e qualidade dos frutos de pessegueiros enxertados sobre diferentes porta-enxertos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, supl. 1, p. 3553-3562, 2013.

ERMEL, F. F. et al. Localized graft incompatibility in pear/quince (*Pyrus communis*/*Cydonia oblonga*) combinations: multivariate analysis of histological data from 5-month-old grafts. **Tree Physiology**, Victoria, v. 19, n. 10, p. 645-654, 1999.

ESPEN, L.; COCUCCHI, M.; SACCHI, G. A. Differentiation and functional connection of vascular elements in compatible and incompatible pear/quince internode micrografts. **Tree Physiology**, Victoria, v. 25, n. 11, p. 1419–1425, 2005.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Pera: produção**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

GIACOBBO, C. L.; FACHINELLO, J. C.; PICOLOTTO, L. Compatibilidade entre o marmeleiro porta-enxerto cv. EMC e cultivares de pereira. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 33-37, 2007.

GÖKBAYRAK, Z. et al. Determination of grafting compatibility of grapevine with electrophoretic methods. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 113, n. 4, p. 343-352, 2007.

GUR, A.; SAMISH, R. M.; LIFSHITZ, E. The role of cyanogenic glycoside of the quince in the incompatibility between pear cultivars and quince rootstocks. **Horticulturae Research**, Edinburgh, n. 8, p. 113-134, 1968.

GUR, A.; ZAMET, D.; ARAD, E. A pear rootstock trial in Israel. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 8, n. 3, p. 249-264, 1978.

HADAD, M. M.; JAFARPOUR, M., ASKARI-KHORASGANI, O. Performance of european pear 'Shahmiveh' grafted onto different rootstocks. **Revista Chapingo Série Horticultura**, Chapingo, v. 22, n. 1, p. 59-68, 2016.

HEDRICK, U. P. **The pears of New York**. [S.l.]: J.B. Lyon Company, Printers, 1921, 630 p. Report of the New York Agricultural Exp. Sta. for the year 1921.

HERRERO, J. Studies of compatible and incompatible graft combinations with special reference to hardy fruit trees. **Journal of Horticultural Science**, Asford, v. 26, n. 3, p. 186-287, 1951.

HOSSEIN, D. G.; FARAJOLLAH, S.; HASSANPOUR, H. Identification of graft incompatibility of pear cultivars on quince rootstock by using isozymes banding pattern and starch. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 7, n. 1, p. 109-112, 2008.

HUDINA, M. et al. The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 171, n. 5, p. 76-84, 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de peras**. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 10 jan. 2018.

IGLESIAS, I. et al. Comportamiento de algunos patrones de peral en Lleida y Girona. **Información Técnica Económica Agraria**, Zaragoza, v. 99, n. 1, p. 112-121, 2003.

IGLESIAS, I.; ASÍN, L. Agronomical performance and fruit quality of 'Conference' pear grafted on clonal quince and pear rootstocks. **Acta Horticulture**, Haia, v. 903, p. 439-442, 2011.

IKINCI, A. et al. Influence of rootstocks on growth, yield, fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. 'Santa Maria' in semi-arid conditions. **Biological research**, Santiago, v. 47, n. 1, p. 71, 2014.

JACKSON, J. E. **The biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

JACYNA, T. The role of cultivar and rootstock in sylleptic shoot formation in maiden pear trees. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Varsovia, v. 12, p. 41-47, 2004.

LEPSIS, J.; DRUDZE, I. Evaluation of Seven Pear Rootstocks in Latvia. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 903, p. 457-462, 2011.

LEWKO, J.; ŚCIBISZ, K.; SADOWSKI, A. Performance of two pear cultivars on six different rootstocks in the nursery. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 732, p. 227-231, 2007.

LICHTENTHALER, H. K.; BUCHMANN, C. **Chlorophylls and carotenoids-Measurement and characterisation by UV-VIS**. New York: John Wiley, 2001. Current Protocols in Food Analytical Chemistry (CPFA), (Supplement 1).

LOPEZ, G.; GIRONA, J.; MARSAL, J. Response of winter root starch concentration to severe water stress and fruit load and its subsequent effects on early peach fruit development. **Tree Physiology**, Victoria, v. 27, n. 11, p. 1619-1626, 2007.

LOSCIALE, P. et al. Effects of rootstock on pear photosynthetic efficiency. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 800, p. 241-248, 2007.

MACHADO, B. D. et al. Cultivares e portaenxertos sobre o vigor de plantas de pereira europeias. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1542-1545, 2013.

MACHADO, B. D. et al. Compatibilidade fenotípica entre cultivares de pereiras europeias e porta-enxertos de marmeleiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1551-1556, 2015.

MACHADO, B. D. et al. Graft compatibility between european pear cultivars and east malling "C" rootstock. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 3, p. 1-9, 2017.

MAESO, D. et al. El decaimiento del peral en Uruguay: Generalidades y trabajos experimentales de INIA Las Brujas. **Revista INIA**, v. 687, p. 51-68, 2012.

MASS, F. Evaluation of yield efficiency and winter hardiness of quince rootstocks for 'conference' pear. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 1094, p. 93-102, 2015.

MILOŠEVIĆ, T.; MILOŠEVIĆ, N. Influence of cultivar and rootstock on early growth and syllepsis in nursery trees of pear (*Pyrus communis* L., Rosaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 54, n. 3, p. 451-456, 2011.

MOING, A.; SALESSES, G.; SAGLIO, P. H. Growth and the composition and transport of carbohydrate in compatible and incompatible peach/plum grafts. **Tree Physiology**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 345-354, 1987.

MORANDI, B. et al. Increasing water stress negatively affects pear fruit growth by reducing first its xylem and then its phloem inflow. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 171, n. 16, p. 1500-1509, 2014.

MUSACCHI, S.; MASIA, A.; FACHINELLO, J. Variation of some enzymatic activities in relationship to scion/stock compatibility in pear/quince combinations. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 596, p. 389-392, 2002.

- NAKASU, B. H. et al. **Pera Produção**. Embrapa Clima Temperado Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 105 p.
- NEVES, T. R.; MAYER, N. A.; UENO, B. Graft incompatibility in *Prunus* spp. preceded by SPAD index reduction. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 635-648, 2017.
- OLIVEIRA, I. et al. Estudo sobre a adaptação da pêra Rocha no baixo alentejo. Avaliação da resposta a diferentes estratégias de rega. In: CONGRESSO NACIONAL DE REGA E DRENAGEM, 2., 2010, Fundação. **Anais...** Beja: [s.n.], 2007. p. 1-13. 1 CD-ROM.
- OLMSTEAD, M. A. et al. Xylem vessel anatomy of sweet cherries grafted onto dwarfing and nondwarfing rootstocks. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 131, n. 5, p. 577-585, 2006.
- OLMSTEAD, M. A.; LANG, N. S.; LANG, G. A. Carbohydrate profiles in the graft union of young sweet cherry trees grown on dwarfing and vigorous rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 124, n. 1, p. 78-82, 2010.
- ONARAN, M. H. **Filokseraya mukavim anaclar**. Ziraat vekaleti nesriyatı, Umumi sayı462, 1940.
- PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.
- PERRAUDINE, 1962. **La Pomologie Francoise**. Tam IV N. 2 Fevrier.
- PINA, A. et al. Physiological and molecular mechanisms underlying graft compatibility. In: COLLA, G.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; SCHWARZ, D. (Ed.). **Vegetable Grafting: principles and practices**. [S.l.]: CABI, 2017. p. 132-154.
- SALVATIERRA, M. A.; GEMMA, H.; SHUICHE, I. Partitioning of carbohydrates and development of tissues in the graft union of peaches grafted on *Prunus tomentosa* Thunb. rootstock. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 67, n. 4, p. 475-482, 1998.
- SANSAVINI, S. Portinnesti. In: FIDEGHELLI, C.; PONTI, I. (Ed.). **Il Pero**. Bologna: Art Servizi, 2007. p. 270-281.
- SILVESTRE, S. et al. Pêra Rocha do Oeste em pomares com sistema integrado de rega de precisão: variação sazonal de parâmetros fisiológicos e bioquímicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE FRUTICULTURA, 3., 2014, Vila Real. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2014. p. 70-77.
- SIMONETTO, P. R.; GRELLMANN, E. O. **Comportamento de cultivares de pereira na região serrana do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 1999. 28 p. (Boletim FEPAGRO, 9).

TOMAZ, Z. F. P. et al. Compatibilidade de enxertia de cultivares de marmeleiros com pereiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1211-1217, 2009.

USDA. **National Clonal Germplasm Repository**. Disponível em: <<https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/accessiondetail.aspx?id=1507865>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

WATSON, A. E. et al. Rootstocks affect pear (*Pyrus communis*) tree growth through extent of node neoformation and flowering with key differences to apple. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 39, n. 6, p. 493-502, 2012.

WREGGE, M. S. et al. Agroclimatic zoning of european and asian pear cultivars with potential for commercial planting in southern Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 2, p. 1-11, 2017.

ZAPATA, C. et al. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 161, n. 9, p. 1031-1040, 2004.

ZARROUK, O. et al. Graft compatibility between peach cultivars and *Prunus* rootstocks. **Hortscience**, Alexandria, v. 41, n. 6, p. 1389-1394, 2006.

6 CAPÍTULO II:

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PEREIRAS ‘ROCHA’ E ‘ABATE FETEL’ ENXERTADAS SOBRE CULTIVARES DE MARMELEIROS

6.1 Introdução

Os porta-enxertos constituem uma estratégia importante para modular o crescimento vegetativo e a produção de plantas frutíferas e, juntamente com outros fatores, definir a densidade de plantio e o manejo dos pomares (Webster, 2002).

Na cultura da pereira, podem ser utilizados como porta-enxertos espécies dos gêneros *Pyrus* e *Cydonia* (Iglesias & Asin, 2011; North *et al.*, 2015). Quando enxertadas sobre marmeleiros (*Cydonia oblonga*), as plantas geralmente exibem menor crescimento vegetativo, são mais precoces para iniciar a produção e apresentam maior regularidade de produção, em comparação às enxertadas em *Pyrus* spp. (Iglesias *et al.*, 2003; North *et al.*, 2015). A formação de pomares com plantas de baixa estatura facilita o manejo e reduz a demanda de mão de obra, enquanto que a entrada em produção precoce e a regularidade são importantes para a rentabilidade econômica (Webster, 2002).

Os marmeleiros são utilizados como porta-enxertos de pereiras na maioria dos países europeus (Jackson, 2003), sendo os mais importantes ‘EMA’, ‘Adam’s’, ‘Ba29’, ‘EMC’, ‘EMH’ e ‘Sydo’ (Webster, 2002; Stern & Doron, 2009).

No Brasil, os plantios mais recentes de pereiras têm utilizado principalmente marmeleiros como porta-enxertos. No entanto, o nível tecnológico dos pomares normalmente é baixo e sem o uso de irrigação. Porém, em algumas regiões consideradas aptas ao cultivo de pereiras ocorrem períodos de déficit hídrico prolongado, especialmente entre novembro e fevereiro, o que pode afetar o crescimento vegetativo e o calibre dos frutos produzidos (Nachtigall *et al.*, 2014).

Em função do pouco tempo de utilização, as informações disponíveis sobre o desempenho de porta-enxertos para pereiras ainda são insuficientes no Brasil. Os trabalhos publicados sobre o tema são de grande importância, porém com poucas safras de avaliação (Pasa *et al.*, 2011; 2012; Rufato *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2013).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento vegetativo, a fenologia, a produção e a qualidade dos frutos das pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' enxertadas sobre marmeleiros, durante oito anos após o plantio, nas condições climáticas de Vacaria/RS.

6.2 Material e métodos

6.2.1 Área experimental e delineamento

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Fruticultura Temperada da Embrapa Uva e Vinho, em Vacaria, RS (latitude 28° 33' S, longitude 50° 57' O e altitude aproximada de 955 m), entre as safras 2009/10 a 2016/17, do primeiro ao oitavo ano após a implantação do pomar. O clima da região é o temperado (Cfb1), segundo a classificação de Köppen. O número médio de horas de frio (temperaturas inferiores a 7,2°C) é de aproximadamente

660 horas de maio a agosto (Fioravanço *et al.*, 2010) e a temperatura média anual é de 16°C. O solo é do tipo Latossolo Bruno alumínico câmbico.

O pomar foi instalado com mudas sem ramificação, no espaçamento de 4,0 m entre linhas e 1,0 m entre plantas (2.500 plantas ha⁻¹). As plantas foram conduzidas no sistema de líder central e apoiadas em espaldeira. Os tratamentos fitossanitários seguiram as recomendações para a cultura (Nakasu *et al.*, 2003).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições compostas de cinco plantas úteis cada. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 2 x 3, onde foram estudadas as cultivares de pereira europeia (*Pyrus communis*) Rocha e Abate Fetel enxertadas sobre os marmeleiros (*Cydonia oblonga*) 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC'.

6.2.2 Descrição das cultivares copa e porta-enxertos

a) Rocha: pereira de origem portuguesa selecionada em 1836. O hábito de frutificação é em esporões e brindilas coroadas, sendo fundamental a polinização para a obtenção de alta produtividade e frutos de boa qualidade. O vigor da planta é considerado médio. A afinidade com marmeleiros é irregular. Os frutos são pequenos, com diâmetro longitudinal de aproximadamente 83,0 mm e diâmetro transversal de 64,2 mm, de formato variável, mas predominantemente oblongo piriforme ovado. A coloração da epiderme é amarela clara com pontuações de 'russeting', principalmente na região peduncular. A resistência ao manuseio é boa (Souza, 2010).

b) Abate Fetel: também conhecida por Abbé Fetel, teve origem na França, em 1866. A planta apresenta vigor médio, com poucas ramificações. A afinidade com marmeleiros também é irregular. A frutificação ocorre principalmente em

lamburdas. Na Europa, a produtividade é descrita como alta, porém alternante. Os frutos são de calibre grande, com formato cônico alongado, com 'russeting' na epiderme que recobre todo o fruto (Lalatta, 1999). O sabor é excelente, com boa manutenção das características durante o armazenamento (Jones *et al.*, 2006).

Porta-enxertos

a) Adam's: foi selecionado na Bélgica em 1965. É considerado de vigor médio, capaz de induzir precocidade de produção e boa eficiência produtiva (Jackson, 2003).

b) EMC: foi selecionado em 1920, na Inglaterra, na Estação Experimental East Malling. É recomendado para altas densidades de plantio por ser considerado um dos mais ananizantes e induzir alta e precoce produção de frutos.

c) Ba29: foi selecionado em 1966, na França, pelo Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). É considerado um marmeleiro de alto vigor, recomendado para solos pobres e para cultivares precoces e de baixo vigor (Jackson, 2003).

6.2.3 Crescimento vegetativo

Área da secção transversal de caule: no período de dormência foi medido o diâmetro de caule 10 cm acima da enxertia. Calculou-se então a área da secção transversal de caule (ASTC), expressa em cm². O incremento em ASTC foi estimado para cada ano a partir do valor determinado no final do ciclo de crescimento vegetativo, diminuído do valor do ciclo anterior.

Massa de poda: durante o 4º, 5º e 6º ano após o plantio foram pesados os ramos retirados na poda verde e na poda de inverno. Para cada ano, foram somados os valores de poda verde + poda de inverno, obtendo-se a massa total anual.

6.2.4 Trocas gasosas

A assimilação de CO₂ e a condutância estomática foram avaliadas com um analisador de gás por infravermelho (Licor 6400XT), equipado por câmara com fonte de luz de LED. As medições foram realizadas com densidade de luz 1000 $\mu\text{mol de f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com temperatura ambiente, em quatro folhas sadias por parcela, totalizando 16 folhas por combinação copa/porta-enxerto. As medições foram realizadas entre as 10 e as 16 horas, em 18 de janeiro de 2016.

6.2.5 Fenologia, intensidade de floração e frutificação efetiva

Durante o estudo determinaram-se as datas em que ocorreram os períodos de brotação e floração: início de brotação quando cerca de 50 % das gemas mistas brotaram; início de floração quando cerca de 5 % das flores estavam abertas; plena floração quando cerca de 70 % das flores estavam abertas; final de floração quando cerca de 90 % das pétalas caíram (Figura 1).



FIGURA 1. Estádios fenológicos nas pereiras 'Rocha' (a, b, c, d, e) e 'Abate Fetel' (f, g, h, i, j) nas condições de Vacaria/RS. Gemas apicais no estágio de dormência (a, f), início de brotação (b, g), início de floração (c, h), plena floração (d, i) e final de floração (e, j).

Intensidade de floração e frutificação efetiva: durante o período de plena floração de cada ano foi contado o número total de cachos florais de cada planta. Após os períodos de queda de frutos, contaram-se todos os frutos fixados em cada planta. A frutificação foi obtida dividindo-se o número de frutos pelo número de cachos florais de cada planta, seguindo-se a metodologia proposta por Lombard *et al.* (1988).

6.2.6 Produtividade e tamanho de fruto

Produtividade de frutos: todos os frutos das parcelas foram colhidos quando a firmeza média de polpa estava próxima de 6,0 kgf. Após a colheita, foram contados e pesados os frutos de cada parcela. A produtividade foi estimada multiplicando-se a produção por planta pelo número de plantas por hectare. A massa média dos frutos foi obtida dividindo-se a massa total pelo número de frutos de cada parcela.

Classificação dos frutos por diâmetro: as avaliações foram realizadas no 4º, 5º, 6º e 7º ano após o plantio. Todos os frutos colhidos em cada parcela foram pré-classificados, separando-se os que apresentavam rachaduras, os quais foram contados para determinar a frequência. Os demais foram separados nas seguintes classes de diâmetro: <50mm, 50 a 60mm, 60 a 70mm e >70mm. Após, foram contados os frutos em cada classe e relacionados com o total de frutos classificados, expressando-se em porcentagem de frutos por classe. Esta classificação foi realizada apenas na cultivar Rocha em razão da 'Abate Fetel' ter produzido poucos frutos.

6.2.7 Análise estatística

Os dados coletados na mesma unidade experimental ao longo do tempo foram analisados como medidas repetidas utilizando o efeito de ano como um fator intrínseco, através PROC MIXED do SAS®. Para isso, selecionou-se a estrutura de covariância com melhor ajuste aos dados, conforme os critérios de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC). Consideraram-se significativas as diferenças ao teste F quando $p < 0,05$ para efeitos principais e $p < 0,25$ para interações, conforme Perecin & Cargnelutti Filho (2008). Os resultados foram apresentados de acordo com a significância do teste F para interações ou efeitos principais de cada variável. Quando necessário, utilizou-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro para a comparação entre as médias.

Para verificar a associação entre variáveis, realizou-se a análise de correlação de resíduos, dentro de cada safra, aplicando-se o teste de Pearson através do PROC GLM do SAS Enterprise Guide 6.1.

6.3 Resultados

6.3.1 Crescimento vegetativo

As pereiras apresentaram diferença em relação à área transversal de caule (ASTC) (Figura 2a). Na 'Rocha' ocorreram os maiores valores de ASTC comparado com 'Abate Fetel', em todos os anos e independentemente do porta-enxerto. Entre os porta-enxertos, as diferenças foram pontuais (Figura 1b).

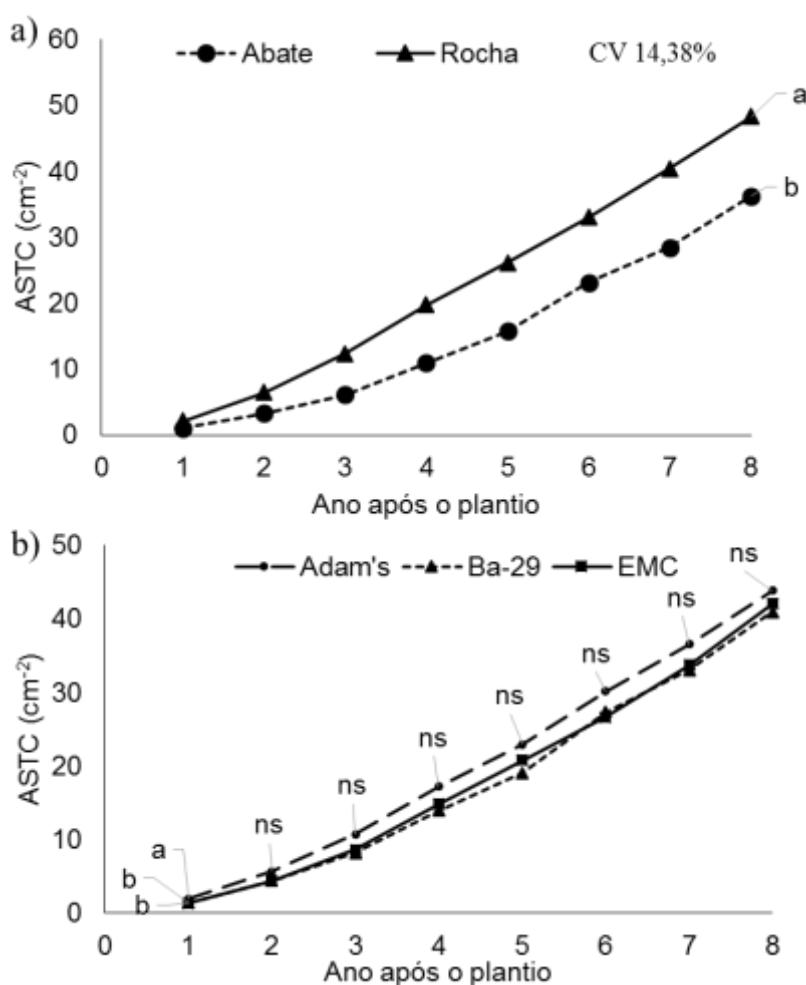


FIGURA 2. Área da secção transversal de caule (ASTC) de pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', do primeiro ao oitavo ano após o plantio, de 2009 a 2017, em Vacaria, RS. a) 'Rocha' e 'Abate Fetel' na média dos porta-enxertos; b) Média das copas sobre os diferentes porta-enxertos. ns: não significativo; letra diferente indica diferença significativa dentro de cada safra, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.

No primeiro ano após o plantio, 'Adam's' induziu maior valor de ASTC em relação a 'EMC' e 'Ba29', na média das copas. Nos anos seguintes, as diferenças não foram mais significativas.

Em relação às copas, Machado *et al.* (2015) observaram que a pereira 'Abate Fetel' apresentou maior crescimento que a 'Rocha', quando enxertada sobre 'Adam's'. Os autores classificaram a compatibilidade de enxertia como boa para 'Abate Fetel' e como perfeita para 'Rocha'. No presente estudo, 'Rocha' exibiu descontinuidade na casca no ponto de enxertia e também rachaduras acima da linha de união, sintomas os quais são atribuídos à incompatibilidade por Gur *et al.* (1968). No caso da 'Abate Fetel', a descontinuidade na casca foi observada em algumas plantas, mas em geral o aspecto visual externo da enxertia foi bom.

Com relação aos porta-enxertos, os trabalhos na cultura da pereira têm mostrado que as maiores diferenças de crescimento vegetativo são observadas quando se comparam os porta-enxertos de *Pyrus* spp. com os marmeleiros (Iglesias *et al.*, 2003; Stern & Doron, 2009; Pasa *et al.*, 2012; Lepsis *et al.*, 2013).

Entre os marmeleiros, as diferenças de crescimento são pouco pronunciadas. Alguns estudos mostraram que 'Adam's' e 'Ba29' induziram vigor semelhante entre si (Iglesias *et al.*, 2003; Souza & Calouro, 2007; Cabrera *et al.*, 2015). Em relação ao 'Adam's' e 'EMC', os trabalhos têm mostrado que em algumas cultivares, como na 'Abate Fetel', o porta-enxerto 'Adam's' induziu maior crescimento que 'EMC' (Machado *et al.*, 2013), enquanto que em 'Conference' (Iglesias *et al.*, 2003), 'Rocha' (Machado *et al.*, 2013) e 'William's' (Cabrera *et al.*, 2015), não houve diferença. Entre os porta-enxertos 'EMC' e 'Ba29', Iglesias *et al.* (2003) e Cabrera *et al.* (2015) observaram que 'EMC'

induziu menor vigor, enquanto que Lepsis & Drudze (2011) e Hadad *et al.* (2016) não observaram diferenças significativas.

Os resultados na literatura para o comportamento de marmeleiros indicam que 'Adam's' tende a induzir vigor semelhante ao 'EMC' na maioria das situações, coincidindo com que foi observado nesse experimento. Já o 'Ba29' tende a apresentar vigor semelhante ou levemente superior ao 'Adam's' e, normalmente, maior que o 'EMC'. Esse comportamento não foi observado nesse estudo, pois o crescimento induzido por 'Ba29' ficou um pouco abaixo do esperado. Hadad *et al.* (2016) também observaram que 'Ba29' induziu baixo vigor, levemente inferior ao 'EMC'. Isso poderia estar relacionado com problemas de afinidade com as copas enxertadas, embora nenhuma alteração no aspecto externo da enxertia tenha sido observada em relação às demais combinações. Incompatibilidade de pereiras com o 'Ba29' foram relatadas por Musacchi *et al.* (2002) com 'Abate Fetel' e 'Bartlett' e por Irisarri *et al.* (2016) com a 'Bartlett'.

Outro ponto importante é que todas as combinações apresentaram baixo crescimento até o 8º ano e não houve o preenchimento do espaço disponível para cada planta até o final deste estudo, em nenhuma das combinações. Para a 'Abate Fetel', o crescimento vegetativo tem se mostrado muito baixo, mesmo sem produzir frutos. Em função disso, para as condições edafoclimáticas desse experimento, sem o uso de um sistema de irrigação, o espaçamento de 4,0 m x 1,0 m pareceu excessivo e poderia ser revisto, na instalação de novos pomares. Poderiam ser testadas outras densidades de plantio, com redução dos espaçamentos entre linhas e entre plantas, a fim de aproveitar melhor a área cultivada e, provavelmente, aumentar a produtividade.

As pereiras exibiram diferença no incremento anual de ASTC em duas das sete safras avaliadas (Figura 3a). No terceiro e quarto ano após o plantio, 'Rocha' exibiu maior incremento que 'Abate Fetel'. O incremento anual de ASTC mostrou-se crescente ao longo das safras e os maiores valores foram observados no 6° e 8° após o plantio, para a média das copas e dos porta-enxertos (Figura 3b). Os porta-enxertos não afetaram esta variável em nenhuma das safras.

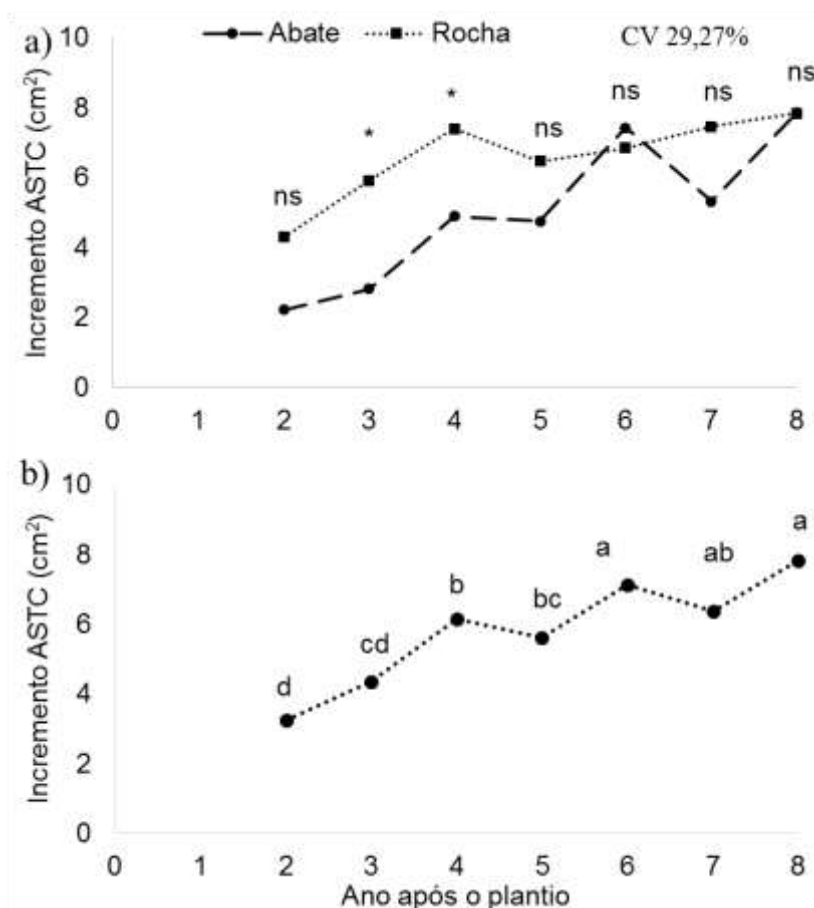


FIGURA 3. Incremento anual de área transversal de caule (ASTC) de 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', do segundo ao oitavo ano após o plantio, 2010 a 2017, em Vacaria, RS. a) Abate Fete e Rocha na média dos porta-enxertos; b) Incremento anual de ASTC na média das copas e dos porta-enxertos. *diferença significativa entre as copas dentro de cada ano pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro; letras diferentes indicam diferenças entre as safras. ns-não significativo. Vacaria/RS, 2018.

A massa de poda é uma variável que também ajuda a expressar o crescimento vegetativo da planta e dá uma noção sobre a demanda de mão de obra para condução do pomar. Considerando a soma das massas da poda verde e da poda de inverno, os valores indicaram diferença significativa entre as copas. Na ‘Rocha’ a massa de poda foi superior à ‘Abate Fetel’, no terceiro, quarto e quinto ano após o plantio (Tabela 1). Já os porta-enxertos não afetaram a massa fresca de poda das cultivares Rocha e Abate Fetel (Tabela 1).

TABELA 1. Massa fresca anual de poda das pereiras ‘Abate Fetel’ e ‘Rocha’ e enxertadas sobre os marmeleiros ‘Adam’s’, ‘Ba29’ e ‘EMC’, do terceiro ao quinto ano, de 2011 a 2014, nas condições edafoclimáticas de Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.

Copa	Porta-enxerto	Massa de poda anual (kg)					
		3° ano		4° ano		5° ano	
Abate	Adams	0,183	ns	0,345	ns	0,520	ns
	Ba29	0,078		0,200		0,369	
	EMC	0,123		0,272		0,430	
	Média	0,128	B	0,272	B	0,440	B
Rocha	Adams	0,254	ns	0,555	ns	0,789	ns
	Ba29	0,258		0,611		0,731	
	EMC	0,201		0,578		0,889	
	Média	0,238	A	0,581	A	0,803	A
CV (%)		31,29					

Letra maiúscula compara copas na média dos porta-enxertos de acordo com teste F. Letra minúscula compara porta-enxertos dentro de cada copa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. ns- não significativo.

As variáveis referentes ao crescimento vegetativo, como ASTC e massa de poda, apresentaram valores superiores na ‘Rocha’, o que indica que essa cultivar apresentou maior desenvolvimento vegetativo que ‘Abate Fetel’. Apesar de ambas serem consideradas de vigor mediano, os resultados parecem indicar que ‘Rocha’ apresentou melhor afinidade com os marmeleiros ou que as condições de clima e solo do local do experimento foram mais favoráveis para o crescimento vegetativo desta cultivar, comparado à ‘Abate Fetel’.

Machado *et al.* (2013) observaram que o porta-enxerto ‘Adam’s’ induziu maior massa de poda que o ‘EMC’ nas cultivares Abate Fetel e Rocha. No entanto, em nossas condições de avaliação, os diferentes marmeleiros exibiram comportamento semelhante em relação ao crescimento vegetativo das copas, como observado para a variável ASTC, o que possivelmente explica a ausência de diferença para a massa fresca de poda, pois houve correlações positivas entre estas variáveis (Figura 4).

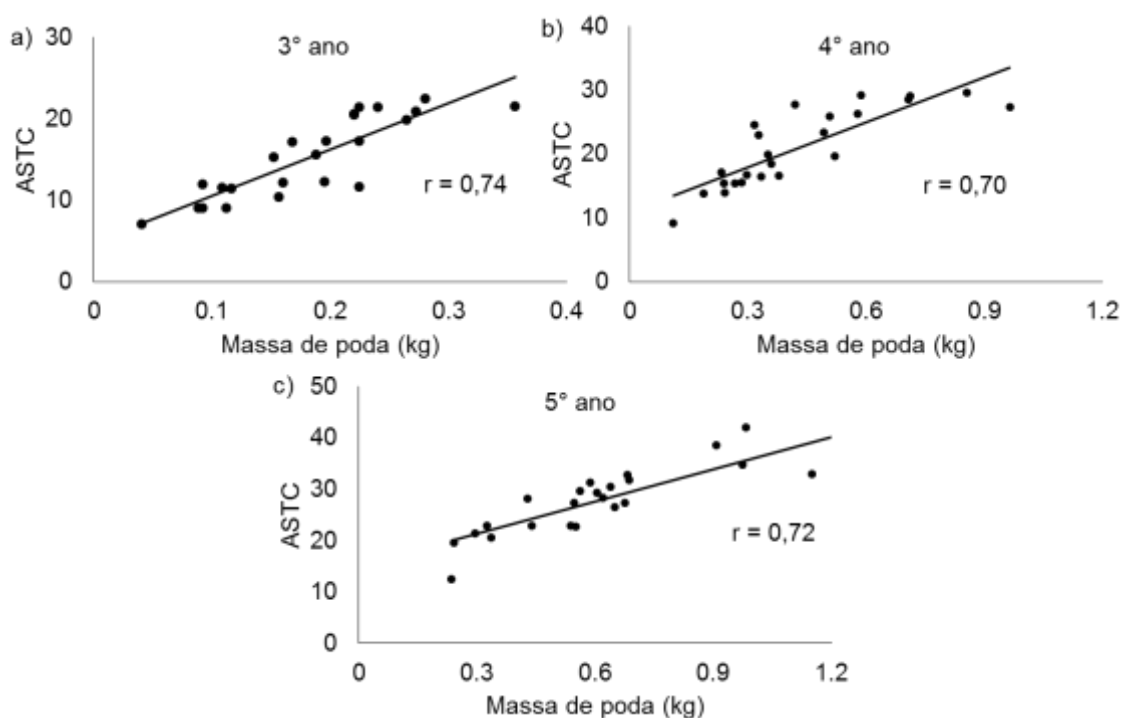


FIGURA 4. Correlação de Pearson entre massa de poda total (poda verde + poda de inverno) e área da secção transversal de caule (ASTC), no terceiro (a), quarto (b) e quinto (c) ano após o plantio, de 2011 a 2014. Vacaria/RS, 2018.

6.3.2 Trocas gasosas

A assimilação de CO_2 em folhas não diferiu entre as copas ou entre os porta-enxertos na avaliação realizada durante o verão de 2016. A condutância estomática, no entanto, foi superior na ‘Abate Fetel’, porém sem refletir de forma significativa na assimilação de CO_2 (Tabela 2).

TABELA 2. Assimilação de CO₂ e condutância estomática em folhas de pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', em janeiro de 2016, durante o 7º ano após o plantio, nas condições edafoclimáticas de Vacaria. Vacaria/RS, 2018.

Cultivar	Porta-enxerto	Assimilação ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		Condutância ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	
Abate Fetel	Adam's	7,56	ns	0,0808	ns
	Ba29	7,24		0,0737	
	EMC	7,08		0,0778	
	Média	7,29	NS	0,0774	A
Rocha	Adam's	6,56	ns	0,0687	ns
	Ba29	7,06		0,0638	
	EMC	6,95		0,0686	
	Média	6,86	NS	0,0670	B
CV (%)		10,99		11,16	

Letra maiúscula compara cultivares na média dos porta-enxertos de acordo com teste F. ns- não significativo.

A fotossíntese é um importante parâmetro fisiológico para avaliação do vigor e potencial produtivo (Bosa *et al.*, 2014). Alta fotossíntese pode não refletir diretamente em alto rendimento, pois depende da partição de carboidratos entre os órgãos dreno, enquanto a baixa fotossíntese pode apresentar impacto negativo sobre a produção (Losciale *et al.*, 2008). Dos fatores que limitam a fotossíntese, o estresse hídrico é um dos mais frequentes nos cultivos da região sul do Brasil. A limitação hídrica em pereiras afeta as trocas gasosas nas folhas, por consequência da redução na condutância estomática (Morandi *et al.*, 2014).

Em experimento com distintas taxas de irrigação, a pereira 'Abate Fetel' enxertada sobre 'Sydo' foi submetida a dois regimes hídricos: 100 % e 25 % da evapotranspiração (ET_o) (Morandi *et al.*, 2014). A irrigação de 25 % da ET_o provocou restrições na abertura estomática, causando redução da transpiração e da assimilação de CO₂. O estresse hídrico causou redução de 30 % na fotossíntese aos 95 dias após a plena floração (DAPF) e de 65 % aos 145 DAPF.

Como consequência, foram observadas reduções de mais de 47% na produtividade e mais 40% na massa média dos frutos.

De acordo com Morandi *et al.* (2014), a alteração de alguns parâmetros como a fotossíntese não são perceptíveis imediatamente após o início de estresse hídrico, porém outros fatores são mais sensíveis, como o fluxo no xilema e no floema dos frutos. Em condições de estresse hídrico, os fotossistemas podem ser estruturalmente danificados pelo estresse foto-oxidativo (Losciale *et al.*, 2008).

Estudos mostraram que porta-enxertos podem afetar a fotossíntese de pereiras. Losciale *et al.* (2008) observaram que a pereira 'Bosc' mostrou menor assimilação de CO₂, quando enxertada sobre 'EMC', comparado com um *seedling* de pereira. Bosa *et al.* (2014) observaram que folhas da pereira 'Conference' apresetaram maior taxa fotossintética quando enxertada sobre 'Pyrodwarf' comparado com plantas enxertadas sobre 'EMA'. Porém, no presente trabalho os resultados de fotossíntese foram similares entre as copas enxertadas sobre diferentes marmeleiros.

Os valores de assimilação de CO₂ observados no presente trabalho variaram de 6,56 a 7,56 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e são baixos em comparação a outros trabalhos. Possivelmente, a fotossíntese foi limitada pela baixa condutância estomática, a qual normalmente está associada à deficiência hídrica. Bosa *et al.* (2014) observaram valores de 11 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em folhas de 'Conference' sobre o 'EMA'. Losciale *et al.* (2008) observaram valores próximos a 10 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em folhas de 'Bosc' sobre o 'EMC'. Oliveira *et al.*, (2007) determinaram variação de 10 a 16 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de assimilação ao longo do ciclo, na pereira 'Rocha' sobre 'Ba29', em área irrigada. Silvestre *et al.* (2014),

também em área irrigada, observaram assimilação de cerca de $20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na 'Rocha', em quatro locais de Portugal e em quatro épocas de avaliação.

Desta forma, é possível que a assimilação de CO_2 esteja influenciada pela disponibilidade hídrica no solo, pois, além de os marmeleiros apresentarem um sistema radicular superficial (Machado, 2014), no presente trabalho não foi utilizado sistema de irrigação. Problemas relacionados à compatibilidade de enxertia também podem ter limitado a condutância de água pelo caule, como relatado por Losciale *et al.* (2008). Outros estudos são ainda necessários para verificar o desempenho das diferentes combinações em condições de disponibilidade hídrica adequada.

6.3.3 Fenologia, intensidade de floração e frutificação efetiva

As cultivares de pereira mostraram hábitos fenológicos diferentes entre si ao longo das safras avaliadas (Figura 5). 'Abate Fetel' apresentou época de brotação variando entre o final de agosto e o início de setembro. Já a plena floração ocorreu em meados de setembro. Na 'Rocha' a brotação ocorreu em meados de setembro e a plena floração no final de setembro. Com relação aos porta-enxertos, nenhum efeito significativo foi observado sobre as épocas de brotação e floração das pereiras.

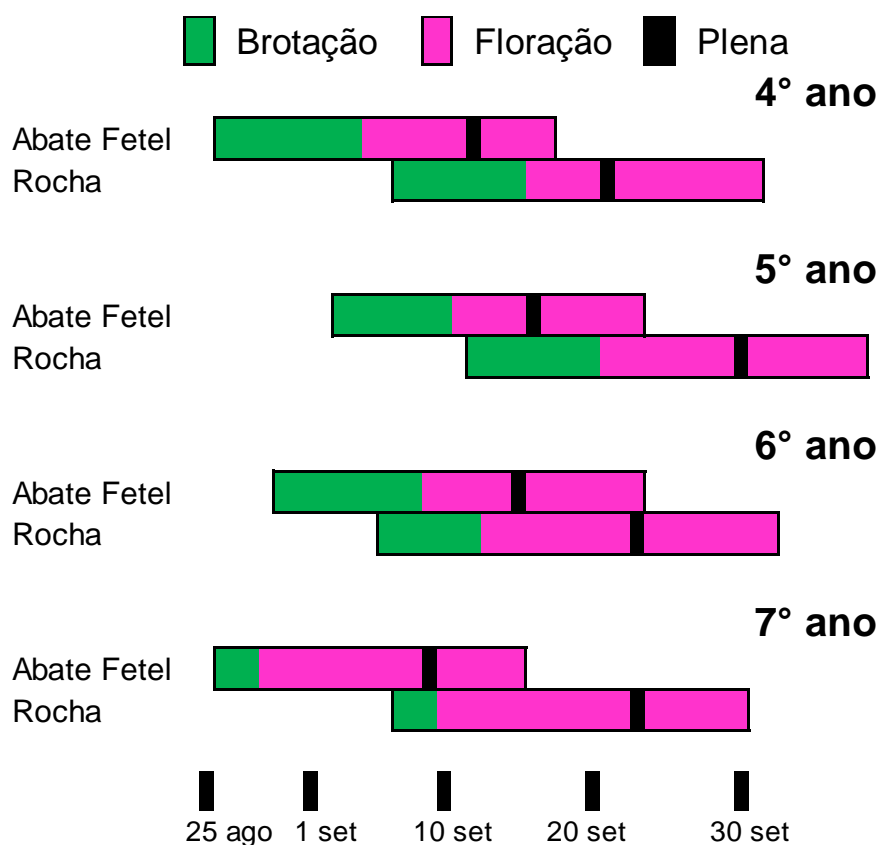


FIGURA 5. Época de brotação e de floração das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, do quarto ao sétimo ano após o plantio, de 2012 a 2016, nas condições de Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.

Castro (2013) observou nas condições climáticas de São Francisco de Paula, que o início de brotação da 'Abate Fetel' foi precoce em comparação com outras cultivares, iniciando na primeira quinzena de setembro, cerca de dez dias antes do início de brotação da 'Packham's Triumph', cultivar que nas condições do presente estudo floresce próximo à 'Rocha'.

Diferenças na época de floração entre diferentes cultivares estão relacionadas com suas exigências de acúmulo em horas de frio para a superação da endodormência. As cultivares diferem em suas rotas fisiológicas envolvidas com a dormência. Hussein *et al.* (2015) observaram que a profundidade da dormência variou entre as cultivares. A cultivar Cuiguan (*Pyrus pyrifolia*) de baixa exigência em frio mostrou menor profundidade de dormência, exibindo brotação

de gemas mesmo nos ramos coletados durante o período de repouso hibernar e submetidos a condições favoráveis à brotação. Já a 'Wonhwang', de maior exigência de frio, não mostrou brotação em algumas épocas de coleta e exibiu baixa velocidade de brotação em outras épocas. Os autores observaram também que na cultivar de menor exigência em frio ocorreu um pico de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) nos meristemas florais cerca de um mês antes da cultivar de maior exigência.

A presença de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o H_2O_2 , tem sido associada com a regulação da dormência de gemas. Seus níveis aumentam em resposta aos estresses, como por frio, o que faz com que diferentes rotas enzimáticas e não-enzimáticas sejam ativadas para evitar os danos celulares em gemas (Hussein *et al.*, 2015). Dentre as enzimas envolvidas no controle dos níveis de EROs, a superóxido dismutase (SOD), a peroxidase (POD) e a ascorbato peroxidase (APX) apresentaram alta atividade durante a dormência de gemas de pereira, porém quando os níveis de H_2O_2 se tornaram altos, próximo ao período de superação da endodormência, a atividade dessas enzimas reduziu (Hussein *et al.*, 2015).

Já a expressão relativa de genes para desidrinas, proteínas associados com aclimatação ao frio e proteção dos meristemas durante a dormência, aumentou no período em que houve aumento de H_2O_2 , sendo o comportamento diferente entre duas cultivares com exigências diferentes em frio (Hussein *et al.*, 2015).

As diferenças fisiológicas entre cultivares em função de suas exigências em frio afetam o período de retorno da água para os meristemas, que ocorre após a endodormência. À medida que a necessidade de frio de cada cultivar é

suprida, os plasmodesmos, canais que fazem a ligação simplástica entre células adjacentes e que transportam água e um grande número de moléculas, são desobstruídos, o que permite o influxo de água e a retomada das atividades metabólicas (Marafon *et al.*, 2011).

De acordo com Brighenti (2012), as pereiras ‘Rocha’ e ‘Abate Fetel’ apresentaram exigência de frio semelhante, variando de 800 a 900 horas de frio, em testes realizados com estacas. Desta forma, a diferença no período de brotação observado em nossas condições, onde ‘Abate Fetel’ iniciou a brotação cerca de 10 a 15 dias antes em relação à ‘Rocha’, poderia estar relacionado a diferenças na exigência térmica, expressa como acumulado de graus dia.

Em pessegueiro, algumas cultivares apresentaram grandes diferenças em relação à necessidade de acúmulo de graus dia para o início de floração. Isso resultou em alteração do período de floração mesmo em cultivares com exigência semelhante de acúmulo de frio (Citadin *et al.*, 2001; 2003).

Os porta-enxertos também podem influenciar o hábito fenológico da copa. Em pessegueiros, diferentes porta-enxertos induziram diferentes épocas de floração, refletindo também em alteração na época de colheita (Beckman *et al.*, 1992; Durner & Goffreda, 1992). A forma como alguns porta-enxertos atrasam o período de brotação e floração pode estar relacionada com o aumento do requerimento de frio da copa (Durner & Goffreda, 1992). Nesse caso, segundo os autores, os porta-enxertos podem induzir aumento na “profundidade” de dormência, o que resultaria em maior requerimento em frio.

Assim, o influxo de água nos meristemas durante a primavera também atrasaria, retardando a brotação. Porém, para os porta-enxertos avaliados nesse estudo nenhum efeito significativo foi observado sobre os períodos de brotação,

floração, colheita ou queda natural de folhas. Da mesma forma, Iglesias *et al.*, (2003) também não observaram efeito de porta-enxerto sobre a época de floração. Necas *et al.* (2015) comparando diferentes porta-enxertos de *Pyrus* e marmeleiros concluíram que havia pouco efeito sobre a época de floração de cultivares de pereira.

O número de cachos florais por planta diferiu entre as copas e entre os porta-enxertos, mas sem interação entre os fatores (Figura 6). No que se refere às copas, 'Rocha' apresentou maior número de cachos florais no sexto ano, enquanto que 'Abate Fetel' mostrou maior número no sétimo ano. O efeito de porta-enxerto foi observado apenas no sexto ano, na média das copas, onde 'Adam's' induziu maior número de cachos florais em relação a 'EMC' e 'Ba29'.

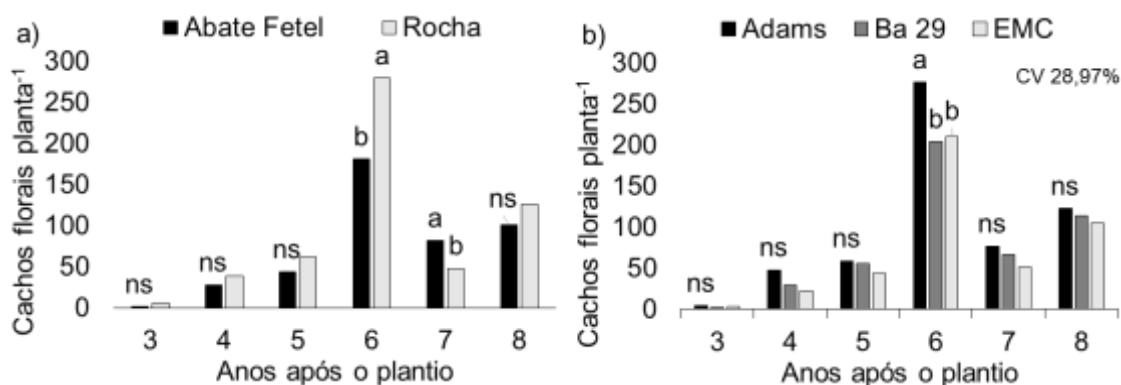


FIGURA 6. Número de cachos florais por planta das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre diferentes marmeleiros, do terceiro ao oitavo ano, 2011 a 2017, nas condições de Vacaria/RS. a) copas na média dos marmeleiros; b) Média das copas sobre os três marmeleiros. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.

As alterações observadas no número de cachos florais durante o sexto ano após o plantio se mostraram relacionadas com o vigor das plantas, expresso pela ASTC, e pela produção de frutos no quinto ano, quando o processo de formação das gemas florais ocorreu (Figura 7).

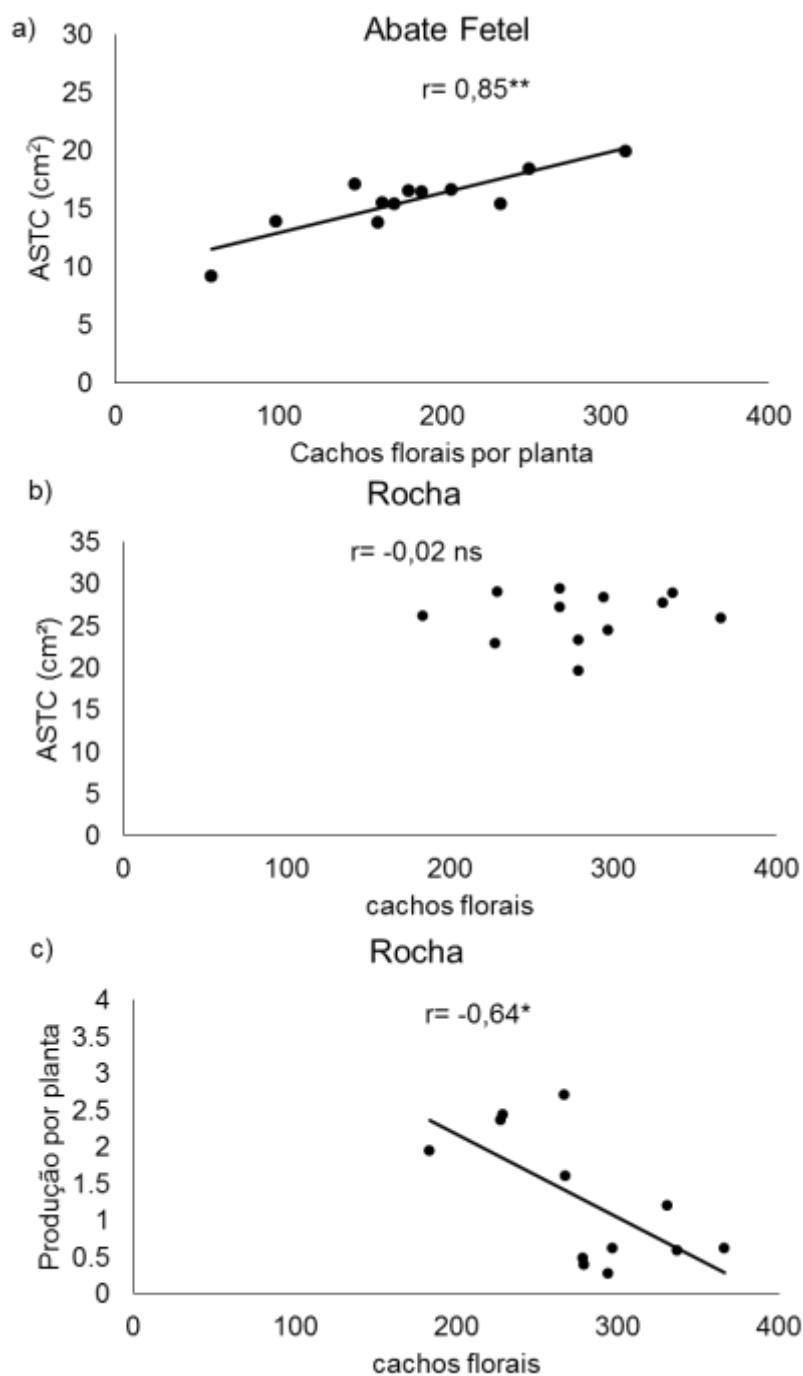


FIGURA 7. a) Correlação de Pearson entre o número de cachos florais por planta no sexto ano e a área da secção transversal de caule (ASTC) do quinto ano na pereira 'Abate Fetel'. b) correlação entre o número de cachos florais por planta no sexto ano e ASTC e produção por planta no quinto ano na pereira 'Rocha'.

No caso da 'Abate Fetel', quanto maior foi a ASTC no quinto ano maior foi a floração do sexto ano (Figura 7a). Dos fatores que afetam a formação de

gemas florais, o excesso de vigor é um dos que pode impactar negativamente, devido a competição por carboidratos com os órgãos vegetativos em crescimento. Porém, a correlação observada indica que a falta de vigor foi limitante à obtenção de maiores florações.

Na 'Rocha' o número de cachos florais não apresentou correlação com a ASTC (Figura 7b). O principal fator associado com o número de cachos florais foi produção na safra anterior (Figura 7c). A produção de frutos compete por carboidratos com os demais órgãos dreno, provocando a redução na intensidade de floração da safra seguinte (Embree *et al.*, 2007; Ding *et al.*, 2017).

A frutificação efetiva diferiu entre as duas pereiras (Tabela 3). 'Abate Fetel' praticamente não produziu frutos, enquanto que a 'Rocha' apresentou grande variação de frutificação ao longo das safras (Tabela 3). Porta-enxertos não afetaram a frutificação.

TABELA 3. Frutificação efetiva das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre diferentes marmeleiros, do terceiro ao oitavo ano após o plantio, em Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.

Copa	PE	Frutos cacho floral ⁻¹											
		3°		4°		5°		6°		7°		8°	
Abate	Adam's	0,01	ns	0,05	ns	0,00	ns	0,00	ns	0,00	ns	0,00	ns
	Ba29	0,00		0,23		0,00		0,00		0,00		0,00	
	EMC	0,00		0,04		0,00		0,00		0,00		0,00	
	Média	0,00	B	0,10	B	0,00	B	0,00	B	0,00	B	0,00	B
Rocha	Adam's	0,32	ns	1,17	ns	0,24	ns	0,42	ns	0,71	ns	0,74	ns
	Ba29	0,34		1,07		0,14		0,33		0,61		0,69	
	EMC	0,32		1,28		0,25		0,43		0,76		0,83	
	Média	0,33	A	1,17	A	0,21	A	0,39	A	0,70	A	0,75	A
CV													48,32

Letra maiúscula indica diferença significativa entre copas, de acordo com o teste F a 5 % de probabilidade de erro; ns- não significativo.

Valores extremamente baixos de frutificação efetiva da 'Abate Fetel' também foram observados por Castro (2012). De acordo com o autor, houve falta de sincronia no período de floração da 'Abate Fetel' com outras cultivares e os poucos frutos produzidos não apresentaram sementes viáveis, indicando formação partenocárpica. Em nossas condições experimentais, apenas plantas da pereira 'Forelle', implantadas próximo ao experimento, coincidiram com floração no mesmo período, porém a intensidade de floração dessa cultivar foi baixa.

Na 'Rocha' vários fatores podem estar relacionados com as variações de frutificação efetiva ao longo das safras. Um aspecto a ser considerado é que na quantidade de cachos florais por planta também houve grandes variações ao longo dos anos. Em anos com grande número de cachos florais é comum observar-se redução na frutificação efetiva, por falta de carboidratos para suprir toda a demanda dos órgãos em crescimento (Ding *et al.*, 2017). Por exemplo, no sexto ano, 'Rocha' mostrou em média 275 cachos florais por planta e a frutificação foi de apenas 0,39 frutos por cacho, o que foi suficiente para proporcionar alta produtividade. Porém, no ciclo seguinte o número de cachos florais por planta foi baixo, apenas 45,7, mas a frutificação foi mais alta, de 0,70 fruto por cacho, o que resultou em baixo rendimento.

A eficiência dos processos de polinização e fertilização do óvulo também pode ter sido afetada pelas condições ambientais durante o período de floração. Luz (2016) observou que as condições climáticas de Vacaria se mostraram desfavoráveis aos processos de polinização e fertilização, com a ocorrência de períodos chuvosos e de temperaturas próximas a 0°C. A produção de frutos observada pelo autor para a 'Rocha' também foi baixa. Da mesma forma,

Sezerino (2014) observou frutificação baixa em pereiras 'Rocha' em condições similares.

No presente trabalho, a floração da 'Rocha' tem apresentado boa sincronia com a cultivar Packham's Triumph ao longo dos anos, assim como observado por Sezerino (2014). A distância das plantas de 'Rocha' em relação à fila da polinizadora ('Packham's Triumph') mostrou grande impacto sobre a frutificação (Figura 8).

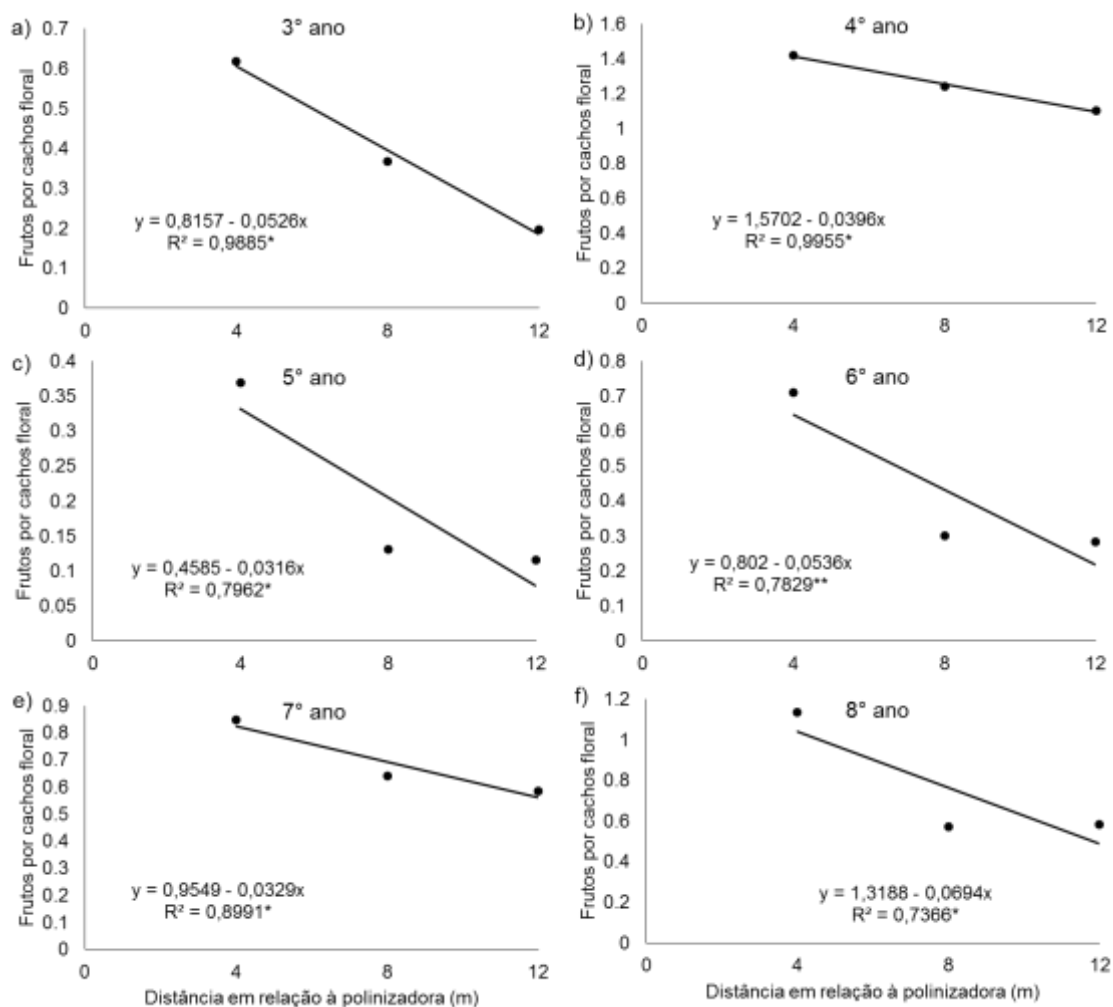


FIGURA 8. Frutificação efetiva de plantas da pereira 'Rocha' em relação à distância de plantas da polinizadora da pereira 'Packham's Triumph', no 3º (a), 4º (b), 5º (c), 6º (d), 7º (e) e 8º (f) ano após o plantio. Vacaria/RS, 2018.

Plantas localizadas na fila ao lado da fila da polinizadora exibiram frutificação mais alta em todas as safras, enquanto as mais distantes apresentaram drástica redução de frutificação. Isso deve ser um importante fator a ser levado em consideração na implantação de novos pomares.

Outro fator relacionado à variação de frutificação ao longo das safras pode ter sido a variação na qualidade do pólen. Alterações na quantidade e na taxa de germinação têm sido observadas ao longo das safras, refletindo na quantidade de pólen por óvulo, o que é importante para a boa frutificação (Sezerino, 2014; Zhang *et al.*, 2010).

Problemas no processo de polinização estão relacionados à baixa produtividade de pereiras no Brasil. Embora, em algumas safras, o abortamento floral ocorra mais intensamente em algumas cultivares, na 'Rocha' isso é pouco expressivo e, geralmente, a produtividade irregular está relacionada à baixa frutificação efetiva. Esta cultivar apresenta baixa capacidade de formação de frutos partenocárpicos e a polinização com pólen compatível é fundamental para assegurar produções comercialmente satisfatórias (Sezerino, 2014; Luz, 2016).

Nas condições de Vacaria, Luz (2016) observou que a 'Rocha' produziu 11 toneladas ha^{-1} em condições de polinização aberta. Quando polinizada manualmente, com pólen de 'Packham's Triumph' ou de *Pyrus calleryana*, a produtividade atingiu 66,7 e 72,9 toneladas ha^{-1} , respectivamente. No ciclo seguinte, a polinização manual com pólen de 'Packham's Triumph' proporcionou novamente alta produtividade, próximo a 50 toneladas ha^{-1} . Aplicações de reguladores de crescimento mostraram resultado satisfatório apenas em uma das safras, mas o desempenho foi inferior à polinização manual. Sezerino (2014) também observou aumento significativo na fixação de frutos da 'Rocha', em

resposta à polinização manual, tanto utilizando pólen de 'Housui' como de 'Packham's Triumph'.

Embora eficiente, a polinização manual é difícil de ser aplicada comercialmente. Outras técnicas podem ser utilizadas para assegurar uma boa polinização e alta taxa de frutificação. Uma alternativa seria a polinização via pulverização de pólen diluído em água. Sakamoto *et al.* (2009) avaliou a aplicação desta técnica em pereira japonesa 'Kosui' e observou que o pólen na concentração de 0,3 % (m/v) combinado com 0,1 mg L⁻¹ de metilesterase ou poligalacturonase, 0,04 % de goma xantana e 10 % de sacarose, aplicado por meio aquoso, foi efetivo em aumentar a frutificação de 42 a 76 %, dependendo da safra, apresentando resultados comparáveis com a polinização manual. Além disso, comparado com polinização manual, a pulverização de pólen demandou menos da metade do tempo para a realização e somente cerca de um terço do pólen, o que indica que essa prática pode ser viável para assegurar boa frutificação. Porém, a tecnologia de aplicação deve ser corretamente utilizada para que o resultado seja efetivo. Luz (2016) não observou aumento de frutificação 'Rocha' em resposta à pulverização de pólen, porém atribuiu o resultado a possíveis falhas nos processos de preparação e aplicação que podem ter prejudicado a viabilidade do pólen.

Os resultados de trabalhos sobre a frutificação efetiva sugerem que a alteração na distribuição de polinizadoras no pomar poderia resultar em melhores resultados de produção. No presente experimento, as plantas de 'Rocha' da fila ao lado da polinizadora (4 metros de distância), na média dos porta-enxertos, produziram 103 ton ha⁻¹ no acumulado até o oitavo ano após o plantio (dados não apresentados), enquanto que na segunda (8 metros distante)

e terceira fila (12 metros distante), o acumulado foi de 75 e 83 ton ha⁻¹, respectivamente.

Desta forma, poderia ser projetada uma nova distribuição de polinizadoras no pomar, por exemplo de duas filas da 'Rocha' alternada com uma fila da polinizadora, ou de plantas distribuídas na linha de 'Rocha'. Porém, destaca-se que futuros experimentos serão necessários para testar tanto os aspectos ligados à distribuição de polinizadoras no pomar, como as cultivares com melhor aptidão como polinizadoras. Técnicas para suplementação de pólen, principalmente em anos com condições climáticas desfavoráveis à polinização por insetos, também poderiam ser úteis para assegurar a adequada frutificação.

6.3.4 Produtividade e tamanho de fruto

A produção de frutos iniciou no terceiro ano após o plantio na 'Rocha' e no quarto ano na 'Abate Fetel' (Tabela 4). Não houve diferença significativa de produtividade entre os porta-enxertos, apenas entre as copas.

TABELA 4. Produtividade de frutos das pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre diferentes marmeleiros, do terceiro ao oitavo ano após o plantio, de 2011 a 2017, em Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.

Copa	PE	Produtividade (ton ha ⁻¹)										Total
		3°	4°	5°	6°	7°	8°					
Abate	Adams	0,0 ns	0,8 ns	0,1 ns	0,0 ns	0,0 ns	0,0 ns	0,9 ns				
	Ba29	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7				
	EMC	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2				
	Média	0,0 B	0,6 B	0,0 B	0,0 B	0,0 B	0,0 B	0,0 B				
Rocha	Adams	0,5 ns	17,0 ns	3,0 ns	38,2 ns	7,1 ns	31,2 ns	97,0 ns				
	Ba29	0,5	10,0	2,8	31,7	9,4	24,4	78,8				
	EMC	0,6	11,3	3,7	39,9	4,8	24,9	85,2				
	Média	0,5 A	12,8 A	3,2 A	36,6 A	7,1 A	26,8 A					
CV (%)		47,85										

Letra maiúscula compara copas na média dos porta-enxertos, de acordo com o teste F a 5 % de probabilidade de erro; ns- não significativo.

A 'Rocha' alternou a produção ao longo das safras, em função de variações no número de cachos florais e na taxa da frutificação efetiva.

A produtividade média anual observada de 12,8 ton ha⁻¹ no quarto ano pode ser considerada satisfatória para plantas jovens, pois nas estatísticas das últimas safras o rendimento médio dos pomares brasileiros de pereiras têm variado de 11,7 a 13,1 ton ha⁻¹ (FAOSTAT, 2017). No entanto, no 5º ano o rendimento médio foi de apenas 3,2 ton ha⁻¹. Esta redução está relacionada à baixa frutificação nesta safra, pois o número de cachos florais por planta mostrou-se semelhante entre o 4º e 5º ano. Um aspecto a ser considerado é que 12,8 ton ha⁻¹ no quarto ano após o plantio pode ter sido uma carga superior à capacidade das plantas, as quais estavam ainda em fase de formação da copa.

A alta carga de frutos reduz o acúmulo de nitrogênio e carboidratos em folhas, ramos e raízes (Ding *et al.* 2017). Reconhecidamente, a redução de carboidratos em raízes impacta negativamente na frutificação (Lopez *et al.*, 2007). Desta forma, a baixa frutificação no 5º ano pode ser consequência de falhas no processo de polinização ou também falta de carboidratos para suprir a demanda dos órgãos em desenvolvimento até que as folhas se tornassem capazes de suprir as demandas da planta.

No 6º ano foi observado o maior desempenho produtivo, 36,6 ton ha⁻¹. Porém, esta carga de frutos foi excessiva e prejudicou a formação de cachos florais no ano seguinte, o que refletiu em produção de apenas 7,1 ton ha⁻¹. No oitavo ano o rendimento foi novamente satisfatório na 'Rocha', cerca de 26,8 ton ha⁻¹, ilustrando a grande alternância entre as safras.

A produtividade da 'Abate Fetel' foi extremamente baixa em todas as safras. Isto está relacionado à baixa frutificação, pois o número de cachos florais

na maioria das safras foi semelhante ao da 'Rocha'. Como a floração da 'Abate Fetel' ocorre mais cedo, houve falta de sincronia de florescimento com outras cultivares e isso possivelmente teve grande impacto.

No Brasil, são escassos os trabalhos avaliando a produção de pereiras sobre diferentes porta-enxertos. Rufato *et al.* (2012) observaram produtividade de aproximadamente 15 ton ha⁻¹ para 'Abate Fetel', também nas condições de Vacaria. Porém, os autores avaliaram somente um ano de produção. Luz (2016), trabalhando também com 'Abate Fetel', observou produtividade de 3 ton ha⁻¹ em duas safras avaliadas, nas condições de Vacaria. Pasa *et al.* (2011) observaram produtividade acumulada em duas safras de apenas 20 ton ha⁻¹ para as pereiras 'William's', 'Carrick' e 'Packham's Triumph', com sete anos de idade, sobre diferentes porta-enxertos. Pasa *et al.* (2015) observaram produtividade anual de apenas 4 ton ha⁻¹ em pereiras 'Rocha' e 'Santa Maria', sobre 'Adam's', em diferentes espaçamentos. Luz (2016) observou baixa produtividade de 'Rocha' (11 ton ha⁻¹) em pomar adulto e com polinização aberta. Segundo o autor, a polinização manual provocou grande incremento produtivo, de 50 ton ha⁻¹ e 67 ton ha⁻¹ em duas safras. Pasa *et al.* (2017) observaram produtividade média anual variando de 9 a 15 t ha⁻¹ em 'Carrick' sobre diferentes marmeleiros, em Capão do Leão/RS.

Na Europa, o número de trabalhos envolvendo o desempenho de porta-enxertos na cultura da pereira é expressivo. Iglesias *et al.* (2003) observaram que nas condições de Lleida, a produtividade da pereira 'Conference' foi maior quando enxertada sobre 'Sydo' e 'EMC'. Foram cerca de 14 ton ha⁻¹ ano⁻¹, considerando até o 5º ano após o plantio. Já nas condições de Girona, os autores observaram melhor desempenho da 'Conference' sobre 'OHxF 87' e 'Adam's',

respectivamente de 16,2 e 15,7 ton ha⁻¹ ano⁻¹ até o 10º ano. Lanar *et al.* (2015) observaram produtividade média anual de 22,2 ton ha⁻¹ para 'Conference' enxertada sobre 'OHxF 69', 21,3 ton ha⁻¹ ano⁻¹ sobre 'OHxF 87' e 20,9 ton ha⁻¹ ano⁻¹ sobre 'Ba29', em 15 safras, na República Checa. Já Cabrera *et al.* (2015), nas condições do Uruguai, observaram produtividade média de 20 ton ha⁻¹ para 'William's' sobre diferentes porta-enxertos, na média de oito safras.

No presente trabalho a produtividade média anual da 'Rocha' foi de 16,2 ton ha⁻¹ sobre 'Adam's', 14,2 ton ha⁻¹ sobre 'EMC' e 13,1 ton ha⁻¹ sobre 'Ba29'. Comparado com os trabalhos citados o desempenho produtivo pode ser considerado satisfatório, pois as avaliações envolveram as primeiras safras.

Nas seis safras analisadas, em três delas o número de cachos florais por planta foi um fator determinante à obtenção dos maiores rendimentos. No terceiro, quarto e sétimo ano após o plantio, houve alta correlação positiva entre o número de cachos florais por planta e a produção de frutos (Tabela 5). Nestas safras as plantas que apresentaram maior intensidade de floração, expressa em número de cachos florais por planta, foram as que apresentaram as maiores produções de frutos.

No sétimo ano houve correlação positiva entre a ASTC e o número de cachos florais por planta (Tabela 5). Neste ano, as plantas com maior ASTC, ou seja com maior crescimento vegetativo, produziram também maior número de cachos florais por planta, o que refletiu em maior produção. Na safra anterior, sexto ano, a produção foi elevada, o que sabidamente reduz o crescimento vegetativo e pode reduzir a formação de estruturas reprodutivas para o ciclo seguinte (Embree *et al.*, 2007) Desta forma, o maior crescimento vegetativo mostrou-se associado a maior produção no sétimo ano.

TABELA 5. Correlação de Pearson entre o número de cachos florais por planta e a produção, do 3º ao 8º ano, entre as safras 2011 e 2017. Vacaria/RS, 2018.

		kg planta ⁻¹					
		3º ano	4º ano	5º ano	6º ano	7º ano	8º ano
Cachos florais	3º ano	0,85 *					
	4º ano		0,88 **				
	5º ano			-0,35 ns			
	6º ano				-0,52 ns		
	7º ano					0,86 *	
	8º ano						0,12 ns
		Cachos florais por planta					
		3º ano	4º ano	5º ano	6º ano	7º ano	8º ano
ASTC (cm ²)	3º ano	0,36 ns					
	4º ano		0,48 ns				
	5º ano			0,38 ns			
	6º ano				0,11 ns		
	7º ano					0,71 **	
	8º ano						0,24 ns
		Produção (kg planta ⁻¹)					
		3º ano	4º ano	5º ano	6º ano	7º ano	8º ano
Frutificação	3º ano	0,79 **					
	4º ano		-0,038 ns				
	5º ano			0,92 **			
	6º ano				0,36 ns		
	7º ano					-0,018 ns	
	8º ano						0,73**
		Cachos florais por planta					
		3º ano	4º ano	5º ano	6º ano	7º ano	8º ano
Frutificação	3º ano	-0,053 ns					
	4º ano		-0,47 ns				
	5º ano			-0,60 *			
	6º ano				-0,72 **		
	7º ano					-0,39 ns	
	8º ano						-0,68 *

*significativo a 5% de probabilidade de erro; ** significativo a 1% de probabilidade de erro.

A frutificação efetiva foi também uma variável com alta correlação com a produção de frutos (Tabela 5). No terceiro, quinto e oitavo ano após o plantio, a alta frutificação coincidiu com a obtenção das produções mais elevadas. Houve também a correlação entre a frutificação efetiva e o número de cachos florais por

planta. No quinto, sexto e oitavo ano após o plantio, nas plantas com maior número de cachos florais ocorreu menor frutificação efetiva. Nestas safras, fatores como a competição por carboidratos entre os órgãos dreno e a concentração de carboidratos durante o período de floração e início de frutificação podem ter exercido forte impacto sobre a taxa final de frutificação.

A massa fresca de frutos da ‘Rocha’ mostrou variações ao longo das safras (Tabela 6). De uma forma geral, a massa fresca dos frutos foi baixa, variando de 91,4 a 108,1 g. Não foram observadas diferenças significativas de massa de frutos entre os porta-enxertos.

TABELA 6. Massa fresca de fruto (MFF) da pereira ‘Rocha’ enxertada sobre diferentes marmeleiros, do terceiro ao oitavo ano após o plantio, em Vacaria/RS. Vacaria/RS, 2018.

	MFF (g)											
	3°		4°		5°		6°		7°		8°	
Adam's	99,1	ns	100,8	ns	102,5	ns	106,9	ns	89,2	ns	104,5	ns
Ba29	94,3		108,4		111,6		125,7		94,7		116,1	
EMC	100,4		104,1		99,3		100,8		90,5		103,8	
Média	97,9	AB	104,4	AB	104,5	AB	111,1	A	91,4	B	108,1	A

Letra maiúscula compara as safras na média dos porta-enxertos, de acordo com teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro; ns- não significativo.

Os valores de massa fresca de fruto da cultivar Rocha são semelhantes aos observados por Pasa *et al.* (2015) e Luz (2016). Porém, os valores foram muito baixos comparados com os resultados de Oliveira *et al.* (2007), que observaram frutos de ‘Rocha’ variando de 120 a 160 g em função de diferentes regimes de irrigação. Mota (2014) verificou frutos de ‘Rocha’ com massa variando de 94 a 159 g, em três safras, sobre diferentes sistemas de condução.

A porcentagem de frutos da ‘Rocha’ por classe de diâmetro também não foi afetada pelos porta-enxertos (Figura 9).

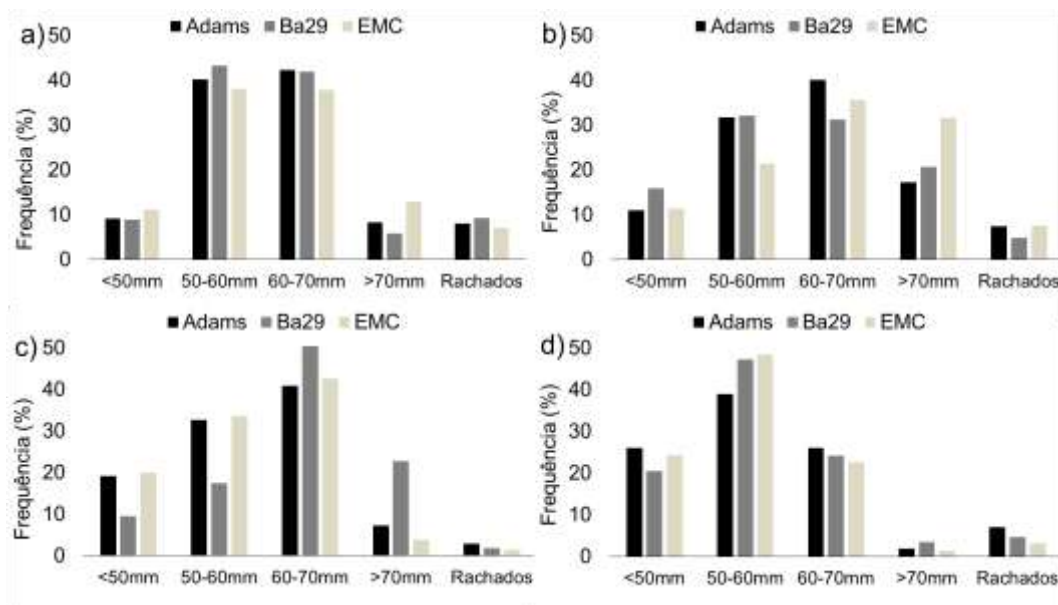


FIGURA 9. Frequência de frutos em classes de diâmetro ou com a presença de rachaduras, da pereira 'Rocha' enxertada sobre diferentes marmeleiros, no 4º (a), 5º (b), 6º (c) e 7º (d) ano após o plantio, de 2012 a 2016. Vacaria/RS, 2018.

Segundo Oliveira *et al.* (2007), o tamanho dos frutos da 'Rocha' é importante para a comercialização, sendo que os frutos menores de 60 mm têm baixa valorização no comércio. Os autores observaram que ao submeter pereiras 'Rocha' enxertadas sobre 'Ba29' à redução de 40 % da dose irrigação, a frequência de frutos em classes menores de 60 mm de diâmetro foi superior a 50 %. Quando se aplicou a dose completa de irrigação, esta frequência reduziu-se para apenas 15 %. Souza & Calouro (2007), avaliando diferentes porta-enxertos para pereira 'Rocha' e com uso de irrigação por gotejamento em Portugal, observaram que a frequência de frutos abaixo de 60 mm variou 40 a 45 %, considerando apenas os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC'. No presente trabalho, frutos com menos de 60 mm representaram valores próximos a 50%, na maioria das safras.

O baixo calibre foi relacionado com o alto número de frutos por planta somente em duas safras, no 6º e 8º ano após o plantio (Figura 10).

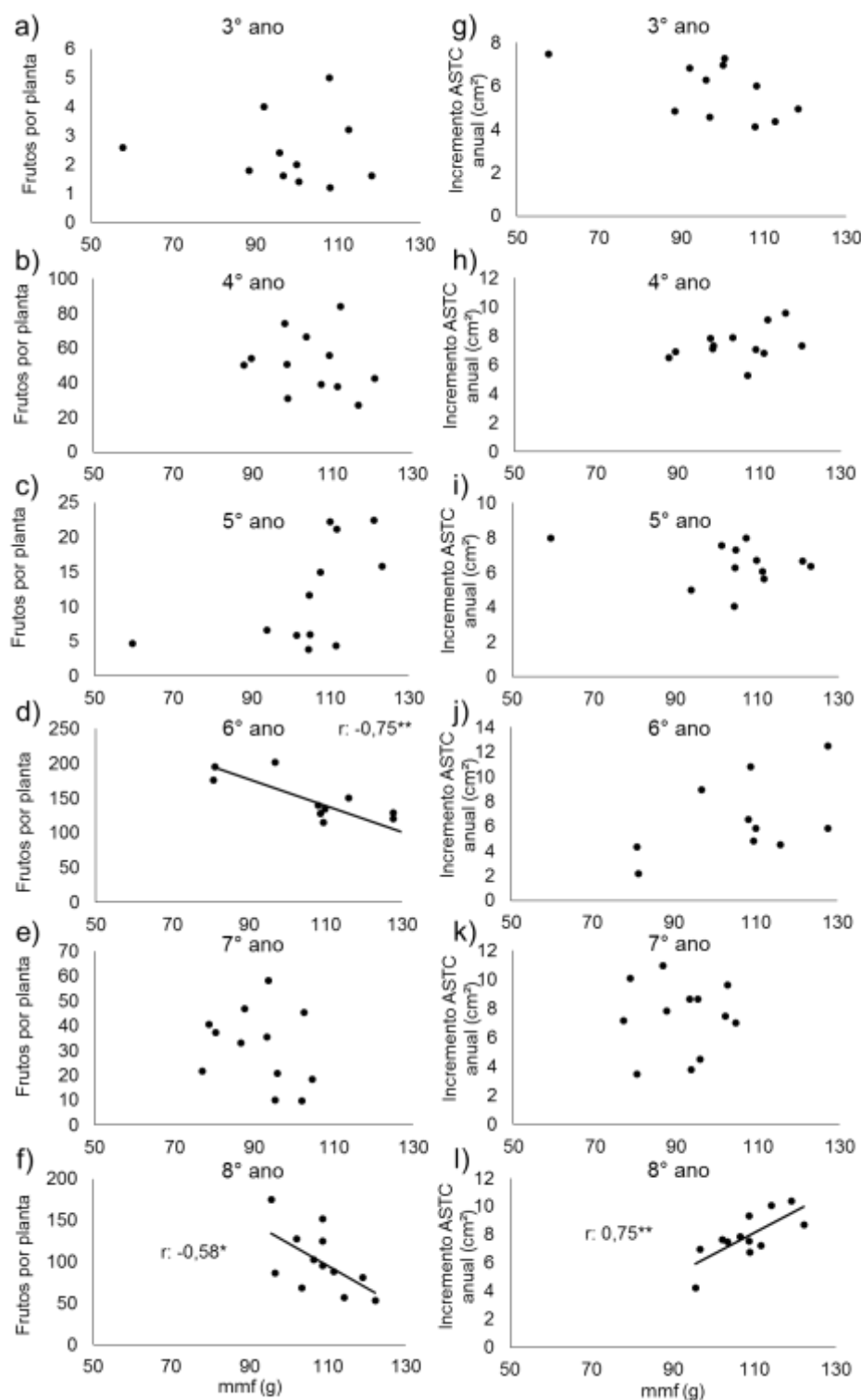


FIGURA 10. Correlação de Pearson entre massa fresca de fruto e o número de frutos por planta no 3º ano (a), 4º ano (b), 5º ano (c), 6º ano (d), 7º ano (e) e 8º ano (f), ou entre a massa fresca de fruto e o incremento anual de área transversal de caule no 3º ano (g), 4º ano (h), 5º ano (i), 6º ano (j), 7º ano (k) e 8º ano (l). *coeficiente de correlação significativo a 5 % e ** significativo a 1 %. Quando não significativa a correlação, não são apresentadas linhas de tendência. Vacaria/RS, 2018.

Nas demais safras, mesmo com baixa carga de fruto, o calibre não incrementou. Já o crescimento vegetativo, expresso aqui pelo incremento anual de ASTC, mostrou correlação com a massa de fruto apenas no 8º ano. Nesta safra, o maior calibre de frutos mostrou relação com o maior incremento de ASTC.

Ao longo das safras foram observadas rachaduras nos frutos, que variaram de pequenas fissuras até grandes, com exposição de toda a polpa. A frequência de rachaduras visíveis macroscopicamente variou de 2,06 a 8,11% dos frutos produzidos, sem apresentar diferenças consideráveis entre os porta-enxertos (Figura 9).

A rachadura pode ocorrer em diferentes períodos do desenvolvimento dos frutos, facilitando a entrada de doenças e pragas, e prejudicando a comercialização. Fatores genéticos, como tamanho e formato dos frutos; fatores ambientais, como temperatura e umidade; e fatores culturais são associados com a ocorrência de rachaduras (Khadivi-Khub, 2015).

Dos fatores ambientais, a oscilação da disponibilidade hídrica no solo, é um dos principais fatores causadores da rachadura de frutos, principalmente quando há variação de muito seco a úmido (Peet, 1992). Isso pode causar alterações nas propriedades mecânicas da casca, como aumento na rigidez e espessura, fazendo com que, após o período de estresse, a casca não suporte a tensão provocada pelo aumento de pressão de turgor da polpa, provocando o rompimento e a formação de rachaduras (Galindo *et al.*, 2014). Quando a rachadura de frutos está associada com o estresse hídrico, a alternativa seria o uso de sistemas de irrigação, o que resultaria em maior regularidade na disponibilidade hídrica, minimizando este problema, além de proporcionar

aumento no calibre dos frutos e incremento no crescimento vegetativo, o que neste estudo de uma forma geral foi abaixo do esperado. Outro aspecto que pode prevenir a rachadura é a manutenção de um balanço nutricional adequado, principalmente aumentando a concentração de cálcio nos frutos (Peet, 1992).

6.4 Conclusões

‘Abate Fetel’ apresenta baixa produtividade nas condições de Vacaria, devido aos problemas de frutificação.

‘Rocha’ apresenta produtividade satisfatória, porém com alternância de produção, relacionada com problemas de frutificação em algumas safras e baixo número de cachos florais em outras. Plantas distantes mais de 4 metros da polinizadora apresentaram grande redução de frutificação efetiva. Os frutos produzidos apresentam baixo calibre e alta frequência de rachaduras.

Os diferentes marmeleiros afetam o crescimento vegetativo apenas nos anos iniciais, mas não influenciam de forma significativa o rendimento. ‘Adam’s’ proporciona maior crescimento vegetativo na fase inicial e induz maior formação de cachos florais em algumas safras.

6.5 Referências bibliográficas

BECKMAN, T. G.; OKIE, W. R.; MEYERS, S. C. Rootstock affect bloom date and fruit maturation of Redhaven Peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 3, p. 377-379, 1992.

BOSA, K. et al. Evaluating the effect of rootstocks and potassium level on photosynthetic productivity and yield of pear trees. **Russian Journal of Plant Physiology**, Nova York, v. 61, n. 2, p. 231-237, 2014.

BRIGHENTI, L. M. **Determinação da exigência de horas de frio para a superação da dormência em diferentes cultivares de pereira**. 2012. 85 f. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro

de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

CABRERA, D.; RODRÍGUEZ, P.; ZOPPOLO, R. Evaluation of quince and elected 'Farold®' pear rootstocks for commercial 'Williams BC' production in Uruguay. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 1094, p. 159-162, 2015.

CASTRO, B. **Estudo sobre a biologia reprodutiva e o uso de fitorreguladores em pereiras europeias**. 2013. 370 f. Tese (doutorado)- Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CIOBOTARI, G. et al. Graft incompatibility influence on assimilating pigments and soluble sugars amount of some pear (*Pyrus communis*) cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 38, n. 1, p. 187, 2010.

CITADIN, I. et al. Heat requirement for blooming and leafing in peach. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n. 2, p. 305-307, 2001.

CITADIN, I. et al. Herdabilidade da necessidade de calor para a antese e brotação em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 119-123, 2003.

DING, N. et al. Effects of crop load on distribution and utilization of 13 C and 15 N and fruit quality for dwarf apple trees. **Scientific Reports**, London, v. 7, n. 1, p. 14172, 2017.

DURNER, E. F.; GOFFREDA, J. C. Rootstock-induced differences in flower bud phenology in peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 5, p. 690-697, 1992.

EMBREE, C. G. et al. Effect of blossom density and crop load on growth, fruit quality, and return bloom in 'Honeycrisp' apple. **HortScience**, Alexandria, v. 42, n. 7, p. 1622-1625, 2007.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S. Porta-enxertos na cultura da pereira. In: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DA PEREIRA, 3., 2010, Lages. **Anais...** Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina-CAV, 2010. p. 39-45.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Pera: produção**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

FIORAVANÇO, J. C.; CZERMAINSKI, A. B. C.; ALVES, S. A. M. **Condições meteorológicas e sua influência na safra de maçã 2011/12 na região de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. (Comunicado Técnico, 123).

GALINDO, A. et al. Rainfall intensifies fruit peel cracking in water stressed pomegranate trees. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 194, p. 29-35, 2014.

GUR, A.; SAMISH, R. M.; LIFSHITZ, E. The role of cyanogenic glycoside of the quince in the incompatibility between pear cultivars and quince rootstocks. **Horticulturae Research**, Edinburgh, n. 8, p. 113-134, 1968.

HADAD, M. M.; JAFARPOUR, M., ASKARI-KHORASGANI, O. Performance of european pear 'Shahmiveh' grafted onto different rootstocks. **Revista Chapingo Série Horticultura**, Chapingo, v. 22, n. 1, p. 59-68, 2016.

HUSSAIN, S. et al. Study on the expression of dehydrin genes and activities of antioxidative enzymes in floral buds of two sand pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) cultivars requiring different chilling hours for bud break. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 39, n. 6, p. 930-939, 2015.

IGLESIAS, I. et al. Comportamiento de algunos patrones de peral en Lleida y Girona. **Información Técnica Económica Agraria**, Zaragoza, v. 99, n. 1, p. 112-121, 2003.

IGLESIAS, I.; ASÍN, L. Agronomical performance and fruit quality of 'Conference' pear grafted on clonal quince and pear rootstocks. **Acta Horticulture**, Haia, v. 903, p. 439-442, 2011.

JACKSON, J. E. **The biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

KHADIVI-KHUB, A. Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2015.

LALATTA, F. **Guía complete del cultivo de las peras**. Barcelona: Editorial De Vecchi, S. A., 1999. 125 p.

LAÑAR, L. et al. Effect of four OHxF rootstocks on performance of 'Conference' pear in non-irrigated orchards. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 1094, p. 135-137, 2015.

LEPSIS, J.; DRUDZE, I. Evaluation of seven pear rootstocks. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 903, p. 457-462, 2011.

LEPSIS, J. Evaluation of pear rootstocks for the cultivar 'Suvenirs' in the baltic region. **Proceeding of the Latvian Academy of Sciences**, Section B, Varsóvia, v. 67, n. 2, p. 145-150, 2013.

LOMBARD, P. B. et al. Towards a standardized nomenclature, procedures, values, and units in determining fruit and nut tree yield performance. **HortScience**, Alexandria, v. 23, n. 5, p. 813-817, 1988.

LOPEZ, G.; GIRONA, J.; MARSAL, J. Response of winter root starch concentration to severe water stress and fruit load and its subsequent effects on early peach fruit development. **Tree Physiology**, Victoria, v. 27, n. 11, p. 1619-1626, 2007.

LOSCIALE, P. et al. Effects of rootstock on pear photosynthetic efficiency. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 800, p. 241-248, 2007.

LUZ, A. R. **Técnicas de redução de vigor e aumento da frutificação de pereiras europeias**. 2016. 163 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

MACHADO, B. D. et al. Cultivares e portaenxertos sobre o vigor de plantas de pereira europeias. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1542-1545, 2013.

MACHADO, B. D. **Padrões de crescimento e produção de cultivares de pereiras europeias sobre portaenxertos de marmeleiro**. 2014. 148 f. Tese (doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

MACHADO, B. D. et al. Compatibilidade fenotípica entre cultivares de pereiras europeias e porta-enxertos de marmeleiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1551-1556, 2015.

MARAFON, A. C.; HERTER, F. G.; HAWERROTH, F. J. Umidade ponderal em tecidos de pereira durante o período de dormência sob condições de inverno ameno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 9, p. 1006-1012, 2011.

MASS, F. Evaluation of yield efficiency and winter hardiness of quince rootstocks for 'conference' pear. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 1094, p. 93-102, 2015.

MORANDI, B. et al. Increasing water stress negatively affects pear fruit growth by reducing first its xylem and then its phloem inflow. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 171, n. 16, p. 1500-1509, 2014.

MOTA, M. Aspectos de produção e qualidade em quatro sistemas de condução em pereira 'Rocha'. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE FRUTICULTURA, 3., 2014, Vila Real. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2014. p. 87-92.

NACHTIGALL, G. R. et al. **Irrigação e fertirrigação na cultura da macieira na região de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. 20 p. (Documentos, 89).

NAKASU, B. H. et al. **Pera Produção**. Embrapa Clima Temperado Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 105 p.

NECAS, T.; KOVAC, P.; NECASOVA, J. Evaluation of the growth and phenological traits of ten rootstocks in combination with pear cultivars 'Hosui', 'Yali' and 'Conference'. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 1094, p. 123-130, 2015.

NORTH, M.; KOCK, K.; BOOYSE, M. Effect of rootstock on 'Forelle' pear (*Pyrus communis* L.) growth and production. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretória, v. 32, n. 2, p. 65-70, 2015.

OLIVEIRA, I. et al. Estudo sobre a adaptação da pêra Rocha no baixo alentejo. Avaliação da resposta a diferentes estratégias de rega. In: CONGRESSO NACIONAL DE REGA E DRENAGEM, 2., 2010, Fundação. **Anais...** Beja: [s.n.], 2007. p. 1-13. 1 CD-ROM.

PASA, M. S. et al. Hábito de frutificação e produção de pereiras sobre diferentes porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 9, p. 998-1005, 2011.

PASA, M. D. et al. Desenvolvimento, produtividade e qualidade de peras sobre porta-enxertos de marmeleiro e *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 873-80, 2012.

PASA, M. S. et al. Performance of 'Rocha' and 'Santa Maria' pears as affected by planting density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 126-131, 2015.

PASA, M. S. et al. Performance of 'Carrick' pear grafted on quince rootstocks. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p. 57-60, 2017.

PEET, M. M. Fruit cracking in tomato. **HortTechnology**, Alexandria, v. 2, n. 2, p. 216-223, 1992.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

RUFATO, L. et al. Intensidade e épocas de poda verde em pereira 'Abate Fetel' sobre dois porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 475-481, 2012.

SAKAMOTO, D. et al. Spray pollination as a labor-saving pollination system in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai): development of the suspension medium. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 3, p. 280-285, 2009.

SELEZNYOVA, A. N.; TUSTIN, D. S.; THORP, T. G. Apple dwarfing rootstocks and interstocks affect the type of growth units produced during the annual growth cycle: precocious transition to flowering affects the composition and vigour of annual shoots. **Annals of Botany**, Londres, v. 101, n. 5, p. 679-687, 2008.

SEZERINO, A. A. **A polinização da pereira europeia (*Pyrus communis* L. cv. Rocha) no Sul do Brasil**. 2014. 175 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SILVEIRA, S. et al. Impacto da irrigação suplementar diurna na fisiologia de pereira 'Rocha' do Oeste. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE FRUTICULTURA, 3., 2014, Vila Real. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2014. p. 191-197.

SILVESTRE, S. et al. Pêra Rocha do Oeste em pomares com sistema integrado de rega de precisão: variação sazonal de parâmetros fisiológicos e bioquímicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE FRUTICULTURA, 3., 2014, Vila Real. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2014. p. 70-77.

SOUZA, R. M.; CALOURO, F. Efeito de sete porta-enxertos no vigor e na produção do clone 2 da pereira 'Rocha'. In: FIALHO, D.; MARTINS, J. M. S. (Ed.). **Pêra Rocha: Guia Técnico**. Cadaval: Agência Nacional de Produtores de Pêra Rocha, 2007.

SOUZA, R. M. Manejo de produção da pera Rocha. In: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DA PEREIRA, 3., 2010, Lages. **Anais...** Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina-CAV, 2010. p. 9-25.

STERN, R. A.; DORON, I. Performance of 'Coscia' pear (*Pyrus communis*) on nine rootstocks in the north of Israel. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 3, p. 252-256, 2009.

WATSON, A. E. et al. Rootstocks affect pear (*Pyrus communis*) tree growth through extent of node neof ormation and flowering with key differences to apple. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 39, n. 6, p. 493-502, 2012.

WEBSTER, T. Dwarfing Rootstocks: Past, Present and Future. **Compact Fruit Tree**, Chesterfield, v. 35, n. 3, p. 67-72, 2002.

WÜNSCHE, J. N.; LAKSO, A. N. Apple tree physiology: implications for orchard and tree management. **Compact Fruit Tree**, Chesterfield, v. 33, n. 3, p. 82-88, 2000.

ZHANG, C.; TATEISHI, N.; TANABE, K. Pollen density on the stigma affects endogenous gibberellin metabolism, seed and fruit set, and fruit quality in *Pyrus pyrifolia*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 61, n. 15, p. 4291-4302, 2010.

7 CAPÍTULO III:
CONCENTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS NA REGIÃO DA ENXERTIA DE
PEREIRAS SOBRE MARMELEIROS EM DIFERENTES ESTÁDIOS
FENOLÓGICOS

7.1 Introdução

O porta-enxerto é um dos fatores mais importantes para os pomares de espécies de clima temperado, principalmente visando controle de vigor, precocidade de início de produção, resistência às doenças, tolerância a estresses abióticos e qualidade de fruto (Gainza *et al.*, 2015). Comumente as partes enxertadas pertencem a espécies diferentes, embora em algumas culturas também são enxertados indivíduos de gêneros diferentes. Nestes casos, os problemas de incompatibilidade de enxertia são mais acentuados e a chance de sucesso torna-se menor (Goldschmidt, 2014; Gainza *et al.*, 2015).

As pereiras europeias (*Pyrus communis*) são frequentemente enxertadas sobre marmeleiros (*Cydonia oblonga*), principalmente visando reduzir o porte das plantas e antecipar o início de produção (North *et al.*, 2015). No entanto, a compatibilidade de marmeleiros com algumas pereiras mundialmente importantes não é boa, refletindo em baixo crescimento vegetativo das plantas (Ermel *et al.*, 1997; Iglesias *et al.*, 2003; Hudina *et al.*, 2014).

O processo de incompatibilidade entre pereiras e marmeleiros foi descrito por Gur *et al.* (1968). A prunasina sintetizada nos tecidos dos marmeleiros é transportada para os tecidos da pereira onde sofre hidrólise, gerando como um dos produtos finais o ácido cianídrico (HCN). O HCN é conhecido por bloquear a cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria, inibindo a produção de energia (ATP) e aumentando a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Nocito *et al.*, 2010). No floema, o HCN provoca distúrbios anatômicos, prejudicando o transporte de carboidratos e fitohormônios entre copa e porta-enxerto (Gur *et al.*, 1968; Moraes *et al.*, 2001; Nocito *et al.*, 2010). Os danos ao floema tendem a ocorrer principalmente em dois períodos: 1) primavera: associado ao baixo teor de açúcares redutores e aos elevados teores de prunasina; 2) outono: associado ao baixo teor de açúcares redutores (Gur *et al.*, 1968).

Os problemas funcionais do sistema vascular, mesmo que temporariamente, restringe a comunicação entre copa e porta-enxerto, reduzindo o transporte de açúcares, nutrientes e hormônios, entre outros metabólitos, o que pode resultar em menor crescimento vegetativo e produção, menor tolerância às doenças e menor longevidade das plantas (Houssein *et al.*, 2008; Ciobotari *et al.*, 2010; Nocito *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2015; Prinsi *et al.*, 2015).

Os estudos com incompatibilidade indicaram diferentes metabólitos que são afetados em combinações incompatíveis e que podem servir como sinalizadores. Em pereiras enxertadas em marmeleiros, os seguintes mecanismos foram afetados: transporte de carboidratos na região da enxertia (Herrero, 1951; Espen *et al.*, 2005; Hossein *et al.*, 2008; Ciobotari *et al.*, 2010);

diferenças qualitativas e quantitativas em compostos fenólicos (Hudina *et al.*, 2014); alteração no conteúdo de clorofilas (Ciobotari *et al.*, 2010, Machado *et al.*, 2015); aumento da atividade de peroxidases e outras enzimas do sistema antioxidante (Nocito *et al.*, 2010; Irisarri *et al.*, 2015).

Carboidratos são moléculas fundamentais, não somente como fonte de esqueletos de carbono ou substrato para síntese de energia, mas também por seu efeito como moléculas sinalizadoras ou reguladoras da expressão de genes (Eveland & Jackson, 2012). A má formação e diferenciação dos tecidos, devido à incompatibilidade localizada, ou os danos ao floema causado pelo HCN, originado pela hidrólise da prunasina (Gur *et al.*, 1968; Ermel *et al.*, 1999), podem provocar o acúmulo de carboidratos acima do ponto de enxertia e, como consequência, a redução do crescimento das raízes por falta de carboidratos e, em casos severos, a morte do porta-enxerto (Gur *et al.*, 1968).

O acúmulo de compostos fenólicos na região da enxertia também pode causar problemas funcionais no floema, afetando a comunicação entre as partes da planta. Diferenças quantitativas e qualitativas nos compostos fenólicos podem provocar mau funcionamento celular na interface da enxertia (Errea *et al.*, 2001). Em pereiras, diferenças quantitativas em compostos fenólicos resultaram em incompatibilidade de enxertia, provocando alta mortalidade de plantas de 'William's', 'Conference' e 'Abate Fetel' sobre 'Fox 11' (Hudina *et al.*, 2014).

O conteúdo de clorofilas também sofre alteração em combinações incompatíveis, sendo uma avaliação para determinação da incompatibilidade translocada (Zarrouk *et al.*, 2006; Neves *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2015), a qual envolve o transporte de compostos de uma parte do enxerto para a outra, causando destruição de elementos do floema e acúmulo de amido na copa

(Mosse, 1962). Os sintomas da incompatibilidade translocada envolvem alterações nas folhas, como descoloração e queda precoce; degeneração prematura de tubos crivados do floema e acúmulo de compostos acima da enxertia (Herrero, 1951; Errea, 1998).

Outro aspecto importante na relação copa/porta-enxerto se dá pela similaridade e pela atividade de peroxidase entre as partes enxertadas. A compatibilidade ocorre quando copa e porta-enxerto apresentam padrões enzimáticos similares, como no padrão de isoperoxidasas (Gulen *et al.*, 2002; Hossein *et al.*, 2008). A avaliação da atividade da peroxidase tem se mostrado, também, como um indicador de incompatibilidade, sendo detectado um aumento na atividade em combinações incompatíveis em pereiras e em *Prunus* spp. (Rodrigues *et al.*, 2001; Musacchi *et al.*, 2002; Zarrouk *et al.*, 2010). Além da peroxidase, outras enzimas relacionadas ao mecanismo antioxidante também apresentam aumento de atividade em combinações de pereiras sobre marmeleiros (Nocito *et al.*, 2010; Irisarri *et al.*, 2015).

Com bases nestas informações, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a compatibilidade de enxertia entre as pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' e diferentes cultivares de marmeleiros através da análise de carboidratos, ácido clorogênico e atividade de peroxidase na região da enxertia.

7.2 Material e métodos

O estudo foi conduzido no mesmo pomar experimental de pereiras descrito no capítulo II, do terceiro ao nono ano após o plantio, safras 2012/13 a 2017/18, no município de Vacaria/RS. O plantio foi realizado no espaçamento de

4 x 1 m e as plantas foram apoiadas em espaldeira com dois fios de arame e conduzidas em sistema de líder central.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro parcelas compostas de cinco plantas por unidade experimental. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 2x3, onde as pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' foram enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC'.

7.2.1 Coeficiente de afinidade

Durante o período de dormência, mediu-se o diâmetro de caule na linha de enxertia e 10 cm acima e 10 cm abaixo. As medições foram realizadas com paquímetro digital, tomando-se em cada ponto duas medições do diâmetro, uma em sentido oposto a outra.

A partir dos dados de diâmetro de caule calcularam-se os coeficientes de afinidade (CA), afim de verificar a uniformidade de crescimento em diâmetro entre as partes do enxerto. Os coeficientes de afinidade foram determinados a partir de duas fórmulas:

1) $CA = (C \times 100)/A = \%$; sendo A= diâmetro de caule 10 cm acima da enxertia; C= diâmetro de caule 10 cm abaixo da enxertia. Valores próximos a 100 indicam maior afinidade de enxertia; valores inferiores indicam maior diâmetro de caule na copa, enquanto valores superiores indicam maior diâmetro de caule no porta-enxerto (Onaran, 1940).

2) $CA = [(C/A) + (C + A)/2B] + 10$; sendo A= diâmetro de caule 10 cm acima da enxertia; B= diâmetro de caule na enxertia; C= diâmetro de caule 10 cm abaixo da enxertia. Valores próximos a 12 indicam melhor afinidade de enxertia;

valores inferiores a 12 indicam maior diâmetro de caule na copa; valores superiores a 12 indicam maior crescimento do porta-enxerto (Perraudine, 1962).

Calculou-se também o incremento anual de diâmetro no porta-enxerto, no ponto de enxertia e na copa, no quarto e no sexto ano após o plantio.

7.2.2 Avaliação macroscópica do sistema vascular

Na safra 2017/18, durante o verão, foram realizadas avaliações para verificação das conexões vasculares no lenho a partir do uso de corante. Para isso, selecionou-se uma planta representativa de cada combinação. Apenas para este teste, incluíram-se também plantas de 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre *Pyrus calleryana*, devido a excelente compatibilidade que estas combinações apresentam.

A metodologia foi adaptada de Tomaz *et al.* (2009). As plantas selecionadas foram cortadas abaixo do ponto de enxertia e para prevenir a embolia dos vasos do xilema, o corte foi realizado com serrote e completamente imerso em água. Imediatamente após, a parte basal do caule foi mergulhada em um balde com água por cerca de 10 minutos. Em seguida, transferiu-se para um frasco contendo fucsina ácida 0,08% (Sigma-Aldrich) em água ultrapura. O corante ascendeu pelo sistema vascular por cerca de 1 hora, via fluxo transpiratório da planta. Após, cortou-se o caule acima da enxertia, eliminando a copa da planta.

Os segmentos de caule foram deixados em temperatura ambiente por um dia e, após, realizaram-se cortes longitudinais para verificar a distribuição do corante na interface da enxertia. Parte da casca foi removida para a avaliação

da continuidade da casca e do lenho na porção externa do caule. As imagens foram registradas com uma câmera Canon SX530 HS.

7.2.3 Atividade de peroxidase e teor de ácido clorogênico

A atividade de peroxidase foi determinada nos tecidos da casca, coletada no ponto de enxertia, durante a época de plena floração de 2015, no sexto ano após o plantio.

A metodologia utilizada foi adaptada de Rappussi *et al.* (2009). Pesaram-se 300 mg de casca liofilizada, finamente macerada, transferindo para tubos de centrífuga contendo 4 mL de solução tampão acetato de sódio 100mM pH 5,0. As amostras foram centrifugadas a 20.000 g, por 30 min, a 4 °C, e o sobrenadante foi coletado e utilizado nas análises.

A avaliação da peroxidase foi realizada através da conversão de guaiacol em tetraguaiacol. Para isso, utilizou-se o substrato composto por 250 µL de guaiacol + 1 mL de peróxido de hidrogênio (30 % i.a. v/v) em 100 mL de tampão fosfato de sódio 100mM pH 6,0. A leitura de absorvância foi realizada em espectrofotômetro em 470 nm, no período de 5 minutos, adicionando à cubeta de vidro, 50 µL do extrato proteico + 2,95 mL de substrato. O resultado foi expresso em unidade de absorvância $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de massa seca da casca.

Para análise do conteúdo de ácido clorogênico, foram coletados discos de casca de cerca de 10 mm de diâmetro com perfurador, na linha de enxertia e 10 cm abaixo e 10 cm acima, durante o período de plena floração de cada cultivar, na safra 2015/16, sexto ano após plantio. As amostras foram acondicionadas imediatamente em nitrogênio líquido. Posteriormente, realizou-se a liofilização a

-40°C. A maceração foi realizada com gral e pistilo na presença de nitrogênio líquido.

O teor de ácido clorogênico foi determinado utilizando-se aproximadamente 100 mg de tecido finamente macerado. Para a extração adaptou-se o método utilizado por Hudina *et al.* (2014). O ácido clorogênico foi extraído com 2 mL de solução de metanol contendo 3 % de ácido fórmico e 1 % 2,6-di-tert-butil-4-metilfenol (BHT), em banho ultrassônico com gelo por 1 hora. O sobrenadante foi passado através de filtro de poliamida Chromafil AO-45/25. A quantificação foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (Sykam 5250), com fase móvel composta de 90 % de água ultrapura + 9 % metanol grau HPLC + 1% HCl 1,0 M, em detector UV no comprimento de onda 275 nm, com fluxo 1,0 mL min⁻¹. Utilizou-se coluna Nucleosil, C 18, 250 nm x 4,6 µm, com pré-coluna C 18. O volume de amostra injetado foi de 20 µL. O teor de ácido clorogênico foi obtido comparando com curva padrão (3-(3,4-Dihydroxycinnamoyl) ácido quinico (Sigma-Aldrich).

7.2.4 Conteúdo de clorofilas e carotenoides

O teor de clorofilas e carotenoides em folhas foi determinado em duas épocas, 15 de abril, no quinto ano, e 10 de janeiro, no sexto ano. De cada parcela coletaram-se 20 folhas saudáveis e de cada folha retirou-se um disco de 53,17 mm². Os 20 discos foram macerados em acetona P.A. (padrão analítico). Em seguida, os extratos foram passados em filtro poliamida Chromafil 45/25. As amostras foram analisadas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 661,6 nm para clorofila a, 644,8 nm para clorofila b e 470 nm para carotenoides. Os teores

foram calculados seguindo as fórmulas propostas por Lichtenthaler & Buchmann (2001) e os valores expressos em relação à área foliar.

7.2.5 Teor de carboidratos na enxertia

As análises de carboidratos foram realizadas em amostras de casca coletadas em três safras: 2014/15 (sexto ano) - as coletas foram realizadas em janeiro, no período de colheita, e junho, no período de queda natural de folhas; 2015/16 (sétimo ano) - a coleta foi realizada no período de plena floração de cada cultivar, quando cerca de 70 % das flores estavam abertas; 2017/18 (nono ano) - coleta também realizada no período de plena floração de cada cultivar.

As amostras foram coletadas com um perfurador, com diâmetro aproximado de 10 mm. Os discos de casca foram retirados 10 cm acima e 10 cm abaixo da enxertia. As amostras foram rapidamente acondicionadas em tubos criogênicos e mergulhadas em nitrogênio líquido. Após, o material foi liofilizado a -40°C e macerado com gral e pistilo na presença de nitrogênio líquido. O tecido finamente macerado foi utilizado para quantificação dos teores de carboidratos.

Para a análise de açúcares solúveis totais, utilizaram-se 150 mg de casca. A extração foi realizada com 5 mL de etanol 80 % (v/v) por 30 min, repetindo-se três vezes o procedimento. O sobrenadante das extrações foi misturado, passado em papel filtro e o volume ajustado para 25 mL. A quantificação de açúcares solúveis totais foi realizada combinando-se o extrato alcóolico, contendo os açúcares, com preparado de antrona 0,2 % em ácido sulfúrico concentrado (Ciobotari *et al.*, 2013). O combinado foi aquecido por 15 min em banho-maria e a leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 630 nm (PG Instruments, T60UV). A concentração foi obtida comparando com a

curva padrão de D-glicose 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 e 175 mg L⁻¹ (Sigma-Aldrich).

O teor de açúcares redutores foi quantificado pelo método Somogyi-Nelson de acordo com o protocolo proposto por Moldonade *et al.* (2013). A análise foi realizada a partir do extrato alcóolico obtido para as análises de açúcares solúveis totais. A reação colorimétrica consistiu da combinação de duas soluções com o extrato contendo os açúcares.

A solução 1 foi composta de 4 g de sulfato de cobre anidro (CuSO₄), 24 g de carbonato de sódio anidro (Na₂CO₃), 16 g de bicarbonato de sódio (NaHCO₃), 12 g de tartarato duplo de potássio e sódio (KNaC₄H₄O₆.4H₂O) e 18 g de sulfato de sódio anidro (Na₂SO₄). Os reagentes foram adicionados e o volume completado com água destilada até 1 L.

A solução 2 foi composta pelas soluções A e B. Para a solução A foram utilizados 50 g de molibdato de amônio ((NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4 H₂O), 900 mL de água destilada e 42 mL de H₂SO₄ concentrado. A solução B foi preparada com 6 g de arseniato dibásico de sódio anidro (Na₂HAsO₄) e 50 mL de água destilada. As soluções A e B foram misturadas e deixadas por 24 horas a 37 °C.

A determinação dos açúcares redutores foi realizada combinando-se 1 mL do extrato alcóolico + 2 mL da solução 1. Essa mistura foi agitada por 6 minutos em banho-maria e, em seguida, adicionou-se 2 mL da solução 2, realizando-se nova agitação e, então, deixou-se em repouso por 5 minutos. Posteriormente, adicionou-se 25 mL de água destilada e fez-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 540 nm. Os resultados foram comparados com a curva padrão de D-glicose 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 mg L⁻¹ (Sigma-Aldrich).

O teor de açúcares não redutores foi obtido pela diferença entre a concentração de açúcares solúveis totais e a de açúcares redutores. Os dados foram expressos em miligrama de açúcar por grama de massa seca de casca.

A análise de amido foi realizada conforme a metodologia adaptada de Zapata *et al.* (2004). Utilizou-se 150 mg de casca macerada e a extração foi realizada com dimetilsulfóxido 90 % (v/v) por uma hora, com os tubos acondicionados em banho-maria, a 100 °C. Após, foi realizada centrifugação por 5 min, a 4500 g, a 10 °C. A determinação de amido foi realizada colorimetricamente por reação com iodina ácida (0,06 % KI e 0,003 % I₂ em 0,05 N HCl). A leitura foi realizada a 620 nm e a concentração na amostra obtida através de comparação com a curva padrão de amido solúvel 0, 125, 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹ (Sigma-Aldrich).

7.2.6 Análise de dados

Os dados coletados repetidamente na mesma unidade experimental, como coeficiente de afinidade de enxertia, incremento anual de diâmetro de caule e teores de carboidratos e ácido clorogênico, foram analisados como medidas repetidas através de modelo misto (PROC MIXED), pelo programa estatístico SAS, selecionando-se a estrutura de covariância com melhor ajuste aos dados, conforme os critérios de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC). Graus de liberdade foram ajustados pelo método de Satterthwaite. Dados que não caracterizaram medida repetida foram submetidos à análise de variância fatorial em blocos casualizados, também através de modelo misto (PROC MIXED), utilizando o bloco como fator aleatório. Todos os desdobramentos foram realizados respeitando-se o resultado da Anova para cada variável.

Consideraram-se significativas as diferenças ao teste F quando $p < 0,05$, para efeitos principais e $p < 0,25$ para interações, quando estas apresentaram mais de 1 GL, conforme Perecin & Cargnelutti Filho (2008). Quando pertinente, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para separação de médias.

7.3 Resultados e discussão

7.3.1 Coeficiente de afinidade

As cultivares avaliadas apresentaram diferentes coeficientes de afinidade entre si, na média dos porta-enxertos (Figura 1a). Ao longo dos anos os valores reduziram e se aproximaram dos valores de referência (Figura 1b).

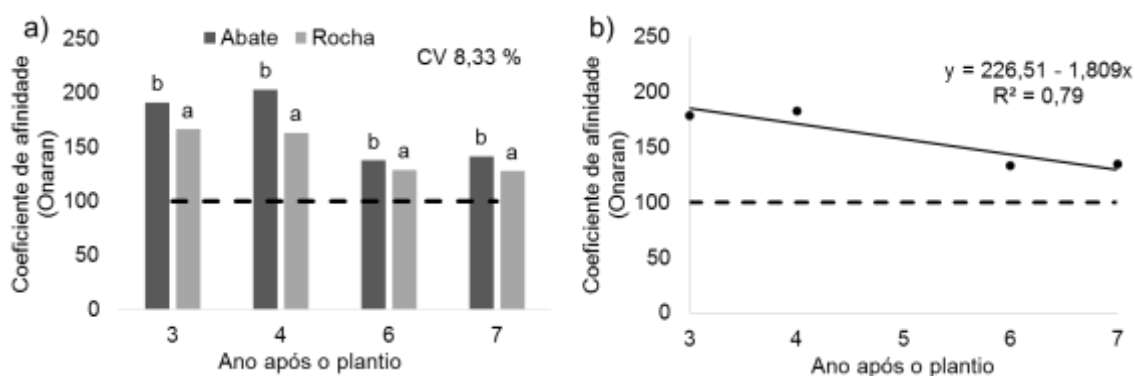


FIGURA 1. Coeficiente de afinidade (CA) calculado pela fórmula proposta por Onaran (1940) para pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos porta-enxertos, no 7º ano após o plantio, em 2016, em Vacaria, RS. b) Comportamento do CA do 3º ao 7º ano após o plantio, na média das copas e dos porta-enxertos. ns: não significativo; letra minúscula compara as copas dentro de cada ano; letra maiúscula compara o CA ao longo dos anos, de acordo com Tukey 5 % de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.

A redução dos coeficiente ao longo dos anos indica que a sincronia de crescimento dos tecidos da copa e do porta-enxerto melhorou. Os menores valores observados na 'Rocha', comparado com a 'Abate Fetel', indicam melhor afinidade de enxertia, de acordo com a fórmula proposta por Onaran (1940).

Aplicou-se também a fórmula proposta por Perraudine (1962), para o cálculo do coeficiente de afinidade. Enquanto a fórmula de Onaran utiliza os diâmetros de copa e porta-enxerto para o cálculo do índice, Perraudine considera também o diâmetro no ponto de enxertia.

Os resultados pelo método de Perraudine mostraram-se equivalentes aos obtidos pela fórmula de Onaran, para o coeficiente de afinidade (Figura 2). ‘Abate Fetel’ e ‘Rocha’ não sofreram alteração do coeficiente de afinidade em função dos porta-enxertos. Entre as copas, ‘Rocha’ mostrou maior uniformidade de crescimento do caule entre copa e porta-enxerto, comparado à ‘Abate Fetel’ (Figura 2a). Em relação ao comportamento do coeficiente ao longo do tempo, observa-se que os valores reduziram ao longo do tempo, aproximando-se de 12, o que indica que o ritmo de crescimento entre as partes do enxerto melhorou (Figura 2b).

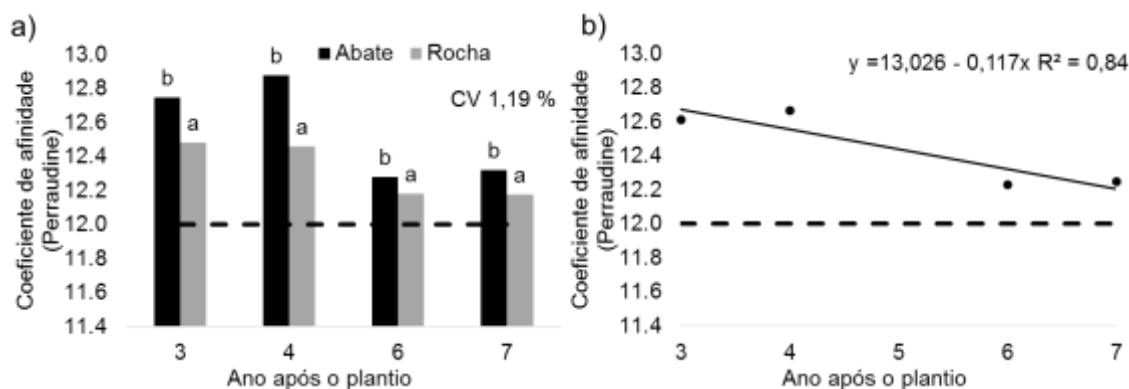


FIGURA 2. Coeficiente de afinidade (CA) calculado pela fórmula proposta por Perraudine (1962) para pereiras ‘Abate Fetel’ e ‘Rocha’, na média dos porta-enxertos, no 7º ano após o plantio, em 2016, em Vacaria, RS. b) Comportamento do CA do 3º ao 7º ano após o plantio, na média das copas e dos porta-enxertos. ns: não significativo; letra minúscula compara as copas dentro de cada ano; letra maiúscula compara o CA ao longo dos anos, de acordo com Tukey 5 % de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.

A utilização dos coeficientes de afinidade mostrou-se satisfatória para descrever a uniformidade de crescimento do caule entre as partes da planta. Pela fórmula de Onaran, os valores apresentaram-se superiores a 100, e pela fórmula de Perraudine foram superiores a 12, os quais são valores de referência para a boa afinidade de enxertia. Os coeficientes acima dos valores de referência indicam maior diâmetro do porta-enxerto em relação à copa, o que está de acordo com o observado a campo. Os coeficientes permitiram também diferenciar as copas. Pelos índices, a afinidade da 'Rocha' com os marmeleiros é melhor comparado à 'Abate Fetel'.

A utilização desses coeficientes de afinidade foi satisfatória para indicar combinações compatíveis/incompatíveis em pessegueiros 'Maciel' e 'Chimarrita' (Comiotto *et al.*, 2013) e videiras (Gokbayrak *et al.*, 2007).

7.3.2 Avaliação macroscópica do sistema vascular

Todas as combinações copa/porta-enxerto apresentam sintomas externos de incompatibilidade, como descontinuidade da casca na linha de enxertia (Figura 3). De uma forma geral, as plantas de 'Rocha' exibiram mais defeitos, com rachaduras frequentes na casca na região da enxertia, em relação à 'Abate Fetel'.

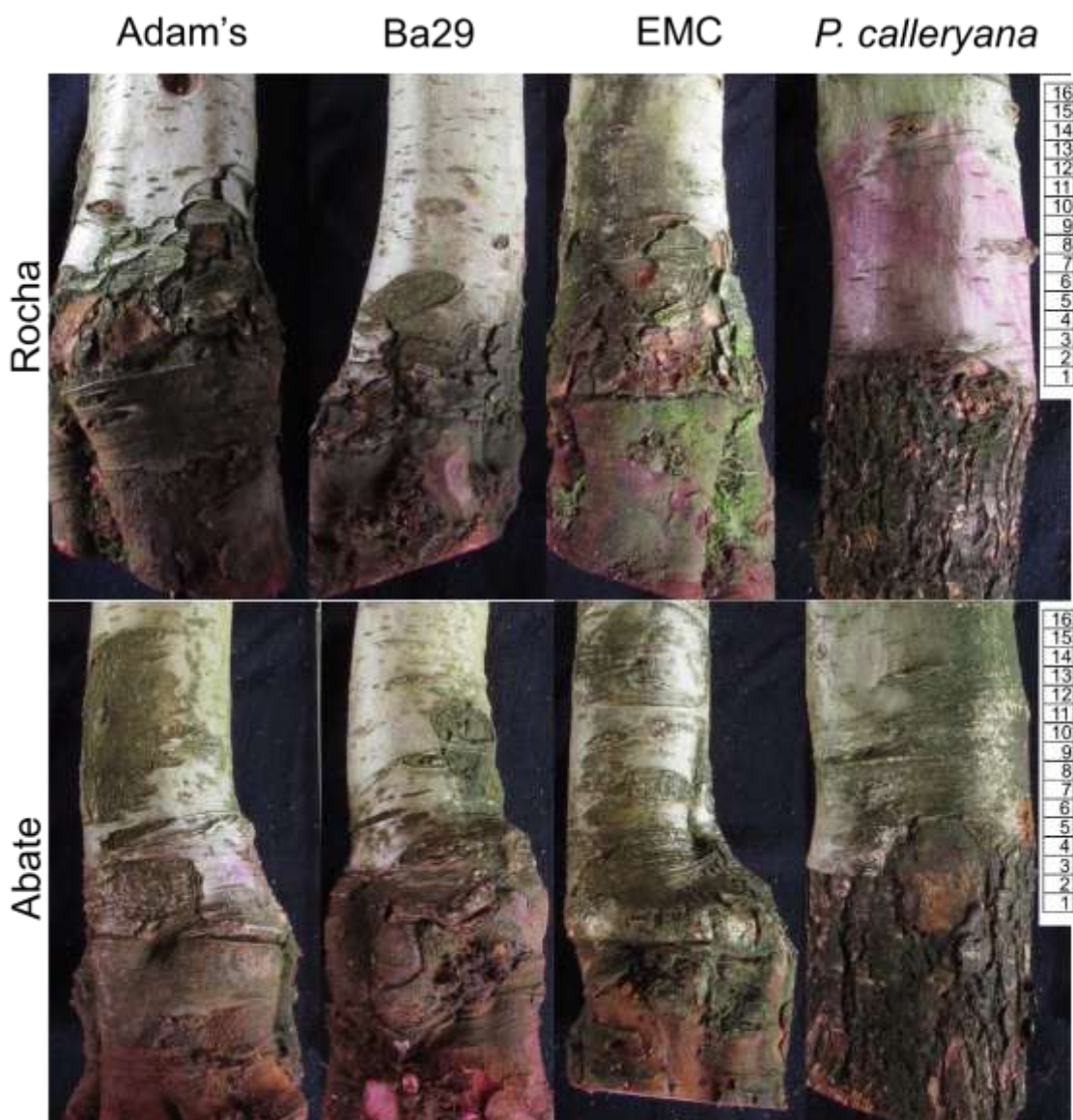


FIGURA 3. Aspecto externo da enxertia de pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' enxertadas sobre diferentes marmeleiros e *P. calleryana*, em dezembro de 2017, nas condições de Vacaria, RS. Vacaria/RS, 2018. Plantas de *P. calleryana*, não fazem parte da área experimental, mas foram incluídas neste teste como comparativo de boa compatibilidade de enxertia.

As rachaduras na casca, observadas na 'Rocha', assemelham-se àquelas apresentadas por Gur *et al.*, (1968), em combinações incompatíveis de pereira/marmeleiro, que possivelmente são consequência da presença do cianeto originado da hidrólise da prunasina. Os autores observaram uma correlação alta entre a aparência externa na região da enxertia e o teor de

cianeto no tecido, onde as combinações que apresentaram a presença de engrossamento e assimetria, ou com incisão profunda da casca no ponto de união, foram relacionadas com a presença de teores mais elevados de cianeto no tecido. De acordo com Petineli (2014), pereiras ‘Rocha’ apresentaram maior teor de cianeto comparado com ‘Abate Fetel’, ambas enxertadas sobre ‘Adam’s’.

O teste com corante mostrou boa distribuição ao longo do lenho na copa (Figura 4). Porém, todas as combinações com marmeleiros exibiram descontinuidade no lenho, na interface da enxertia. Na ‘Abate Fetel’, a descontinuidade no lenho mostrou-se mais intensa, comparada com a ‘Rocha’. Os sintomas de descontinuidade foram mais evidentes, quando os segmentos de caule de pereiras enxertadas sobre os marmeleiros são comparados com àquelas enxertadas sobre *P. calleryana*.

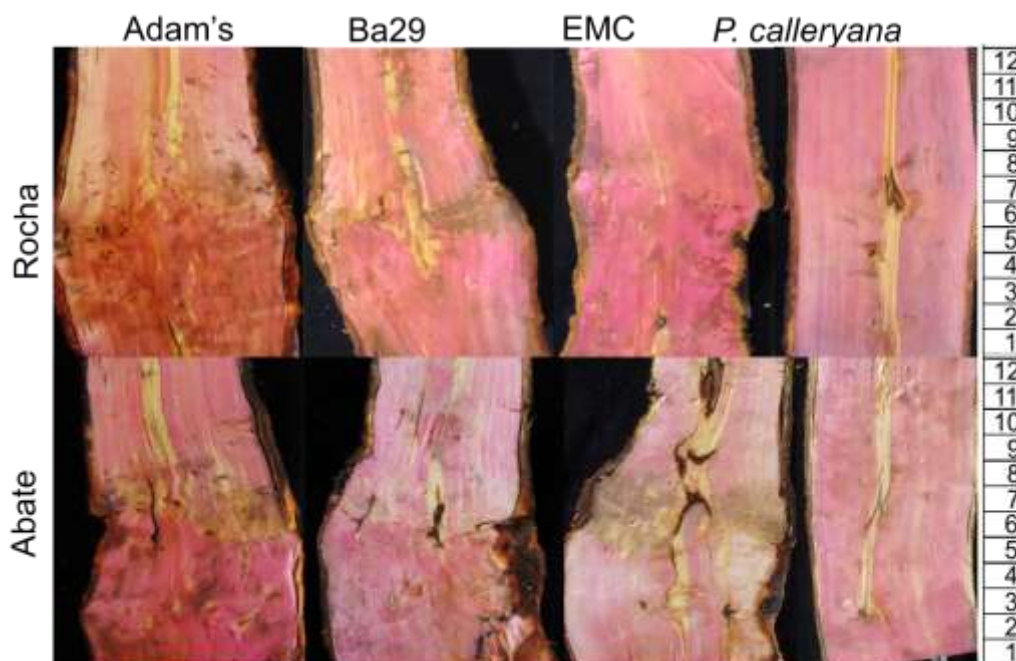


FIGURA 4. Aspecto do lenho de pereiras ‘Rocha’ e ‘Abate Fetel’ enxertadas sobre ‘Adam’s’, ‘Ba29’, ‘EMC’ e *P. calleryana*, submetidas à aplicação de fucsina ácida 0,08 % via fluxo transpiratório, em dezembro de 2017. Vacaria/RS, 2018. Plantas de *P. calleryana*, não fazem parte da área experimental, mas foram incluídas neste teste como comparativo de boa compatibilidade de enxertia.

As plantas de 'Abate Fetel' apresentaram má formação do lenho na interface da enxertia em todas as combinações e a presença de uma linha escura na casca, delimitando os tecidos da copa e do porta-enxerto (Figura 5).

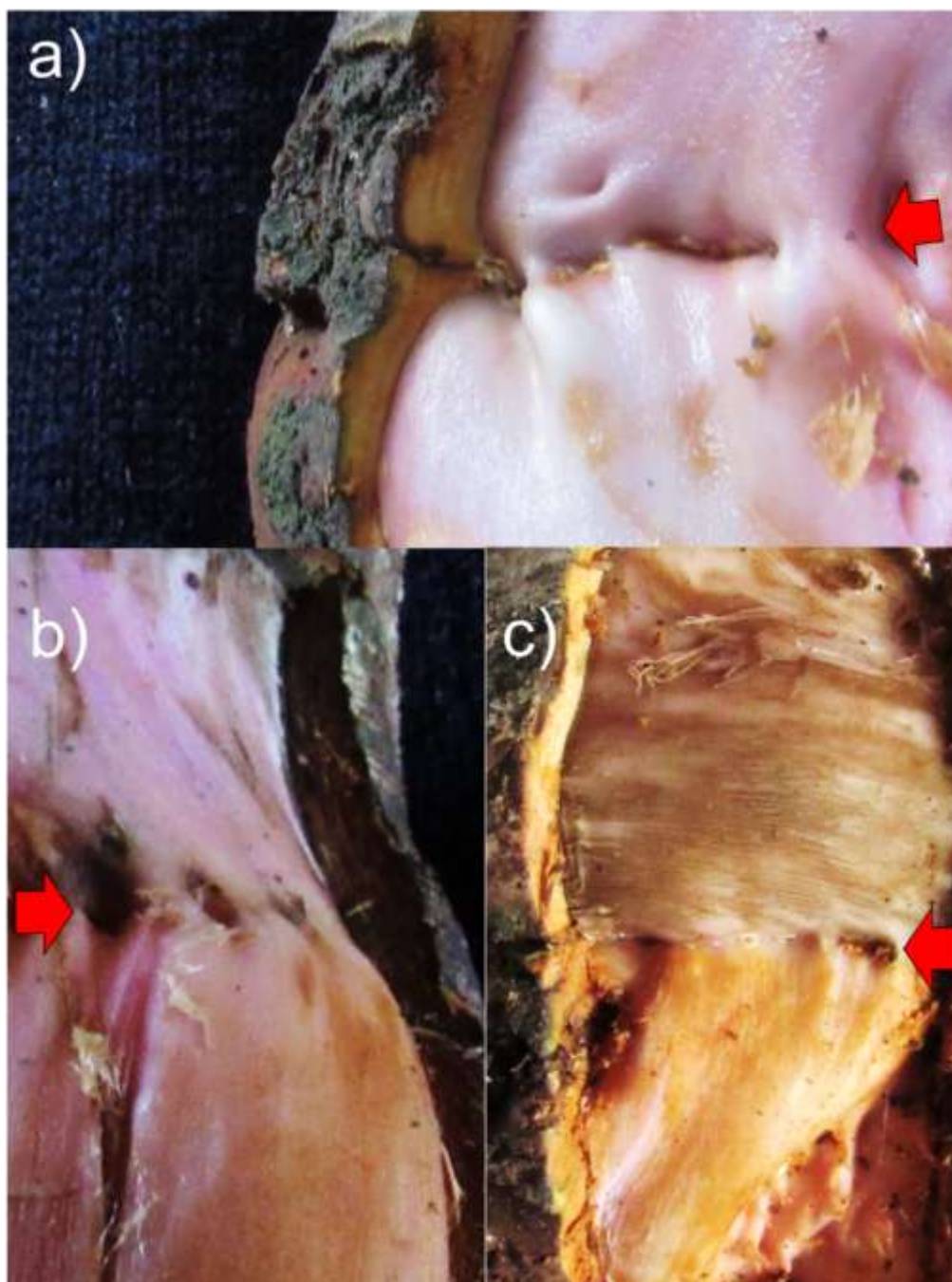


FIGURA 5. Aspecto externo do lenho em pereiras 'Abate Fetel' enxertadas sobre 'Adam's' (a), 'Ba29' (b) e 'EMC' (c), no nono ano após o plantio, em 2017, em Vacaria, RS. Seta vermelha indica o ponto de enxertia. Vacaria/RS, 2018.

Em plantas de 'Rocha' também foram observadas discontinuidades no lenho, no ponto de enxertia, porém com menor intensidade, comparado com a 'Abate Fetel' (Figura 6). Observou-se também a presença de linha escura na casca delimitando os tecidos da copa e do porta-enxerto.

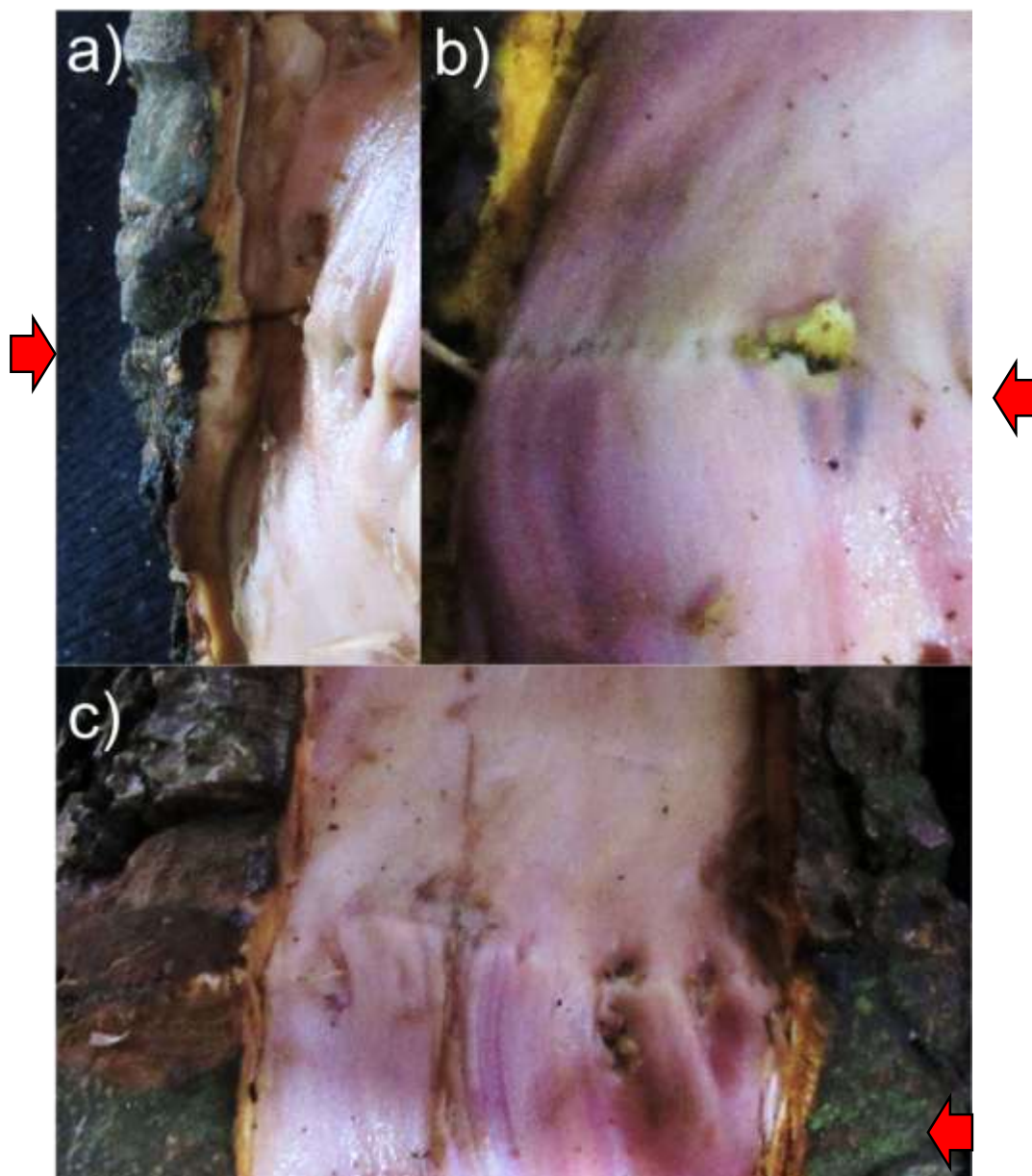


FIGURA 6. Aspecto externo do lenho em pereiras 'Rocha' enxertadas sobre 'Adam's' (a), Ba29 (b) e EMC (c), no nono ano após a enxertia, em 2017, Vacaria, RS. Seta indica o ponto de enxertia. Vacaria/RS, 2018.

As descontinuidades observadas no lenho e na casca estão relacionadas à incompatibilidade localizada, que ocorre entre pereiras e marmeleiros (Ermel *et al.*, 1997). Os sintomas podem ser difíceis de identificar nas fases iniciais de formação da enxertia. Ermel *et al.* (1997) não observaram descontinuidades no lenho e no câmbio, aos cinco meses após a enxertia, em pereiras 'Passe Crassane' e 'Epine du Mas' enxertadas sobre OHxF 333 ou marmeleiro 'EMC'.

Da mesma forma, Ciobotari *et al.* (2010) não observaram problemas anatômicos no ponto de união, em pereiras enxertadas sobre marmeleiro ou *Pyrus communis*, após sete semanas da enxertia. Somente quatro anos após a enxertia Ciobotari *et al.* (2010) observaram a presença células necróticas delimitando os tecidos do porta-enxerto e da copa nas pereiras enxertadas sobre o marmeleiros. Estes sintomas indicam falta de continuidade dos vasos, o que prejudica o fluxo de seiva na planta e resulta em redução do crescimento, além de fragilidade mecânica do caule na enxertia (Ciobotari *et al.*, 2010).

Os defeitos observados nas uniões avaliadas estão de acordo com o que foi descrito por Herrero (1951). O autor também observou a presença de uma camada marrom delimitando a casca da copa e do porta-enxerto, possivelmente tecido cortical. Herrero (1951) observou também involução na região cambial, o que ocasiona menor crescimento radial na união. Ermel *et al.* (1999) avaliaram diversas variáveis histológicas de combinações pereira/marmeleiro e observaram que as combinações incompatíveis exibiram descontinuidade da casca, disfunção cambial e alteração na concentração de amido.

Melo *et al.* (2017) não observaram diferenças entre *Pyrus communis*, *Cydonia oblonga*, *Pyrus calleryana* e *Chaenomeles sinensis* em relação ao comprimento, diâmetro e frequência dos elementos de vaso, assim como no

comprimento, largura e frequência dos raios parenquimáticos do xilema secundário. Herrero (1951) também não encontrou correlação entre características histológicas e a incompatibilidade. Melo *et al.* (2017) observaram que combinações de pereiras e *Chaenomeles sinensis* foram incompatíveis, exibindo a formação de uma grande massa de calo sem a formação de tecidos vasculares, enquanto que pereiras enxertadas sobre *P. calleryana* exibiram conexão entre os elementos do sistema vascular. Os autores concluíram que a conexão vascular entre as partes enxertadas é fundamental para o sucesso do enxerto.

Desta forma, é possível notar que em todas as combinações avaliadas há sintomas de má formação dos tecidos e isso, possivelmente exerce algum impacto negativo sobre o crescimento vegetativo das plantas.

7.3.3 Atividade enzimática e teor de ácido clorogênico

A atividade de peroxidase, determinada na casca da linha de enxertia, durante a plena floração, no sexto ano após o plantio (safra 2015/16), foi maior na cultivar Rocha em relação à 'Abate Fetel' (Tabela 1). Para nenhuma das copas houve diferença entre porta-enxertos. Apenas para o 'Ba29', a combinação com 'Rocha' mostrou maior atividade de peroxidase do que com 'Abate Fetel'.

TABELA 1. Atividade de peroxidase (POD) na casca na linha da enxertia, durante a plena floração de pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, no sexto ano após plantio, em 2014, em Vacaria. Vacaria/RS, 2018.

Porta-enxerto	POD (U abs min ⁻¹ g ⁻¹ massa seca casca)			
	Rocha		Abate Fetel	
Adam's	7,93	ns	2,97	ns
Ba29	12,42	*	2,55	
EMC	8,22		3,22	
Média	9,52	A	2,91	B
CV (%)	45,00			

ns: não significativa; * diferença entre cultivares para o mesmo porta-enxerto, de acordo com o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Musacchi *et al.* (2002) observaram que a atividade da peroxidase foi superior em combinações incompatíveis de pereiras/marmeleiros. Em nectarinas, também foi observado aumento de atividade de peroxidase nas combinações incompatíveis (Zarrouk *et al.*, 2010). Em *Prunus* spp., porta-enxertos conhecidos como incompatíveis exibiram alta atividade de peroxidase (Rodrigues *et al.*, 2002), e combinações copa/porta-enxerto com grande diferença na atividade da peroxidase resultaram em alta mortalidade de plantas (Telles *et al.*, 2009).

Outro fator conhecido por afetar a compatibilidade entre copa e porta-enxerto é a concentração de compostos fenólicos. Em pereiras, o ácido clorogênico, assim como a arbutina, destacam-se entre os mais abundantes (Cui *et al.*, 2005; Kalisz *et al.*, 2015).

A análise de ácido clorogênico na casca da região da enxertia mostrou diferenças pronunciadas entre as cultivares (Tabela 2).

TABELA 2. Teor de ácido clorogênico acima ou abaixo da enxertia, durante o período de plena floração do sexto ano, em 2014, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, Vacaria, Vacaria/RS, 2018.

Copa	PEs	Ac. Clorogênico (mg kg ⁻¹ massa seca de casca)			
		Ponto de coleta			
		Abaixo		Acima	
Abate Fetel	Adams	674,0	ns	853,8	ns
	Ba29	644,0		1827,7	
	EMC	930,1		1317,2	
	Média	749,4	B	1332,9	B
Rocha	Adams	2332,4	ns	1969,6	ns
	Ba29	2903,8		3236,9	
	EMC	1613,4		2026,4	
	Média	2283,2	A	2410,9	A
CV (%)		95,00			

ns: não significativa; Letra maiúscula compara as copas na média dos porta-enxertos de acordo com teste F a 5 % de probabilidade de erro.

Os teores de ácido clorogênico na 'Rocha' foram muito superiores aos observados na 'Abate Fetel'. Porém, na 'Rocha' a distribuição de ácido clorogênico acima ou abaixo da enxertia foi semelhante, enquanto que a 'Abate Fetel' exibiu acúmulo na copa. Porta-enxertos não afetaram de forma significativa os teores de ácido clorogênico, assim como a concentração acima ou abaixo da enxertia foi similar. Esta análise apresentou variabilidade muito elevada e isso impediu distinguir os porta-enxertos em relação aos níveis de ácido clorogênico nos tecidos.

Hudina *et al.* (2014) observaram que as diferenças na concentração de compostos fenólicos acima ou abaixo da enxertia ocorrem, assim como grandes variações entre diferentes combinações copa/porta-enxerto. Os autores observaram que as pereiras enxertadas sobre os marmeleiros 'Ba29' e 'EMA' exibiram baixos teores de ácido clorogênico na casca abaixo da enxertia, em relação à concentração na copa, mas isso não afetou a compatibilidade de

enxertia nestas combinações. Já, as pereiras enxertadas sobre 'Fox 11' exibiram grande diferença de compostos fenólicos na região da enxertia, com altos níveis no porta-enxerto, e alta mortalidade de plantas.

Em *Prunus* spp., foi observada maior concentração de compostos fenólicos em combinações heteroespecíficas, em relação às homoespecíficas (Usenik & Stampar, 2002), e o acúmulo destes compostos foi observado em combinações incompatíveis (Feucht & Treutter, 1991; Errea, 1998; Rodrigues *et al.*, 2001; Telles *et al.*, 2009). A relação entre o acúmulo de compostos fenólicos e a incompatibilidade foi observada também em *Uapaca kirkiana* (Mng'omba *et al.*, 2008) e videira (Canas *et al.*, 2013).

O aumento da concentração de compostos fenólicos em resposta às condições de estresse tem sido bem documentado, como em condições de baixa disponibilidade hídrica, alta intensidade luminosa e alta temperatura (Selmar & Kleinwachter, 2013). Na safra anterior à coleta de casca para análise de ácido clorogênico, as plantas de 'Rocha' apresentaram elevada produtividade, 36,6 t ha⁻¹, sem diferir entre porta-enxertos (dados apresentados no capítulo 2). Este rendimento foi elevado para a capacidade produtiva das plantas naquela época, causando grande alternância de produção na safra seguinte. A alta carga de frutos pode ter provocado uma condição de estresse nas plantas, estimulando a síntese de compostos fenólicos, como o ácido clorogênico, que apresenta função importante contra o estresse oxidativo (Niggeweg *et al.*, 2004).

Em alta concentração, parte dos compostos fenólicos sofre oxidação formando quinonas, que podem prejudicar reações importantes como a síntese de lignina e a diferenciação de tecidos vasculares (Errea, 1998).

As peroxidases, juntamente com polifenoloxidasas, são responsáveis pela oxidação de compostos fenólicos. Altos níveis de compostos fenólicos e alta atividade de peroxidase foram observados em combinações incompatíveis (Rodrigues *et al.*, 2001; Telles *et al.*, 2009). Os resultados aqui apresentados também indicaram alta correlação entre os teores de ácido clorogênico na região da enxertia e a atividade de peroxidase (Figura 7).

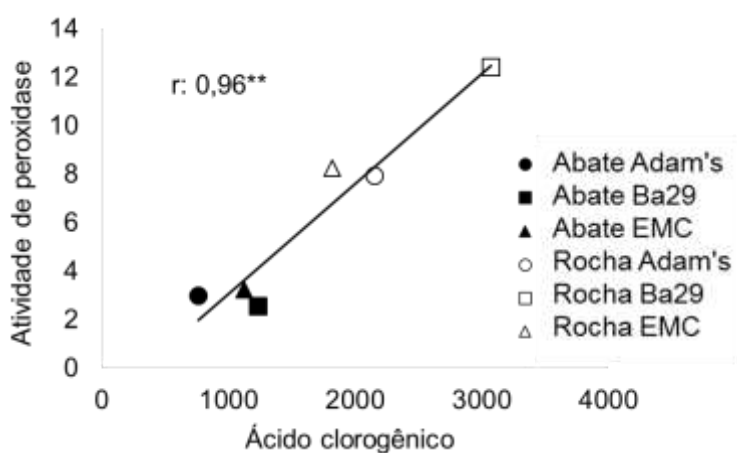


FIGURA 7. Correlação de Pearson entre o teores de ácido clorogênico (mg kg^{-1} massa seca de tecido) na média dos tecidos acima e abaixo da enxertia e a atividade da peroxidase (Unidade absorbância $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ massa seca casca) em pereiras sobre diferentes marmeleiros nas condições de Vacaria. ** significativo a 1% de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.

A combinação 'Rocha'/'Ba29' foi a que mostrou alto teor de ácido clorogênico e alta atividade de peroxidase, o que poderia indicar maior nível de estresse, porém as análises de atividade de peroxidase ou do teor de ácido clorogênico não indicaram diferença significativa, devido à alta variabilidade observada nos dados.

7.3.4 Teor de pigmentos em folhas

A incompatibilidade de enxertia pode afetar o conteúdo de clorofilas em folhas, sendo uma medida para caracterização da incompatibilidade translocada (Zarrouk *et al.*, 2006). A avaliação realizada no mês de abril, durante o sexto ano, mostrou diferença significativa entre as cultivares para os teores de clorofilas e carotenoides (Tabela 3).

TABELA 3. Conteúdo de clorofilas a e b, carotenoides (Caro), relação de clorofilas a/b e relação de clorofilas/carotenoides em folhas de pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, em abril de 2015, sexto ano após o plantio, Vacaria. Vacaria/RS, 2018.

Copa	PEs	mg m ⁻² área foliar									
		Clorofila a		Clorofila b		Carotenoides		a/b		a+b/Caro.	
Abate	Adam's	703,9	ns	268,7	ns	174,9	ns	2,7	ns	6,3	ns
	Ba29	686,6		228,1		203,7		3,0		4,5	
	EMC	718,7		328,6		159,8		2,2		9,2	
	média	703,1	A	275,1	A	179,5	NS	2,6	NS	6,7	NS
Rocha	Adam's	466,1	ns	172,9	ns	148,2	ns	2,9	ns	4,4	ns
	Ba29	481,2		205,2		108,5		2,6		7,8	
	EMC	445,5		146,2		144,0		3,0		4,1	
	média	463,4	B	175,7	B	126,3	NS	2,8	NS	6,0	NS
CV (%)		11,55		20,64		36,26		16,7		51,32	

Letra maiúscula compara copas na média dos porta-enxertos, de acordo com o teste F; ns: não significativo.

'Abate Fetel' mostrou teores mais elevados de clorofila a e de clorofila b, em relação à 'Rocha', na média dos porta-enxertos. Os carotenoides, a relação clorofila a/b e a relação clorofilas/carotenoides não diferiram entre as copas e não foram afetados pelos diferentes porta-enxertos.

Com relação ao conteúdo de pigmentos em folhas, avaliado em janeiro do sétimo ano, 'Abate Fetel' mostrou novamente teores mais elevados de clorofilas a e b, carotenoides e relação clorofilas/carotenoides que os da cultivar Rocha (Tabela 4).

TABELA 4. Conteúdo de clorofilas a e b, carotenoides, relação de clorofilas a/b e relação de clorofilas/carotenoides em folhas de pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre marmeleiros, em Janeiro de 2016, sétimo ano após o plantio, Vacaria. Vacaria/RS, 2018.

Copa	PEs	mg m ⁻² área foliar									
		Clorofila a		Clorofila b		Carotenoides		a/b		a+b/Caro.	
Abate	Adam's	422,5	ns	131,6	ns	123,7	ns	3,2	ns	4,5	ns
	Ba29	393,8		130,4		115,2		3,0		4,5	
	EMC	435,7		135,3		126,7		3,2		4,5	
	Média	417,3	A	132,4	A	121,9	A	3,1	NS	4,5	A
Rocha	Adam's	311,4	ns	101,0	ns	94,8	ns	3,1	ns	4,4	ns
	Ba29	327,7		100,2		99,5		3,3		4,3	
	EMC	320,9		97,8		95,9		3,3		4,4	
	Média	320,0	B	99,7	B	96,7	B	3,2	NS	4,3	B
CV (%)		8,39		7,37		6,93		6,10		2,23	

Letra maiúscula compara copas na média dos porta-enxertos, de acordo com o teste F; ns: não significativo.

A redução dos teores de clorofilas pode ocorrer devido a alterações funcionais e bioquímicas na região da enxertia, como por exemplo danos no sistema vascular em resposta ao HCN liberado na hidrólise da prunasina (Gur *et al.*, 1968; Moing *et al.*, 1987). Segundo Werner *et al.* (2008), a redução de clorofilas pode ocorrer em resposta à redução dos níveis de citocininas, como observado em tabaco (Werner *et al.*, 2008) e algodoeiro (Dong *et al.*, 2008). Possivelmente, isto decorre do efeito regulatório das citocininas em determinadas etapas da rota de síntese de clorofilas (Yaronskaya, *et al.*, 2006).

O transporte de citocininas das raízes para as folhas ocorre via floema e xilema (Taiz & Zeiger, 2013). Em pessegueiro, o transporte de citocininas pelo xilema correlacionou-se com o potencial de crescimento do porta-enxerto, sendo que, naqueles menos vigorosos a exportação é menor (Sorice *et al.*, 2002). Outro fator que afeta o transporte de citocininas em direção à copa é a síntese deste hormônio nas raízes, o qual é afetado pela concentração de auxinas (Aloni *et al.*, 2010). Desta forma, a concentração de auxinas no sistema radicular é importante

na regulação do crescimento e funcionamento de raízes e da síntese de citocininas (Soruce *et al.*, 2002; Aloni *et al.*, 2010).

A auxina, embora sintetizada em várias partes da planta, apresenta concentração superior nos meristemas apicais do caule e nas folhas jovens (Ljung *et al.*, 2005). Seu transporte para as raízes ocorre pelo floema e por tecidos vasculares parenquimáticos, possivelmente associados aos elementos do xilema (Taiz & Zeiger, 2013). Fatores relacionados à interação copa/porta-enxerto influenciam o transporte polar de auxinas. Em porta-enxertos de baixo vigor, o suprimento de auxinas para as raízes pode ser reduzido, o que afeta sua concentração neste tecido (Soruce *et al.*, 2002). Outro fator que afeta o transporte de auxinas está ligado à compatibilidade de enxertia. Em combinações incompatíveis, tem sido observado acúmulo de flavonoides na região da enxertia (Errea *et al.*, 1992; Hudina *et al.*, 2014), os quais são substâncias conhecidas por reduzir o transporte de auxinas (Besseau *et al.*, 2007). Desta forma, a menor concentração de auxinas nas raízes pode afetar o crescimento radicular e a síntese e exportação de citocininas para as folhas (Bangerth, 1994; Soruce *et al.*, 2002; Mishra *et al.*, 2009).

Em pereiras enxertadas sobre marmeleiros, valores mais baixos do índice de clorofilas (SPAD) ocorreram somente em combinações com graves problemas funcionais na enxertia (Machado *et al.*, 2015; Machado *et al.*, 2017). Em pessegueiros, a redução no índice de clorofilas precedeu a morte de plantas (Neves *et al.*, 2017).

Porém, nas avaliações realizadas no presente trabalho nenhuma diferença nos teores de clorofilas foi observada nas pereiras sobre os diferentes porta-enxertos. Isso pode indicar que entre os porta-enxertos não houve

alteração tão marcante no sistema vascular a ponto de provocar alteração na concentração de clorofilas nas folhas. Já, as diferenças entre as cultivares podem estar relacionadas ao grau de compatibilidade com os marmeleiros, o que pode indicar problemas funcionais no sistema vascular da 'Rocha'. Diferenças em clorofilas podem ocorrer também devido às características de cada cultivar, pois variações dos teores de clorofilas entre pereiras foram observadas por Ciobotari *et al.* (2010) e Pereira *et al.* (2015). Fatores como a carga de frutos também podem ter afetado a concentração de clorofilas (Ding *et al.*, 2017), pois a 'Rocha' exibiu produções muito superiores à 'Abate Fetel' no período avaliado.

De acordo com Machado *et al.* (2015), nas condições de Urupema, a 'Rocha' mostrou perfeita formação da união com o marmeleiro 'Adam's', enquanto que 'Abate Fetel' exibiu pequenos defeitos no lenho. No entanto, os autores observaram que esta diferença no grau de compatibilidade não se refletiu no índice de clorofilas. Em estudo realizado também em Urupema, Machado *et al.* (2017) caracterizaram que 'Abate Fetel' e 'Rocha' apresentaram o mesmo grau de compatibilidade com o marmeleiro 'EMC', porém o índice de clorofilas em 'Abate Fetel' foi superior à 'Rocha', o que estaria de acordo com o que foi observado no presente experimento.

O uso do teor de clorofilas parece não ser um índice confiável, se tomado isoladamente, para a caracterização e distinção do grau de compatibilidade existente em diferentes combinações copa/porta-enxerto. As diferenças no conteúdo de clorofilas têm sido observadas somente em casos onde o grau de compatibilidade das combinações é bastante contrastante (Zarrouk *et al.*; 2006; Machado *et al.*, 2015 e 2017; Neves *et al.*, 2017). Além disso, fatores como a

carga de frutos na planta e aspectos nutricionais impactam sobre o conteúdo de clorofilas (Ding *et al.*, 2017; Neves *et al.*, 2017).

7.3.5 Concentração de carboidratos na região da enxertia

A avaliação de carboidratos no período de colheita apresentou diferenças no padrão de distribuição na região da enxertia (Figura 8).

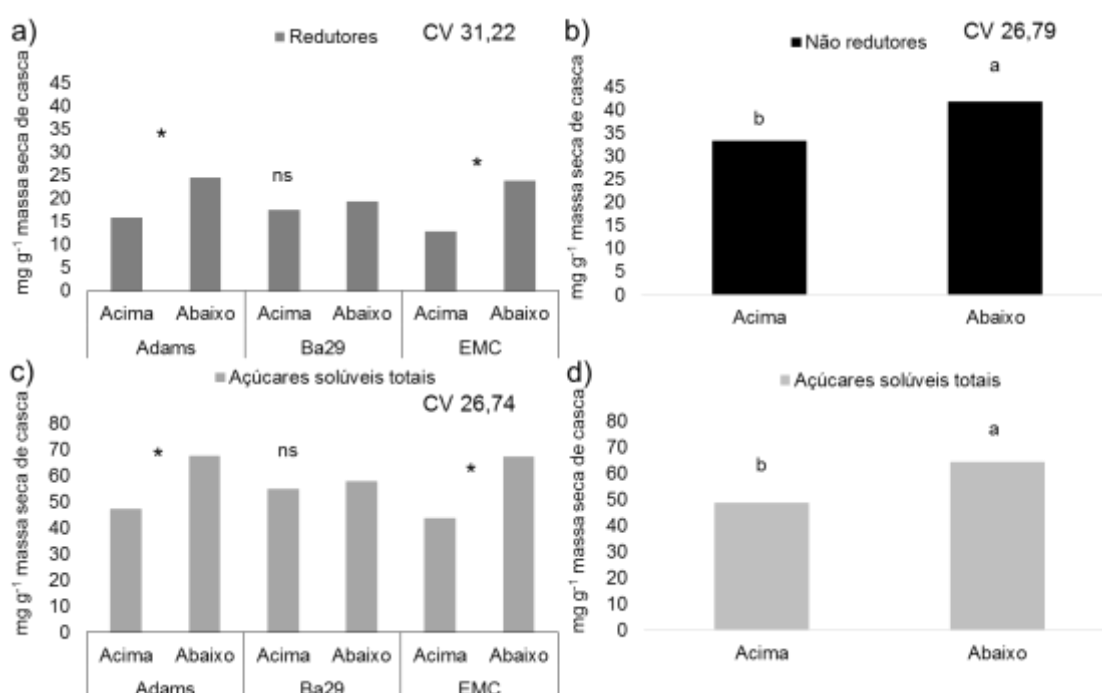


FIGURA 8. Teor de açúcares solúveis acima ou abaixo da enxertia, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', na época de colheita dos frutos, em Vacaria/RS. a) Teor de açúcares redutores na média das copas sobre os diferentes porta-enxertos. b) Teor de açúcares não redutores acima ou abaixo da enxertia na média das copas e dos porta-enxertos. Teor de açúcares solúveis totais na média das copas sobre os diferentes porta-enxertos (c) e acima ou abaixo da enxertia na média de copas e de porta-enxertos (d). * diferença significativa no teor de açúcares acima ou abaixo da enxertia dentro da mesma combinação copa/porta-enxerto; ns: não significativo. Letra minúscula indica diferença de acordo com o teste de Tukey 5 % de probabilidade de erro. Vacaria/RS, 2018.

As diferenças ocorreram entre os porta-enxertos, na média das copas, para a concentração de açúcares solúveis totais e açúcares redutores na região da enxertia. As plantas enxertadas sobre 'Adam's' e 'EMC' apresentaram teores superiores abaixo da enxertia, enquanto que em 'Ba29' não houve diferença nos teores acima ou abaixo da enxertia (Figura 8a, 8c). Já, os açúcares não redutores apresentaram teores maiores abaixo da enxertia, somente na média das copas e dos porta-enxertos (Figura 8b), o que também ocorreu para açúcares solúveis totais (Figura 8d).

No período de queda natural de folhas não houve nenhuma diferença para o conteúdo de açúcares solúveis totais, redutores ou não redutores (Figura 9).

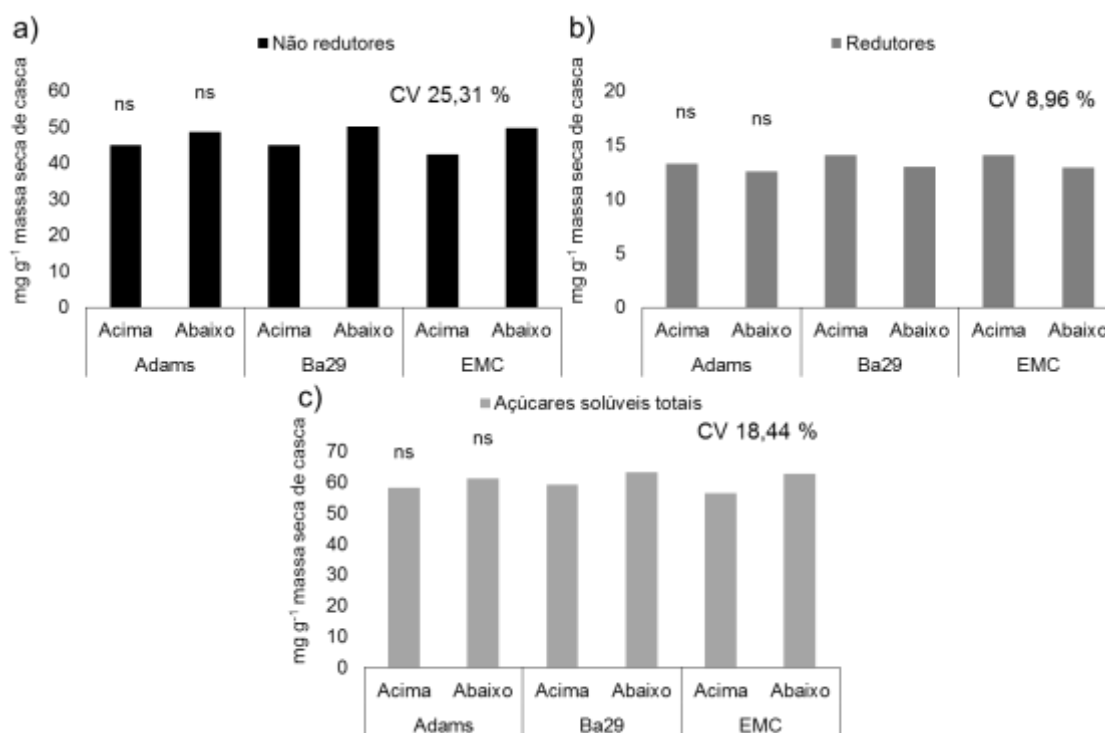


FIGURA 9. Teor de açúcares não redutores (a), açúcares redutores (b) e açúcares solúveis totais (c), acima ou abaixo da enxertia, no período de queda natural de folhas de 2015, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' (na média das copas) enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', Vacaria/RS. ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.

Diferenças nos teores de açúcares foram novamente observadas no período de plena floração, porém estas ocorreram apenas para a pereira 'Rocha' (Figura 10).

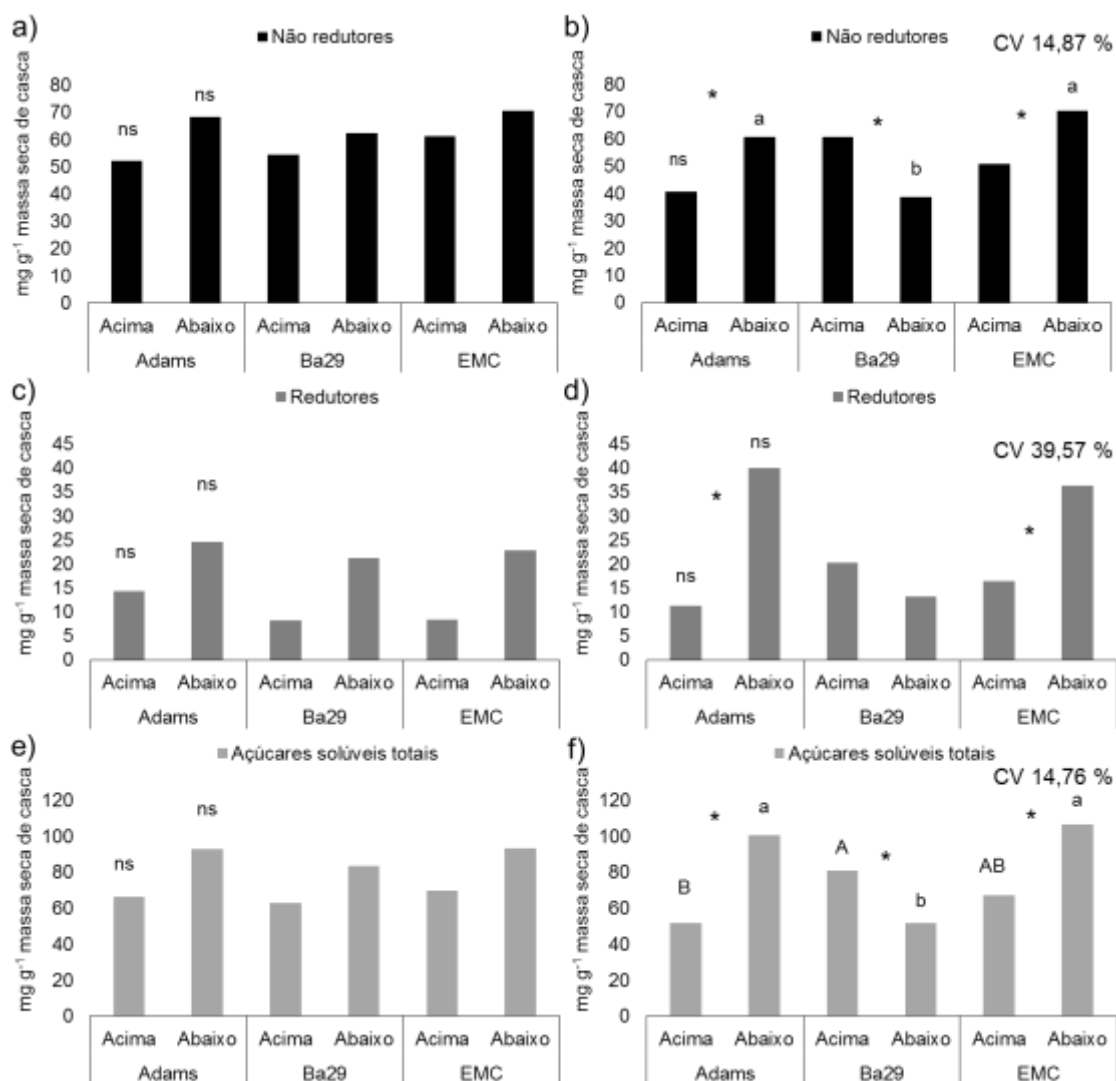


FIGURA 10. Teor de açúcares não redutores, açúcares redutores e açúcares solúveis totais, acima ou abaixo da enxertia, no período de plena floração de 2015, em pereiras 'Abate Fétel' (a,c,e) e 'Rocha' (b,d,f) enxertadas sobre 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', em Vacaria/RS. Letra minúscula compara os porta-enxertos para o teor de açúcares abaixo da enxertia; letra maiúscula compara os porta-enxertos para os teores de carboidratos acima da enxertia. *diferença significativa no teor de açúcares entre os tecidos acima ou abaixo da enxertia dentro da mesma combinação copa/porta-enxerto, de acordo com Tukey 5 % de probabilidade de erro; ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.

Para o conteúdo de açúcares não redutores, nos tecidos abaixo da enxertia, 'Rocha'/'Ba29' exibiu valor inferior à 'Rocha'/'Adam's' e à 'Rocha'/'EMC' (Figura 10b). Acima da enxertia o conteúdo de 'não redutores' não diferiu. A distribuição de açúcares não redutores na enxertia apresentou-se diferente entre os porta-enxertos. Pereiras 'Rocha' sobre 'Adam's' e 'EMC' exibiram teores superiores abaixo da enxertia, enquanto que sobre 'Ba29' a maior concentração ocorreu acima.

A concentração de açúcares redutores na copa ou no porta-enxerto não diferiu entre os marmeleiros, em nenhuma das copas (Figura 10d). Porém, o padrão de distribuição na 'Rocha' foi diferenciado em função do marmeleiro, onde as plantas sobre 'Adam's' e 'EMC' apresentaram maiores teores abaixo da enxertia, enquanto sobre 'Ba-29' os teores de açúcares redutores foram semelhantes acima ou abaixo de enxertia.

Nos açúcares solúveis totais as diferenças entre marmeleiros ocorreram novamente na 'Rocha', tanto para a concentração acima quanto abaixo da enxertia (Figura 10f). 'Rocha'/'Ba29' apresentou a menor concentração na casca, abaixo da enxertia, e a maior acima da enxertia, comparado com 'Rocha'/'Adam's' e 'Rocha'/'EMC'. Ainda em relação à 'Rocha'/'Ba29', esta combinação diferiu das demais, indicando um menor conteúdo de açúcares solúveis totais no porta-enxerto na comparação com a copa.

A avaliação do teor de açúcares da casca fornece informações importantes sobre o transporte de açúcares na enxertia no momento da coleta e pode indicar anormalidades na união. Ciobotari *et al.* (2010) não observaram diferenças na região da enxertia, para concentração de açúcares solúveis totais em pereiras enxertadas sobre marmeleiro ou *Pyrus communis*, no primeiro ano

após a enxertia. Para a maioria das combinações avaliadas pelos autores, a concentração de açúcares foi maior abaixo da enxertia e as avaliações anatômicas destas combinações não permitiram a identificação de sintomas de incompatibilidade.

Em pessegueiros, as combinações incompatíveis apresentaram acúmulo de sorbitol acima da enxertia, sendo que este foi o principal açúcar determinado (Moing *et al.*, 1987; Moing & Gaudillere, 1992). Salvatierra *et al.* (1998) observaram que em *Prunus* spp. as plantas enxertadas sobre material ananizante, o qual exibiu defeitos na enxertia, apresentaram concentração de carboidratos um pouco superior no tecido acima da enxertia. Por outro lado, as plantas sobre um porta-enxerto de maior vigor e de boa compatibilidade de enxertia, exibiram concentração de açúcares solúveis superior abaixo da enxertia.

Moing *et al.*, (1987) e Moing & Gaudillere (1992) também observaram que pessegueiros sobre porta-enxerto incompatível exibiram menor acúmulo de açúcares abaixo da enxertia, enquanto que em combinação compatível, a concentração acima ou abaixo da enxertia foi semelhante.

Em cerejeira, as plantas enxertadas sobre 'G5', porta-enxerto ananizante e que apresentou restrição ao transporte no sistema vascular, apresentaram maior acúmulo de açúcares solúveis acima da enxertia, comparado à concentração do porta-enxerto (Olmstead *et al.*, 2010). Yano *et al.* (2002) mostraram que plantas de pessegueiro enxertadas sobre um porta-enxerto *P. persica* exibiram maior concentração de açúcares abaixo da enxertia, comparado com um porta-enxerto *P. tomentosa*, o qual apresenta incompatibilidade com algumas cultivares copas.

A partir dos trabalhos publicados, observa-se que concentração de açúcares solúveis é normalmente superior nos tecidos abaixo da enxertia, em combinações compatíveis, enquanto concentrações superiores na copa são comuns em combinações incompatíveis ou que apresentam defeitos no ponto de união (Moing & Gaudillere, 1992; Moing *et al.*, 1987; Salvatierra *et al.*, 1998; Yano *et al.*, 2002; Ciobotari *et al.* 2010; Olmstead *et al.*, 2010).

Os resultados do presente estudo mostraram que em cinco das seis combinações testadas, houve maior concentração de açúcares solúveis abaixo da enxertia. Porém, na combinação 'Rocha'/'Ba29', a concentração de açúcares abaixo da enxertia mostrou-se inferior, nos períodos próximos à colheita ou à plena floração. Este padrão diferenciado de distribuição de açúcares na 'Rocha'/'Ba29' pode indicar alterações funcionais nesta combinação, como restrição ao transporte de carboidratos em direção a raiz.

Os problemas funcionais na região da enxertia podem se originar da hidrólise da prunasina, o que gera o cianeto, uma molécula com potencial de causar esta perturbação no sistema vascular, causando efeito temporário de anelamento, restringindo o transporte de açúcares na planta e reduzindo a concentração nos tecidos do porta-enxerto (Gur *et al.*, 1968; Moing *et al.*, 1987).

Na avaliação durante a queda de folhas nenhuma diferença foi observada na concentração de açúcares, possivelmente devido à redução da atividade metabólica e do transporte ao longo do floema, e armazenamento em órgãos permanentes (Loescher *et al.*, 1990).

Os açúcares, além de suas conhecidas funções como substrato para a produção de energia e fonte de esqueletos de carbono para as várias rotas de síntese nos vegetais, agem também como moléculas sinalizadoras (Gibson,

2005). A relação entre açúcares e fitohormônios tem sido demonstrada, como entre a glicose e a auxina (Mishra *et al.*, 2009). A glicose pode afetar a indução/repressão de genes induzidos por auxina (ácido indolacético-AIA), podendo regular isoladamente a transcrição de mais de 60% dos genes afetados por AIA (Mishra *et al.*, 2009). O aumento de concentração de glicose induz aumento no crescimento radicular, afetando o comprimento, o número de raízes laterais e a produção de raízes finas (Gibson, 2005; Mishra *et al.*, 2009).

A redução da concentração de glicose no porta-enxerto pode prejudicar o crescimento do sistema radicular e afetar também o crescimento e desenvolvimento da copa (Li *et al.*, 2016; Foster *et al.*, 2017). Em macieiras, foi observado um desbalanço de carboidratos nas plantas enxertadas sobre o 'M9' (Foster *et al.*, 2017). Sobre este porta-enxerto, as plantas apresentaram elevada concentração de amido nos tecidos da copa e do porta-enxerto, porém, a concentração de açúcares redutores, glicose e frutose, mostrou-se extremamente baixa, indicando que os porta-enxertos estavam em um estado de esgotamento e baixa atividade celular. De acordo com Foster *et al.*, (2017), o efeito ananizante imposto pelo 'M9' à copa está associado a uma incapacidade de mobilizar as reservas de amido no início da estação, para suprir a demanda dos tecidos da copa e do porta-enxerto, o que provoca parada precoce do crescimento dos ramos.

Embora todos os tecidos perenes da planta estoquem reservas de carboidratos, as raízes normalmente apresentam a maior concentração (Loescher *et al.*, 1990). A redução de carboidratos no tecido do porta-enxerto pode impactar negativamente, causando a redução do crescimento vegetativo (Loescher *et al.*, 1990; Yano *et al.*, 2002). Outras rotas também são afetadas

pela redução de carboidratos, como por exemplo a assimilação de nitrogênio (Loescher *et al.*, 1990). Desta forma, a redução na concentração de açúcares solúveis abaixo da enxertia, na combinação 'Rocha'/'Ba29', possivelmente afetou negativamente seu crescimento vegetativo. Além disso, os baixos níveis de açúcares redutores no porta-enxerto, abaixo de 15mg g^{-1} , são responsáveis por induzirem o aumento de HCN conforme Gur *et al.*, (1968), pois a baixa disponibilidade de açúcares redutores pode estimular a hidrólise da prunasina para utilização da glicose presente na molécula na respiração celular.

Na safra 2017/18, durante o nono ano após o plantio, a análise de açúcares solúveis totais, realizada novamente durante o período de plena floração, não apresentou nenhuma diferença significativa (Figura 11).

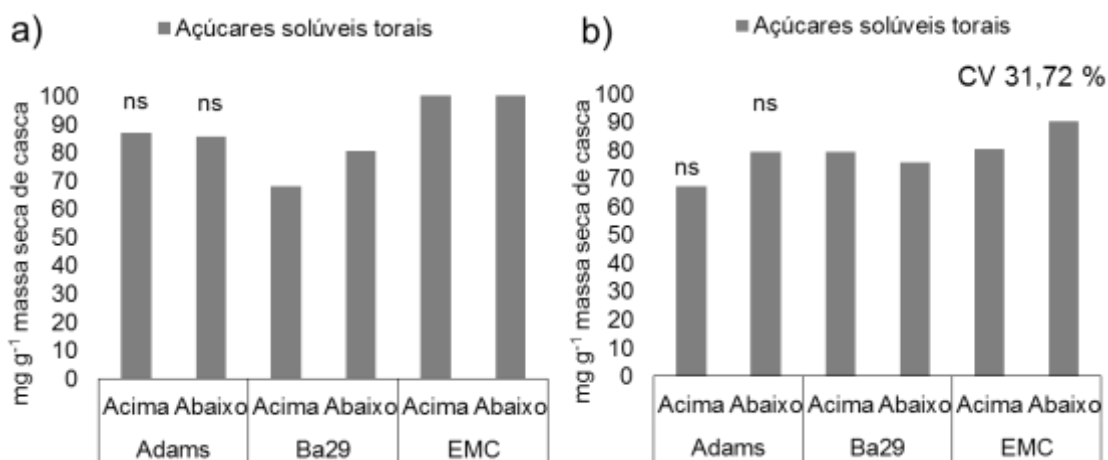


FIGURA 11. Teor de açúcares solúveis totais, acima ou abaixo da enxertia, no período de plena floração de 2017, em pereiras 'Abate Fetel' (a) e 'Rocha' (b) enxertadas sobre 'Adams', 'Ba29' e 'EMC', Vacaria, RS. ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.

Em comparação com os teores de açúcares solúveis na plena floração de 2015, os teores médios observados em 2017 foram 8 % superiores, para o mesmo período. A diferença observada nos teores de açúcares pode ser

consequência das diferenças na carga de frutos da safra anterior à coleta das amostras ou ainda diferenças na época de coleta.

Os teores de amido das cultivares Abate Fetel e Rocha, na região da enxertia, não diferiram entre os porta-enxertos, no período de queda natural de folhas (Figura 12). As diferenças observadas ocorreram entre as copas, na média dos porta-enxertos (Figura 14a), onde a 'Rocha' exibiu menor concentração de amido na copa, na comparação com o teor no porta-enxerto. Nos tecidos acima da enxertia, 'Rocha' exibiu menor concentração que a 'Abate Fetel'. Na média das copas e dos porta-enxertos, a concentração de amido abaixo da enxertia foi maior (Figura 14b).

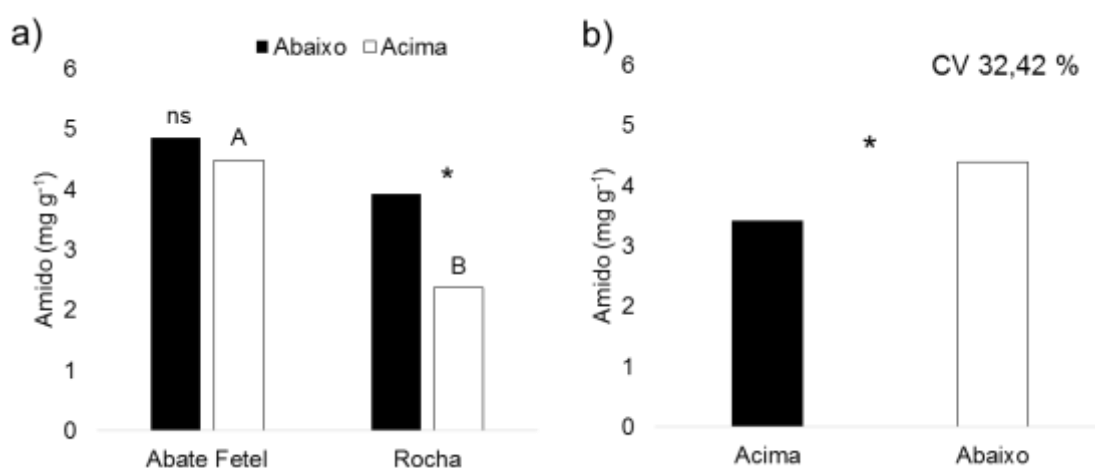


FIGURA 12. Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, no período de queda natural de folhas de 2015, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertadas sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC'. a) Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, nas pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos porta-enxertos. b) Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, na média das copas e dos porta-enxertos. Letra maiúscula indica diferenças de amido entre copas acima da enxertia, de acordo com Tukey 5 % de probabilidade de erro; * compara acima ou abaixo da enxertia; ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.

Na plena floração os teores de amido foram não diferiram entre as copas e foram superiores acima da enxertia, independente da copa ou do marmeleiro (Figura 13).

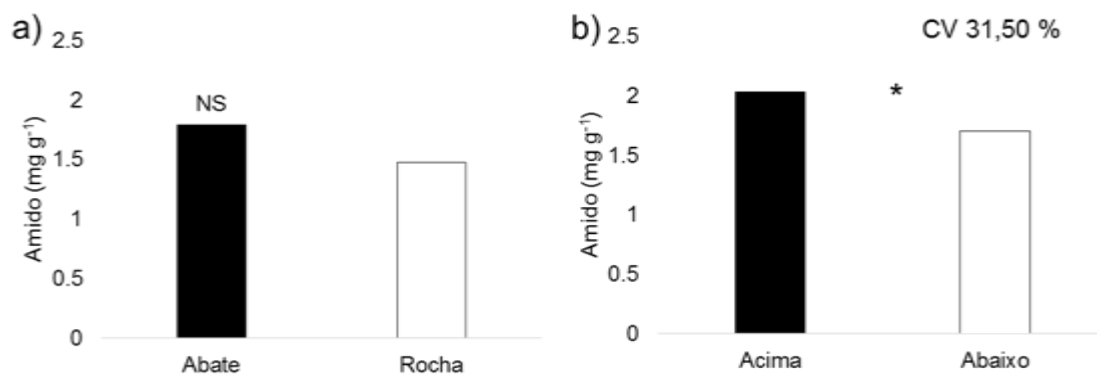


FIGURA 13. Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, no período de plena floração de 2015, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertada sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC'. a) Teor de amido nas pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos tecidos acima e abaixo da enxertia e na média dos porta-enxertos. b) Teor de amido, abaixo ou acima da enxertia, na média das copas e dos porta-enxertos. *diferença significativa entre os tecidos na região da enxertia; ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.

Nas avaliações realizadas em 2015, os teores de amido na queda de folhas, foram superiores aos observados no período de plena floração, o que também foi observado por Yano *et al.*, (2000). A redução na concentração de amido durante o reinício de ciclo é esperado e ocorre devido à hidrólise do amido para suprir a demanda energética da planta, até que as novas folhas tornem-se exportados de carboidratos (Loescher *et al.*, 1990; Bates *et al.*, 2002; Zapata *et al.*, 2004).

Na plena floração de 2017, diferenças ocorreram entre as copas e entre os tecidos (Figura 14). 'Abate Fetel' apresentou maiores teores de amido que 'Rocha', na média dos porta-enxertos e dos tecidos (Figura 14a). Entre os

tecidos, a concentração na copa mostrou-se superior, comparado ao porta-enxerto, na média das copas e dos marmeleiros (Figura 14b).

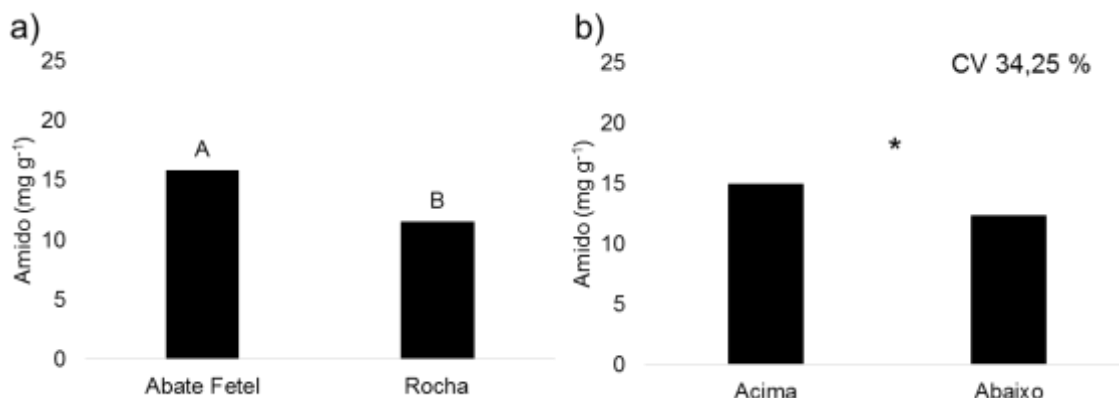


FIGURA 14. Teor de amido na casca, acima ou abaixo da enxertia, em pereiras 'Abate Fetel' e 'Rocha' enxertada sobre os marmeleiros 'Adam's', 'Ba29' e 'EMC', no período de plena floração de 2017. Teor de amido em 'Abate Fetel' e 'Rocha', na média dos porta-enxertos e das copas (a) e acima ou abaixo da enxertia na média das copas e dos porta-enxertos (b). Letra maiúscula compara as copas de acordo com o teste F; *diferença significativa entre os tecidos na região da enxertia; ns: diferença não significativa. Vacaria/RS, 2018.

A concentração de amido no período de plena floração diferiu entre as safras. Em 2015, os teores médios de amido foram baixos, apenas 1,63 mg g⁻¹, enquanto que em 2017 foi de 13,69 mg g⁻¹. Um dos fatores que pode ter influenciado os níveis de amido na plena floração é a carga de frutos da safra anterior. Na safra 2014/15 ocorreu a maior produção de frutos observada no período de avaliação, 36,6 toneladas ha⁻¹ (dados não apresentados neste capítulo), enquanto que na safra 2016/17 o rendimento foi de 26,8 toneladas ha⁻¹. A carga de frutos observada em 2014/15 foi excessiva e resultou na formação de um número muito baixo de cachos florais, refletindo em baixa intensidade de floração na safra 2015/16. Fatores como alta carga de frutos são conhecidos por

afetar o acúmulo de amido, assim como os períodos de déficit hídrico prolongado (Inglese *et al.*, 2002; Lopez *et al.*, 2007; Ding *et al.*, 2017).

Condições de estresse que provocam redução de carboidratos abaixo da enxertia, como por exemplo o excesso de frutos na planta, podem afetar negativamente a compatibilidade entre copa e porta-enxerto, conforme demonstrado por Gur *et al.* (1968).

Diferenças na concentração de amido entre os tecidos, acima ou abaixo da enxertia, têm sido reportadas como características presentes em plantas com incompatibilidade (Herrero, 1951; Moing & Gaudillere, 1992). Os dados apresentados por Hossein *et al.* (2008) mostram que em combinações compatíveis de pereira/marmeleiro, normalmente os teores são iguais acima ou abaixo da enxertia, ou levemente maiores no porta-enxerto, enquanto que, nas 'incompatíveis' a concentração é geralmente maior acima do ponto da enxertia.

De uma forma geral, o teor de amido não foi afetado nas diferentes combinações copa/porta-enxerto. As principais alterações observadas ocorreram nos teores de açúcares solúveis, possivelmente indicando que as alterações que afetaram o transporte de carboidratos foram temporárias e não afetaram o acúmulo de amido.

A redução das condições de estresse poderia ser uma estratégia para reduzir a incompatibilidade e seu efeito negativo sobre o crescimento vegetativo das plantas. Dentre as estratégias de manejo, poderiam ser destacadas o controle da competição por água, e nutrientes com plantas invasoras, a correta irrigação e a fertilização dos pomares e a adequada regulação da carga de frutos. O uso de sistemas de irrigação poderia ser uma estratégia para minimizar os períodos de déficit hídrico que ocorrem com frequência entre novembro e

fevereiro, nas condições climáticas de Vacaria/RS (Nachtigall *et al.*, 2014). Outro ponto que pode ser abordado em futuros estudos é avaliação da utilização de interenxertia com genótipos compatíveis, no sentido de minimizar os defeitos no ponto união, afim de melhorar as condições de crescimento das plantas.

7.4 Conclusões

Os coeficientes de afinidade de enxertia indicam maior afinidade de enxertia da 'Rocha' com os marmeleiros comparado com a 'Abate Fetel'.

'Abate Fetel' e 'Rocha' exibem problemas anatômicos na enxertia, como descontinuidade no lenho e linha escura na casca, demarcando os tecidos da copa e do porta-enxerto. Em geral, as descontinuidade são mais pronunciadas na 'Abate Fetel', sugerindo maior intensidade de incompatibilidade com os marmeleiros. Na 'Rocha' também ocorrem defeitos na região da enxertia, porém isso não demonstra inviabilizar a enxertia sobre os marmeleiros.

As pereiras 'Rocha' e 'Abate Fetel' diferem nos conteúdos clorofilas em folhas, e na atividade de peroxidase e teor de ácido clorogênico na casca da região da enxertia, porém estas variáveis não demonstraram clara relação com os sintomas de incompatibilidade.

Pereiras enxertadas sobre 'Ba29' acumulam menor concentração de açúcares solúveis totais no tecido abaixo da enxertia, principalmente na combinação com a pereira 'Rocha', o que pode indicar restrições ao transporte de carboidratos em direção à raiz.

O conteúdo de amido difere entre o período de queda natural de folhas e a plena floração, assim como entre os tecidos acima ou abaixo da enxertia, no

entanto nas épocas avaliadas não há relação entre o conteúdo de amido e o grau de incompatibilidade.

7.5 Referências bibliográficas

- ALONI, B. et al. Hormonal signaling in rootstock–scion interactions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 127, n. 2, p. 119-126, 2010.
- BANGERTH, F. Response of cytokinin concentration in the xylem exudate of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants to decapitation and auxin treatment, and relationship to apical dominance. **Planta**, Berlin, v. 194, n. 3, p. 439-442, 1994.
- BATES, T. R.; DUNST, R. M.; JOY, P. Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in 'Concord' grapevine roots. **HortScience**, Alexandria, v. 37, n. 2, p. 313-316, 2002.
- BESSEAU, S. et al. Flavonoid accumulation in Arabidopsis repressed in lignin synthesis affects auxin transport and plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v. 19, n. 1, p. 148-162, 2007.
- CABRERA, D.; RODRÍGUEZ, P.; ZOPPOLO, R. Evaluation of quince and elected 'Farold®' pear rootstocks for commercial 'Williams BC' production in Uruguay. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 1094, p. 159-162, 2015.
- CANAS, S. et al. Phenolic compounds involved in grafting incompatibility of *Vitis* spp: development and validation of an analytical method for their quantification. **Phytochemical analysis**, Sussex, v. 26, n. 1, p. 1-7, 2015.
- CIOBOTARI, G. et al. Graft incompatibility influence on assimilating pigments and soluble sugars amount of some pear (*Pyrus communis*) cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 38, n. 1, p. 187, 2010.
- COMIOTTO, A. et al. Desenvolvimento, produção e qualidade dos frutos de pessegueiros enxertados sobre diferentes porta-enxertos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, supl. 1, p. 3553-3562, 2013.
- CUI, T. et al. Analyses of arbutin and chlorogenic acid, the major phenolic constituents in oriental pear. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 10, p. 3882-3887, 2005.
- DING, N. et al. Effects of crop load on distribution and utilization of ¹³C and ¹⁵N and fruit quality for dwarf apple trees. **Scientific Reports**, London, v. 7, n. 1, p. 14172, 2017.
- DONG, H. et al. Effects of cotton rootstock on endogenous cytokinins and abscisic acid in xylem sap and leaves in relation to leaf senescence. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 59, n. 6, p. 1295-1304, 2008.

- ERMEL, F. F. et al. Localized graft incompatibility in pear/quince (*Pyrus communis/Cydonia oblonga*) combinations: multivariate analysis of histological data from 5-month-old grafts. **Tree Physiology**, Victoria, v. 19, n. 10, p. 645-654, 1999.
- ERREA, P.; FEUCHT, W.; TREUTTER, D. Characterization of Flavanol Typepolyphenols in Apricot Cultivar and Rootstocks. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 8, n. 3, p. 165-169, 1994.
- ERREA, P. Implications of phenolic compounds in graft incompatibility in fruit tree species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 3, p. 195-205, 1998.
- ERREA, P.; GARAY, L.; MARÍN, J. A. Early detection of graft incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca*) using in vitro techniques. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 112, n. 1, p. 135-141, 2001.
- ESPEN, L.; COCUCCHI, M.; SACCHI, G. A. Differentiation and functional connection of vascular elements in compatible and incompatible pear/quince internode micrografts. **Tree Physiology**, Victoria, v. 25, n. 11, p. 1419–1425, 2005.
- EVELAND, A. L.; JACKSON, D. P. Sugars, signalling, and plant development. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 63, n. 9, p. 3367-3377, 2011.
- FEUCHT, W.; TREUTTER, D. Phenol gradients in opposing cells of *Prunus* heterografts. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 5, n. 3, p. 107-111, 1991.
- FOSTER, T. M. et al. Apple dwarfing rootstocks exhibit an imbalance in carbohydrate allocation and reduced cell growth and metabolism. **Horticulture Research**, London, v. 4, p. 17009, 2017.
- GAINZA, F.; OPAZO, I.; MUÑOZ, C. Graft incompatibility in plants: Metabolic changes during formation and establishment of the rootstock/scion union with emphasis on *Prunus* species. **Chilean journal of agricultural research**, Santiago de Chile, v. 75, supl. 1, p. 28-34, 2015.
- GIACOBBO, C. L.; FACHINELLO, J. C.; PICOLOTTO, L. Compatibilidade entre o marmeleiro porta-enxerto cv. EMC e cultivares de pereira. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 33-37, 2007.
- GIBSON, S. I. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. **Current opinion in plant biology**, London, v. 8, n. 1, p. 93-102, 2005.
- GÖKBAYRAK, Z. et al. Determination of grafting compatibility of grapevine with electrophoretic methods. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 113, n. 4, p. 343-352, 2007.

- GOLDSCHMIDT, E. E. Plant grafting: new mechanisms, evolutionary implications. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 5, p. 1-9, 2014.
- GULEN, H. et al. Peroxidase isozyme profiles in compatible and incompatible pear-quince graft combinations. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Ankara, v. 127, n. 2, p. 152-157, 2002.
- GUR, A.; SAMISH, R. M.; LIFSHITZ, E. The role of cyanogenic glycoside of the quince in the incompatibility between pear cultivars and quince rootstocks. **Horticulturae Research**, Edinburgh, n. 8, p. 113-134, 1968.
- HERRERO, J. Studies of compatible and incompatible graft combinations with special reference to hardy fruit trees. **Journal of Horticultural Science**, Asford, v. 26, n. 3, p. 186-287, 1951.
- HOSSEIN, D. G.; FARAJOLLAH, S.; HASSANPOUR, H. Identification of graft incompatibility of pear cultivars on quince rootstock by using isozymes banding pattern and starch. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 7, n. 1, p. 109-112, 2008.
- HUDINA, M. et al. The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 171, n. 5, p. 76-84, 2014.
- IGLESIAS, I. et al. Comportamiento de algunos patrones de peral en Lleida y Girona. **Información Técnica Económica Agraria**, Zaragoza, v. 99, n. 1, p. 112-121, 2003.
- INGLESE, P. et al. Crop load and rootstock influence on dry matter partitioning in trees of early and late ripening peach cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 127, n. 5, p. 825-830, 2002.
- IRISARRI, P. et al. Oxidative stress associated with roostock-scion interactions in pear/quince combinations during early stages of graft development. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 176, p. 25-35, 2015.
- IRISARRI, P. et al. Evaluation of the vegetative characteristics and graft compatibility of pear varieties grafted on 'BA-29' and 'OHF-87' rootstocks. **ITEA**, Zaragoza, v. 112, n. 3, p. 243-254, 2016.
- KHADIVI-KHUB, A. Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2015.
- LEPSIS, J.; DRUDZE, I. Evaluation of Seven Pear Rootstocks in Latvia. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 903, p. 457-462, 2011.
- LJUNG, K. et al. Sites and regulation of auxin biosynthesis in Arabidopsis roots. **The Plant Cell**, Rockville, v. 17, n. 4, p. 1090-1104, 2005.

LOESCHER, W. H.; MCCAMANT, T.; KELLER, J. D. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 3, p. 274-281, 1990.

LOPEZ, G.; GIRONA, J.; MARSAL, J. Response of winter root starch concentration to severe water stress and fruit load and its subsequent effects on early peach fruit development. **Tree Physiology**, Victoria, v. 27, n. 11, p. 1619-1626, 2007.

MACHADO, B. D. **Padrões de crescimento e produção de cultivares de pereiras europeias sobre portaenxertos de marmeleiro**. 2014. 148 f. Tese (doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

MACHADO, B. D. et al. Compatibilidade fenotípica entre cultivares de pereiras europeias e porta-enxertos de marmeleiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1551-1556, 2015.

MACHADO, B. D. et al. Graft compatibility between european pear cultivars and east malling “C” rootstock. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 3, p. 1-9, 2017.

MALDONADE, I. R. et al. **Protocolo para determinação de açúcares redutores pelo método de Somogyi-Nelson**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. (Comunicado Técnico, 86).

MELO, E. T. et al. Anatomic compatibility of pear and quince trees grafted on *Pyrus calleryana* and *Chaenomeles sinensis* rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 10, p. 877-886, 2017.

MISHRA, B. S. et al. Glucose and auxin signaling interaction in controlling *Arabidopsis thaliana* seedlings root growth and development. **Plos one**, v. 4, n. 2, p. e4502, 2009.

MNG'OMBA, S. A.; DU TOIT, E. S.; AKINNIFESI, F. K. The relationship between graft incompatibility and phenols in *Uapaca kirkiana* Müell Arg. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 117, n. 3, p. 212-218, 2008.

MOING, A.; SALESSES, G.; SAGLIO, P. H. Growth and the composition and transport of carbohydrate in compatible and incompatible peach/plum grafts. **Tree Physiology**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 345-354, 1987.

MOING, A.; GAUDILLERE, J. P. Carbon and nitrogen partitioning in peach/plum grafts. **Tree Physiology**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 81-92, 1992.

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. F.; CASTRO, P. R. C. KCN and linamarin applications and the translocation incompatibility of crown clones of *Hevea* sp. budded onto IPA 1. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 717-723, 2001.

MOSSE, B. **Graft-incompatibility in Fruit Trees with Particular Reference to its Underlying Causes**. Farnham Royal, Bucks: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1962.

MUSACCHI, S.; MASIA, A.; FACHINELLO, J. Variation of some enzymatic activities in relationship to scion/stock compatibility in pear/quince combinations. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 596, p. 389-392, 2002.

NACHTIGALL, G. R. et al. **Irrigação e fertirrigação na cultura da macieira na região de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. 20 p. (Documentos, 89).

NEVES, T. R.; MAYER, N. A.; UENO, B. Graft incompatibility in *Prunus* spp. preceded by SPAD index reduction. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 635-648, 2017.

NIGGEWEG, R; MICHAEL, A. J.; MARTIN, C. Engineering plants with increased levels of the antioxidant chlorogenic acid. **Nature biotechnology**, New York, v. 22, n. 6, p. 746, 2004.

NOCITO, F. F. et al. Oxidative stress and senescence-like status of pear calli co-cultured on suspensions of incompatible quince microcalli. **Tree Physiology**, Victoria, v. 30, n. 4, p. 450-458, 2010.

NORTH, M.; KOCK, K.; BOOYSE, M. Effect of rootstock on 'Forelle' pear (*Pyrus communis* L.) growth and production. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretória, v. 32, n. 2, p. 65-70, 2015.

OLMSTEAD, M. A.; LANG, N. S.; LANG, G. A. Carbohydrate profiles in the graft union of young sweet cherry trees grown on dwarfing and vigorous rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 124, n. 1, p. 78-82, 2010.

ONARAN, M. H. **Filokseraya mukavim anaclar**. Ziraat vekaleti nesriyatı, Umumi sayı462, 1940.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

PEREIRA, I. S. et al. Glicosídeos cianogênicos e compatibilidade de enxertia em pereiras asiáticas enxertadas sobre *Pyrus calleryana* e *P. betulifolia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 9, p. 854-859, 2015.

PERRAUDINE, 1962. **La Pomologie Francoise**. Tam IV N. 2 Fevrier.

PETINELI, R. **Pereiras europeias enxertadas sobre portaenxerto de marmeleiro**: vigor, produção e incompatibilidade de enxertia. 2014. 81 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

- PRINSI, B. et al. Early proteomic changes in pear (*Pyrus communis* L.) calli induced by co-culture on microcallus suspension of incompatible quince (*Cydonia oblonga* Mill.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 194, p. 337-343, 2015.
- RAPPUSI, M. C. C. et al. Chitosan reduces infection by *Guignardia citricarpa* in postharvest 'Valencia' oranges. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 3, p. 513-521, 2009.
- RODRIGUES, A. C. et al. Avaliação da compatibilidade da enxertia em *Prunus* sp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 359-364, 2001.
- RODRIGUES, A. C. et al. Peroxidases e fenóis totais em tecidos de porta-enxertos de *Prunus* sp. nos períodos de crescimento vegetativo e de dormência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 559-564, 2002.
- SALVATIERRA, M. A.; GEMMA, H.; SHUICHE, I. Partitioning of carbohydrates and development of tissues in the graft union of peaches grafted on *Prunus tomentosa* Thunb. rootstock. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 67, n. 4, p. 475-482, 1998.
- SELMAR, D.; KLEINWÄCHTER, M. Stress enhances the synthesis of secondary plant products: the impact of stress-related over-reduction on the accumulation of natural products. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v. 54, n. 6, p. 817-826, 2013.
- SORCE, C. et al. Hormonal relationships in xylem sap of grafted and ungrafted *Prunus* rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 93, n. 3-4, p. 333-342, 2002.
- SOUZA, R. M.; CALOURO, F. Efeito de sete porta-enxertos no vigor e na produção do clone 2 da pereira 'Rocha'. In: FIALHO, D.; MARTINS, J. M. S. (Ed.). **Pêra Rocha: Guia Técnico**. Cadaval: Agência Nacional de Produtores de Pêra Rocha, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013. 918 p.
- TELLES, C. A. et al. Fenóis totais, peroxidase e suas relações com a compatibilidade de mudas de pessegueiro interenxertadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 86-91, 2009.
- USENIK, V. et al. Early detection of graft incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca* L.) using phenol analyses. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 109, n. 4, p. 332-338, 2006.
- WERNER, T. et al. Cytokinin deficiency causes distinct changes of sink and source parameters in tobacco shoots and roots. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 59, n. 10, p. 2659-2672, 2008.

YANO, T. et al. Effects of *Prunus tomentosa* and *P. persica* rootstocks on yield, fruit quality, dry matter partitioning and trunk cross-sectional areas of six peach cultivars. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 71, n. 6, p. 730-737, 2002.

YARONSKAYA, E. et al. Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings. **Planta**, Berlin, v. 224, n. 3, p. 700-709, 2006.

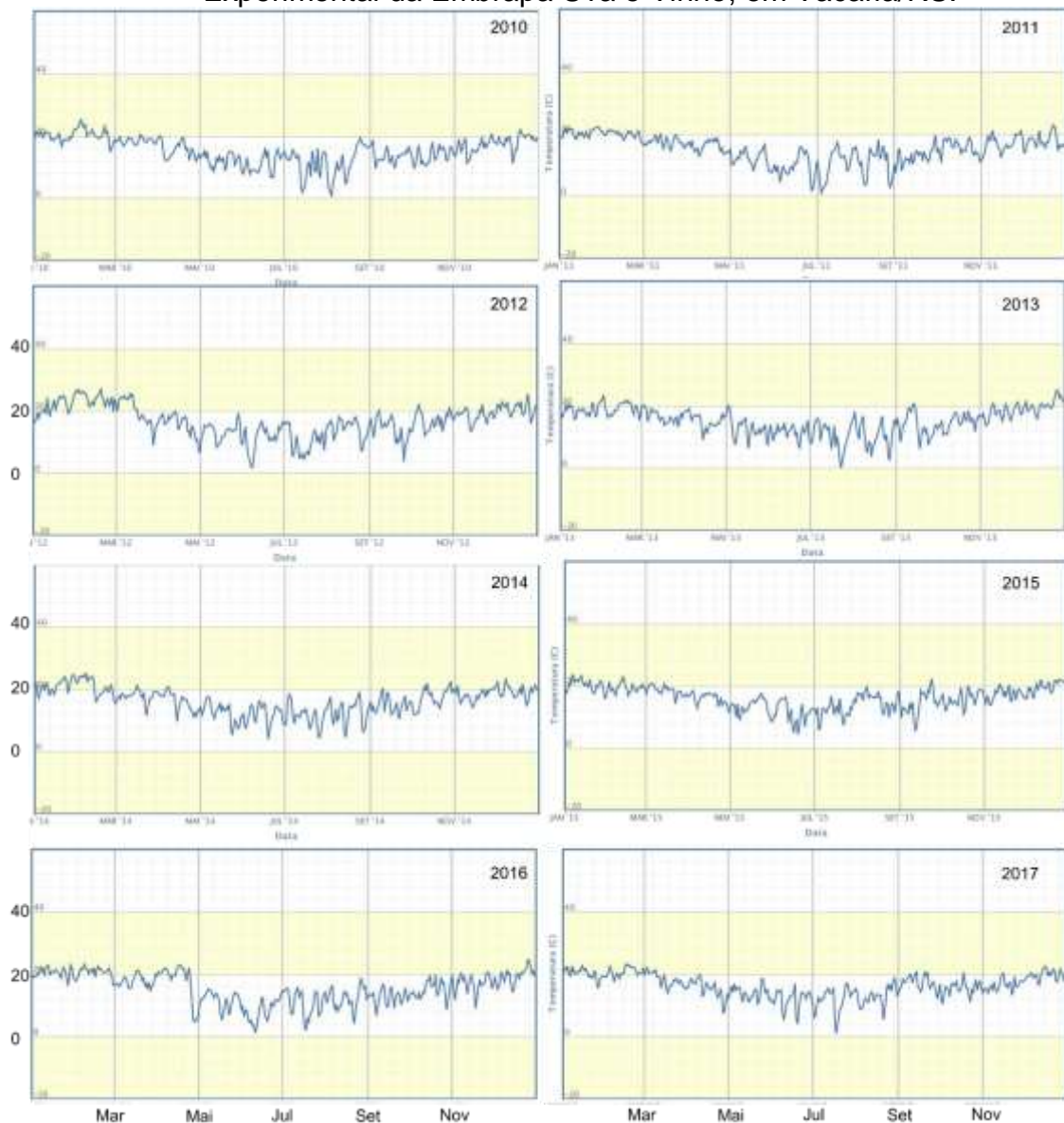
ZAPATA, C. et al. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 161, n. 9, p. 1031-1040, 2004.

ZARROUK, O. et al. Graft compatibility between peach cultivars and *Prunus* rootstocks. **Hortscience**, Alexandria, v. 41, n. 6, p. 1389-1394, 2006.

ZARROUK, O. et al. Changes in cell/tissue organization and peroxidase activity as markers for early detection of graft incompatibility in peach/plum combinations. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 135, n. 1, p. 9-17, 2010.

8. APÊNDICE

APÊNDICE 1. Temperatura média anual em Vacaria de 2010 a 2017. Dados da estação meteorológica automática localizada na Estação Experimental da Embrapa Uva e Vinho, em Vacaria/RS.



Fonte: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf.

APÊNDICE 2. Precipitação em Vacaria de 2010 a 2017. Dados da estação meteorológica automática localizada na Estação Experimental da Embrapa Uva e Vinho, em Vacaria/RS.



Fonte: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf.