

I Workshop sobre frutificação e adubação de pereiras

Organizadores

Marlise Nara Ciotta
Gustavo Brunetto
Jucinei Comin
Mateus da Silveira Pasa
Paula Beatriz Sete



Governador do Estado
João Raimundo Colombo

Vice-Governador do Estado
Eduardo Pinho Moreira

Secretário de Estado da Agricultura e da Pesca
Moacir Sopelsa

Presidente da Epagri
Luiz Ademir Hessmann

Diretores

Giovani Canola Teixeira
Administração e Finanças

Ivan Luiz Zilli Bacic
Desenvolvimento Institucional

Luiz Antonio Palladini
Ciência, Tecnologia e Inovação

Paulo Roberto Lisboa Arruda
Extensão Rural



ISSN 0100-8986
Agosto/2017

DOCUMENTOS Nº 276

I WORKSHOP SOBRE FRUTIFICAÇÃO E ADUBAÇÃO DE PEREIRAS

Organizadores

Marlise Nara Ciotta
Gustavo Brunetto
Jucinei Comin
Mateus da Silveira Pasa
Paula Beatriz Sete



Epagri

Empresa de Pesquisa Agropecuária
e Extensão Rural de Santa Catarina

Florianópolis

2017

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil
Fone: (48) 3665-5000, fax: (48) 3665-5010
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editado pelo Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC)

Editoração técnica: Lucia Morais Kinceler

Revisão textual: Laertes Rebelo

Foto de capa: Pomar experimental de pereiras no município de São Joaquim (SC), safra 2016/17. Foto Mateus da Silveira Pasa

Primeira edição: agosto de 2017

Este trabalho teve o apoio da Unesp e Gepaces e o patrocínio da Fapesc.



É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que a fonte seja citada.

Ficha catalográfica

CIOTTA, M.N.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.; PASA, M.S.; SETE, P.B (orgs.). *I Workshop sobre frutificação e adubação de pereiras*. Florianópolis, SC: Epagri, 2017. 120p. (Documentos 276)

Pyrus communis; Fruticultura; Pera.

ISSN 0100-8986

O

Organizadores

Marlise Nara Ciotta

Engenheira-agrônoma, Doutora em Ciência do Solo
Epagri, Estação Experimental de São Joaquim
Rua João Araujo Lima, 102, Caixa Postal 81
São Joaquim, SC
(49) 3233 8423
marlise@epagri.sc.gov.br

Gustavo Brunetto

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Departamento de Solos e Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Camobi, 97105-900
Santa Maria, RS
(55) 3220 8108
brunetto.gustavo@gmail.com

Jucinei José Comin

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia
Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Engenharia Rural e Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas
Itacorubi, 88034-000
Florianópolis, SC
j.comin@ufsc.br

Mateus da Silveira Pasa

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Fitotecnia
Epagri, Estação Experimental de São Joaquim
Rua João Araujo Lima, 102, Caixa Postal 81
São Joaquim, SC
(49) 3233 8423
mateuspasa@epagri.sc.gov.br

Paula Beatriz Sete

Engenheira-agrônoma, Mestre em Agroecossistemas
Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Engenharia Rural e Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas
Itacorubi, 88034-000
Florianópolis, SC
paulasete@gmail.com

Autores

Afonso Inácio Orth

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Biologia
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 99034-000
Florianópolis, SC
ofonso.orth@ufsc.br

Alberto Fontanella Brighenti

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Fitotecnia
Epagri, Estação Experimental de São Joaquim
CEP 88600-000
São Joaquim, SC
albertobrighenti@epagri.sc.gov.br

André Amarildo Sezerino

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciências
Epagri, Estação Experimental de Caçador
CEP 89500-000
Caçador, SC
andresezerino@epagri.sc.gov.br

Arcângelo Loss

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
arcangeloloss@yahoo.com.br

Bárbara Santos Ventura

Engenheira-agrônoma, Mestre em Agroecossistemas, Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
bazinhasv@hotmail.com

Betânia Vahl de Paula

Bióloga, Mestre em Agronomia, Doutoranda em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
CEP 97105-900
Santa Maria, RS
behdepaula@hotmail.com

Bruno Carra

Engenheiro-agrônomo, Mestre em Agronomia, Doutorando em Agronomia
Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
CEP 96010-610
Pelotas, RS
brunocarra@hotmail.com

Carina Pereira da Silva

Bióloga, Doutora em Biotecnologia
CEP 88.600-000
São Joaquim, SC
carpers.rs@gmail.com

Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-220
Florianópolis, SC
crfsoares@gmail.com

Cledimar Rogério Lourenzi

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
lourenzicr@gmail.com

Danilo Eduardo Rozane

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Registro e
Universidade Federal do Paraná (UFPR)
CEP 11900-000
Registro, SP
danilorozane@registro.unesp.br

George Wellington Bastos de Melo

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciência do Solo
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Uva e Vinho)
CEP 95701-008
Bento Gonçalves, RS
wellington.melo@embrapa.br

Gilberto Nava

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Clima Temperado)
CEP 96010-971
Pelotas, RS
gilberto.nava@embrapa.br

Gustavo Brunetto

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
CEP 97105-900
Santa Maria, RS
brunetto.gustavo@gmail.com

Ivan Dagoberto Faoro

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciências
Epagri, Estação Experimental de Caçador
CEP 89500-000
Caçador, SC
faoro@epagri.sc.gov.br

Jamilli Almeida Salume

Engenheira-agrônoma, Mestre em Agroecossistemas
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
jamilli.almeida@hotmail.com

José Luiz Petri

Engenheiro-agrônomo, Mestre em Agronomia
Epagri, Estação Experimental de Caçador
CEP 89500-000
Caçador, SC
petri@epagri.sc.gov.br

Jucinei José Comin

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
j.comin@ufsc.br

Lincon Stefanello

Engenheiro-agrônomo, Mestrando em Ciência do Solo do Solo
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
CEP 97105-900
Santa Maria, RS
linconfa@hotmail.com

Luciano Colpo Gatiboni

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciência do Solo
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
CEP 88520-000
Lages, SC
lgatiboni@gmail.com

Marlise Nara Ciotta

Engenheira-agrônoma, Doutora em Ciência do Solo
Epagri, Estação Experimental de São Joaquim
CEP 88.600-000
São Joaquim, SC
marlise@epagri.sc.gov.br

Mateus da Silveira Pasa

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Fitotecnia
Epagri, Estação Experimental de São Joaquim
CEP 88.600-000
São Joaquim, SC
mateuspasa@epagri.sc.gov.br

Monique Souza

Engenheira-agrônoma, Mestre em Agroecossistemas, Doutoranda em Agroecossistemas
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
monique_souzaaa@yahoo.com.br

Paula Beatriz Sete

Engenheira-agrônoma, Mestre em Agroecossistemas, Doutoranda em Agroecossistemas
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
paulasete@gmail.com

Paulo Ademar Avelar Ferreira

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
CEP 97105-900
Santa Maria, RS
avelarufla@gmail.com

Paulo Emílio Lovato

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
paulolovato@yahoo.com.br

Rodolfo Assis de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, Mestre em Agroecossistemas, Doutorando em Agroecossistemas
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
rodolfo.assis@posgrad.ufsc.br

Rodrigo Hiyoshi Dalmazzo Nowaki

Engenheiro-agrônomo, Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), Doutorando em Agronomia
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Câmpus de Jaboticabal
CEP 14.884-900
Jaboticabal, SP
rodrigo.nowaki@gmail.com

Tales Tiecher

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciência do Solo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Porto Alegre, RS
tales.t@hotmail.com

Vilmar Müller Júnior

Engenheiro-agrônomo, Mestre em Agroecossistemas, Doutorando em Engenharia Ambiental
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
CEP 88034-000
Florianópolis, SC
vilmar_muller@hotmail.com

William Natale

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia
Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici
CEP 60356-000
Fortaleza, CE
natale@ufc.br

Apresentação

O Brasil importa a maior parte das peras consumidas no País, o que representa um elevado custo e gera menor lucratividade às propriedades frutícolas. Isso acontece porque é pequena a área cultivada com a pereira (*Pyrus communis* L.), o que pode ser atribuído em parte à carência de informações tecnológicas para o sistema de produção da frutífera nas condições edafoclimáticas do País, onde se destacam a falta de recomendações mais precisas sobre as melhores cultivares, porta-enxertos, combinações de cultivares e porta-enxertos, melhores polinizadoras, práticas de manejo de pragas, doenças e recomendação de adubação.

Em virtude disso, nas últimas décadas vários pesquisadores vinculados à instituições de pesquisa e ensino, públicas e privadas, vêm realizando pesquisas com alguns desses temas. Em 2010, um grupo de pesquisadores vinculados à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com apoio de outros profissionais de outras instituições, como da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), Universidade do Estado de São Paulo (Unesp - Campus Registro), Embrapa Uva e Vinho e Embrapa Clima Temperado, instalaram vários experimentos de média duração no Planalto Serrano Catarinense. Entre os objetivos, destacam-se o estabelecimento de cultivares e porta-enxertos mais adaptados àquelas condições edafoclimáticas; práticas de manejo mais adequadas, como a poda e a definição dos teores de nutrientes no solo e no tecido mais favoráveis às pereiras, busca de melhores fontes de nutrientes a serem aplicadas. Além disso, foram realizados estudos para definir as práticas de manejo mais adequadas de plantas de cobertura em pomares, visando à manutenção de resíduos sobre o solo, mas também à contribuição de nutrientes derivados das plantas de cobertura para as pereiras.

Todos esses temas são abordados ao longo da presente publicação, elaborada a partir do I Workshop sobre frutificação e adubação de pereiras, realizado no município de São Joaquim (SC), no dia 17 de agosto de 2017. O evento foi uma promoção da Epagri, UFSM e UFSC, com apoio da Unesp - Campus Registro (SP) e do Grupo de Estudos de Predição de Adubação e Contaminação de Solos (Gepaces). O evento contou com financiamento da Fundação de Pesquisa do Estado de Santa Catarina (Fapesc) e foi direcionado a estudantes, técnicos, fruticultores e público em geral.

Diretoria Executiva da Epagri

Lista de tabelas

Capítulo 1

Tabela 1. Número médio de flores.planta-1 nas cultivares Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2012 e 2013.....	23
Tabela 2. Datas aproximadas de início, plena e final de floração dos cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2012 e 2013.....	25
Tabela 3. Distribuição de cultivares de pereiras europeias de acordo com os alelos "S".....	27
Tabela 4. Porcentagem de frutos colhidos, média \pm desvio padrão da massa fresca dos frutos e número de sementes por fruto de acordo com a fonte de pólen utilizada para polinizar o cv. Rocha. Vacaria, RS, safra 2011/2012.....	29
Tabela 5. Médias do volume de néctar potencial (μ L) nos cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph nos diferentes anos e nos distintos estádios fenológicos em Bom Retiro, SC, 2012 e 2013.....	31
Tabela 6. Frutificação efetiva (%) e de frutos colhidos (%) de acordo com o tratamento de polinização no cv. Rocha em Bom Retiro, SC, nos ciclos 2012/2013 e 2013/2014.....	33
Tabela 7. Classificação dos insetos coletados em Caçador durante a florada da pereira japonesa, em 2006 (safra 2006/2007) e 2007 (safra 2007/2008) ⁽³⁾	36
Tabela 8. Tipos de insetos coletados em São Joaquim durante a florada da pereira japonesa, na safra 2006/2007.....	37
Tabela 9. Média \pm desvio padrão do número médio de abelhas.planta-1.minuto-1 em diferentes períodos do dia nos cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2012.....	39
Tabela 10. Média \pm desvio padrão do número médio de abelhas.árvore ⁻¹ .minuto ⁻¹ em diferentes períodos do dia nos cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2013.....	40
Tabela 11. Número médio de insetos polinizadores, em duas cultivares de pereira japonesa e em plantas rasteiras situadas nas entrelinhas de plantio, em Caçador (Cd) e São Joaquim (SJ), em 2006 (safra 2006/2007) e 2007 (safra 2007/2008).....	40

Capítulo 3

Tabela 12. Interpretação dos teores de nutrientes em folhas de pereira europeia.....	72
Tabela 13. Recomendações de calagem (calcário com PRNT 100%) com base no Índice SMP, para a correção elevar o pH em água do solo a 6,0 (camada de 0 a 20cm) nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.....	75
Tabela 14. Interpretação do teor de P no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para frutíferas.....	76
Tabela 15. Interpretação do teor de K no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme a CTC do solo para frutíferas.....	76
Tabela 16. Quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas em função dos teores de P e K disponíveis no solo.....	77
Tabela 17. Quantidades de N recomendadas para o crescimento da pereira.....	77
Tabela 18. Teores de nutrientes em folhas, produtividade e seus parâmetros, em pereiras submetidas à aplicação de N.....	79
Tabela 19. Teor de P disponível no solo, teor de P em folhas, produtividade e seus parâmetros, em pereiras submetidas à aplicação de fertilizante fosfatado.....	81
Tabela 20. Potássio trocável no solo, teor de K em folhas, produtividade e seus parâmetros, em pereiras submetidas à aplicação de fertilizante potássico.....	82

Capítulo 4

Tabela 21. Espécies indicadas para a cobertura do solo no outono/inverno em pomares de pereira, com indicação da época de plantio e da densidade de semeadura.....	89
Tabela 22. Parâmetros dos valores ajustados ($X=X_0e^{-kt}$) aos valores de matéria seca (MS) remanescente, nitrogênio total (N), fósforo (P) e potássio (K); o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) e a	

constante de decomposição (k) de cada compartimento, e valores de R2 para os resíduos de aveia branca, nabo-forrageiro, azevém e plantas espontâneas, depositados na linha de plantio em pomar de pereira.....	95
Tabela 23. Relação C/N da matéria seca remanescente dos resíduos de aveia branca, nabo-forrageiro, azevém e plantas espontâneas, depositados na linha de plantio em pomar de pereira	97
Tabela 24. Equivalente de fertilizantes (kg ha ⁻¹) com base nas quantidades de N, P e K liberados pelas plantas de cobertura	98

Capítulo 5

Tabela 25. Efeito de doses crescentes de potássio sobre os teores foliares de K, Ca e Mg em Palmier à Huile (Carnaúba).....	105
Tabela 26. Interpretação dos teores de nutrientes em folhas de pereira asiática.....	107
Tabela 27. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes e a produtividade, nos talhões de pereiras (n=60).....	110
Tabela 28. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes e a produtividade, nos talhões de pereiras (n=23) alta produtividade.....	110
Tabela 29. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes e a produtividade, nos talhões de pereiras (n=37) baixa produtividade.....	111
Tabela 30. Valores mínimos, máximos, médios, desvio-padrão (s) para teores denutrientes e o valor não determinado (R), em folhas de pereiras e, a produtividade (t ha ⁻¹) nas subpopulações de alta e baixa produtividade para as pereiras em estudo	111
Tabela 31. Teste de correlação (Pearson) e de significância (p) entre as variáveis produtividade e coordenadas CND-clrde cada nutriente e do CND-r ² nos talhões de pereiras (n=60)	112
Tabela 32. Normas da diagnose da composição nutricional (CND) da pereira na população de referência (n=23).....	114
Tabela 33. Indicação da faixa de suficiência considerada adequada para nutrientes em folhas completas de pereiras, amostradas como indicado em CQFS-RS/SC (2016).....	114

Lista de Figuras

Capítulo 1

- Figura 1. Secção longitudinal de uma flor de pereira ‘Bartlett’
- Figura 2. Arqueamento de ramos de pereira. (a) Utilização de palitos em ramos com até 20 cm; (b) Utilização de fitilhos em ramos maiores. Fotos: André A. Sezerino (2014).....
- Figura 3. Ramo de pereira ‘Housui’ com estruturas reprodutivas em diferentes estádios fenológicos. Foto: André A. Sezerino (2014).
- Figura 4. Compatibilidade de cruzamentos de acordo com os tipos de alelos presentes no grão de pólen e no tecido do pistilo. Fonte: Matsumoto (2014).
- Figura 5. Produção média de néctar por flor ($\mu\text{L}\cdot\text{flor}^{-1}$) em flores ensacadas em diferentes estádios fenológicos da flor nos cultivares Housui, Kousui e Nijisseiki em Caçador, SC, 2006. Fonte: Faoro & Orth (2011).
- Figura 6. Concentração de açúcar ($^{\circ}\text{Brix}$) no néctar de flores ensacadas em diferentes estádios fenológicos da flor nas cultivares Nijisseiki e Suisei em Caçador, SC, 2006. Fonte: Faoro & Orth (2011).
- Figura 7. Concentração de açúcar ($^{\circ}\text{Brix}$) no néctar de flores ensacadas em diferentes estádios fenológicos da flor nas cultivares Nijisseiki e Suisei em Caçador, SC, 2007. Fonte: Faoro & Orth (2011).
- Figura 8. Volume ($\mu\text{L}\cdot\text{flor}^{-1}$) e concentração de açúcares ($^{\circ}\text{Brix}$) do néctar de diferentes cultivares de pereira, macieira, mirtilo e eucalipto. Fontes: Sezerino et al. (2005); Sezerino et al. (2012); Sezerino (2014); Salomé & Orth (2014).
- Figura 9. Frutificação efetiva aos 33, 57 e 133 dias após a realização dos tratamentos de polinização. O comprimento das barras de erro representa duas vezes o erro padrão da média. Alcobaça, Portugal, 2014. Fonte: Sezerino et al., (2015).....
- Figura 10. Besouro da pereira (*Astylus quadrilineatus*) forrageando flores de pereira japonesa em São Joaquim, SC, Brasil. Fonte: Faoro & Orth (2015).
- Figura 11. Abelha *Apis mellifera* sobre flor de pereira ‘Rocha’. Fonte: Sezerino (2014).
- Figura 12. Floração da bracinga concomitantemente com a floração do pomar de pera ‘Rocha’ em Bom Retiro, SC. Fonte: Sezerino, 2013

Capítulo 2

- Figura 13. Taxa de crescimento de ramos de pereiras ‘D’Anjou’. Adaptado de Pasa & Einhorn (2014).
- Figura 14. Modelo esquemático das substâncias e condições que bloqueiam e/ou reduzem a síntese de etileno. AVG = aminoetoxivinilglicina; AOA = ácido aminoxiacético; Co = Cobalto; O = Oxigênio. Adaptado de Taiz & Zeiger (2013).

Capítulo 4

- Figura 15. (a) Aveia preta; (b) plantas de aveia-preta e azevém em pomar de pereira cv. Rocha; (c) centeio; (d) ervilha forrageira; (e) consórcio ervilhaca e azevém na entrelinha de pomar de ameixeira cv. Letícia na fase de implantação e (f) nabo-forrageiro em estágio de floração
- Figura 16. a) Nabo-forrageiro 20 dias após semeadura na linha e plantas espontâneas na entrelinha em pomar de pereira cv. Rocha; (b) roçada manual do nabo-forrageiro; (c) roçada mecânica logo após a semeadura de plantas de cobertura; (d) roçada mecânica na linha de plantio e (e) manejo químico de plantas de cobertura em pomar de ameixa cv. Fortune, Monte Bérico, Farroupilha, RS. Fotos: Alex Basso
- Figura 17. (a) Manejo de plantas de cobertura em pomares de Pera Rocha em produção com cobertura de tela anti-granizo; (b) plantas de nabo-forrageiro na linha de plantio e acamamento do nabo-forrageiro com roçada manual em pomar de pera Rocha (direita);

(c) nabo-forageiro antes e após roçada manual com posterior deposição na linha de plantio e (d) pera cv. Packham's e plantas de cobertura acamadas, Monte Bérico, Farroupilha, RS. Fotos: Alex Basso

Figura 18. (a) Percentagem remanescente de matéria seca (MS), (b) nitrogênio (N), (c) fósforo (P) e (d) potássio (K), em resíduos de aveia branca, nabo-forageiro, azevém e plantas espontâneas, depositados na linha de plantio em pomar de pereira. As barras verticais representam o erro padrão.

Capítulo 5

Figura 19. Pomar de pereiras na região de São Joaquim-SC, na fase de coleta de folhas para fins de diagnose nutricional. Foto: Marlise Nara Ciotta

Figura 20. Boxplot (média, média \pm erro-padrão - EP e a média \pm 1,96*EP) para o índice de desequilíbrio nutricional CND-r², em relação aos grupos das populações de baixa e alta produtividade.....

Figura 21. Índice de desequilíbrio nutricional (CND-r²) e distância de Mahalanobis (D²) na população de referência (n=23) de pereiras.....

Figura 22. Ordem de limitação nutricional de nutrientes, na população de baixa produtividade de pereiras.

Sumário

Introdução geral	18
Capítulo 1 Polinização em pereiras	20
1 Introdução.....	20
2 Aspectos gerais sobre polinização.....	21
3 Biologia reprodutiva da pereira.....	22
4 Manejo da polinização em pomares	35
5 Considerações finais.....	41
6 Referências	41
Capítulo 2 Estratégias para controle do crescimento vegetativo e aumento da frutificação efetiva de pereiras	48
1 Introdução.....	48
2 Crescimento vegetativo	48
2.1 Poda.....	49
2.2 Poda de raízes.....	50
2.3 Anelamento de tronco	51
2.5 Déficit hídrico	53
2.6 Porta-enxertos.....	54
2.7 Fitorreguladores	54
2.8 Engenharia genética	56
3 Frutificação efetiva.....	57
3.1 Condições climáticas.....	57
3.2 Fitorreguladores	58
3.2.1 Inibidores da síntese de giberelinas.....	58
3.2.2 Inibidores da síntese de etileno	59
4 Considerações finais.....	60
5 Referências	61
Capítulo 3 Respostas de pereiras à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica	69
1 Introdução.....	69
2 Critérios de predição de adubação em frutíferas	70
2.1 Análise de solo	70
2.2 Análise de tecido	71
2.3 Análise de frutos.....	73
2.4 Crescimento vegetativo	73
3 Calagem e tipos de adubação em pomares.....	73
3.1 Calagem.....	73
3.2 Adubação de correção (pré-plantio).....	75
3.3 Adubação de crescimento.....	77
3.4 Adubação de manutenção (produção)	78
3.5 Resultados de pesquisa obtidos em experimentos realizados no Planalto Serrano de SC.....	78
3.5.1 Impacto da adubação nitrogenada em pereiras	79
3.5.2 Impacto da adubação fosfatada e potássica em pereiras	80
4 Considerações finais.....	83
5 Referências	83
Capítulo 4 Uso de plantas de cobertura de inverno e ciclagem de nutrientes em pomares de pereira	87
1 Introdução.....	87
2 Espécies de plantas de cobertura normalmente cultivadas em pomares	88
2.1 Espécies de outono/inverno.....	89
3 Manejo de plantas de cobertura em pomares	91

3.1 Manejo de plantas de cobertura em pré-plantio dos pomares	91
3.2 Manejo de plantas de cobertura em pomares em crescimento	92
3.3 Manejo de plantas de cobertura em pomares em produção	93
4 Produção de matéria seca de plantas de cobertura em pomares no Sul do Brasil.....	94
4.1 Decomposição e mineralização de nutrientes em pomar de pereira	95
5 Considerações finais.....	99
6 Referências	99

Capítulo 5 Diagnose da composição nutricional – CND, como critério de predição do estado nutricional de pereiras

1 Introdução.....	103
2 Importância da diagnose do estado nutricional para as plantas frutíferas e a evolução dos métodos diagnósticos	104
3 Diagnose nutricional em pereiras	106
4 Avaliação do estado nutricional pelo método CND, a partir de observações em campos de produção de pereiras em Santa Catarina	109
5 Considerações finais.....	116
6 Referências	116

Introdução geral

O Brasil em 2016 importou 186,696 mil toneladas de pera, representando aproximadamente 90% da fruta consumida no País. O restante das peras consumidas pelos brasileiros, cerca de 10%, foi especialmente produzido em pomares de pereiras instalados nos estados da Região Sul do Brasil, como Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR), mas também nos estados de São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG). Esses resultados mostram claramente que o consumo de pera no Brasil é dependente do mercado internacional, onde milhões são gastos anualmente com a importação da fruta. Além de afetar nossa balança comercial, essa situação reduz a quantidade de emprego e renda gerados na cadeia produtiva da fruta no País, prejudicando a economia de propriedades, municípios e estados, justamente num país como o Brasil, que possui solos e clima favoráveis ao cultivo da pereira.

A baixa produção de peras no Brasil acontece porque a área cultivada com pereira ainda é muito pequena. Isso está associado à carência de informações tecnológicas para o sistema de produção da frutífera nas condições edafoclimáticas do País, onde se destacam a falta de recomendações mais precisas sobre os melhores cultivares, porta-enxertos, combinações de cultivares e porta-enxertos, polinizadoras adequadas, controle do crescimento vegetativo, aumento da frutificação efetiva, práticas de manejo de pragas, doenças e recomendação de adubação.

Assim, experimentos de média duração no Planalto Serrano Catarinense foram instalados para estabelecer os cultivares e porta-enxertos mais adaptados àquelas condições edafoclimáticas. Os trabalhos concentram-se no estudo de práticas de manejo mais adequadas, como a poda, teores de nutrientes no solo e no tecido mais favoráveis às pereiras, bem como melhores fontes de nutrientes a serem aplicadas. Além disso, foram realizados estudos sobre as práticas de manejo mais adequadas de plantas de cobertura em pomares, visando à manutenção de resíduos sobre o solo, mas também à contribuição de nutrientes derivados das plantas de cobertura das pereiras.

O excesso de crescimento vegetativo e a baixa frutificação efetiva são alguns dos principais responsáveis pela baixa produtividade de pereiras no Brasil. O crescimento vegetativo pode ser controlado por meio de diversas práticas, como escolha do porta-enxerto adequado, arqueamento de ramos, poda de raízes, inibidores da síntese de giberelinas, entre outros. Os resultados obtidos até o momento mostram que tais práticas devem ser utilizadas de maneira integrada e de acordo com cada situação específica para obtenção do controle desejado. Com relação à frutificação efetiva, a aplicação de aminoetoxivinilglicina (AVG) tem se mostrado como uma das estratégias mais promissoras, quando aplicado entre 1 e 2 semanas após a plena floração, na dose de 60mg L^{-1} i.a. Os resultados obtidos até o momento mostram incrementos na produtividade de até 100%. Além de aumentar o retorno econômico para o produtor, a maior carga de frutos auxilia no controle do crescimento vegetativo, uma vez que os frutos atuam como drenos de nutrientes e fotoassimilados. Essa é, sem dúvida, a melhor estratégia de todas, ou seja, controlar o crescimento vegetativo das plantas obtendo maior retorno econômico com aumento da produtividade.

Além desses resultados, observou-se que a aplicação de doses de fontes de nitrogênio (N), como ureia e fontes orgânicas, entre elas, dejetos de aves, não afetam a produtividade das pereiras, mas em algumas safras podem depreciar parâmetros de qualidade das frutas, diminuindo a firmeza de polpa de frutos. A falta de resposta das pereiras à aplicação de N pode estar acontecendo, especialmente, por causa da mineralização da matéria orgânica e de resíduos depositados sobre o solo, mas também devido à fixação biológica de N por plantas de cobertura da família das leguminosas. O N derivado dessas fontes pode contribuir para o incremento ou manutenção de reservas de N em órgãos das pereiras, especialmente, os perenes, diminuindo a necessidade de absorver o N de fontes de fertilizantes nitrogenados. Além disso, não se observou

incremento de produção e houve pouco impacto na qualidade de frutos de pereiras submetidas à aplicação de doses de fósforo (P) e potássio (K). Isso pode estar associado também à mineralização da matéria orgânica do solo, que pode aumentar a disponibilidade de P no solo, mas também a contribuição de formas de potássio não trocáveis do solo. Espécies de plantas de cobertura do solo que coabitam os pomares podem contribuir na ciclagem de P e K. A simbiose dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) com as pereiras também pode aumentar o volume de solo ocupado pelo sistema radicular, potencializando a absorção de nutrientes, especialmente, de P. Normalmente, a eficiência dos FMA é maior nos solos com menores teores de P. Assim, espera-se, ao longo dos anos, que as formas de P e K não derivadas de fertilizantes possam contribuir na manutenção dos seus teores em órgãos perenes, diminuindo a dependência por fertilizantes. Mesmo que os resultados preliminares obtidos, por exemplo, ao longo dos últimos 6 anos, indiquem que adulações pouco impactam a produção e a qualidade de frutos, convém no mínimo repor ao solo, como nos pomares já em produção com histórico de adubação de pré-plantio e crescimento, a quantidade de nutrientes exportada pelas frutas, que é a filosofia da recomendação oficial para a cultura da pereira, preconizada pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos Estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016). Além disso, é importante desenvolver outras técnicas para estimar o estado nutricional das pereiras, como o uso do *software* CND, que permite, de forma rápida e confiável, a partir do resultado de análises de folhas, definir quais os nutrientes devem ser aplicados com maior prioridade para a obtenção de produções adequadas e frutos de qualidade.

Capítulo 1

Polinização em pereiras

André Amarildo Sezerino, Ivan Dagoberto Faoro, José Luiz Petri, Afonso Inácio Orth

1 Introdução

A maioria dos cultivares de pereiras produtoras de frutas de alta qualidade não tem boa adaptação às condições climáticas da Região Sul, principalmente devido ao frio hibernal insuficiente para a satisfação da dormência (PETRI et al., 2001a). Segundo Faoro (2009), grande parte das cultivares de pereira com frutos de qualidade foi obtida em regiões com o clima temperado típico, como China, Japão, EUA e países europeus, onde o frio hibernal é acentuado. Portanto, para um cultivar produzir regularmente em regiões mais quentes é fundamental que ele possua baixo requerimento em frio hibernal, o que é considerado adequado quando é observada a uniformidade de brotação, floração, fixação de frutos e crescimento regular da planta após o período de vernalização (HAUAGGE & CUMMINS, 2000).

Segundo Ribeiro et al. (1991), para as regiões com altitude inferior a 1000m, é comum que as plantas apresentem problemas de adaptação como brotação irregular, baixa indução floral, abortamento de gemas florais, floração demasiadamente prolongada, baixa frutificação efetiva e perda da qualidade dos frutos. Nakasu & Leite (1992) e Rommel (2009) citam essa dificuldade de adaptação climática das pereiras europeias como a principal causa da baixa produtividade da cultura no Brasil.

Entre os fatores climáticos que podem interferir na fisiologia da planta, a temperatura é considerada de grande importância, interferindo decisivamente na formação das flores (FAORO, 2009). Nas regiões do sul do Brasil, onde é observada a ocorrência de grande quantidade e qualidade de frio hibernal, a brotação e o florescimento são similares às principais regiões produtoras de países de clima temperado típico, enquanto em regiões onde há menor quantidade de frio hibernal são observados distúrbios fisiológicos que acarretam a formação de gemas florais com as escamas mais abertas e dessecadas, necrose parcial ou total com a abscisão da gema ou emissão de apenas uma flor (FAORO, 2001; MARODIN et al., 2008).

Por ser alógama devido à incompatibilidade gametofítica, a maioria dos cultivares não produz frutos com sementes sem a presença de insetos polinizadores (BENEDEK, 1996). A polinização anemófila tem pouca ou nenhuma expressão como agente polinizador. Na pereira, para superar a barreira da incompatibilidade gametofítica e proporcionar fecundação, a transferência do pólen deve ocorrer entre genótipos compatíveis quanto à série alélica “S” e ser intermediada por insetos polinizadores (FAORO, 2009).

Para viabilizar a polinização cruzada existe a necessidade do plantio de cultivares polinizadores que apresentem, além de compatibilidade, período de floração coincidente com o cultivar de interesse econômico. Mota & Oliveira (2007) referem que um bom cultivar polinizador tem de ter uma época de floração sobreposta à do cultivar a polinizar e apresentar compatibilidade genética.

Devido a uma inadequada polinização, a frutificação de diversos cultivares de pereiras está sendo obtida mediante larga utilização de reguladores de crescimento. Entre as substâncias com ação na frutificação podem ser citados o ácido giberélico (GA_3) e o Thidiazurom (TDZ), os quais estimulam diferentes processos metabólicos e fisiológicos em plantas, como a divisão e diferenciação celular, translocação de substâncias, entre outras, podendo assim propiciar aumento na frutificação efetiva (PETRI et al., 2010), contudo, a eficiência desses produtos é variável entre anos, podendo encarecer a produção e, muitas vezes, reduzir a qualidade dos frutos produzidos (SEZERINO & ORTH, 2015a).

Diversos gargalos fazem com que a cultura da pereira ainda não apresente uma produção expressiva nas condições edafoclimáticas do sul do Brasil. Questões associadas à falta de adaptação de cultivares devido à baixa quantidade de frio durante a dormência, a problemas de manejo e problemas associados à polinização e fixação de frutos fazem com que a pereira não apresente uma produção elevada e constante e se torne um investimento de alto risco, com um longo tempo de retorno econômico.

No Brasil, são escassos os trabalhos relativos à biologia reprodutiva de cultivares de pereira, bem como a interação entre cultivares e agentes polinizadores nas condições ecológicas das regiões produtoras. Observa-se a grande necessidade de se gerar informações seguras e confiáveis sobre o sistema reprodutivo deste cultivar e o papel das espécies de visitantes florais a fim de se determinar quais os polinizadores efetivos e sua real importância no incremento das taxas de frutificação.

Dessa maneira, esse capítulo visa apresentar os mais recentes estudos desenvolvidos sobre polinização de cultivares de pereiras a fim de subsidiar estratégias viáveis de polinização dirigida em pomares comerciais.

2 Aspectos gerais sobre polinização

Das diversas fases que envolvem a produção de frutas, pode-se dizer que a frutificação efetiva é uma das mais importantes. Esse processo envolve duas fases: a polinização e a fecundação. Polinização é a transferência do pólen das anteras de uma flor para o estigma dela ou de outra flor (ENDRESS, 1994). Uma vez realizada a polinização, inicia-se o processo de fecundação, que é a união do gameta masculino (pólen) com o gameta feminino (óvulo), da qual resulta o ovo, que irá se desenvolver e formar as sementes.

Já em 1878, o naturalista inglês Charles Darwin afirmou em seu livro “Cross and self fertilisation in the vegetable kingdom” que a adaptação de flores para a fertilização cruzada é um assunto que o interessava há pelo menos trinta e sete anos e havia realizado uma massiva coleta de dados que o convenceram que existe uma lei geral na natureza segundo a qual as flores são adaptadas para a polinização cruzada, pelo menos ocasionalmente, por pólen de plantas distintas (DARWIN, 1878).

Com a evolução da ciência, descobriu-se que existem nas plantas superiores diversas adaptações que favorecem a polinização cruzada. Uma dessas é a dioiccia (flores masculinas e femininas em plantas distintas, e.g. quivi). Entretanto, a maior parte das angiospermas são hermafroditas e apresentam outras adaptações florais contra a autopolinização, como, por exemplo, a heterostilia (diferença de altura entre anteras e estigma) e a dicogamia (maturação do androceu e do gineceu em épocas diferentes). Além disso, a prevalência de sistemas de autoincompatibilidade em árvores indica que as barreiras para a autofertilização são principalmente genéticas e não morfológicas (BAWA, 1979). Em casos extremos, plantas fortemente autoincompatíveis não formam frutos e sementes a partir de flores autopolinizadas, porém, na maioria dos casos, a autoincompatibilidade se expressa por uma baixa produtividade de frutos e sementes em autopolinizações quando comparado com polinizações cruzadas (BITTENCOURT-JÚNIOR, 2003).

As pereiras cultivadas (*Pyrus* spp.) pertencem à família *Rosaceae*, na qual observa-se a atuação do sistema de autoincompatibilidade gametofítico, controlado por um loco polimórfico (S-lócus) (TAKAYAMA & ISOGAI, 2005; MCLURE et al., 2011; MATSUMOTO et al., 2012). Nesse sistema, a rejeição do auto pólen ocorre durante o crescimento do tubo polínico no estilo e, para que haja polinização cruzada e fertilização, a transferência do pólen deve ocorrer entre genótipos compatíveis (FAORO, 2009).

Quando a polinização é insuficiente, observa-se reduzida quantidade de sementes por fruto. Nesse caso, para o desenvolvimento do ovário e dos tecidos adjacentes, a fruta necessita de hormônios produzidos em outras partes da planta ou de aplicações exógenas realizadas pelo fruticultor, uma vez que existem poucas sementes para realizar a produção local dessas

substâncias (GREENE, 1995; PODESTA, 2007). No caso de espécies frutíferas como a pereira, as sementes apresentam um papel fundamental na frutificação uma vez que são responsáveis por sintetizar hormônios como giberelinas, auxinas e outros compostos orgânicos, os quais atuam na redução da abscisão de frutos, desempenhando importantes funções na fase de divisão e multiplicação celular que ocorre no início da frutificação (SILVA, 2001; OPIK & ROLFE, 2005).

Em pomares comerciais, a existência de insetos polinizadores em quantidade e diversidade capazes de promover a polinização cruzada é um fator decisivo na produtividade. Em termos globais, a contribuição desses polinizadores às principais culturas dependentes desses agentes alcança US\$ 54 bilhões por ano (KENMORE & KRELL, 1998), podendo, segundo outros autores, chegar a 200 bilhões de dólares (CONSTANZA et al., 1997). Somente nos Estados Unidos, a contribuição dos polinizadores no incremento da fertilização das flores de diversas culturas traz rendimentos estimados entre 20 e 40 bilhões de dólares por ano (KEARNS et al., 1998). Losey & Vaughan (2006) citam que os polinizadores nativos – exclusivamente abelhas – são responsáveis por US\$ 3,07 bilhões em frutas e verduras produzidos naquele país. Já o valor anual atribuído à polinização por abelhas domésticas *Apis mellifera*, somente na cultura da pereira, foi estimado em US\$ 166,2 milhões.

Contudo, em diversas áreas do mundo as populações de insetos polinizadores estão sendo reduzidas a níveis abaixo dos quais podem sustentar serviços de polinização adequados em agroecossistemas (FAO, 2004). A riqueza de agentes polinizadores declinou com a intensificação da produção agrícola, provavelmente por degradação do ambiente natural e pelo uso de pesticidas. Por isso, a abelha *Apis mellifera* tornou-se o principal agente executor de serviços de polinização dirigida proporcionada por fatores como sua ampla dispersão geográfica, facilidade de manejo e capacidade de formar grande população de abelhas campeiras que visitam um número relativamente alto de flores de diferentes cultivos em um só dia (PATRON, 2010). Em países com sistemas de produção agrícolas altamente intensivos, o uso de abelhas para a polinização tem crescido durante o último século e, atualmente, já está incorporado nos diversos sistemas de produção.

Nesse sentido, é possível observar que de nada adianta utilizar a mais moderna tecnologia para a condução e poda de pomares, escolha de cultivares, tratamentos fitossanitários, adubações e demais atividades de manejo se a polinização se constituir em um gargalo para o efetivo aumento da frutificação e, por conseguinte, da produtividade do pomar. Mesmo quando conseguimos otimizar os fatores de produção e ocorrem problemas de polinização, acabamos não obtendo toda a produtividade que a cultura seria capaz de proporcionar (ORTH et al., 2004).

3 Biologia reprodutiva da pereira

Para que haja polinização e formação de frutos é primordial a existência de flores nas plantas. A flor é a unidade básica responsável tanto pela oferta de pólen quanto pela formação do fruto.

O órgão feminino da flor da pereira, conhecido como gineceu ou pistilo, é formado pelo conjunto de cinco pistilos (geralmente) e o ovário. Cada pistilo é composto por um único estigma, um estilete e pelo ovário. O estigma é a região receptora dos grãos de pólen e para isso secreta substâncias que facilitam sua adesão, hidratação e germinação (APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2006; FAORO, 2009). O estilete é tubular e alongado com o estigma no ápice, e é o local onde se desenvolvem os tubos polínicos. Os pistilos são livres em sua parte superior e soldam-se na parte basal. Os ovários são ínferos, tendo cinco carpelos com dois óvulos por carpelo, os quais podem formar no máximo dez sementes por fruto (BELL et al., 1996; LAYNE & QUAMME, 1975; LEITE & SOUZA, 2003) (Figura 1. Secção longitudinal de uma flor de pereira 'Bartlett')

. O órgão masculino da flor, denominado de androceu, é o conjunto dos estames nos quais está localizada a antera, local onde ficam armazenados os grãos de pólen.

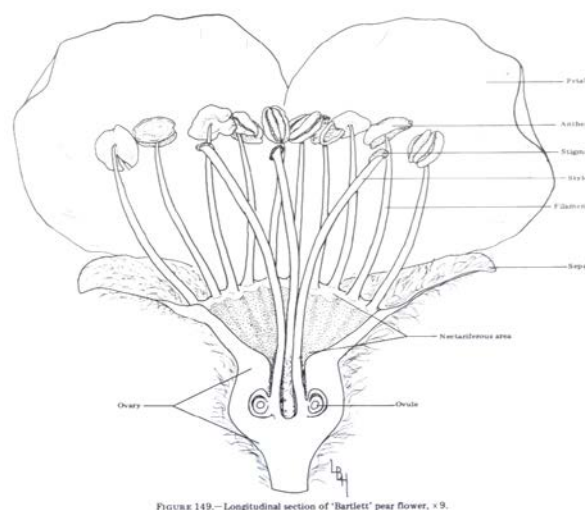


Figura 1. Secção longitudinal de uma flor de pereira 'Bartlett'
 Fonte: McGregor (1976).

Devido ao papel fundamental das flores no processo de polinização e formação de frutos, faz parte do manejo da polinização a utilização de técnicas que aumentem a indução floral permitindo um número satisfatório de flores por planta. Em algumas espécies cultivadas como a pereira, a produção de flores pode ser um fator limitante para a obtenção de produções comercialmente viáveis, sendo que em diversas cultivares é observada a tendência de formação de gemas reprodutivas bianualmente, provocando a chamada alternância de produção (DENNIS & NEILSEN, 1999). Essa tendência pode ser observada nos cvs. Housui e Packham's Triumph, que apresentaram uma acentuada diminuição no número de flores por planta de um ano para o outro, o que não é observado no cv. Rocha (Tabela 1).

Tabela 1. Número médio de flores.planta⁻¹ nas cultivares Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2012 e 2013

Ano	Flores planta ⁻¹			
	Rocha	Housui	Packham's Triumph	Média
2012	569,57 ± 189,63 aA ⁽¹⁾	560,92 ± 245,90 aA	493,31 ± 254,21 aA	541,26 a
2013	545,53 ± 126,43 aA	342,53 ± 173,02 bB	88,51 ± 31,42 bC	325,52 b
Média	557,55 A	451,72 A	290,90 B	433,39

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de erro.

Fonte: Sezerino (2014).

A baixa quantidade de flores, além do efeito direto sobre a produção (poucas flores = poucos frutos), pode ainda acarretar em problemas na polinização dessas poucas flores. Segundo Kudo & Harder (2005), as abelhas tendem a visitar mais flores em espécies com muitas flores abertas em detrimento de espécies que apresentam poucas flores, o que pode provocar a diminuição da eficiência da polinização e consequente redução da frutificação efetiva em pomares com poucas flores.

Um dos principais fatores que afetam o número de flores por planta é a indução floral, que varia de acordo com distintos estímulos que regulam a expressão de genes associados a esse processo (KUROKURA et al., 2013), entre os quais se destacam o balanço hormonal, a nutrição, a área fotossinteticamente ativa e os tratos culturais aplicados às plantas (FACHINELLO et al., 2009). Na cultura da pereira, dois tratos culturais são de extrema importância para a otimização da indução floral: o raleio de frutos e o arqueamento de ramos. O raleio de frutos deve ser realizado no máximo entre 30 e 40 dias após a plena floração uma vez que cargas excessivas

promovem a alternância de produção. Jackson (2005) afirma que frutos sem sementes não apresentam esse efeito adverso comparados a frutos com sementes. Segundo o autor, o cv. Willians, quando apresenta uma elevada produção de frutos partenocárpicos em um ano, é seguido de uma forte floração na primavera seguinte, enquanto uma produção equivalente de frutos com sementes chega a inibir totalmente o florescimento causando uma forte alternância de produção.

Já o arqueamento resulta no controle do crescimento vegetativo e estimula a formação de estruturas reprodutivas como esporões ao longo dos ramos arqueados, podendo ser realizado com a utilização de palitos em ramos com até 20cm ou fitilhos em ramos maiores (Figura 2).



Figura 2. Arqueamento de ramos de pereira. (a) Utilização de palitos em ramos com até 20 cm; (b) Utilização de fitilhos em ramos maiores
Fotos: André A. Sezerino (2014).

Outro fator que pode afetar a quantidade de flores por planta em pereira é o abortamento de gemas. O abortamento ou necrose de gemas é um fenômeno que ocorre no sul do Brasil (NAKASU & LEITE, 1992) caracterizado pela necrose dos primórdios das gemas florais, acarretando em um menor número de gemas com flores, menor número de flores por gema (ARRUDA & CAMELATTO, 1999), flores pequenas e débeis e, muitas vezes, queda da gema (FAORO, 2004). Dependendo da época e do cultivar, pode afetar entre 30 e 100% das gemas (NAKASU & LEITE, 1992). De acordo com Marodin et al. (2008), o abortamento de gemas é a principal razão para as baixas produtividades de pomares de pereiras no sul do Brasil.

Entre os fatores que podem acarretar essa desordem, estão os relacionados ao clima, especialmente as flutuações de temperatura e a falta de frio, fatores nutricionais, com ênfase a carboidratos e micronutrientes e o estresse hídrico (VERÍSSIMO et al., 2004). Faoro (2011), citado por Gonçalves (2012), relata que a causa principal do abortamento floral deve ser de ordem epigenética e a indução se deve à ação da temperatura durante o período de dormência e, possivelmente, na fase que antecede a diferenciação das gemas florais. Portanto, a ocorrência de frio hibernal insuficiente e as flutuações térmicas diárias levam as plantas de cultivares com alta

exigência em frio a não entrarem efetivamente em dormência e, conseqüentemente, não reduzirem a taxa de respiração aos níveis adequados, o que as leva a consumir grande quantidade de açúcar, armazenando menor quantidade de carboidratos solúveis. Contudo, até o momento, nenhuma hipótese foi comprovada como fator causal do distúrbio.

Para viabilizar a polinização cruzada existe a necessidade de plantio de cultivares polinizadores que apresentem período de floração coincidente com o cultivar de interesse econômico. De acordo com Petri et al. (1996) e Petri et al. (2006), grande parte das regiões onde a cultura da pereira é explorada no País não proporciona acúmulo de frio em quantidade suficiente conforme as exigências dos cultivares, o que pode acarretar variações na fenologia dos cultivares. Sezerino (2014) observou que as datas de ocorrência dos estádios fenológico dos cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph variou em dois anos avaliados (Tabela 2) e que o desenvolvimento das gemas de três cultivares foi bastante irregular, com todos apresentando gemas em até 4 diferentes estádios fenológicos no mesmo dia na mesma planta (Figura 3).

Tabela 2. Datas aproximadas de início, plena e final de floração dos cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2012 e 2013

Cultivar	2012			2013		
	Início	Plena	Final	Início	Plena	Final
Rocha	12/09	17/09	21/09	22/09	29/09	07/10
Housui	<11/09	16/09	28/09	16/09	04/10	>09/10
Packham's Triumph	13/09	18/09	28/09	24/09	30/09	08/10

Fonte: Sezerino (2014).



Figura 3. Ramo de pereira 'Housui' com estruturas reprodutivas em diferentes estádios fenológicos
Foto: André A. Sezerino (2014).

Conforme Wrege et al. (2006), a Região Sul do Brasil é caracterizada por estar em uma zona de transição entre o clima tropical e o temperado e, por isso, apresenta grande variabilidade climática, o que pode afetar diretamente o rendimento das pereiras. A insuficiência de frio e a qualidade deste frio hibernal podem acarretar floração desuniforme, baixas produtividades e frutos desuniformes (HAWERROTH et al., 2009; PEREIRA et al., 2011).

Para Hawerth et al. (2009) a aplicação de indutores de brotação, sobretudo as combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral, antecipam e reduzem o período de florescimento, sincronizando o florescimento entre os cultivares, o que facilita a adoção de medidas para a otimização da frutificação efetiva.

Atualmente recomenda-se na cultura da pereira uma porcentagem de plantas polinizadoras entre 10 e 12% do total das plantas do pomar (FAORO & BRIGHENTI, 2006; PETRI, 2006). Contudo, essa indicação deveria prever a utilização de cultivares com floração coincidente com os cultivares produtores e propiciar a produção abundante de flores com abundância de grãos de pólen. Nos atuais pomares comerciais no sul do Brasil, onde existe um ou dois cultivares polinizadores, geralmente não há sincronismo mínimo de 50 a 60% entre o cultivar produtor e o polinizador, conforme recomenda Soltész (2003).

Como maneira de mitigar esse problema, o manejo da polinização deve ser pensado desde a implantação do pomar com o correto arranjo e a quantidade suficiente de polinizadoras, a qual nunca deverá ser inferior a 30%.

A condição ideal de polinização ocorre quando há a mesma quantidade (1:1) de flores da planta polinizadora em relação à produtora, ou seja, 50% de polinizadoras e 50% de produtoras totalmente intercaladas. Contudo, quando se pensa no manejo do pomar, tal situação dificulta a realização dos tratos culturais uma vez que algumas práticas são realizadas separadamente em cada cultivar. Outro problema é a viabilidade financeira de um pomar quando é adotada a relação 1:1. Uma situação "quase ideal" seria o plantio de filas alternadas de diferentes cultivares, onde a proporção continuaria de 1:1, mas com filas contínuas do mesmo cultivar. Outra maneira de introduzir as plantas polinizadoras no pomar é dispô-las dentro da linha das produtoras, a cada 10 metros. Nesse caso a probabilidade de ocorrência de polinização cruzada é maior uma vez que as abelhas tendem a realizar seus voos dentro da fila, e não de uma fila para outra.

Contudo, deve-se levar sempre em consideração que muitas vezes, como dito anteriormente, pode haver um florescimento inadequado de um cultivar utilizado como polinizador, portanto, no arranjo de polinizadores deve-se sempre utilizar ao menos dois cultivares diferentes do cultivar principal como estratégia para diminuir os riscos de problemas de polinização por falta de flores.

Outro fator que deve ser considerado quando da implantação do pomar é a compatibilidade entre cultivares. A escolha dos cultivares deverá levar em conta, além da sincronia do florescimento, a compatibilidade entre eles. Segundo Matsumoto (2014), dependendo dos alelos de autoincompatibilidade presentes, os cruzamentos podem ser incompatíveis, semicompatíveis ou compatíveis (Figura 4).

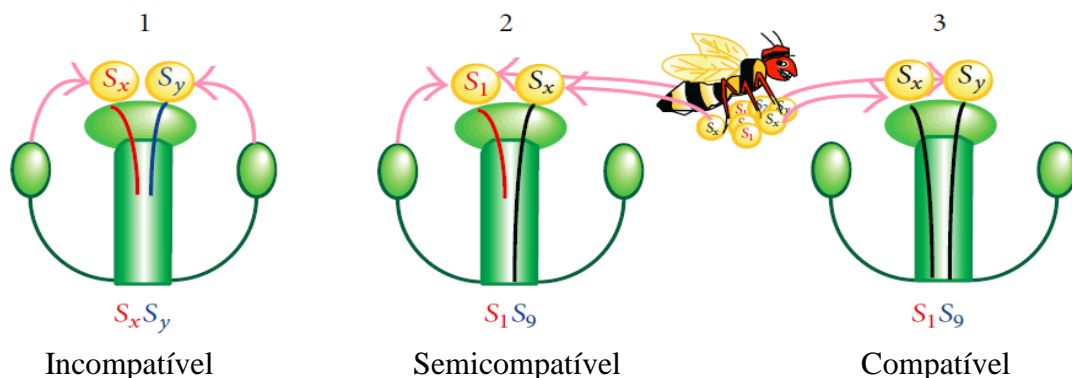


Figura 4. Compatibilidade de cruzamentos de acordo com os tipos de alelos presentes no grão de pólen e no tecido do pistilo
Fonte: Matsumoto (2014).

No caso de blocos clonais com o mesmo cultivar ou plantio de cultivares que apresentam na sua composição genética os mesmos alelos, mesmo sendo cultivares diferentes, ocorre a paralisação do crescimento do tubo polínico no pistilo logo após a sua germinação, não ocorrendo a fertilização e a formação de sementes, o que na maioria das vezes resulta na queda da flor/fruto.

Em cruzamentos com cultivares semicompatíveis, metade dos grãos de pólen formados pela planta polinizadora são compatíveis com o tecido do pistilo do cultivar produtor e a outra metade incompatível. Em testes controlados por meio de polinização manual, não são encontradas diferenças significativas na frutificação de cruzamentos entre indivíduos compatíveis e semicompatíveis, porém, quando levados em consideração testes realizados com genótipos submetidos a polinização aberta, há diminuição significativa da produção de frutos em casos de semicompatibilidade (SCHNEIDER *et al.*, 2005; HEO *et al.*, 2012). Um exemplo de combinação semicompatível seria o cruzamento ‘Rocha’ x ‘Packham’s Triumph’, os quais apresentam respectivamente os alelos S101/S105 e S101/S103 na sua composição genética (Tabela 3). Nesse caso, ambos apresentam o alelo S101, o que irá acarretar em incompatibilidade da metade dos grãos de pólen produzidos. Devido a isso, nesses casos, sugere-se que a proporção de plantas utilizadas como polinizadoras deve ser aumentada em relação a plantios com polinizadoras totalmente compatíveis para evitar déficit de polinização.

Já em plantios com cultivares totalmente compatíveis, como por exemplo ‘Rocha’ x ‘Santa Maria’ (S101/S105 x S102/S103) ou ‘Rocha’ x ‘Tosca’ (S101/S105 x S102/S104), a totalidade dos grãos de pólen que chegarem ao estigma apresentam potencial para germinar, ocorrendo o crescimento normal do tubo polínico e consequente fertilização e formação de sementes. Nesses casos, o quadro a seguir apresenta a distribuição de cultivares de pereiras europeias de acordo com os alelos “S”.

Tabela 3. Distribuição de cultivares de pereiras europeias de acordo com os alelos “S”

Alelos	Cultivar	Referência ou laboratório que identificou
S101/ S102	Ayers	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Bartlett/ William’s/ Willian’s	Takasaki <i>et al.</i> (2006) e
	Bon-Chrétien	Mota <i>et al.</i> (2007)
	Délices d’Hardenpont	Zisovich <i>et al.</i> (2004)
	Harvest Queen	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Louise Bonne d’Avranches	Sanzol e Robbins (2008)
	Max Red Bartlett	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Napoleon	Takasaki <i>et al.</i> (2007)
	Orient	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Pera d’Água	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Precoce du Trevoux	Sanzol e Robbins (2008)
	Red Jewell	Sanzol e Robbins (2008)
	Rosired Bartlett	Takasaki <i>et al.</i> (2007)
	Seckel	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Seigneur d’Espéren	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
S101/ S103	Beurré Precoce Morettini	Mota <i>et al.</i> (2007) e Sanzol e Robbins (2008)
	Fondante Thirriot	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Packham’s Triumph	Takasaki <i>et al.</i> (2006) e Sanzol e Robbins (2008)
	Precoce di Fiorano	Sanzol e Robbins (2008)
	Spadona/ Spadona estiva/ Blanquilla	Zisovich <i>et al.</i> (2004)
S101/ S104	Washington	Takasaki <i>et al.</i> (2007)
	Beurré Lubrum	Takasaki <i>et al.</i> (2007)
	California	Tassinari (2005) e Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Cascade	Zuccherelli <i>et al.</i> (2002) e Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Grand Champion	Sanzol e Robbins (2008)
	Hartman	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Highland	Tassinari (2005) e Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Howell	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Jeanne d’Arque	Sanzol e Robbins (2008)
	Norma	Sanzol e Robbins (2008)
	Onwards	Sanzol e Robbins (2008)
S101/S105	Dagan	Goldways lab.
	Aurora	Takasaki <i>et al.</i> (2006)
	Docteur Jules Guyot/ Limonera/ Willian Precoce/ French	Zisovich <i>et al.</i> (2004) e Takasaki <i>et al.</i> (2006)

	Bartlett	
	Duchesse d'Angouleme	Takasaki et al. (2007)
	Harrow Crisp	Takasaki et al. (2007)
	Harrow Delight	Takasaki et al. (2006)
	Magness	Takasaki et al. (2006)
	Rocha	Mota et al. (2007) e Takasaki et al. (2007)
	Tyson	Takasaki et al. (2006)
S101/S106	Beurré Giffard	Moriya et al. (2007)
	Gentile	Zisovich et al. (2004)
	Summer Doyenne	Moriya et al. (2007)
S101/S107	El Dorado	Takasaki et al. (2006)
	Sirrine	Sanzol e Robbins (2008)
	Winter Cole	Takasaki et al. (2006)
S101/ S108	Bautomne/ Serenade	Takasaki et al. (2006)
	Clapp's Favorite	Takasaki et al. (2006) e Mota et al. (2007)
	Clapp's Rouge/ Kalle/ Red Clapp's/ Starkrimson	Takasaki et al. (2006) e Mota et al. (2007)
	Flemish Beauty	Takasaki et al. (2006)
	Sierra	Sanzol e Robbins (2008)
	Star	Sanzol e Robbins (2008)
S101/S109	Delbard première/ Delfrap	Zisovich et al. (2004)
S101/ S110	Beurré Superfin	Moriya et al. (2007)
	Espadona	Sanzol e Robbins (2008)
	Olivier de Serres	Moriya et al. (2007)
S101/ S111	Dana's Hovay	Moriya et al. (2007)
	Wilder	Sanzol e Robbins (2008)
S101/ S103	Old Home	Moriya et al. (2007)
	Starking Delicious/ Maxine	Moriya et al. (2007)
S101/ S114	Beurré d'Anjou	Moriya et al. (2007)
	Moonglow	Moriya et al. (2007)
	Red Anjou	Moriya et al. (2007)
S101/ S115	Colorée de Juillet	Moriya et al. (2007)
S101/ S116	Forelle	Zisovich et al. (2004)
	Rosmarie	Goldways Lab.
S101/ S118	Besi de Saint-Waast	Takasaki et al. (2006)
	Bon-Chrétien d'Hiver	Takasaki et al. (2006)
	Covert	Takasaki et al. (2006)
	Pierre Cornelle	Takasaki et al. (2006)
S101/ S119	Ballad	Takasaki et al. (2006)
	Doyenné d'hiver	Takasaki et al. (2006)
	Idaho	Takasaki et al. (2006)
	La France	Takasaki et al. (2006)
	Verdi/ Sweet Blush	Takasaki et al. (2007)
S102/ S103	Santa Maria	Takasaki et al. (2006)
	Spadoncina	Zisovich et al. (2004)
S102/ S 104	Beurré Jean Van Geert	Takasaki et al. (2006)
	Canal Red	Takasaki et al. (2006)
	Honey Sweet	Takasaki et al. (2006)
	Joséphine de Malines	Takasaki et al. (2006)
	Tosca	Mota et al. (2007)
S102/ S105	Harrow Sweet	Takasaki et al. (2006)
	Koonce	Takasaki et al. (2006)
	Marguerite Marillat	Takasaki et al. (2007)
	Pierre Tourasse	Takasaki et al. (2006)
S102/ S106	Beurré de l'Assomption	Moriya et al. (2007)
S102/ S107	Michaelmas Nelis	Takasaki et al. (2006)
S102/ S108	Doyenné Gris	Takasaki et al. (2006)
S102/S109	Akça	Moriya et al. (2007)
S102/ S110	Blickling	Moriya et al. (2007)
	Comte de Lambertye	Moriya et al. (2007)
S102/S111	Comte de Flandre	Moriya et al. (2007)

S102/S114	Ewart	Moriya et al. (2007)
S102/ S105	Chapin	Moriya et al. (2007)
S102/ S118	General Leclerc	Takasaki et al. (2006) e Mota et al. (2007)
	Ovid	Takasaki et al. (2006)
S102/S119	Bristol Cross	Takasaki et al. (2006)
	Emile d'Heyst	Takasaki et al. (2006)
	Kieffer	Takasaki et al. (2006)
	Koshisayaka	Takasaki et al. (2006)
S103/ S104	Alexandrine Douillard	Takasaki et al. (2006) e Mota et al. (2007)
	Coscia/ Ercolini	Zisovich et al. (2004) e Tassinari (2005)
S103/ S107	Winter Nelis	Takasaki et al. (2006)
S103/ S119	Ankara	Takasaki et al. (2006)
S104/ S105	Abbé Fétel	Zuccherelli et al. (2002) e Takasaki et al. (2006)
	Doyenné du Comice	Zuccherelli et al. (2002) e Takasaki et al. (2006)
S104/ S108	Concorde	Tassinari (2005)
S104/ S110	Glou Morceau	Moriya et al. (2007)
S104/ S113	Turnbull Giant	Moriya et al. (2007)
S104/ S114	Reimer Red	Tassinari (2005) e Moriya et al. (2007)
S104/ S118	Le Lectier	Takasaki et al. (2006)
S104/ S119	Condo	Takasaki et al. (2006)
	Urbaniste	Takasaki et al. (2006)
S105/ S110	Charles Ernest	Moriya et al. (2007)
	Triumphede Vienne	Moriya et al. (2007)
S105/ S114	Eletta Morettini	Zuccherelli et al. (2002)
	Rogue Red	Moriya et al. (2007)
S105/ S118	Beurré Clairgeau	Takasaki et al. (2006)
S105/ S119	Angély	Takasaki et al. (2006)
S107/ S114	Kaiser/ Beurré Bosc	Zuccherelli et al. (2002) e Tassinari (2005)
	Nouveau Poiteau	Moriya et al. (2007)
S107/ S115	Garbar	Moriya et al. (2007)
S107/ S118	Fertility	Takasaki et al. (2007)
S108/ S114	Beurré Hardy	Zuccherelli et al. (2002) e Moriya et al. (2007)
	Royal Red/ Red Hardy	Moriya et al. (2007)
S108/ S118	Devoe	Takasaki et al. (2006)
S108/ S119	Conference	Zuccherelli et al. (2002) e Takasaki et al. (2006)
S110/ S118	President Héron	Moriya et al. (2007)
S110/ S119	Passe Crassane	Moriya et al. (2007)
	Silver Bell	Moriya et al. (2007)
S114/ S116	Saint Mathieu	Moriya et al. (2007)
S115/ S117	Lawson	Zisovich et al. (2004)

Fonte: Goldway et al (2009).

De acordo com testes de polinização realizados por Sezerino (2014) na safra 2011/2012 em Vacaria, RS, são observadas diferenças significativas na quantidade de frutos colhidos, na massa fresca dos frutos e no número de sementes por fruto de acordo com a fonte de pólen utilizada para polinizar o cv. Rocha (Tabela 4).

Tabela 4. Porcentagem de frutos colhidos, média \pm desvio-padrão da massa fresca dos frutos e número de sementes por fruto de acordo com a fonte de pólen utilizada para polinizar o cv. Rocha. Vacaria, RS, safra 2011/2012

Tratamento	Frutos colhidos (%)	Massa (g)	Nº sementes. fruto ⁻¹
Rocha x Carrick	77,5 a ⁽¹⁾	134,3 \pm 29,5 ab	3,6 \pm 1,9 a
Rocha x Le Conte	47,4 b	151,6 \pm 32,8 a	3,4 \pm 2,1 a
Rocha x Centenário	48,2 b	129,1 \pm 32,3 ab	3,3 \pm 2,2 a
Rocha x Kiefer	8,5 d	133,5 \pm 28,3 ab	0,1 \pm 0,4 b
Rocha x Híbrido 6.93	11,7 c	119,5 \pm 32,0 ab	0,5 \pm 0,6 b

Rocha x Híbrido 9.93	3,1 e	40,8 ± 18,9 c	0,2 ± 0,4 b
Partenocarpia	4,8 e	99,4 ± 32,4 b	0,0 ± 0,0 b
CV (%)	13,06	22,96	64,70

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de erro.

Fonte: Sezerino (2014).

Nyéki & Soltész (1998) e Faoro (2009) classificam a autofertilidade em pereiras através de duas escalas: a primeira considera a cultivar autofértil quando a fixação de frutos for superior a 5% nas flores autopolinizadas; com baixo grau quando a fixação se situa entre 1,1 e 5%; e auto-incompatível quando a fixação foi inferior a 1%. A outra escala é baseada na quantidade de sementes produzidas pelos frutos, sendo: a) fecundidade muito baixa: 0,1 a 1,0 semente.fruto⁻¹; b) baixa fecundidade: 1,1 a 3,0 sementes.fruto⁻¹; b) fecundidade intermediária: 3,1 a 5 sementes.fruto⁻¹; c) fecundidade alta: 5,1 a 10,0 sementes.fruto⁻¹. Seguindo essa classificação, observa-se que os cruzamentos de ‘Rocha’ polinizada por ‘Carrick’, ‘Le Conte’ e ‘Centenário’ apresentaram uma fixação de frutos extremamente alta e, de acordo com o número de sementes por fruto, uma fecundidade intermediária. Nesses cruzamentos foi observado que, na média, cada fruto apresentava mais de três sementes sendo este valor significativamente superior ao dos demais cruzamentos. ‘Rocha’ polinizada por ‘Kiefer’ e pelo ‘Híbrido 6.93’, apesar de apresentar uma fixação de frutos considerada alta, apresentou a porcentagem média de frutos colhidos significativamente inferior aos três cruzamentos citados anteriormente, sendo a fecundidade observada muito baixa. Os tratamentos de partenocarpia e ‘Rocha’ polinizada pelo ‘Híbrido 9.93’ apresentaram respectivamente fixação de frutos baixa e muito baixa, enquanto a fecundidade também foi considerada muito baixa em ambos. Assim, a frutificação extremamente alta só foi possível por meio de uma polinização bem-sucedida, confirmando o papel da polinização cruzada e da formação de sementes na fixação dos frutos.

Quando pensamos em um cultivar polinizador, o ideal é que ele produza uma grande quantidade de grãos de pólen. Sezerino & Orth (2015a) observaram nos cultivares Rocha, Housui e Packham’s Triumph respectivamente valores médios de 83.932 grãos de pólen.flor⁻¹, 199.066 grãos de pólen.flor⁻¹ e 187.942 grãos de pólen.flor⁻¹ em Bom Retiro, SC, sendo ‘Rocha’ o cultivar principal e ‘Housui’ e ‘Packham’s Triumph’ utilizados como polinizadores. Dumanoglu & Celik (1994) citam que a média do número de grãos de pólen por flor observado por em 19 cultivares de pereira foi de 270.611,7, oscilando entre 139.250,8 (‘Bonne Louise Davrance’) e 497.926,3 (‘Willians’). Nesse sentido, quanto maior a produção de pólen por flor, mais pólen estará disponível para as abelhas, e maior a probabilidade de ocorrer a polinização cruzada.

É importante reforçar que de nada adianta um cultivar produzir naturalmente uma grande quantidade de grãos de pólen por flor se a planta não produzir uma boa quantidade de flores. Portanto, conforme já citado anteriormente, o manejo para uma maior indução floral das plantas utilizadas como polinizadoras é fundamental para que haja uma eficiente polinização.

Além de fonte de pólen para a fertilização dos óvulos, uma vez que as flores da pereira apresentam baixa secreção de néctar e este com baixo teor de açúcar (FREE, 1993; SEZERINO, 2014), o pólen é o recurso floral mais importante para atrair os insetos polinizadores (BENEDEK, 1996; SEZERINO & ORTH, 2015a).

O néctar é o principal componente para a atração dos insetos, que está diretamente relacionada com o volume e a concentração de açúcares (BENEDEK, 2003). Sezerino (2014) observou um baixo volume de néctar produzido por flor em três cultivares de pereiras em Bom Retiro, SC (Tabela 5). Faoro & Orth (2011) não observaram a produção de néctar em três cultivares de pereiras asiáticas na região de São Joaquim, SC, mesmo em flores ensacadas para evitar a evaporação e o consumo de néctar pelos visitantes florais. No entanto, na região de Caçador, SC, os autores observaram a secreção de néctar, porém com um baixo volume, a qual varia de acordo com a idade da flor (Figura 5).

Tabela 5. Médias do volume de néctar potencial (μL) nas cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph nos diferentes anos e nos distintos estádios fenológicos em Bom Retiro, SC, 2012 e 2013

Cultivar	Volume de néctar (μL)
Rocha	0,2 c
Housui	0,6 b
Packham's Triumph	1,1 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de erro.

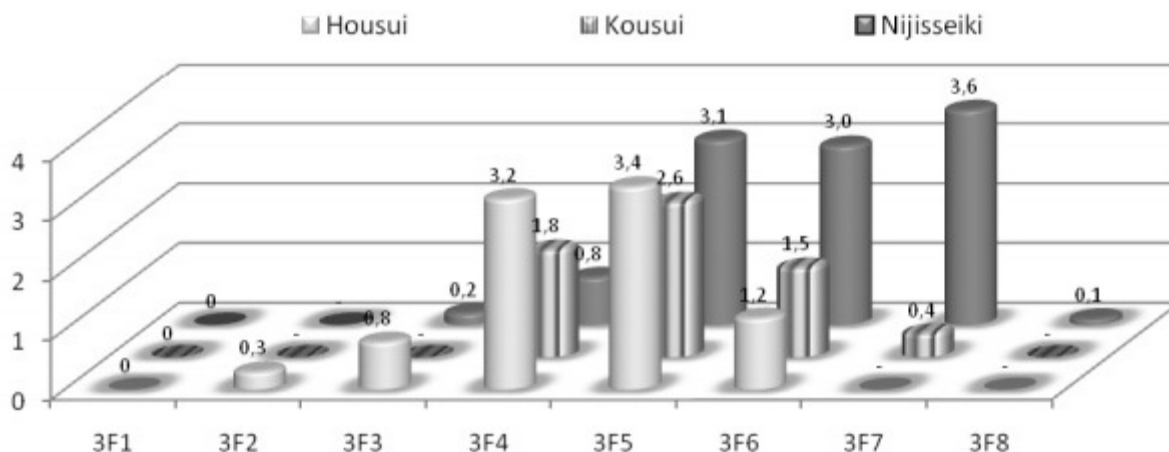


Figura 5. Produção média de néctar por flor ($\mu\text{L.flor}^{-1}$) em flores ensacadas em diferentes estádios fenológicos da flor nos cultivares Housui, Kousui e Nijisseiki em Caçador, SC, 2006
Fonte: Faoro & Orth (2011).

De acordo com Bolten & Feinsinger (1978), as abelhas preferem néctares concentrados para garantir um forrageamento energeticamente eficiente. Segundo McGregor (1976), Free (1993), Mayer & Lunden (1997), Delaplane & Mayer (2000) e Faoro (2009), as flores da pereira não são atrativas para abelhas e isso se deve não só ao baixo volume de néctar secretado ($3\mu\text{L}$ ou menos), mas também à baixa concentração de açúcares ($<20\%$). Sezerino (2014) observou uma concentração média de açúcares de 16,3; 14,0 e 23,1°Brix no néctar dos cultivares Rocha, Housui e Packham's Triumph respectivamente em Bom Retiro, SC. Faoro & Orth (2011) observaram que a concentração de açúcares varia de acordo com a idade da flor e entre os anos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** Figura 6 e Figura 7), mas na média pode ser considerada uma baixa concentração.

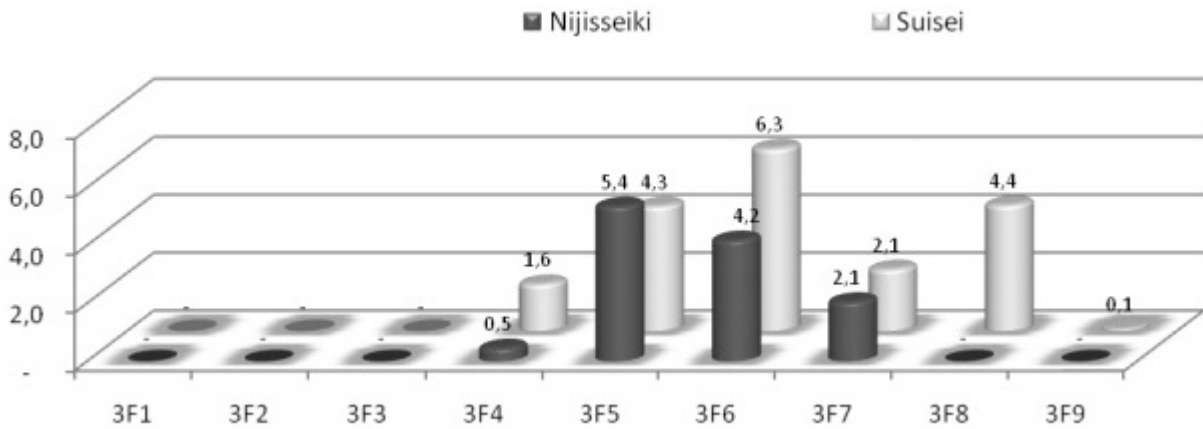


Figura 6. Concentração de açúcar (°Brix) no néctar de flores ensacadas em diferentes estádios fenológicos da flor nos cultivares Nijisseiki e Suisei em Caçador, SC, 2006
 Fonte: Faoro & Orth (2011).

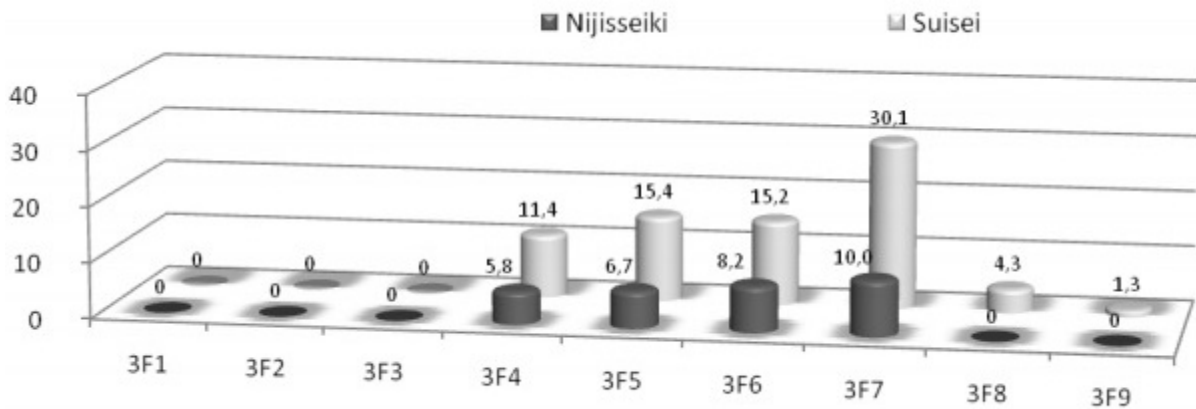


Figura 7. Concentração de açúcar (°Brix) no néctar de flores ensacadas em diferentes estádios fenológicos da flor nos cultivares Nijisseiki e Suisei em Caçador, SC, 2007
 Fonte: Faoro & Orth (2011).

Comparando-se o volume e a concentração de açúcares das flores da pereira com outras espécies cultivadas ou plantas de interesse apícola, como o eucalipto (Figura 8), pode-se afirmar que as flores de pereira produzem muito pouco néctar, o qual ainda apresenta baixa concentração de açúcares, indicando que as flores da pera são muito pouco atrativas para as abelhas e demais polinizadores.

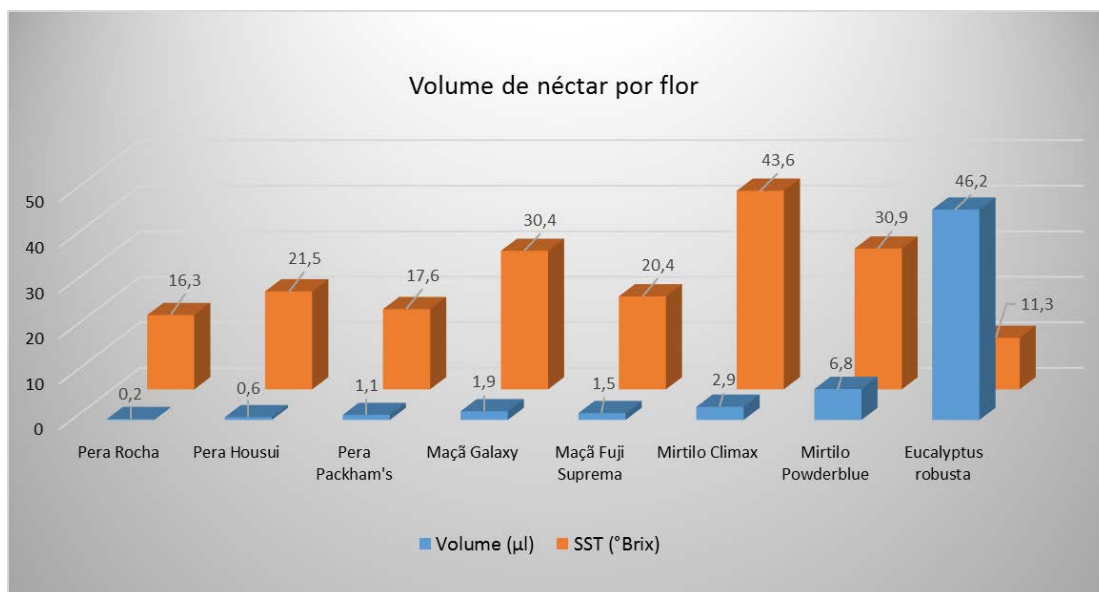


Figura 8. Volume ($\mu\text{L}\cdot\text{flor}^{-1}$) e concentração de açúcares ($^{\circ}\text{Brix}$) do néctar de diferentes cultivares de pereira, macieira, mirtilo e eucalipto

Fontes: Sezerino et al. (2005); Sezerino et al. (2012); Sezerino (2014); Salomé & Orth (2014).

Sezerino & Orth (2015a) e Sezerino et al. (2015) evidenciaram, por meio de diferentes tratamentos de polinização, tanto no Brasil quanto em Portugal, que a frutificação efetiva no cv. Rocha está estreitamente relacionada com a forma como a polinização foi realizada, e que a utilização de reguladores de crescimento para a indução de frutificação efetiva pode ser uma ferramenta útil em casos de problemas de polinização, mas sua eficiência é variável entre os anos e de acordo com o tratamento de polinização (Tabela 1. Número médio de flores.planta⁻¹ nas cultivares Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2012 e 2013; Figura 9). Os autores observaram que os tratamentos de polinização cruzada manual sem a aplicação de giberelina apresentaram elevada frutificação efetiva quando comparados com o tratamento de polinização livre sem aplicação giberelina, ficando evidente que um dos grandes entraves para a frutificação da pereira foi a quantidade insuficiente de plantas polinizadoras e o déficit de insetos polinizadores.

Tabela 6. Frutificação efetiva (%) e de frutos colhidos (%) de acordo com o tratamento de polinização na cv. Rocha em Bom Retiro, SC, nos ciclos 2012/2013 e 2013/2014

Tratamento	2012/2013		2013/2014		
	Frutificação efetiva 30 DAP* (%)	Frutos colhidos (%)	Frutificação efetiva 30 DAP* (%)	Frutos colhidos (%)	
SEM Giberelina	1) Polinização livre (área c/ Housui)	1,66 c ⁽¹⁾	0,83 c	9,16 cd	9,17 cd
	2) Autopolinização espontânea	0,83 c	0,83 c	3,33 d	3,33 d
	3) Partenocarpia	4,16 c	1,66 c	0,83 d	0,83 d
	4) PCM** Packham's Triumph	67,85 a	58,03 a	45,83 a	40,83 a
	5) PCM** Housui	66,37 a	54,59 a	35,83 ab	31,67 ab
	6) Autopolinização manual	10,97 c	10,80 c	1,66 d	1,66 d
COM Giberelina	7) Polinização livre (área c/ Housui)	65,83 a	50,00 ab	12,5 cd	10,83 cd
	8) Autopolinização espontânea	7,5 c	6,66 c	5,00 d	4,17 d
	9) Partenocarpia	74,71 a	67,24 ab	30,00 bc	29,17 bc
	10) PCM** Packham's Triumph	72,44 a	68,28 a	47,4 a	45,69 a
	11) PCM** Housui	53,49 ab	46,23 a	55,1 a	54,31 a
	12) Autopolinização manual	47,5 b	36,28 ab	15,51 cd	15,51 cd
	13) Polinização livre (área c/ Packham's Triumph)	58,33 ab	52,5 a	16,07 cd	10,71 cd
CV (%)	33,79	38,86	60,94	64,31	

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de erro; * DAP = Dias após a polinização; ** PCM = Polinização cruzada manual.
 Fonte: Sezerino & Orth (2015a)

Quando a polinização é insuficiente, observa-se reduzida quantidade de sementes por fruto e, para o desenvolvimento do ovário e tecidos adjacentes, a fruta necessita de hormônios produzidos em outras partes da planta ou de aplicações exógenas realizadas pelo fruticultor, uma vez que existem poucas sementes para realizar a produção local destas substâncias (GREENE, 1995; PODESTA, 2007). De acordo com Silva et al. (2008), a pereira Rocha apresenta maior frutificação efetiva e melhor formato dos frutos quando estes são oriundos de polinização cruzada comparativamente com aqueles tratados com giberelinas.

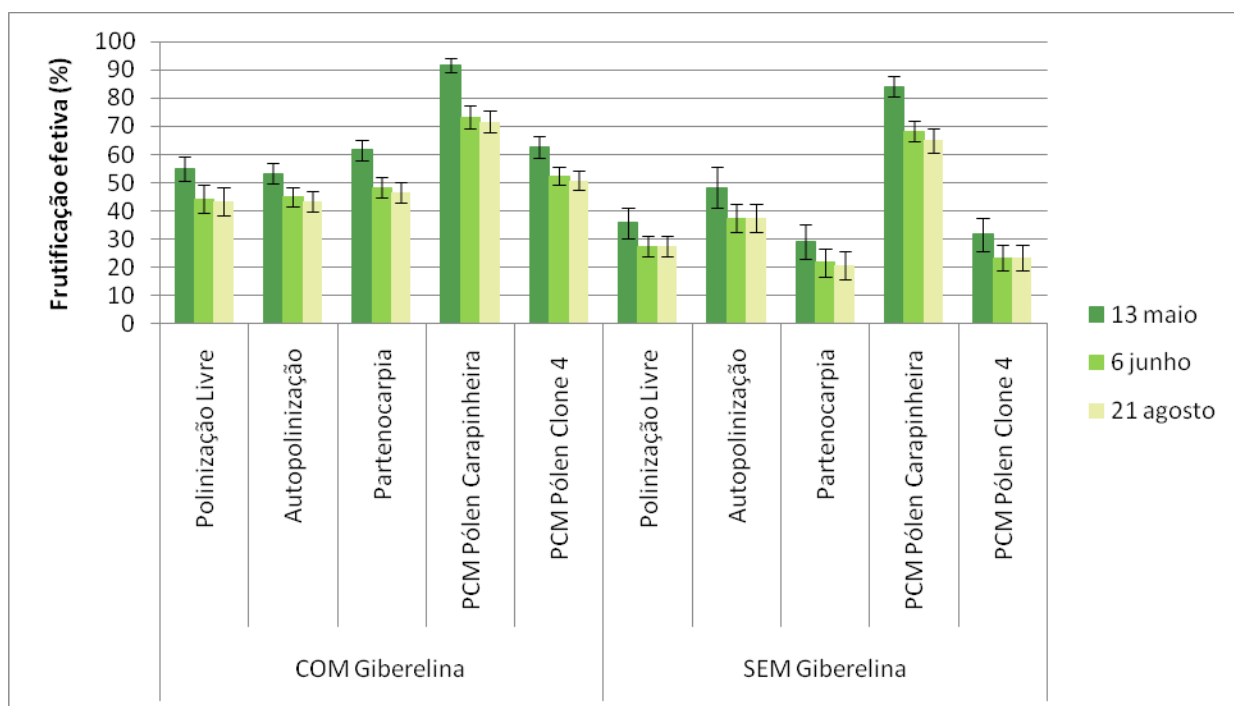


Figura 9. Frutificação efetiva aos 33, 57 e 133 dias após a realização dos tratamentos de polinização. O comprimento das barras de erro representa duas vezes o erro padrão da média Alcobaça, Portugal, 2014
 Fonte: Sezerino et al., (2015)

Muitos cultivares de pereiras europeias apresentam a partenocarpia como rota alternativa à autoincompatibilidade gametofítica (MORIYA et al., 2005). De acordo com Westwood (1978) e Sedgley & Griffin, (1989), a partenocarpia pode ser estimulativa, sendo necessário existir estímulo decorrente da polinização, ou vegetativa, em que há desenvolvimento do fruto sem polinização. Por vezes, o termo partenocarpia é usado de forma generalizada, descrevendo os frutos sem sementes maduras, mas em muitos casos isso resulta da degeneração das sementes após a fertilização, designando-se este fenômeno como estenospermocarpia (SEDGLEY & GRIFFIN, 1989; REVERS et al., 2006). Sousa (2012) cita que o cv. Rocha é parcialmente autofértil e que apresenta alguma tendência para a estenospermocarpia. Sezerino & Orth (2015a) atestam que nos tratamentos de autopolinização manual com a aplicação de giberelina houve a deposição do pólen no estigma e, conseqüentemente, deve ter ocorrido o crescimento dos tubos polínicos, o que, associado à aplicação de giberelina, tenha atuado de maneira sinérgica estimulando a estenospermocarpia, promovendo a formação de frutos mesmo sem haver polinização cruzada. Por isso, em áreas com insuficiência de cultivares polinizadoras, a adição de colmeias de abelhas é recomendável, pois o simples contato dos polinizadores no estigma,

mesmo realizando autopolinizações, promove o aumento da frutificação efetiva quando comparado com flores que não recebem cargas de pólen.

4 Manejo da polinização em pomares

As síndromes da polinização revelam a especialização de grupos funcionais de animais de ocorrência comum na evolução da planta e que podem ser ou não relacionados entre si, os quais exercem diferentes formas de pressão seletiva (FENSTER et al., 2004). No caso da pereira, que é exótica no Brasil, a participação de diferentes grupos de insetos se dá pela facilidade, necessidade e atratividade dos recursos florais oferecidos. Assim, a presença das abelhas *Apis mellifera*, *Bombus (Fervidobombus) pauloensis* Friese, 1913, *Plebeia* spp. e *Trigona spinipes* Fabricius, 1793, caracterizaram a ocorrência de uma síndrome principal designada como Melitofilia (BARBOLA et al., 2006). Esses insetos foram detectados na pereira, em Caçador, SC (Tabela 7). A abelha *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), em Caçador, foi a polinizadora mais abundante durante a floração da pereira, enquanto em São Joaquim foi o besouro *Astylus quadrilineatus* (Germar, 1824). Devido à expressiva presença desse besouro, ocorreu uma síndrome secundária, a Cantarofilia (Tabela 8. Tipos de insetos coletados em São Joaquim durante a florada da pereira japonesa, na safra 2006/2007 8 e Figura 10) (FAORO, 2009; FAORO & ORTH, 2015).

A abelha *Apis mellifera* (Figura 11) é considerada o principal agente executor de serviços de polinização dirigida. Além disso, vários fatores convergem para a ampla utilização dessa espécie na polinização de cultivos: a habilidade que ela possui de visitar flores de diferentes culturas agrícolas economicamente importantes devido ao seu comportamento de forrageio generalista; a eficiência polinizadora individual de cada abelha em dispersar pólen, principalmente devido à presença de pelos compostos que recobrem seu corpo; sua ampla dispersão geográfica; o fato dessa espécie poder ser mantida em colmeias padronizadas, com sua biologia e manejo bem definidos, permitindo manter colmeias populosas que visitam um número relativamente alto de flores de diferentes cultivos em um só dia; a facilidade de migração de colmeias para os cultivos a serem polinizados (FREITAS, 1998; PATRON, 2010).

Tabela 7. Classificação dos insetos coletados em Caçador durante a florada da pereira japonesa, em 2006 (safra 2006/2007) e 2007 (safra 2007/2008)⁽³⁾

Ordem (Etiqueta)	Família	Nome científico	Nome comum	Fase
<u>POLINIZADORES</u>				
Coleoptera	Melyridae	<i>Astylus quadrilineatus</i> (Germar, 1824)	“Besouro da pera”	Adulto
Diptera	Syrphidae	<i>Toxomerus</i> spp. ⁽⁵⁾	Mosca sirfídeas	Adulto
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	Abelha melífera	Adulto
Hymenoptera	Apidae	<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913 (rainha)	Bombus	Adulto
Hymenoptera	Apidae	<i>Plebeia</i> spp.	Mirim	Adulto
Hymenoptera	Apidae	<i>Trigona (Trigona) spinipes</i> Fabricius, 1793	Irapuá	Adulto
Hymenoptera	Apidae	<i>Xylocopa augusti</i> Lepeletier, 1841 (uma fêmea e um macho)	Mamangava	Adulto
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polybia</i> spp. ⁽⁵⁾	Marimbondo	Adulto
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Vanessa braziliensis</i> (Moore, 1883)	Borboleta	Adulto
Hymenoptera	Halictidae	<i>Dialictus Chloralictus</i> sp. ⁽⁵⁾	Abelha doce	Adulto
<u>NÃO POLINIZADORES:</u>				
Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus</i> spp.	Formiga	Adulto
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Chrysodina</i> spp. ⁽²⁾	Vaquinha	Adulto
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Diabrotica speciosa</i> (Germar, 1824)	Vaquinha verde-amarela ⁽²⁾ , Larva-alfinete1 ⁽¹⁾	Adulto
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguinea</i> (Lynnaeus, 1763)	Joaninha	Larva
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Hippodamia convergens</i> Guérin-Méneville, 1842	Joaninha	Adulto
Diptera	Bibionidae	<i>Bibio</i> spp. ⁽⁴⁾	Mosquito	Adulto
Hemiptera	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i> (Linnaeus, 1758)	Percevejo fede-fede	Ninfa
Hymenoptera	Chalcididae		Vespa parasitóide	Adulta

Fontes: ⁽¹⁾ Gallo et al., 2002; ⁽²⁾ Nora e Sugiura, 2001; ⁽³⁾ Janaina P. dos Santos e Afonso I. Orth, informação pessoal, 2008; ⁽⁴⁾ http://www.diptera.info/photogallery.php?album_id=4 (em 12/11/2008); ⁽⁵⁾ <http://bugguide.net/node/view/572> (em 12/11/2008). Fonte: Faoro (2009); Faoro & Orth (2015).

Tabela 8. Tipos de insetos coletados em São Joaquim durante a florada da pereira japonesa, na safra 2006/2007

Ordem	Família	Nome científico ⁽¹⁾	Nome comum
Coleoptera	Melyridae	<i>Astylus quadrilineatus</i> (Germar, 1824)	Besouro da pereira ⁽²⁾
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	Abelha melífera

⁽¹⁾ Insetos coletados na forma adulta; ⁽²⁾ Nome designado pelos autores.

Fonte: Faoro (2009); Faoro & Orth (2015).



Figura 10. Besouro da pereira (*Astylus quadrilineatus*) forrageando flores de pereira japonesa em São Joaquim, SC, Brasil

Fonte: Faoro & Orth (2015).

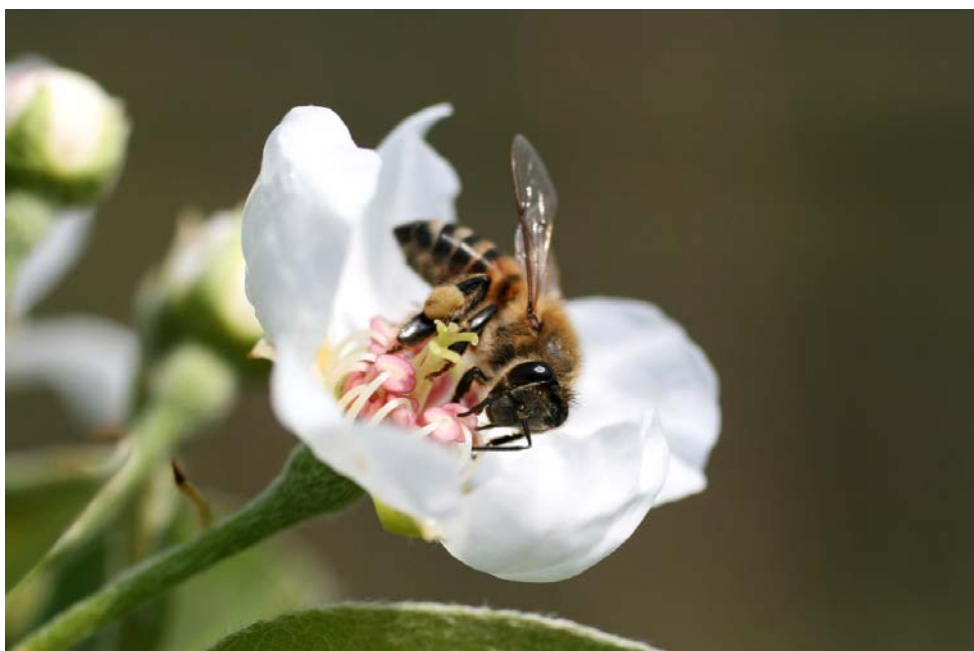


Figura 11. Abelha *Apis mellifera* sobre flor de pereira 'Rocha'

Fonte: Sezerino (2014).

No Brasil, as recomendações técnicas de densidade de colmeias por hectare para a polinização de pomares são baseadas em estudos conduzidos na década de 1970 em pomares de macieira ‘Golden Delicious’, ‘Starkrinson’ e ‘Golden’ no município de Fraiburgo, SC (WIESE, 1974). A recomendação para aquela época e ainda utilizada atualmente é entre 0,5 e 3,0 colmeias.ha⁻¹, enquanto os antigos plantios apresentavam densidades de 600 plantas.ha⁻¹, e plantas com uma média de 330 flores. Atualmente, a maior parte dos pomares apresentam plantios em alta densidade (>2.500 plantas.ha⁻¹) e plantas com mais de 500 flores, ou seja, a quantidade de flores por área aumentou significativamente, enquanto as quantidades de colmeias por área mantêm-se as mesmas da década de 1970.

Além disso, devido à pouca atratividade das flores da pereira, a floração de espécies de plantas nativas no entorno do pomar, como a bracatinga (*Mimosa scabrella*) (Figura 12) e o vassourão branco (*Piptocarpha angustifolia*), as quais são consideradas de grande valor apícola e com elevada atratividade para as abelhas (SALOMÉ, 2002) pode potencializar a baixa visitação das abelhas nas flores da pereira, uma vez que as abelhas, após descobrirem uma fonte de néctar e/ou pólen que seja energeticamente mais eficiente, passam a coletar preferencialmente este recurso (MACARTHUR & PIANKA, 1966). Andrade (1996) observou que a quantidade de pólen de pereira recolhido durante as primeiras 6 horas após a instalação das colmeias num pomar em plena floração diminuía de 85% para 49%, pois as abelhas abandonavam o pomar em busca de outras fontes de pólen.



Figura 12. Floração da bracatinga concomitantemente com a floração do pomar de pera ‘Rocha’ em Bom Retiro, SC.

Fonte: Sezerino (2013).

No intuito de garantir uma polinização bem-sucedida, Palacios (2011) recomenda pelo menos 10 colmeias ha⁻¹ em pomares de pereira no Chile. Em cultivos de maçã no Canadá são utilizadas, na média, 7,4 colmeias ha⁻¹ em condições ótimas de forrageio e 12,3 colmeias ha⁻¹ quando há condições meteorológicas adversas e/ou competição floral (Hossein Yeganehrad, comunicação pessoal - Apimondia, 2011). Na Argentina, Gómez

(2010) sugere uma densidade de 4 a 6 colmeias.ha⁻¹ em pomares de macieira e 7 a 8 colmeias ha⁻¹ em pomares de pereira. Infante (2010) relata que os fruticultores chilenos utilizam cada vez mais uma maior quantidade de colmeias por hectare como forma de assegurar uma boa polinização e obter os máximos rendimentos com uma fruta de melhor qualidade. Segundo o autor, não é raro que se coloque até 20 colmeias ha⁻¹ em cultivos como de amêndoas e de quivi.

Stern et al. (2007) citam que a principal razão de uma baixa atividade de abelhas em pomares de pereira é a competição floral do entorno do pomar devido ao florescimento de espécies nativas na mesma época da pereira. Segundo Free (1993) e Delaplane & Mayer (2000), em todas as espécies frutíferas da família *Rosaceae*, as abelhas domésticas abandonam as flores alvo em favor de outras espécies mais atrativas que florescem concomitantemente nas proximidades do pomar. Stephen (1958) citado por Free (1993) observou que pomares de pereira apresentam baixa produtividade quando estão infestados por *Sinapis alba* e *Stellaria* spp. uma vez que a concentração de açúcares no néctar destas espécies é de 48 a 64% e 51 a 58% respectivamente, enquanto na pereira é de 7 a 34% e, por isso, as abelhas visitam preferencialmente as duas espécies invasoras em detrimento da pereira.

Visando confirmar a hipótese de competição floral em pomares no sul do Brasil, Sezerino & Orth (2015b) realizaram um estudo da qualidade de colmeias alugadas para polinização e da visitação dessas abelhas nas flores dos cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph. Os autores observaram que a atividade de forrageio das abelhas campeiras nessas colmeias apresentava uma contagem superior a 60 abelhas entrando no alvado por minuto em dois anos avaliados, o que indica que as colmeias eram populosas e estavam em pleno voo no horário das avaliações (13h 30min). Entretanto, quando os autores realizaram a contagem de abelhas nas flores das cultivares de pereira (Tabela 9 e Tabela 10) imediatamente após a avaliação das colmeias, observaram uma baixa abundância de abelhas, muito aquém do recomendado como parâmetro para uma eficiente polinização, o que indica que o número de colmeias por hectare encontrava-se abaixo do necessário e/ou estava ocorrendo competição floral na área de estudo. Números semelhantes quanto ao número de abelhas em flores de pereira foram observados por Faoro (2009) em Caçador e São Joaquim, SC (Tabela 11). Considera-se como quantidade adequada quatro abelhas por minuto para cada 100 inflorescências (PETRI et al., 2001b). Stern et al. (2004; 2007) citam que 6 a 7 abelhas plantas⁻¹ minuto⁻¹ é o suficiente para uma adequada polinização em pera, enquanto para Mayer et al. (1990, apud Stern et al., 2004) 10 a 15 abelhas plantas⁻¹ minuto⁻¹ é satisfatório para a cultura.

Tabela 9. Média ± desvio padrão do número médio de abelhas.planta-1.minuto-1 em diferentes períodos do dia nas cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2012

Ano	Horário	Abelhas.planta ⁻¹ .minuto ⁻¹			Média
		Rocha	Housui	Packham's Triumph	
2012	10 h	2,38 ± 3,18 a ⁽²⁾ B ⁽¹⁾	0,42 ± 0,86 aC	2,98 ± 2,16 aA	1,92 a
	14 h	1,30 ± 1,99 bA	0,38 ± 0,70 aB	1,38 ± 1,54 bA	1,02 b
	16 h	0,41 ± 0,82 cA	0,14 ± 0,38 aA	0,17 ± 0,46 cA	0,24 c
Média		1,36 A	0,31 B	1,50 A	1,06

⁽¹⁾⁽²⁾Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha⁽²⁾ (diferença entre cultivares) e minúscula na coluna⁽¹⁾ (diferença entre horários) não são diferentes entre si pelo teste de Tukey a 5% de erro.

Tabela 10. Média \pm desvio padrão do número médio de abelhas.árvore⁻¹.minuto⁻¹ em diferentes períodos do dia nas cvs. Rocha, Housui e Packham's Triumph em Bom Retiro, SC, 2013

Ano	Horário	Abelhas.planta ⁻¹ .minuto ⁻¹			Média
		Rocha	Housui	Packham's Triumph	
2013	10 h	1,17 \pm 1,45 b ⁽²⁾ A ⁽¹⁾	0,08 \pm 0,57 aC	0,84 \pm 0,97 aB	0,69 a
	14 h	1,53 \pm 1,70 aA	0,13 \pm 0,69 aB	0,33 \pm 0,73 bB	0,66 a
	16 h	0,20 \pm 0,46 cA	0,01 \pm 0,09 aA	0,12 \pm 0,37 bA	0,10 b
Média		0,96 A	0,07 C	0,43 B	0,48

⁽¹⁾⁽²⁾Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha⁽²⁾ (diferença entre cultivares) e minúscula na coluna⁽¹⁾ (diferença entre horários) não são diferentes entre si pelo teste de Tukey a 5% de erro.

Tabela 11. Número médio de insetos polinizadores, em duas cultivares de pereira japonesa e em plantas rasteiras situadas nas entrelinhas de plantio, em Caçador (Cd) e São Joaquim (Sj), em 2006 (safra 2006/2007) e 2007 (safra 2007/2008)

Cultivar/Local	Número médio de polinizadores/3 minutos/planta					
	2006			2007		
	Manhã (9~10hs)	Tarde (15~16hs)	Média Geral	Manhã (9~10hs)	Tarde (15~16hs)	Média Geral
Housui-Sj	2,1	2,5	2,2	4,8	5,7	5,3
Housui-Cd	1,9	2,6	2,3	-	-	-
Kousui-Sj	3,1	2,9	3,0	2,9	4,5	3,7
Nijisseiki-Sj	-	-	-	4,3	6,5	5,4
Plantas rasteiras-Cd	3,2	3,5	3,4	-	-	-

(-): dados não coletados.

Fonte: Faoro (2009).

Como medida de mitigação desse problema, Al Tikrity et al. (1972) sugerem a introdução de colmeias adicionais, após uma primeira introdução, uma vez que as abelhas recém-introduzidas realizam o forrageio próximo da colmeia (ou seja, nas flores alvo) antes de descobrirem as espécies silvestres em floração. Stern et al. (2004) citam que a introdução de 5 colmeias.ha⁻¹ em duas vezes (metade com 10% das flores abertas e o restante na plena floração) promoveu uma maior coleta de pólen de pereira pelas abelhas quando comparado com a introdução de 5 colmeias.ha⁻¹ de uma só vez no início da floração. Salome & Orth (2014) obtiveram um incremento de 98,8% na frutificação efetiva de macieiras 'Fuji Suprema' em Bom Retiro, SC, com a introdução de 6 colmeias.ha⁻¹ em duas vezes: três colmeias quando 20% das flores estão abertas e mais três colmeias na plena floração, quando comparado com a recomendação técnica vigente que é de 3 colmeias.ha⁻¹ introduzidas com 20% das flores abertas. Gómez (2010) cita que para a polinização de pomares de pereira na província de Río Negro, Argentina, 50% das colmeias são levadas ao pomar com 10% da floração e 50% na plena floração visando otimizar o processo de polinização.

Sendo assim, é indicado para pomares de pereira com plantio em alta densidade a utilização de pelo menos 6 colmeias.ha⁻¹, com a introdução das abelhas realizada em duas etapas: três colmeias quando o pomar apresentar 10% de flores abertas e mais três colmeias quando 50% das flores estiverem abertas ou quando 70% das gemas florais estiverem no estágio F2 (plena floração). Quando as condições climáticas não forem favoráveis ao forrageio das abelhas (ocorrência de frio, chuva, ventos), sugere-se ampliar a densidade para 10 colmeias.ha⁻¹, o que permite nos poucos períodos de tempo favorável ao forrageio; uma maior quantidade de abelhas esteja disponível para realizar as visitas nas flores.

Em algumas regiões produtoras de peras japonesas os produtores realizam a polinização manual visando garantir a frutificação efetiva e produzir frutos grandes e simétricos. Para isso é realizada a coleta de flores de cultivares compatíveis que florescem mais precocemente do que os cultivares de interesse e retiradas as anteras, as quais são desidratadas para a liberação do pólen e, este, armazenado em frascos de vidro em freezer comum. Na região de Frei Rogério, SC, um homem treinado poliniza ao redor de 1.000 cachos florais de peras japonesas por dia. Allsopp et al. (2008) citam que são necessários entre 41 e 164 homens por dia para polinizar 1 hectare de pereiras.

5 Considerações finais

O cultivo espécies frutíferas de clima temperado em regiões marginais representa um grande desafio para a fruticultura, principalmente no que se refere aos aspectos relacionados ao manejo das plantas e tratos culturais associados. Devido a diversos problemas associados ao cultivo de pereiras produtoras de frutos de alta qualidade nessas regiões, a expansão da área plantada com esta cultura apresenta-se em lento crescimento no Brasil. Algumas etapas da cadeia produtiva da pera apresentam deficiências que acarretam baixa produção e, conseqüentemente, tornam este cultivo um investimento de alto risco.

A falta de cultivares adaptadas ao clima do Sul do Brasil leva à alternância de produção devido a uma baixa indução floral, abortamento de gemas e irregularidade na brotação, as quais, associadas a problemas desde a implantação até o manejo do pomar, acarretam produções irregulares.

Neste trabalho buscou-se elucidar algumas questões sobre um dos gargalos que afetam a produção, que é a polinização. Problemas associados com a falta de polinização cruzada entre genótipos compatíveis e a dependência de aplicações de reguladores de crescimento para a indução de frutos partenocárpicos têm sido frequentemente observados nas práticas adotadas pelos produtores de pera. Entretanto, como a tendência atual é o mercado consumidor buscar produtos de alta qualidade organoléptica e sem resíduos de agrotóxicos, o aumento da frutificação efetiva dos pomares através da otimização do processo de polinização cruzada é o caminho natural para resolver este problema. Todavia, essa é uma área que carece de mais informações que vão desde a escolha dos cultivares compatíveis e a densidade de plantas polinizadoras por área até o correto manejo de colmeias de abelhas.

Portanto é necessário um grande esforço de pesquisa nas áreas de melhoramento genético para obtenção de cultivares mais bem adaptadas e, na área de fitotecnia propriamente dita, estabelecer o correto manejo do pomar nos diferentes locais de produção de peras de alta qualidade. Essa recomendação torna-se mais premente ainda em função do atual cenário de mudanças climáticas e com a frequência cada vez maior de eventos climáticos extremos que já vem ocorrendo no sul do Brasil.

6 Referências

ALLSOPP, M.H.; LANGE, W.G.; VELDTMAN, R. Valuing insect pollination services with cost of replacement. **Plos One**, v.3, p.1-8, 2008.

AL-TIKRITY, W.S.; BENTON, A.W.; RISIUS, M.L.; CLARKE, W.W. The effect of length of stay of honeybee colony in a crown vetch Field on its foraging behavior.

Journal of Apicultural Research, v. 11, p.51-57, 1972.

ANDRADE, M.C.M.A. Estudo da Utilização de Colmeias na Polinização da Pereira 'Rocha'. 1996. **TCC (Graduação)** Curso de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 1996.

APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELO-GUERREIRO, S.M. (Ed.) **Anatomia vegetal**. 2ed. Viçosa: UFV, 2006, 438p.

ARRUDA, J.J.P.; CAMELATTO, D. Flower bud abortion in five pear cultivars (*Pyrus* spp. L.), in two localities of Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência Rural**, v. 29, p.635-638, 1999.

BARBOLA, I. de F.; LAROCA, S.; ALMEIDA, M.C. de; NASCIMENTO, E.A. do. Floral biology of *Stachytarpheta maximiliani* Scham. (Verbenaceae) and its floral visitors. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, p. 498-504, 2006.

BAWA, K. S. Breeding systems of trees in a tropical wet forest. **New Zealand Journal of Botany**, v.17, p.521-524, 1979.

BELL, R.L.; QUAMME, H.A.; LAYNE, R.E.C.; SKIRVIN, R.M. Pears. In: JANICK, J.; MOORE, J.N. **Fruit breeding, tree and tropical fruits**. West Lafayette: Purdue University Press, v.1, p.441-514, 1996.

BENEDEK, P. Insect pollination of fruit crops. In: NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M. (Ed.). **Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits**. 1ed. Budapest: Akadémiai Kiadó, p.287-340, 1996.

BENEDEK, P. Insect pollination of temperate zone entomophilous fruit tree species and cultivar features affecting bee-pollination. In: KOZMA, P.; NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M.; SZABÓ, Z. **Floral biology, pollination in temperate zone fruit species and grape**. Budapest: Akadémiai Kiadó, p.531-582, 2003.

BITTENCOURT-JÚNIOR, N.S. Auto-incompatibilidade de ação tardia e outros sistemas reprodutivos em Bignoniaceae. 2003. 286f. **Tese (Doutorado)**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BOLTEN, A.B.; FEINSINGER, P. Why do hummingbird flowers secrete dilute nectar? **Biotropica**, v.10, p.307-309, 1978.

CONSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M. The Value of the world's service and natural capital. **Nature**, v.387, p. 253-260, 1997.

DARWIN, C. **Cross and self fertilization in the vegetable kingdom**. 2ed. London: John Murray, 1878, 496p.

DE JONG, D. **Desaparecimento das abelhas-Brasil**. 2010. Disponível em <http://www.xibla.com.br/PDF/Davis_de_Jong3.pdf>. Acesso em 03/05/2017.

DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F. **Crop pollination by bees**. New York: Cabi Publishing, 2000, 344p.

DENNIS, F.G.; NEILSEN, J.C. Physiological factors affecting biennial bearing in tree fruit: the role of seeds in Apple. **Hort Technology**, v.3, p.317-322, 1999.

DUMANOGLU, H.; CELIK, M. Pollen production of some pear (*Pyrus communis* L.) cultivars. **Acta Horticulturae**, v.367, p.97-99, 1994.

ENDRESS, P. K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge University Press, 1994, 420p.

FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. Floração e Frutificação. In.: FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009, p.93-102.

FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. In: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. (Ed.). **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004, p.19-25.

FAORO, I.D. Adaptação de cultivares de pereira no sul do Brasil e a sua relação com o abortamento floral. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.17, p.54-57, 2004.

FAORO, I.D. Biologia reprodutiva da pereira japonesa (*Pyrus pyrifolia* var. Culta) sob o efeito do genótipo e do ambiente. 2009. 219 f. **Tese (Doutorado)**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FAORO, I.D. Morfologia e fisiologia. In: EPAGRI. **Nashi, a pêra japonesa**. Florianópolis: Epagri/Jica, 2001, p.67-94.

FAORO, I.D.; BRIGHENTI, E. Pera. In: EPAGRI. **Avaliação de cultivares para o Estado de Santa Catarina 2006/2007**. Florianópolis: Epagri, 2006, p.124-129.

FAORO, I.D.; ORTH, A.I. Nectar production and quality in Japanese pear cultivars in South Brazil. **Acta Horticulturae**, v.909, p.409-414, 2011.

FAORO, I.D.; ORTH, A.I. Occurrence of melitophily and cantarophily on pear trees pollinations in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 1094, p.269-274, 2015 (In: International Pear Symposium, 12th. Leuven, Bélgica).

FENSTER, C.B.; ARMBRUSTER, W.S.; WILSON, P.; DUDASH, M.R.; TOMSON, J.D. Pollination syndromes and floral specialization. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.35, p.375-403, 2004.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. London: Academic Press. 1993, 768p.

FREITAS, B. M. A importância relativa de *Apis mellifera* e outras espécies de abelhas na polinização de culturas agrícolas. **Encontro Sobre Abelhas**, 3 ed, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 1998, p.10-20.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002, 920p.

GOLDWAY, M.; TAKASAKI-YASUDA, T.; SANZOL, J.; MOTA, M.; ZISOVICH, A.; STERN, R. A.; SANSAVINI, S. Renumbering the S-RNase alleles of European pears (*Pyrus communis* L.) and cloning the S109 RNase allele. **Scientia Horticulturae**, v. 119, p.417-422, 2009.

GÓMEZ, M.C. Polinización en el Valle Médio de Río Negro. In: BESSONE, J. F. (Ed.). **Editorial Campo & Abejas - Edición especial: Polinización**. Buenos Aires: Agencia Periodística CID, 2010. p.30-33.

GONÇAVES, M.J. Caracterização das combinações de copa e porta enxerto de pereira europeia quanto a ocorrência de entomosporiose e ao abortamento de gemas florais no

estado de Santa Catarina. 2012. 56 f. **Dissertação (Mestrado)**, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

GREENE, D.W. Thidiazuron effects on fruit set, fruit quality, and return bloom of apples. **Horticultural Science**, v.30, p.1238-1240, 1995.

HAUAGGE, Roberto; CUMMINS, James N. Pome fruit genetic pool for production in warm climates. In: **Temperate Fruit Crops in Warm Climates**. Springer Netherlands, p. 267-303, 2000

HAWERROTH, J.F.; PETRI, J.L.; HERTER, F.G.; LEITE, G.B.; LEONETTI, J.F.; MARAFON, A.C.; SIMÕES, F. Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta à aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Bragantia**, v.68, p.961-971, 2009.

HEO, S.; KWON, S.I.; HWANG, J.H.; SHIN, Y.U.; KIM, M.J.; PARK, B.J.; OH, S.I.; OH, Y.J.; KIM, D.I. Distribution of S-alleles among Korean Apples by PCR and Cross-pollination. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology**, v.30, p.757-763, 2012.

INFANTE, S.C. Polinización de espécies frutales en Chile. In: BESSONE, J. F. (Ed.). **Editorial Campo & Abejas** - Edición especial: Polinización. Buenos Aires: Agencia Periodística CID, 2010. p.27-29.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W.; WASER, N.M. Endangered mutualism: The conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.29, p.83-112, 1998.

KENMORE, P.; KRELL, R. Global perspectives on pollination in agriculture and agroecosystem management. In: **International Workshop on Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees**. São Paulo, Brasil, 1998.

KUDO, G.; HARDER, L.D. Floral and inflorescence effects on variation in pollen removal and seed production among six legume species. **Functional Ecology**, v.19, p.245-254, 2005.

KUROKURA, T.; MIMIDA, N.; BATTEY, N.H.; HYTÖNEN, T. The regulation of seasonal flowering in the Rosaceae. **Journal of Experimental Botany**, v.64, p.4131-4141, 2013.

LAYNE, R.E.C.; QUAMME, H.A. **Pears**. In: JANICK, J.; MOORE, J.N. **Advances in Fruit Breeding**. Indiana: Purdue University Press-West Lafayette, 1975, 623p.

LEITE, D.L.; SOUZA, C.M. Polinização In: **Frutas do Brasil**, Pera: Produção. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, p.23-28.

LOSEY, J. E.; VAUGHAN, M. The economic value of ecological services provided by insects. **BioScience**, v.56, p. 311-323, 2006.

MACARTHUR, R.H.; PIANKA, E. R. On optimal use of a patchy environment. **American Naturalist**, v.100, p.603-609, 1966.

MARODIN, G.; KOLLER, O.C.; BENDER, R.J.; BERGAMASCHI, H.; KRETZSCHMAR, A.A.; CAMELATTO, D. Index of bud abortion of 'Packham's Triumph' pear in the production areas of the Rio Grande do Sul State and Santa Catarina State. **Acta Horticulturae**, v.800, p.215-220, 2008.

- MATSUMOTO, D.; YAMANE, H.; ABE, K.; TAO, R. Identification of a Skp1-like protein interacting with SFB, the pollen S determinant of the gametophytic self-incompatibility in *Prunus*. **Plant Physiology**, v.159, p.1252-1262, 2012.
- MATSUMOTO, S. Apple pollination biology for stable and novel fruit production: search system for apple cultivar combination showing incompatibility, semicompatibility, and full-compatibility based on S-RNase allele database. **International Journal of Agronomy**, v.2014, p.1-9, 2014.
- MAYER, D.F.; LUNDEN, J.D. A comparison of commercially managed bumblebees and honey bees (Hymenoptera: Apidae) for pollination of pears. **Acta Horticulturae**, v.437, p.283-288, 1997.
- MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: United States Department of Agriculture, 1976, 849 p.
- MCLURE, B.; CRUZ-GARCIA, F.; ROMERO, C. Compatibility and incompatibility in S-RNase-based systems. **Annals of botany**, v.108, p.647-658, 2011.
- MORIYA, Y., TAKAI, T.; OKADA, K., ITO, D., SHIOZAKI, Y., NAKANISHI, T., TAKASAKI, T. Parthenocarpy and self and cross-incompatibility in ten European pear cultivars. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.74, p.424-430, 2005.
- MOTA, M.; OLIVEIRA, C.M. Polinizadoras: compatibilidade genética entre a pera 'Rocha' e as diferentes cultivares de pereira. In: **Pera Rocha**, Guia Técnico, ficha 6, versão 1, 2007.
- NAKASU, B.H.; LEITE, D.L. Pirus 9 – Seleção de pereira para o Sul do Brasil. **HortiSul**, v.2, p.19-20, 1992.
- NORA, I.; SUGIURA, T. Pragas da pereira. In: EPAGRI. **Nashi, a pêra japonesa**. Florianópolis: Epagri/Jica, p.261-321, 2001.
- NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M. Fruit set of pear varieties by open pollination at sites of different ecological conditions. **Acta Horticulturae**, n.475, p.355-365, 1998.
- OPIK, H.; ROLFE, S. **The Physiology of flowering plants**. 4ed. New York: Cambridge University Press, p.270-315, 2005.
- ORTH, A.I.; SOARES, M.J.; MARTINS, M. Contribuição para o aumento da eficiência da polinização por *Apis mellifera* em pomares de macieira. **Anais do VII Enfrute**. Fraiburgo, SC, 2004, 290p.
- PATRON, E. Polinización con abejas. In: BESSONE, J. F. (Ed.). **Editorial Campo & Abejas** - Edición especial: Polinización. Buenos Aires: Agencia Periodística CID, 2010, p.4-15.
- PEREIRA, N.; SOUSA, R.M.; OLIVEIRA, C.M.; MOTA, M. Evaluation of five dormancy breaking agents to induce synchronized flowering in 'Rocha' pear. **Acta Horticulturae**, n.909, 2011.
- PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J. COUTO, M.; LEITE, G. B. Fitorreguladores para o aumento da frutificação efetiva na pereira. In: RUFATO, L.; MARCON FILHO, J. L. (Ed.) III Reunião Técnica da Cultura da Pereira. **Anais**. Lages, SC: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2010.

- PETRI, J.L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI: **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006, p.229-260.
- PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; YASUNOBU, Y. Incidência e fatores do abortamento de gemas em pereira japonesa. **Agropecuária Catarinense**, v.14, p.14-18, 2001a.
- PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; FAORO, I.D. Tratos culturais. In: EPAGRI (Ed.). **Nashi, a pêra japonesa**. Florianópolis: Epagri/Jica, p. 195-210, 2001b.
- PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; POLA, A.C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006, p.261-297.
- PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J.P.; MATOS, C.S.; POLA, A.C. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996, 110p.
- PODESTA, L. Floración, Polinización y Cuaje. In: OZZI, G. **Árboles Frutales: Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento**, Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 2007. p.281-305.
- REVERS, L.F.; LAMPE, V.S.; OLIVEIRA, P.R.D.; CAMARGO, U.A.; LIMA, J.C. Uso prático de marcadores moleculares para seleção assistida no melhoramento de uvas apirênicas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.104-108, 2006.
- RIBEIRO, P.A.; BRIGHENTI, E.; BERNARDI, J. **Comportamento de algumas cultivares de pereira *Pyrus communis* L. e suas características nas condições do Planalto Catarinense**. Florianópolis: EMPASC, 1991, 53p.
- ROMMEL, C.C. Etiologia e epidemiologia da morte de flores de pereiras europeias (*Pyrus communis* L.) no Rio Grande do Sul. 2009. **Dissertação (Mestrado)**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- SALOMÉ, J. A. Levantamento e fenologia de plantas apícolas do estado de Santa Catarina. 2002. **Dissertação (Mestrado)**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- SALOMÉ, J.A.; ORTH, A.I. Polinização em Pomares de Macieiras: nova metodologia para o aumento da frutificação com o manejo correto de colmeias. **Agropecuária Catarinense**, v.27, p.101-110, 2014.
- SCHNEIDER, D.; STERN, R. A.; GOLDWAY, M. A comparison between semi-and fully compatible apple pollinators grown under suboptimal pollination conditions. **HortScience**, v.40, p.1280-1282, 2005.
- SEDGLEY, M.; GRIFFIN, A.R. **Sexual reproduction of tree crops**. London: Academic Press, 1989, 378p.
- SEZERINO, A. A. A polinização da pereira europeia (*Pyrus communis* L. cv. Rocha) no Sul do Brasil. 2014. 147 f. **Tese (Doutorado)**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- SEZERINO, A.A.; LENZI, M.; ORTH, A.I. *Eucalyptus robusta* (Myrtaceae): uma espécie com grande potencial para a produção de mel por *Apis mellifera* em Santa Catarina. Informativo Zum Zum, Florianópolis, v.323, p.10-12, 2005.
- SEZERINO, A.A.; REIS, C.A.; SOUZA, R.M.; FRANCO, J.C.; RIBEIRO, H.; OLIVEIRA, C.M. Efeito da polinização cruzada e da aplicação de ácido giberélico no

- vingamento e na qualidade dos frutos da pereira Rocha. **Revista Vida Rural**, p.26-30, 2015.
- SEZERINO, A.A.; ORTH, A.I. Polinização da pereira-portuguesa em Bom Retiro-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, p.943-951, 2015a.
- SEZERINO, A.A.; ORTH, A.I. Limitações ao uso de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) para a polinização dirigida de cultivares: um estudo de caso com a pereira-portuguesa (*Pyrus communis* L. cv. Rocha). **Biotemas**, v.28, p.73-86, 2015b.
- SEZERINO, A.A.; ROSA, A.M.; ORTH, A.I. Produção de néctar no mirtilheiro (*Vaccinium ashei*) cvs. Climax e Powderblue em Bom Retiro, SC. **Revista Agropecuária Catarinense** – Suplemento especial 10^o Senafrut, v.25, p.123-123, 2012.
- SILVA, A. Polinização. In: ANP (Ed) **Livro da Pera Rocha**, v.1, 2001, p.137-166.
- SILVA, L.; HERRERO, M.; OLIVEIRA, C.M. Effects of gibberellic acid and pollination on fruit set and fruit quality in ‘Rocha’ pear. **Acta Horticulturae**, v.800, p.199-204, 2008.
- SOLTÉSZ, M. Association of varieties in fruit plantation. In: KOZMA, P.; NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M.; SZABÓ, Z. **Floral biology, pollination in temperate zone fruit species and grape**. Budapest: Akadémiai Kiadó, p.227-236, 2003.
- SOUSA, R. M. Manejo de pomares de pereira ‘Rocha’. In: RUFATO, L.; MARCON FILHO, J.L.; MUNIZ, J.N. In: Reunião técnica da cultura da pereira, 2012. **Palestras**. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2012, p.22-39.
- SOUZA, C.M; RASEIRA, M. C.B. **Germinação in vitro de pólen de pereira**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 1998, p.219-223.
- STERN, R. A.; GOLDWAY, M.; ZISOVICH, A. H.; SHAFIR, S.; DAG, A. Sequential introduction of honeybee colonies increases cross-pollination, fruit set and yield of Spadona pear (*Pyrus communis*). **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.79, p.652-658, 2004.
- STERN, R.A.; SAPIR, G.; SHAFIR, S.; DAG, A.; GOLDWAY, M. The appropriate management of honeybee colonies for pollination of Rosaceae fruit trees in warm climates. **Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology**, v.1, p.13-19, 2007.
- TAKAYAMA, S.; ISOGAI, A. Self-Incompatibility in Plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.56, p.467-489, 2005.
- VERÍSSIMO, V.; HERTER, F.G.; RODRIGUES, A.C.; GARDIN, J.P.; SILVA, J.P. Caracterização de gemas florais de pereira (*Pyrus* sp.) relacionada ao abortamento floral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.193-197, 2004.
- WESTWOOD, M.N. **Temperate-zone Pomology**. Portlan: Timber Press, 1978, 536 p.
- WIESE, H. **Normas para atividades de polinização com abelhas em fruticultura**. 1.ed. Florianópolis: Iasc, 1974. 87p.
- WREGG, M. S.; HERTER, F. G.; CAMELATO, D.; STEINMETZ, S.; REISSER, C. J.; GARRASTAZU, M. C.; FLORES, C. A.; IUCHI, T.; BERNARDI, J.; VERÍSSIMO, V.; MATZENAUER, R. **Zoneamento Agroclimático para a Pereira no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006, 29p.

Capítulo 2

Estratégias para controle do crescimento vegetativo e aumento da frutificação efetiva de pereiras

Mateus da Silveira Pasa, Carina Pereira da Silva, Bruno Carra, Alberto Fontanella Brighenti, Marlise Nara Ciotta, Gustavo Brunetto

1 Introdução

A pera é a fruta responsável pelo maior montante de importações do Brasil, tanto em quantidade quanto em valor. Segundo dados da FAO (2017), em 2013 o volume importado dessa fruta foi de aproximadamente 190 mil toneladas, representando cerca de 90% do consumo interno, enquanto em 2003 o volume de peras importadas foi de aproximadamente 60 mil Mg, significando acréscimo de 130 mil Mg no período de 10 anos. O valor dessas importações representou, em 2013, US\$ 196,3 milhões. Os principais fornecedores de pera para o Brasil foram, em 2013, Argentina (78%) e Portugal (14%) (FAO, 2017). Em 2013, a produção doméstica foi responsável pelo suprimento de apenas 10% do consumo interno (~19 mil Mg), dos quais 57% foram produzidos pelo Rio Grande do Sul (10,9 mil Mg), sendo o restante produzido principalmente por SC (28%; 5,4 mil Mg) e PR (10%; 1,9 mil Mg) (IBGE, 2016).

Entre os principais problemas condicionantes da baixa produção doméstica destacam-se o excesso de crescimento vegetativo (PASA et al., 2011) e baixa fixação de frutas (*fruit set*) nos principais cultivares. A competição por fotoassimilados entre ramos e frutos é a provável causa da abscisão de frutas em plantas muito vigorosas (WEBSTER, 2002 a). Esse fator é particularmente importante nas condições brasileiras, uma vez que grande parte dos pomares de pereiras são implantados sobre porta-enxerto de *Pyrus* sp. originários de sementes ou de estacas como por exemplo *P. calleryana*, os quais reconhecidamente induzem vigor excessivo. A baixa fixação de frutas também tem sido atribuída ao etileno, o qual está envolvido na senescência e abscisão de flores (GREENE, 1980) e de frutas jovens.

A seguir serão apresentadas e discutidas algumas possíveis estratégias para controle do crescimento vegetativo e aumento da frutificação efetiva de pereiras.

2 Crescimento vegetativo

O controle do crescimento de ramos é extremamente importante em pomares de pereira, pois eles competem diretamente com o crescimento de frutos por assimilados (FORSHEY & ELFVING, 1989), principalmente durante as fases iniciais do crescimento de frutos, quando ocorre o máximo crescimento de frutos e ramos. Essa competição pode reduzir o número de células e, dessa forma, reduzir o potencial de os frutos atingirem o tamanho máximo e, conseqüentemente, impactar negativamente a produtividade. O excesso de vigor reduz a penetração (SHARMA et al., 2009) e distribuição (EINHORN et al. 2012) da radiação solar no interior da copa, afetando negativamente a formação de gemas florais em pereiras (KHEMIRA et al. 1993). O sombreamento também reduz a produtividade (GARRIZ et al., 1998) e a qualidade de frutos (KAPPEL, 1989), além de diminuir a eficiência do controle de pragas e doenças (RADEMACHER & KOBER, 2003).

Mundialmente, os principais objetivos dos produtores são o rápido retorno do investimento e redução da necessidade de mão-de-obra. Esses objetivos podem ser atingidos com o plantio em sistemas intensivos utilizando plantas pequenas (MAAS, 2008). Plantas menores permitem que grande parte das práticas de manejo e colheita sejam realizadas sem a necessidade de escadas, além de serem passíveis à mecanização de algumas atividades de manejo. Por outro lado, plantas grandes requerem a utilização de escadas e alta necessidade de mão-de-obra. É importante salientar os benefícios ambientais da utilização de plantas menores, como a possibilidade de utilização de estratégias de precisão para manejo de pragas e doenças (i.e., aplicações dirigidas a alvos específicos) e redução significativa na deriva (WEBSTER, 2002 b). No entanto, sem a implementação de medidas eficientes para controlar o crescimento vegetativo, esses objetivos dificilmente são alcançados. Nas condições brasileiras, o controle do crescimento vegetativo é ainda mais importante porque os pomares estão estabelecidos predominantemente sobre porta-enxertos de *Pyrus* sp., os quais geralmente induzem vigor excessivo. Adicionalmente, as condições climáticas das regiões produtoras no país (altas temperaturas e precipitação pluviométrica) associadas ao longo ciclo de crescimento, favorecem o forte crescimento vegetativo.

Há uma vasta lista de técnicas disponíveis para controle do crescimento vegetativo em pereiras, como a poda (inverno e verão), poda de raiz, anelamento, arqueamento de ramos, déficit hídrico, porta-enxertos, fitorreguladores e engenharia genética. A habilidade de cada técnica para controlar o vigor é altamente dependente do cultivar, porta-enxerto, clima, solo, sistema de condução, entre outros. Apesar da ampla gama de opções para controle do crescimento, nenhuma provou ser universal ou completa (SHARMA, 2009). De fato, para cada situação, diferentes estratégias devem ser combinadas de maneira a obter o adequado balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo.

2.1 Poda

A poda em pereiras consiste na remoção de ramos mal posicionados, doentes e esporões velhos, de maneira a promover uma estrutura de produção com adequado balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo. Todos os tipos de poda tendem a reduzir a matéria seca das plantas, apesar de induzirem forte crescimento vegetativo na região próxima aos cortes (FORSHEY et al., 1992). Geralmente, o incremento no crescimento do tronco e crescimento de novas raízes é reduzido após podas severas, provavelmente porque os assimilados e os nutrientes minerais são redirecionados para os ramos de reconstrução, ou seja, crescem em resposta à poda para reconstituir as estruturas removidas (MIKA, 1986).

Os efeitos da poda no crescimento vegetativo dependem, em parte, da intensidade e época de poda, e no tipo de corte. De acordo com Barritt (1992) existem quatro tipos principais de cortes na poda: (1) Corte de desponte, o qual compreende o encurtamento de ramos de ano, ou seja, que cresceram no último ciclo; (2) Corte de encurtamento, onde sistemas de ramos são encurtados e o corte é realizado em ramos de 2 anos ou mais; (3) Corte de desbaste, em que os ramos de ano são cortados na base; (4) Corte de renovação, onde sistemas de ramos são removidos totalmente, ou seja, no ponto de inserção no tronco. A poda é geralmente realizada durante o inverno (período de dormência) ou o verão, cada qual resultando em diferentes efeitos fisiológicos sobre o crescimento vegetativo.

A poda de inverno aumenta o crescimento de ramos e reduz a produtividade na próxima safra, relativo à intensidade que é realizada (BARDEN & MARINI, 1998; ELFVING, 1990). Plantas podadas no inverno geralmente originam ramos maiores no próximo ciclo de crescimento (MIKA, 1986). Além disso, a severidade da poda de inverno é positivamente relacionada à produção de ramos “ladrões” a partir de gemas latentes.

Bussi et al. (2011) observaram tendência de aumento no número e tamanho dos ramos “ladrões” em pessegueiros submetidos a poda de inverno severa, em comparação com plantas que receberam poda de inverno leve. Portanto, de maneira a evitar o crescimento excessivo de ramos, recomenda-se que a poda de inverno consista de cortes de desbaste e pouco desposte de ramos. Cortes de desbaste, que removem o ramo no seu ponto de origem, atingem o objetivo de reduzir o vigor sem estimular o crescimento vigoroso de ramos adjacentes (SHARMA et al., 2009). Além disso, incrementam a área foliar dos ramos remanescentes e interceptação da radiação solar pela redução na densidade e melhor distribuição de ramos no interior da copa (WILLAUME et al., 2004).

A poda de verão é uma prática comum para reduzir o crescimento vegetativo e melhorar a interceptação de luz no interior da copa em pomáceas. Essa prática também melhora a coloração vermelha de maçãs, conforme observado por Autio & Greene (1992) em macieiras ‘McIntosh’. Asín et al. (2007) observaram que a poda de verão foi uma boa estratégia para controle do crescimento vegetativo de pereiras ‘Blanquilla’, pois foram eliminados ramos com crescimento ativo, favorecendo os ramos remanescentes que foram favorecidos pela melhor interceptação de luz e assimilação de CO₂. Mierowska et al., (2002) observaram que a fotossíntese em folhas de esporões de macieiras ‘Golden Delicious’ e ‘Granny Smith’ respondeu positivamente à poda de verão. Dessa forma, a capacidade fotossintética pode ser maximizada através de condução e poda ao longo do ciclo de crescimento.

No entanto, embora o crescimento vegetativo tenha sido reduzido, a poda de verão reduziu o retorno da floração e a produtividade de pereiras ‘Blanquilla’, na safra seguinte (ASÍN et al., 2007). Esse efeito foi atribuído ao segundo surto de crescimento de ramos observado nas plantas submetidas à poda de verão, coincidindo com o período de diferenciação floral. Maas (2005) observou que o retorno de crescimento de ramos no verão resultou na perda de gemas florais terminais em pereiras ‘Conference’ e ‘Doyenne du Comice’. Entretanto, pereiras ‘Bartlett’, submetidas à poda de verão durante três anos consecutivos, apresentaram maior formação de gemas florais em algumas partes da copa, mas isso não resultou em aumento na produção (GROSSMAN et al., 1997).

Independentemente do tipo, época e severidade da poda, é fundamental que ela seja adequada ao cultivar. Stephan et al. (2007) mostrou que a variabilidade de respostas a diferentes estratégias de poda em macieiras depende parcialmente do hábito de crescimento e floração de cada cultivar, que é determinado geneticamente. Nessa mesma linha de pensamento, a poda também deve ser ajustada de acordo com o porta-enxerto utilizado, uma vez que eles podem alterar o hábito de frutificação do cultivar copa, conforme observado em pereiras ‘Carrick’, ‘Packham’s’ e ‘William’s’ (PASA et al., 2011).

2.2 Poda de raízes

A poda de raízes é uma técnica mecânica de controle do crescimento vegetativo que tem sido utilizada principalmente em pomares de macieira e pereira. Essa técnica consiste na redução da área radicular através da poda, reduzindo o transporte de nutrientes, água e hormônios para a copa, limitando o seu crescimento. A redução na absorção de água em resposta à poda de raízes foi observada em pereiras ‘Conference’ (MAAS, 2007) e macieiras ‘Melrose’ (SCHUPP & FERREE, 1990). Devido a esses efeitos, recomenda-se que haja disponibilidade de irrigação (MAAS, 2007), combinada com adequada fertilização (VERCAMMEN et al., 2005) em pomares onde essa técnica seja utilizada.

A intensidade e a época da poda de raízes deve ser ajustada em função de diversos fatores, como o clima, produtividade na safra anterior, estado nutricional das plantas, sanidade do pomar, disponibilidade de água, entre outros. De maneira geral, a realização da poda de raízes próxima à floração não é recomendada devido ao forte estresse causado,

podendo resultar em redução na fixação de frutos e aumento da queda de frutos (VERCAMMEN et al., 2005). No entanto, para cultivares com alta frutificação efetiva, esse efeito pode ser interessante, pois reduziria a necessidade de raleio, seja químico ou manual, além da redução do crescimento vegetativo. A mesma linha de pensamento pode ser utilizada em relação à intensidade da poda de raízes (distância do tronco e profundidade), ou seja, quanto menor a distância do tronco e maior a profundidade, maior o efeito da poda de raízes sobre a redução no crescimento vegetativo.

Asín et al. (2007) observaram redução no crescimento e número de ramos e aumento de 57% no retorno de floração de pereiras 'Blanquilla' submetidas à poda de raízes (40 cm do tronco, em ambos os lados da fila e 40 cm de profundidade) durante três anos. De maneira similar, Vercammen et al. (2005) relataram uma redução de 44% no crescimento vegetativo de pereiras 'Conference'. De acordo com esses autores, além de reduzir o crescimento vegetativo, as plantas submetidas à poda de raízes apresentaram maior número de gemas floríferas e melhor regularidade de produção.

A realização da poda de raízes durante nove anos (50cm do tronco, em ambos os lados da fila e 45cm de profundidade) em macieiras 'Golden Delicious' reduziu o diâmetro de tronco e crescimento de ramos, com uma leve influência negativa na produtividade e tamanho de frutos (FERREE & KNEE, 1997). A redução na produtividade e tamanho de frutos pode ser explicada pela redução na capacidade fotossintética das plantas submetidas à poda de raízes, principalmente no ano que esta foi realizada. Khan et al. (1998) observaram uma redução média de 28% no número de folhas de vários cultivares de macieira no ano que a poda de raízes foi realizada (20cm do tronco, em ambos os lados da fila e 30cm de profundidade), prejudicando o suprimento de fotoassimilados para a fixação e crescimento de frutos. No entanto, no segundo ano após a realização da poda de raízes, foi observado um aumento de 98% no número de esporões com flor, melhorando o balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas. Também foi observada redução da alternância de produção e aumento do retorno de floração em macieiras 'Jonathan' (FERREE, 1992), 'Empire' e 'McIntosh' (ELFVING et al, 1996).

2.3 Anelamento de tronco

O anelamento de tronco consiste na remoção de uma faixa de casca ao redor da porção externa do tronco, causando bloqueio temporário no fluxo do floema. Isso resulta na redução do transporte de fotoassimilados da parte superior ao corte para a parte inferior (GOREN et al., 2004). A fotossíntese também é reduzida devido à inibição por *feedback* (DE SCHEPPER et al., 2010). Uma vez que o crescimento é diretamente relacionado com o suprimento de carboidratos, tratamentos que reduzem a produção e/ou translocação de assimilados, como o anelamento, reduzem o crescimento de ramos (FORSHEY & ELFVING, 1989). Porém, essa técnica deve ser utilizada com cuidado, pois pode resultar na morte das plantas. A probabilidade de isso acontecer depende da largura e da profundidade do anelamento, da frequência com que é realizado e do vigor da planta. A princípio, o anelamento não deveria danificar a região do câmbio e xilema, mas na prática isso é difícil de controlar (THERON & STEYN, 2011).

A realização do anelamento de tronco no início da primavera reduziu o crescimento de ramos e aumentou a frutificação efetiva de macieiras 'McIntosh' e 'Mutsu' (HOYING & ROBINSON, 1992), provavelmente devido a uma redistribuição de assimilados na planta (SMITH & SAMACH, 2013). Smit et al. (2005), estudando o efeito do anelamento de tronco, aproximadamente 30cm acima da linha do solo, entre a plena floração e a queda de pétalas, observaram uma tendência de aumento no tamanho final de frutos e retorno de floração de pereiras 'Rosemarie', 'Forelle', 'Packham's Triumph' e 'Golden Russet Bosc',

mas nenhum efeito no crescimento de ramos e produtividade foi observado. Por outro lado, Raffo et al. (2011) observaram redução no crescimento de ramos de pereiras 'Bartlett' submetidas ao anelamento de tronco, e aumento na produtividade. De acordo com Sousa et al. (2008), o anelamento de tronco permitiu o adequado controle de vigor de pereiras 'Rocha', com produção de frutos de melhor qualidade. Além disso, a massa de ramos podados de pereiras 'Bartlett' submetidas ao anelamento de tronco foi reduzida de 30% a 40%, em comparação com planta não aneladas (INGELS, 2002). Embora o anelamento de tronco seja uma técnica potencial para o controle de crescimento vegetativo de pereiras, a sua utilização deve ser cuidadosamente avaliada, pois pode aumentar a infecção das plantas por patógenos e reduzir a vida útil do pomar. Sendo assim, outras técnicas, como porta-enxertos ananizantes, fitorreguladores, etc., podem ser utilizadas em um primeiro momento para o controle de vigor. Porém, caso essas medidas ainda não sejam suficientes para o adequado controle de crescimento, o anelamento de tronco é uma opção para ser adicionada à estratégia.

2.4 Arqueamento de ramos

Entre os métodos tradicionais utilizados em pomares de pereira para controle do crescimento vegetativo e frutificação, o arqueamento de ramos provou ser o de maior sucesso (COLARIC et al., 2007; SHERIF, 2012). De acordo com Costes et al. (2006), o arqueamento de ramos é necessário para reduzir o excesso de crescimento vegetativo e aumentar a floração e a frutificação. Os ramos crescem rapidamente se estiverem na vertical e mais lentamente conforme o ângulo em relação a vertical aumenta (WILSON, 2000). Os efeitos do arqueamento de ramos são associados principalmente com o balanço hormonal.

Os efeitos hormonais do arqueamento de ramos podem ser explicados pela redução na dominância apical. De acordo com Taiz & Zeiger (2013), esse fenômeno é devido ao efeito inibitório da gema apical sobre as gemas axilares, em função do maior nível de auxinas. No entanto, se a razão auxinas/citocininas for reduzida, como acontece com o arqueamento, o efeito da dominância apical é reduzido, permitindo assim o desenvolvimento das gemas axilares. Em pereiras japonesas, o arqueamento de ramos reduziu a concentração de auxinas nas gemas laterais, mas aumentou a de citocininas, o que pode resultar em maior formação de gemas floríferas (ITO et al., 2004) e menor crescimento de ramos.

Lawes et al. (1997) observaram que o arqueamento de ramos reduziu o crescimento de ramos e aumentou a precocidade de pereiras 'Doyenné ducomice'. A resposta das plantas ao arqueamento de ramos é dependente da época de realização e do genótipo. A realização do arqueamento no verão aumenta potencialmente o número e o tamanho do fruto, enquanto o crescimento lateral de ramos é reduzido (LAURI & LESPINASSE, 2001), provavelmente devido à redução da demanda dos pontos de crescimento vegetativo por carbono, permitindo maior exportação para os frutos (CORRELLI-GRAPPADELLI et al., 1994). No entanto, em cultivares mais vigorosos, o arqueamento no verão promove o crescimento lateral de ramos, podendo prejudicar o crescimento de frutos. Nesse caso, a realização do arqueamento no inverno seria o mais indicado para reduzir o crescimento lateral, distribuindo-o ao longo do ramo e mantendo um bom potencial de frutificação. Sherif (2012) observou maior número de esporões vegetativos e reprodutivos, frutificação efetiva e número de ramos do ano em pereiras 'Le Conte', submetidas ao arqueamento de ramos no início do verão (90°). Esses resultados foram atribuídos à distribuição mais uniforme dos carboidratos no ramo e à redução no conteúdo de nitrogênio, aumentando a relação C/N.

Considerando o crescimento de ramos excessivo característico de regiões com verões quentes e úmidos, e o longo ciclo de crescimento, o arqueamento de ramos no inverno seria a opção mais indicada para controlar o crescimento vegetativo e promover a adequada frutificação. Além disso, é uma ferramenta de manejo potencial para reduzir os efeitos negativos do acúmulo de frio insuficiente na brotação de gemas laterais. A brotação deficiente de gemas laterais nessas condições resulta em ramos com brotação predominante das gemas terminais. Isso pode ser uma consequência da brotação das gemas terminais ocorrer antes das laterais em regiões de invernos amenos, estabelecendo a dominância apical e dificultando a brotação das gemas laterais (JACKSON, 2003). Então, através do arqueamento de ramos no inverno, essa inibição das gemas terminais sobre as laterais seria reduzida, permitindo a melhor uniformidade de brotação e maior formação de estruturas de produção.

2.5 Déficit hídrico

Ao longo dos últimos anos, técnicas de déficit hídrico, incluindo o déficit hídrico regulado (DIR), têm sido desenvolvidas para controlar o crescimento vegetativo ou reduzir o consumo de água (MARSAL et al., 2002), através da aplicação de um volume de água menor do que o necessário calculado. O termo DIR tem sido comumente utilizado para descrever o déficit hídrico no início da estação de crescimento, quando o crescimento de ramos é rápido, mas antes do rápido crescimento de frutos (JACKSON, 2003).

Cheng et al. (2012) observaram redução no crescimento de ramos e na necessidade de poda de verão em pereiras 'Yali', quando o DIR foi adotado entre a polinização e 25 dias após a plena floração (DAPF). Esses autores também observaram que não houve efeito negativo do DIR no tamanho do fruto e da produtividade. Resultados similares foram relatados por Marsal et al. (2002) em pereiras 'Blanquilla' usando DIR durante o estágio I de crescimento de frutos. Em outro estudo o DIR reduziu levemente o crescimento de ramos e aumentou o retorno de floração de pereiras 'Blanquilla' (ASÍN et al., 2007).

Em macieiras 'Delicious' foi observado que o DIR pode ser utilizado para reduzir o crescimento vegetativo e melhorar a eficiência produtiva (EBEL et al., 1995). No entanto, esses autores propõem um programa de manejo onde o crescimento de frutos é mensurado regularmente e comparado com curvas de crescimento padrão. Considerando que os frutos retomam o crescimento quando o suprimento de água normal é reestabelecido, o DIR deve ser finalizado antes que o tamanho dos frutos seja menor que a curva padrão.

O DIR foi inicialmente utilizado para controlar o vigor das plantas em sistemas de plantio adensados durante o período de rápido crescimento vegetativo e lento crescimento de frutos (CHALMERS et al., 1986). Entretanto, outros estudos mostraram que o DIR poderia ser utilizado para melhorar a qualidade de frutos. Cheng et al. (2012) observaram que a redução no volume de água fornecido no final do ciclo aumentou o teor de sólidos solúveis totais de peras 'Yali'. Similarmente, o DIR também aumentou o teor de sólidos solúveis totais de peras 'Conference', bem como a firmeza da polpa e a acidez (LOPEZ et al., 2011).

Obviamente que a utilização do DIR é mais relevante para regiões áridas do que nas úmidas, onde o controle do déficit de irrigação é mais difícil. No entanto, mesmo nas regiões mais úmidas, o DIR pode ser uma ferramenta de valor para controle do crescimento vegetativo de pereiras em situações específicas, como quando utilizados porta-enxertos ananizantes. Nesse caso, a irrigação geralmente é necessária, pois esses porta-enxertos apresentam um raso sistema radicular.

2.6 Porta-enxertos

O manejo do vigor de pereiras com porta-enxertos tem sido utilizado por séculos (WEBSTER, 2002 b). De acordo com Gjamovski & Kiprijanovski (2011), a capacidade de controlar o vigor do cultivar copa é uma das principais características de um porta-enxerto para pereiras. A maneira como o porta-enxerto controla o vigor ainda não é completamente conhecida (WEBSTER, 2002 b), mas aparentemente está relacionada com as alterações no fluxo de água, nutrientes, fotoassimilados (JACKSON, 2003) e hormônios (HOOIJDONK et al., 2011) entre o porta-enxerto e a copa, causado pela enxertia. Porta-enxertos do gênero *Pyrus* sp. são os mais utilizados em pereiras, mas a sua baixa capacidade de controlar o vigor tem limitado o desenvolvimento de novos porta-enxertos desse gênero (BREWER & PALMER, 2011). Como alternativa, porta-enxertos de marmeleiro (*Cydonia Oblonga* Mill.) podem ser utilizados para induzir precocidade e reduzir o vigor das plantas (DONDINI & SANSAVINI, 2012).

Mundialmente, existe uma vasta gama de porta-enxertos de pereira e marmeleiro disponíveis para pereiras europeias (ELKINS et al., 2012; WERTHEIM, 2002). Entretanto, pelo fato de a doença fogo-bacteriano (*Erwinia amylovora*) não ocorrer no Brasil, mas somente nas principais regiões produtoras, a importação desses materiais poderia implicar na disseminação dessa doença. Dessa forma, alguns estudos foram desenvolvidos no intuito de avaliar os porta-enxertos disponíveis no País. Em estudo recente, Pasa et al. (2012) observaram que existem algumas opções de porta-enxerto com potencial para controlar o vigor e aumentar a produtividade de pereiras ‘Carrick’ (marmeleiros ‘Portugal’ e ‘MC’) e ‘Packham’s’ (marmeleiros ‘Adam’s’ e ‘D’Angers’). Esses autores também relatam que a produtividade foi inversamente proporcional ao vigor induzido pelo porta-enxerto. Resultados semelhantes foram observados em pereiras ‘Conference’ e ‘Doyenné du Comice’ (Maas, 2008). Por outro lado, Alonso et al. (2011) observaram que o porta-enxerto ‘Adams’ (considerado como ananizante) induziu a maior produtividade em ‘Doyenné du Comice’, mas não em ‘Conference’, sugerindo que existe interação entre porta-enxerto x cultivar. Recentemente, a seleção de marmleiro ‘CPP’ foi relatada como uma opção de porta-enxerto potencial para pereiras ‘Tenra’ e ‘Cascatense’ em condições de clima subtropical (BOTELHO et al., 2012).

De acordo com Wertheim (2002), além de ser influenciado pelo porta-enxerto, o desempenho das plantas também é determinado pelo tipo de solo, clima e cultivar copa. Dessa forma, para um determinado tamanho de planta desejado, porta-enxertos que induzem menor vigor devem ser utilizados em solos mais férteis e cultivares mais vigorosos, sendo o inverso verdadeiro. Nesse sentido, a disponibilidade de porta-enxertos com diversos níveis de vigor, como observado por Pasa et al. (2012), é altamente desejável, de maneira a possibilitar o manejo de vigor em diferentes situações.

O porta-enxerto também deveria melhorar, ou pelo menos manter, a qualidade dos frutos produzidos. Porta-enxertos de marmeleiro frequentemente melhoram o tamanho e a qualidade de peras, quando comparados com porta-enxertos obtidos de sementes de *Pyrus communis* (WEBSTER, 2002 b). Melhor qualidade de frutos induzida por porta-enxertos de marmeleiro foram observadas em pereiras ‘Carrick’, ‘Packham’s’ (PASA et al., 2012) e ‘Conference’ (KVIKLYS & KVIKLIENE, 2004).

2.7 Fitorreguladores

A maioria dos fitorreguladores utilizados para controle do crescimento vegetativo são inibidores da síntese de giberelinas (GAs) (RADEMACHER et al., 2004). Porém, a utilização de grande parte desses fitorreguladores em pomáceas foi proibida devido a sua alta toxicidade e níveis de resíduos. No entanto, um novo composto chamado proexadiona

cálcica (PCa) foi desenvolvido e tornou-se uma opção para controle do crescimento vegetativo de pereiras. A redução no comprimento de ramos é o efeito mais marcante da PCa, que reduz a biossíntese de GAs, responsáveis pela alongação celular. Mais especificamente, a PCa bloqueia a ação das dioxigenases dependentes do ácido 2-oxoglutárico, que estão envolvidas na biossíntese de GAs, principalmente a GA₂₀-3β-hidroxiase, a qual catalisa a conversão da forma inativa GA₂₀ para a forma altamente ativa GA₁ (RADEMACHER & KOBER, 2003). A meia-vida desse composto em plantas é de aproximadamente 10–14 dias (RADEMACHER et al., 2004).

Estudos recentes têm mostrado que a PCa controla o crescimento de ramos de diferentes cultivares de pereiras (CARRA et al., 2016; PASA & EINHORN, 2014; EINHORN et al., 2014 b; ASÍN et al., 2007; SMIT et al., 2005; COSTA et al., 2004; RADEMACHER et al., 2004; ELFVING et al., 2002, 2003). Smit et al. (2005) observaram redução no crescimento de ramos de até 50% em ‘Packham’s Triumph’, ‘Golden Russet Bosc’, ‘Early Bon Chretien’ e ‘Rosemarie’, utilizando concentrações que variaavam de 50mg L⁻¹ i.a. até 250mg L⁻¹ i.a. Resultados similares também foram observados por Hawerth et al. (2012), os quais obtiveram redução no crescimento de ramos de pereiras ‘Hosui’, enxertadas em porta-enxerto vigoroso, com a aplicação de 600g. ha⁻¹ i.a., parcelada em duas aplicações (a primeira quando os ramos tinham de 5-10cm de comprimento e a segunda 30 dias após a primeira aplicação). Embora a aplicação única de PCa controle o crescimento de ramos de alguns cultivares (SMIT et al., 2005), a aplicação parcelada é a mais recomendada, pois a PCa é degradada à planta de 3 a 4 semanas após a aplicação. Dessa forma, o parcelamento das aplicações aumenta a chance de controlar surtos de crescimento que geralmente ocorrem mais tardiamente (RADEMACHER et al., 2004).

O parcelamento com base em períodos pré-fixados (ex. a cada 15 dias, 30 dias, etc.) embora seja eficiente para controle do crescimento de ramos, pode não ser a melhor alternativa, uma vez que em muitos casos apenas uma ou duas aplicações podem ser suficientes e as aplicações adicionais podem resultar em gastos desnecessários. A melhor alternativa seria o monitoramento semanal ou quinzenal do crescimento de ramos após a primeira aplicação. Caso o crescimento de ramos não tenha sido reduzido de maneira satisfatória, ou retomem o crescimento após algumas semanas, faz-se novamente a aplicação. Esse modelo apresenta ótimos resultados, conforme observado em pereiras ‘D’Anjou’ (EINHORN et al., 2014 b; PASA & EINHORN, 2014) e ‘Le Conte’ (CARRA et al., 2016). Outra estratégia para utilização do PCa é a aplicação dirigida apenas nas áreas de maior vigor, uma vez que essa substância apresenta efeito localizado (PASA & EINHORN, 2014). Dessa maneira, aplicações podem ser realizadas apenas na porção superior das copas, reduzindo os efeitos negativos do sombreamento da porção inferior, e com metade do custo.

Além de controlar o crescimento de ramos, a PCa pode influenciar outras características importantes das plantas. Sugar et al. (2004) observaram menor tamanho de frutos de pereiras ‘Bartlett’, mas não em ‘Bosc’ e ‘Red Anjou’ no ano em que a PCa foi aplicada, enquanto o tamanho de fruto de ‘Anjou’ foi reduzido em apenas um experimento; o retorno da floração e a produtividade de ‘Bosc’ foram significativamente reduzidos na safra seguinte à aplicação, mas ‘Bartlett’ e ‘Anjou’ não foram afetados da mesma maneira. A redução no tamanho de frutos pode ser um efeito indireto da maior frutificação efetiva promovida pela aplicação de PCa, conforme observado por Smit et al. (2005), em pereiras ‘Rosemerie’ e ‘Early Bon Chretien’. A redução no retorno da floração em função da aplicação de PCa aparentemente é dependente do cultivar e da dose utilizada (RADEMACHER et al., 2004) e isso poderia ser parcialmente superado pela aplicação simultânea de etefon (DUYVELSHOFF & CLINE, 2013). Logo, um protocolo específico

para a aplicação de PCa deve ser desenvolvido para cada situação específica (solo, clima, cultivar, porta-enxerto, etc.), de maneira a obter os resultados desejados.

2.8 Engenharia genética

Técnicas modernas de engenharia genética, em que genes específicos controladores de características de interesse são introduzidos em cultivares comerciais, podem representar uma contribuição significativa para obtenção de plantas com adequado balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo. Pouco se sabe sobre os mecanismos genéticos que controlam o crescimento vegetativo e grande parte dos estudos têm focado na redução do crescimento vegetativo através do desenvolvimento de cultivares com produção precoce e estável, por meio do incremento da formação de gemas floríferas. Nesse caso, a redução no crescimento vegetativo é resultante do maior número de frutos, os quais são drenos mais fortes do que ramos na competição por recursos (água, nutrientes e fotoassimilados) da planta (SMITH E SAMACH, 2013).

Estudos recentes com a planta modelo *Arabidopsis thaliana* sugerem que a transição do meristema da fase vegetativo para a reprodutiva é controlada por um grupo de genes de floração (CORBESIER & COUPLAND, 2006). Esse grupo inclui os genes *Leafy* (*LFY*), *Flowering Locus T* (*FT*) e *Supressor of Overexpression of Constans 1* (*SOC 1*), os quais quando ativados sinalizam a transição floral (BOSS et al., 2004; TAN & SWAIN, 2006). O *Terminal Flower 1* (*TFL1*) é um gene fundamental na repressão da floração, inibindo a expressão de *Apetala 1* (*API*) e *LFY* (BOSS et al, 2004). De acordo com Freiman et al. (2012), os genes *TFL1* e *FT* desempenham funções opostas no controle do florescimento: a superexpressão de *FT* antecipa o florescimento de plantas geneticamente transformadas de *A. thaliana*, enquanto *TFL1* atrasa o florescimento.

Os genes *TFL1* e *LFY* já foram isolados em diversas espécies frutíferas, como macieira (*Malus domestica*), pereira japonesa (*Pyrus pyrifolia*) e pereira europeia (*Pyrus communis*) (ESUMI et al., 2005). Macieiras transgênicas expressando *LFY* de *A. thaliana* apresentaram um fenótipo colunar, com entrenós curtos, mas isso não resultou em florescimento precoce (FLACHOWSKY et al., 2010). Esse fenótipo é bastante similar ao observado em plantas tratadas com fitoreguladores inibidores da síntese de giberelinas utilizados no controle de crescimento vegetativo em pereiras, como PCa, sugerindo que o gene *LFY* poderia estar diretamente envolvido no controle de crescimento vegetativo de pereiras. Os genes *MdFTL1* e *MdFTL2* se expressam em tecidos vegetativos de plantas jovens e adultas, atuando como repressores do florescimento e na manutenção dos meristemas na fase vegetativa (MIMIDA et al., 2009). Antes da indução floral, os níveis de transcrição de *MdFTL1* são reduzidos, permitindo a transição do meristema da fase vegetativa para a reprodutiva, dando início ao desenvolvimento floral (HATTASCH et al., 2008).

O silenciamento de *MdFTL1* reduziu a fase juvenil de macieiras (Kotoda et al., 2006) bem como *PcTFL1* e *PcTFL2* em pera (FREIMAN et al., 2012), provavelmente através do aumento da expressão de *FT* (TRÄNKNER et al., 2010). Plantas de pera expressando *FT* de *Citrus* apresentaram florescimento precoce (MATSUDA et al., 2009). A superexpressão de *FT* em várias espécies resultou em florescimento precoce, sugerindo que a função desse gene se manteve conservada (TRÄNKNER et al., 2010). Em *A. thaliana*, o gene *FT* é expresso nas folhas e suas proteínas move-se para o meristema apical através do floema para ativar o desenvolvimento floral (NOTAGUCHI et al., 2008). É importante destacar a importância da obtenção de cultivares de pereira com florescimento precoce, por meio da redução no período juvenil. Nesse caso, os frutos oriundos dessa

floração mais precoce competiriam como pontos de crescimento vegetativo, reduzindo assim o vigor das plantas.

3. Frutificação efetiva

A fixação de frutas em pereiras é um processo dependente de efetiva polinização e fertilização das flores, as quais são dependentes principalmente da presença de pólen e de vetores de polinização, condições climáticas e balanço hormonal (WEBSTER, 2002 a). Como a polinização é discutida no Capítulo 1, será dada ênfase na influência das condições climáticas e na utilização de fitorreguladores.

3.1 Condições climáticas

As condições climáticas antes e durante o período de floração têm um significativo impacto na frutificação efetiva, quando devem ser favoráveis para a atividade dos vetores de polinização e para a germinação e crescimento do tubo polínico no estigma das flores de pereiras (WEBSTER, 2002 a). Os principais fatores climáticos que interferem na frutificação efetiva são temperatura, chuva, umidade relativa do ar e vento (PETRI, 2006), que afetam o período de polinização efetiva das flores.

O período de polinização efetiva é o período no qual a flor é capaz de efetivamente produzir um fruto, desde que a polinização não seja limitada (WILLIAMS, 1966). O período de polinização efetiva pode ser restrito por limitações nos três principais eventos ao longo do processo reprodutivo: a receptividade estigmática, o crescimento do tubo polínico e a longevidade do óvulo. Este período é bastante variável e dependente das condições climáticas (PETRI et al., 2012; FRANCESCATTO, 2014), sendo a temperatura na floração um dos principais fatores que afetam a frutificação efetiva (SANZOL & HERRERO, 2001).

Durante a floração, a temperatura ideal para que se tenha uma boa frutificação efetiva está entre 15 e 25°C (WEBSTER, 2002 a). A temperatura ótima para a germinação dos grãos de pólen está entre 21 e 27°C, pois abaixo de 5°C e acima de 35°C praticamente não ocorre a germinação de pólen (PETRI, 2006). Altas temperaturas aceleram e baixas temperaturas retardam a taxa de crescimento do tubo polínico, sendo assim, seria esperado que a fertilização e a frutificação efetiva fossem aumentadas por altas temperaturas e diminuídas por baixas temperaturas. No entanto, não é isso que ocorre, uma vez que a temperatura tem efeito também sobre o desenvolvimento do pistilo, acelerando o desenvolvimento em altas temperaturas e diminuindo em baixas (SANZOL & HERRERO, 2001). Assim, altas temperaturas durante a floração aceleram o crescimento do tubo polínico, mas também a maturação e a degeneração dos estigmas (EGEA et al., 1991) e desenvolvimento dos óvulos (CEROVIC & RUZIC, 1992). As baixas temperaturas, por sua vez, provocam efeito contrário e têm sido relatadas por retardar o crescimento do tubo polínico em pereiras (MELLENTHIN et al., 1972) e por aumentar a viabilidade dos óvulos (TROMP & BORSBOOM, 1994; VASILAKAKIS & PORLINGIS, 1985).

Apesar do claro efeito da temperatura sobre vários aspectos relacionados à polinização e à fertilização do óvulo, a qualidade da flor (tamanho, cor, relação folha/frutos, estado nutricional) sob as mesmas condições ambientais pode apresentar diferentes efeitos sobre o período de polinização efetiva (SANZOL & HERRERO, 2001; FRANCESCATTO, 2014). A temperatura afeta a germinação do pólen, a taxa de crescimento do tubo polínico e a longevidade do saco embrionário no óvulo, fazendo com que o período de polinização efetivo varie de 1 a 9 dias (SANZOL & HERRERO, 2001).

Chuva e elevada umidade relativa do ar na floração podem provocar a ruptura dos grãos de pólen pela absorção de água por osmose. A alta umidade relativa do ar pode

impedir ou reduzir a deiscência das anteras. Por outro lado, a baixa umidade pode provocar o dessecamento das substâncias secretoras do estigma impedindo ou dificultando a germinação dos grãos de pólen. Além disso, a chuva pode provocar a lavagem dos grãos de pólen que se encontram na superfície do estigma, além de diluir a secreção deste, diminuindo a germinação dos grãos de pólen e conseqüentemente a fecundação, além de interferir na atividade das abelhas no pomar (PETRI, 2006). Altas temperaturas associadas à baixa umidade relativa do ar podem provocar a inviabilidade dos grãos de pólen e o dessecamento das substâncias secretoras do estigma, impedindo ou dificultando a germinação dos grãos de pólen, diminuindo sensivelmente a frutificação (PETRI, 2006).

3.2 Fitorreguladores

Os hormônios vegetais estão envolvidos na frutificação efetiva de frutíferas (JACKSON, 2003). Vários estudos demonstraram efeitos positivos de giberelinas (HAWERROTH et al., 2011; VERCAMMEN & GOMAND, 2008; DECKERS & SCHOOF, 2002), e thidiazuron (PETRI et al., 2001; BIANCHI et al., 2000) em pereiras quando aplicados na plena floração. No entanto, a maior frutificação efetiva observada com essas substâncias é devida à maior taxa de partenocarpia induzida (VERCAMMEN & GOMAND, 2008; PETRI et al., 2001), a qual geralmente resulta em frutos deformados (BIANCHI et al., 2000), os quais são desvalorizados na comercialização. Além disso, a aplicação de giberelinas pode reduzir a formação de gemas florais e o retorno da floração (DECKERS & SCHOOF, 2002). Outros fitorreguladores, como inibidores da síntese de etileno e de giberelinas, têm mostrado resultados promissores, sem os efeitos negativos observados com giberelinas e thidiazuron e, por essa razão, serão discutidos separadamente.

3.2.1 Inibidores da síntese de giberelinas

O primeiro estímulo para fixação da fruta é fornecido no momento da polinização. Porém, a continuação do crescimento da fruta jovem e sua fixação na planta dependem de sua habilidade em competir com ramos por assimilados e nutrientes (JACKSON, 2003). Essa competição é a provável causa da abscisão de frutas em plantas muito vigorosas (WEBSTER, 2002 b). Pasa et al. (2012) observaram relação inversa entre o crescimento vegetativo e a produtividade de pereiras 'Carrick' e 'Packham's'.

Dessa forma, a aplicação de fitorreguladores para controle do crescimento vegetativo, como PCa pode aumentar a frutificação efetiva de pereiras, por meio da redução na competição entre frutas jovens e ramos em rápido crescimento. Esse efeito foi observado por Einhorn et al. (2014 b) em pereiras 'D'Anjou' submetidas à aplicação de 250mg L⁻¹ de PCa 20 DAPF, momento em que se observa a maior taxa de crescimento de ramos (Figura 13).

Corroborando com esses resultados, existem relatos de efeito semelhante em outras cultivares de pereira (SMIT et al., 2005; ASÍN et al., 2007; VERCAMMEN & GOMAND, 2008). Adicionalmente, tem-se especulado que o efeito positivo do PCa sobre a frutificação efetiva seja, em parte, devido a uma possível ação inibitória na síntese de etileno (VERCAMMEN & GOMAND, 2008).

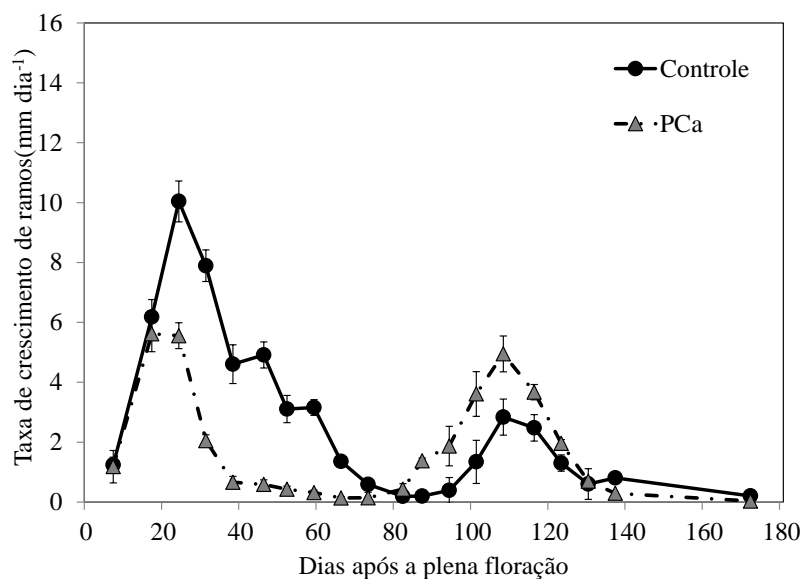


Figura 13. Taxa de crescimento de ramos de pereiras 'D' Anjou' Adaptado de Pasa & Einhorn (2014)

3.2.2 Inibidores da síntese de etileno

A baixa fixação de frutas tem sido atribuída em parte ao etileno, o qual está envolvido na senescência e na abscisão de flores (GREENE, 1980) e de frutas jovens. A aplicação de inibidores da síntese de etileno, como o Aminoetoxivinilglicina (AVG), tem mostrado resultados promissores para solucionar esse problema. A AVG inibe a síntese de etileno através do bloqueio da ACC sintase, enzima responsável pela conversão de S-adenosil metionina em ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) (YANG & HOFFMAN, 1984) (Figura 14).

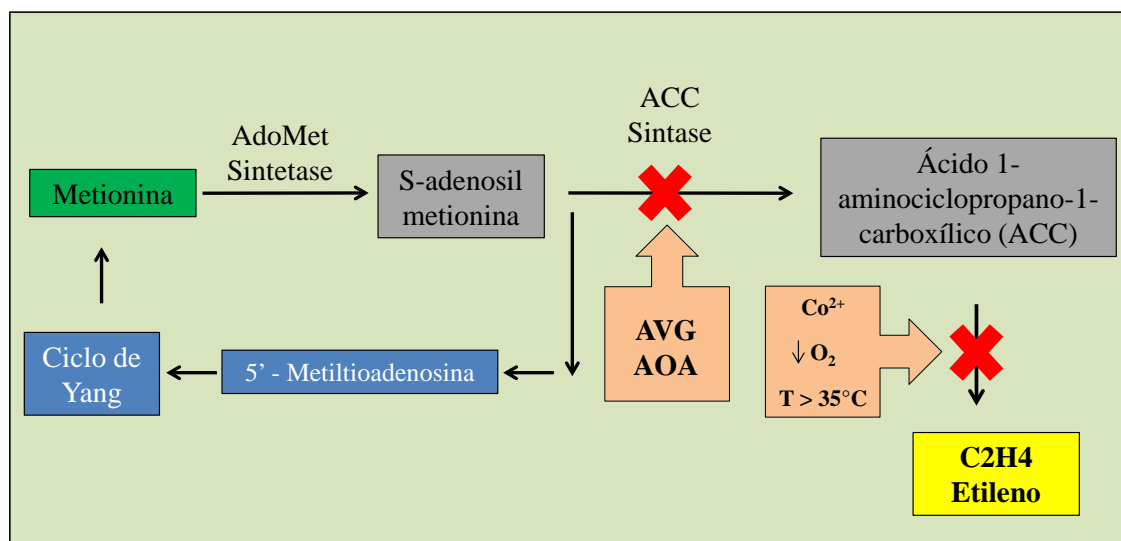


Figura 14. Modelo esquemático das substâncias e condições que bloqueiam e/ou reduzem a síntese de etileno. AVG = aminoetoxivinilglicina; AOA = ácido aminoxiacético; Co = Cobalto; O = Oxigênio. Adaptado de Taiz & Zeiger (2013)

Einhorn et al. (2014 a) observaram que a maior taxa de produção de etileno em flores e frutos de pereiras 'Comice' e 'D' Anjou' ocorreu aos 14 dias após a plena floração (DAPF) e foi significativamente reduzida pela aplicação de AVG, sendo essa redução

positivamente relacionada com a dose. Esses autores também observaram aumento da frutificação efetiva e da produtividade de ambos os cultivares quando o AVG foi aplicado 2 semanas após a plena floração (SAPF).

Aumento da frutificação efetiva também foi observado em pereiras 'William's' e 'Packham's Triumph' tratadas com 200 e 400mg L⁻¹ de AVG 2 SAPF (DUSSI et al. (2002); em pereiras 'Abate Fetel' e 'Packham's Triumph', com a aplicação de 250mg L⁻¹ de AVG 2 SAPF (SÁNCHEZ et al., 2011); e em pereiras 'D'Anjou' e 'Comice', tratadas com 80mg L⁻¹ de AVG 2 SAPF (EINHORN et al., 2013). Como pode ser observado, os melhores resultados para aumento da frutificação efetiva com a aplicação de AVG foram obtidos 2 SAPF. Porém, o momento de maior resposta pode variar em função de diversos fatores, como condições climáticas e cultivar. Em estudo recente, Pasa et al. (2017) observaram que o melhor momento para aplicação de AVG, visando ao aumento da frutificação efetiva de pereiras 'Rocha' nas condições brasileiras, foi 1 SAPF, com a dose de 60mg L⁻¹ i.a. Com base nessas informações, observa-se que a aplicação de AVG pode ser uma ferramenta potencial para incrementar a frutificação efetiva de pereiras.

4. Considerações Finais

A necessidade de controlar o crescimento vegetativo de pereiras é de amplo conhecimento. É necessário para promover um adequado balanço entre os processos vegetativos e reprodutivos. Existem diversas técnicas para atingir esse objetivo, mas nenhuma é totalmente completa e eficiente, isto é, cada técnica, por si só, não é capaz de controlar o crescimento vegetativo de forma satisfatória. Entretanto, se o pomar for planejado adequadamente desde a implantação, a combinação de menos técnicas será necessária para controlar o crescimento das plantas.

Nesse sentido, a primeira opção para controle do crescimento vegetativo deve ser a escolha do porta-enxerto adequado de acordo com as condições de solo, clima, cultivar e sistema de condução. Por exemplo, para um pomar em alta densidade plantado em um solo bastante fértil, um porta-enxerto ananizante seria o mais indicado. Porém, se mesmo assim o crescimento não for controlado satisfatoriamente, outras técnicas podem ser utilizadas. A escolha da próxima opção deve ser baseada nos custos e no retorno esperado. Em casos de plantas com crescimento excessivo e baixa produtividade, a intensificação do arqueamento de ramos para promover maior formação de esporões com flor seria uma boa opção. Adicionalmente, a poda de inverno deve ser mínima, reduzindo o vigor dos ramos que irão brotar na primavera.

O anelamento de tronco tem pouco efeito no crescimento vegetativo, mas em muitos casos atua promovendo a formação de gemas de flor e aumentando a frutificação efetiva, o que atuaria indiretamente no controle do vigor através da maior competição dos frutos como os pontos de crescimento vegetativo. Deve-se, porém, ter muito cuidado com essa técnica, pois a lesão no tronco pode favorecer a infecção por patógenos. Além disso, o efeito acumulado da utilização repetida dessa técnica pode reduzir a vida útil do pomar. A poda de raízes apresenta controle razoável do crescimento vegetativo, mas deve ser utilizada com cuidado, pois é uma prática bastante estressante para as plantas, podendo reduzir a frutificação efetiva se realizada próxima ao período de floração. O ideal é que ela seja realizada durante o período de dormência das plantas, momento em que a planta está em baixa atividade metabólica.

A aplicação de PCa é uma alternativa muito promissora para o controle do crescimento vegetativo de pereiras e até mesmo para aumentar a frutificação efetiva. Primeiramente, a decisão de aplicar a PCa deve considerar a relação custo x benefício, ou

seja, qual o retorno adicional que essa técnica irá resultar. Segundo, deve ser observada a dose ideal para o adequado controle do crescimento vegetativo, uma vez que altas doses podem prejudicar o retorno da floração e da produção em alguns cultivares. Estudos genéticos têm sido desenvolvidos principalmente no sentido de descobrir uma maneira de manipular os genes responsáveis pela transição dos meristemas da fase vegetativa para reprodutiva. O desenvolvimento de cultivares com florescimento abundante e precoce representaria um enorme avanço para a cultura da pereira.

A aplicação de AVG tem se mostrado como uma das estratégias mais promissoras para aumento da frutificação efetiva e produtividade de pereiras, quando aplicado entre 1 e 2 semanas após a plena floração, na dose de 60mg L⁻¹ i.a. Os resultados obtidos até o momento mostram incrementos na produtividade de até 100%. Além de aumentar o retorno econômico para o produtor, a maior carga de frutos auxilia no controle do crescimento vegetativo, uma vez que os frutos atuam como drenos de nutrientes e fotoassimilados. Essa, sem dúvida, é a melhor estratégia de todas para controlar o crescimento vegetativo das plantas e obter maior retorno econômico com aumento da produtividade.

5. Referências

- ALONSO, J.M.; GÓMEZ-APARISI, J.; ANSÓN, J.M.; ESPIAU, M.T.; CARRERA. Evaluation of the OH x F selections as an alternative to quince rootstocks for pear: agronomical performance of 'Conference' and 'Doyenné du Comice'. **Acta Horticulturae**, v.903, p.451-455, 2011.
- ASÍN, A.; ALEGRE, S.; MONTSERRAT, R. Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a 'Blanquilla' pear orchard. **Scientia Horticulturae**, v.113, p.142-148, 2007.
- AUTIO, W.R.; GREENE, D.W. Summer pruning affects yield and improves fruit quality of 'McIntosh' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.115, p.356-359, 1992.
- BARDEN, J.A.; MARINI, R.P. Growth and cropping of young apple trees as affected by heading and support of the central leader. *Hortscience*, v.33, p.39-41, 1998.
- BARRITT, B.H. Intensive orchard management. **Good Fruit Grower**, 1992, 212 p.
- BIANCHI, V.J.; SILVEIRA, C.A.; FARIA, J.L.; FACHINELLO, J.C.; SILVA, J.B. Aumento da frutificação efetiva de pereiras cultivar Garber com uso de AG₃ e TDZ. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, p.191-193, 2000.
- BOSS, P.K.; BASTOW, R.M.; MYLNE, J.S.; DEAN, C. Multiple pathways in the decision to flower: enabling, promoting, and resetting. **Plant Cell**, Waterbury, v.16. p.18-31, 2004.
- BOTELHO, R.V.; SCHNEIDER, E.; MACHADO, D.; PIVA, R.; VERLINDO, A. Quince 'CPP': New dwarf rootstock for pear trees on organic and high density planting. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.589-596, 2012.
- BREWER, L.R.; PALMER, J.W. Global pear breeding programs: goals, trends and progress for new cultivars and rootstocks. **Acta Horticulturae**, v.909, p.105-119, 2011.

- BUSSI, C.; BRUCHOU, C.; LESCOURRET, F. Response of watersprout growth to fruit load and intensity of dormant pruning in peach tree. **Scientia Horticulturae**, v.130, p.725-731, 2011.
- CARRA, B.; PASA, M.S.; FACHINELLO, J.C.; SPAGNOL, D.; ABREU, E.S.; GIOVANAZ, M. Prohexadione calcium affects shoot growth, but not yield components, of 'Le Conte' pear in warm-winter climate conditions. **Scientia Horticulturae**, v.209, p.241-248, 2016.
- CEROVIC, R.; RUZIC, R. Senescence of ovules at different temperatures and their effect on the behavior of pollen tubes in sour cherry. **Scientia Horticulturae**, v.51, p.321-327, 1992.
- CHALMERS, D.J.; BURGE, G.; JERIE, P.H.; MITCHELL, P.D. The mechanism of regulation of 'Bartlett' pear fruit and vegetative growth by irrigation withholding and regulated deficit irrigation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.3, p.904-907, 1986.
- CHENG, F.; SUN, H.; SHI, H.; ZHAO, Z.; WANG, Q.; ZHANG, J. Effects of regulated deficit irrigation on the vegetative and generative properties of the pear cultivar 'Yali'. **Journal of agricultural Science and Technology**, v.14, p.183-194, 2012.
- COLARIC, M.; STAMPAR, F.; HUDINA, M. Content levels of various fruit metabolites in the 'Conference' pear response to branch bending. **Scientia Horticulturae**, v.113, p.261-266, 2007.
- CORBESIER, L.; COUPLAND, G. The quest for florigen: a review of recent progress. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.3395-3403, 2006.
- CORRELLI-GRAPPADELLI, L.; LAKSO, A.N.; FLORE, J.A. Early season patterns of carbohydrate partitioning in exposed and shaded apple branches. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, p.596-603, 1994.
- COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; SPADA, G.; MAZZINI, F. Prohexadione – Ca controls vegetative growth and cropping performance in pear. **Acta Horticulturae**, v.653, p.127-132, 2004.
- COSTES E.; LAURI P.E.; REGANARD L. Analyzing fruit tree architecture: implications for tree management and fruit production. In: J. Janick, Editor. **Horticultural Reviews**, v.32, p.1-16, 2006.
- DE SCHEPPER V.; STEPPE, K. Development and verification of a water and sugar transport model using measured stem diameter variations. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.2083-2099, 2010.
- DECKERS, T.; SCHOOF, H. improvement of fruit set on young pear trees cultivar Conference with gibberellins. **Acta Horticulturae**, v.596, p.735-743, 2002.
- DONDINI, L.; SANSAVINI, S. European pear. In: BADENES, M.L.; BYRNE, D.H. **Fruit Breeding**. Springer Science, 2012. Cap 11, p.369-413.
- DUSSI, M.C.; SOSA, D.; CALVO, G. Effects of Retain™ on Fruit Maturity and Fruit Set of Pear Cultivars Williams and Packham's Triumph. **Acta Horticulturae**, v.596, p.767-771, 2002.
- DUYVELSHOFF, C.; CLINE, J.A. Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young 'Northern Spy' apple trees. **Scientia Horticulturae**, v.151, p.128-134, 2013.

- EBEL, R.C.; PROEBSTING, E.L.; EVANS, R.G. Deficit Irrigation to control vegetative growth in apple and monitoring fruit growth do schedule irrigation. **HortScience**, v.30, p.1229-1232, 1995.
- EGEA, J.; BURGOS, L.; GARCIA, J. E.; EGEA, L. Stigma receptivity and style performance in several apricot cultivars. **Journal of Horticultural Science**, v. 66, p.19-25, 1991.
- EINHORN, T.; ARRINGTON, M.; WANG, Y.; FERNANDES, A. P.; PASA, M. S. Evaluation of ABA and AVG to manage fruit set and crop load of 'd'Anjou', 'Bartlett' and 'Comice' pear. In: International Pear Symposium, ISHS, **Program and Abstracts**. ISHS, 2014a.
- EINHORN, T.; PASA, M.S.; TURNER, J. 'D'Anjou' pear shoot growth and return bloom, but not fruit size, are reduced by prohexadione-calcium. **HortScience**, v.49, p.180-187, 2014b.
- EINHORN, T.; TURNER, J.; LARAWAY, D. Effect of Reflective Fabric on Yield of Mature 'd'Anjou' Pear Trees. **Hortiscience**, v.47, p.1580-1585, 2012.
- EINHORN, T.C.; PASA, M.S.; TURNER, J. Promotion and management of pear fruiting. **Good Fruit Grower**, v.64, p.42-43, 2013.
- ELFVING, D. C.; LANG, G. A.; VISSER, D. B. Prohexadione-Ca and Ethephon reduce shoot growth and increase flowering in young vigorous sweet cherry trees. **HortScience**, v.38, p.293-298, 2003.
- ELFVING, D. Growth and productivity of 'Empire' apple trees following a single heading-back pruning treatment. *Hortscience*, v.25, p.908-910, 1990.
- ELFVING, D.C.; SCHECHTER, I.; BOM, M. Effects of root pruning and benzyladenine application on tree growth and fruit size in 'Empire' and 'McIntosh' apple. **Journal of Tree Fruit Production**, v.1, p.1-13, 1996.
- ELFVING, D.C.; SUGAR, D.; FAUBION, D. Pear tree shoot growth patterns in relation to chemical control of vegetative growth with prohexadione-Ca (Apogee). **Acta Horticulturae**, v. 596, p.711-716, 2002.
- ELKINS, R.; BELL, R.; EINHORN, T. Needs assessment for future US pear rootstock research directions based on the current state of pear production and rootstock research. **Journal of the American Pomological Society**, v.66, p.153-163, 2012.
- ESUMI, T.; TAO, R.; YONEMORI, K. Isolation of leafy and terminal flower homologues from six fruit tree species in the subfamily Maloideae of the Rosaceae. **Sexual Plant Reproduction**, v.17, p.277-287, 2005.
- FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/535/default.aspx#ancor> > Acesso em: 05 jan. 2017.
- FERREE, D.C. Time of root pruning influences vegetative growth, fruit size, biennial bearing, and yield of 'Jonathan' apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.198-202, 1992.
- FERREE, D.C.; KNEE, M. Influence of root pruning and rootstock on growth and performance of 'Golden Delicious' apple. **HortScience**, v.32, p.645-648, 1997.

- FLACHOWSKY, H.; HÄTTASCH, C.; HÖFER, M.; PEIL, A.; HANKE, M.V. Overexpression of leafy in apple leads to a columnar phenotype with shorter internodes. **Planta**, v.231, p.251-263, 2010.
- FORSHEY, C.G., ELFVING, D.C. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. **Horticultural Reviews**, v.11, p.229-287, 1989.
- FORSHEY, C.G.; ELFVING, D.C.; STEBBINS, R.L. Training and pruning of apple and pear trees. **American Society for Horticultural Science**, 1992.
- FRANCESCATTO, P. Desenvolvimento das estruturas reprodutivas da macieira (*Malus domestica* Borkh.) sob diferentes condições climáticas da formação das gemas à colheita dos frutos. 2014. 239p. **Tese (Doutorado)**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.
- FREIMAN, A.; SHLIZERMAN, L.; GOLOBOVITCH, S.; YABLOVITZ, Z.; KORCHINSKY, R.; COHEN, Y.; SAMACH, A.; CHEVREAU, E.; LE ROUX, P.; PATOCCHI, A.; FLAISHMAN, M.A. Development of a transgenic early flowering pear (*Pyrus communis* L.) genotype by RNAi silencing of *PcTFL1-1* and *PcTFL1-2*. **Planta**, v.235, p.1239-1251, 2012.
- GARRIZ, P.I.; COLAVITA, G.M.; ALVAREZ, H.L. Fruit and spur leaf growth and quality as influenced by low irradiance levels in pear. **Scientia Horticulturae**, v.77, p.195-205, 1998.
- GJAMOVSKI, V.; KIPRIJANOVSKI, M. Influence of nine dwarfing apple rootstocks on vigour and productivity of apple cultivar 'Granny Smith'. **Scientia Horticulturae**, v.129, p.742-746, 2011.
- GOREN, R.; HUBERMAN, M.; GOLDSCHMIDT, E.E. Girdling: physiological and horticultural aspects. **Horticultural Reviews**, v.30, p.1-36, 2004.
- GREENE, D.W. Effect of silver nitrate, aminoethoxyvinylglycine and gibberellins A 4+7 plus 6-benzylaminopurine on fruit set and development of 'Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.105, p.717-720, 1980.
- GROSSMAN, Y.A.; ELKINS, R.B.; DEJONG, T.M. Summer pruning does not appear to increase Bartlett pear crop yield on reduced height trees in northern California. **Acta Horticulturae**, v.451, p.543-549, 1997.
- HATTASCH, C.; FLACHOWSKY, H.; KAPTURSKA, D.; HANKE, M.V. Isolation of flowering genes and seasonal changes in their transcript levels related to flower induction and initiation in apple (*Malus x domestica*). **Tree Physiology**, v.28, p.1459-1466, 2008.
- HAWERROTH, F.J.; HERTER, F.G.; FACHINELLO, J.C.; PETRI, J.L.; PREZOTTO, M.E.; HASS, L.B.; PRETTO, A. Aumento da produção de pereira asiática pelo uso de fitoreguladores. **Ciência Rural**, v.41, p.1750-1754, 2011.
- HAWERROTH, F.J.; PETRI, J.L.; FACHINELLO, J.C.; HERTER, F.G.; PREZOTTO, M.E.; HASS, L.B.; PRETTO, A. Redução da poda hiberna e aumento da produção de pereiras 'Hosui' pelo uso de prohexadiona cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.939-947, 2012.
- HOOIJDONK, B.; WOOLLEY, D.; WARRINGTON, I. Rootstocks modify scion architecture, endogenous hormones, and root growth of newly grafted 'Royal Gala' apple trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.136, p.93-102, 2011.
- HOYING, S.A.; ROBINSON, T.L. Effects of chain saw girdling and root pruning of apple trees. **Acta Horticulturae**, v. 322, p. 167-172, 1992.

IBGE. **Censo agropecuário 2014: Lavoura Permanente**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/index.php> > Acesso em: 29 dez. 2016.

INGELS, C. Effects of trunk girdling on tree growth, fruit production, and fire blight. **Acta Horticulturae**, v.596, p.641-642, 2002.

ITO, A.; YOSHIOKA, H.; HAYAMA H.; KASHIMURA, Y. Effect of shoot bending on endogenous auxin and cytokinin levels in buds, and its possible relationship to flower bud formation in Japanese pear. **Acta Horticulturae**, 653, p.57-62, 2004.

JACKSON, J.E. **Biology of apples and pears**. Cambridge, 2003. 501p.

KAPPEL, F. Artificial shade reduces 'Bartlett' pear fruit size and influences fruit quality. **HortScience**, v.24, p.595-596, 1989.

KHAN, Z.U.; MCNEIL, D.L.; SAMAD, A. Root pruning reduces vegetative and reproductive growth of apple trees growing under ultra-high density planting system. **Scientia Horticulturae**, v.77, p.165-176, 1998.

KHEMIRA, H.; LOMBARD, P.B.; SUGAR, D.; AZARENKO, A.N. Hedgerow orientation affects canopy exposure, flowering, and fruiting of 'Anjou' pear trees. **HortScience**, v.28 p.984-987, 1993.

KOTODA, N.; IWANAMI, H.; TAKAHASHI, S.; ABE, K. Antisense expression of MdTFL1, a *TFL1*-like gene, reduces the juvenile phase in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.131, p.74-81, 2006.

KVIKLYS, D.; KVIKLIENE, N. Pear rootstock effect on growth, productivity and fruit internal quality. **Acta Horticulturae**, v.658, p.359-363, 2004.

LAURI, P.E.; LESPINASSE, J.M. Genotype of apple trees affects growth and fruiting responses to shoot bending at various times of year. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.126, p.169-174, 2001.

LAWES G.S.; SPENCE, C.B.; TUSTIN, D.S.; MAX, S.M. Tree quality and canopy management effects on the growth and floral precocity of young "Doyenne du Comice" pear trees. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.25, p.177-184, 1997.

LOPEZ, G.; LARRIGAUDIÈRE, C.; GIRONA, J.; BEHBOUDIAN, M.H.; MARSAL, J. Fruit thinning in 'Conference' pear grown under deficit irrigation: Implications for fruit quality at harvest and after cold storage. **Scientia Horticulturae**, v.129, p.64-70, 2011.

MAAS, F. Dynamics of fruit growth in 'Conference' pear as affected by root pruning, irrigation and climatic conditions. **Acta Horticulturae**, v.732, p.555-563, 2007.

MAAS, F. Evaluation of *Pyrus* and Quince Rootstocks for High Density Pear Orchards. **Acta Horticulturae**, v.800, p.599-609, 2008.

MAAS, F.M. Shoot growth, fruit production and return bloom in 'Conference' and 'Doyenne' de Comice' treated with Regalis. **Acta Horticulturae**, v.671, p.517-524, 2005.

MARSAL, J.; MATA, M.; ARBONÉS, A.; RUFAT, J.; GIRONA, J. Regulated deficit irrigation and rectification of irrigation scheduling in young pear trees: an evaluation based on vegetative and productive response. **European Journal of Agronomy**, v.17, p.11-122, 2002.

- MATSUDA, N.; IKEDA, K.; KUROSAKA, M.; TAKASHINA, T.; ISUZUGAWA, K.; ENDO, T.; OMURA, M. Early flowering phenotype in transgenic pears (*Pyrus communis* L.) expressing the CiFT gene. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.78, p.410-416, 2009.
- MELLENTHIN, W. M.; WANG, C. Y.; WANG, S. Y. Influence of temperature on pollen tube growth and initial fruit development in 'd'Anjou' pear. **HortScience**, v.7, p.557-559, 1972.
- MIEROWSKA, A.; KEUTGEN, N.; HUYSAMER, M.; SMITH, V. Photosynthetic acclimation of apple spur leaves to summer-pruning. **Scientia Horticulturae**, v.92, p.9-27, 2002.
- MIKA, A. Physiological responses of fruit trees to pruning. **Horticultural Reviews**, v.8, p.337-378, 1986.
- MIMIDA, N.; KOTODA, N.; UEDA, T.; IGARASHI, M.; HATSUYAMA, Y.; IWANAMI, H.; MORIYA, S.; ABE, K. Four *TFL1/CEN*-like genes on distinct linkage groups show different expression patterns to regulate vegetative and reproductive development in apple (*Malus × domestica* Borkh.). **Plant and Cell Physiology**, v.50, p.394-412, 2009.
- NOTAGUCHI, M.; ABE, M.; KIMURA, T.; DAIMON, Y.; KOBAYASHI, T.; YAMAGUCHI, A.; TOMITA, Y.; DOHI, K.; MORI, M.; ARAKI, T. Long-distance, graft-transmissible action of Arabidopsis FLOWERING LOCUS T protein to promote flowering. **Plant and Cell Physiology**, v.49, p.1645-1658, 2008.
- PASA, M.S.; CARRA, B.; SILVA, C.P.; CIOTTA, M.N.; BRIGHENTI, A.F.; PEREIRA, A. Early spring application of aminoethoxyvinylglycine (AVG) increases fruit set and yield of 'Rocha' pears. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 2017 (Aceito para publicação).
- PASA, M.S.; EINHORN, T.C. Heading cuts and prohexadione-calcium affect the growth and development of 'd'Anjou' pear shoots in a high-density orchard. **Scientia Horticulturae**, v.168, p.267-271, 2014.
- PASA, M.S.; FACHINELLO, J.C.; SCHMITZ, J.D.; SOUZA, A.L.K.; DE FRANCESCHI, E. Desenvolvimento, produtividade e qualidade de peras sobre porta-enxertos de marmeleiro e *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.873-880, 2012.
- PASA, M.S.; FACHINELLO, J.C.; SCHMITZ, J.D.; SOUZA, A.L.K.; HERTER, F.G. Hábito de frutificação e produção de pereiras sobre diferentes porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 998-1005, 2011.
- PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. 2006, p.229-260
- PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B.; COUTO, M.; FRANCESCOTTO, P. Apple Phenology in Subtropical Climate Conditions. In: ZHANG, X. **Phenology and Climate Change**. InTech, 2012, p.195-216.
- PETRI, J. L.; SCHUCK, E.; LEITE, G.B. Efeito do thidiazuron (TDZ) na frutificação de fruteiras de clima temperado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p.513-517, 2001.
- RADEMACHER, W.; KOBER, R. Efficient use of Prohexadione-Ca in pome fruits. **European Journal of Horticultural Science**, v.68, p.101-107, 2003.
- RADEMACHER, W.; SAARLOOS, K.V.; PORTE, J.A.G; FORCADES, F.R.; SENECHAL, Y.; ANDREOTTI, C.; SPINELLI, F.; SABATINI, E.; COSTA, G. Impact of

- prohexadione-Ca on the vegetative and reproductive performance of apple and pear trees. **European Journal of Horticultural Science**, v.69, p.221-228, 2004.
- RAFFO, M.D.; CALVO, P.; DE ANGELIS, V.; MAÑUECO, L.; ZIAURRIZ, S.; MENNI, F. Effect of trunk girdling on fruit production, fruit size and tree vigor on "Bartlett" pears in Rio Negro and Neuquén valley, Argentina. **Acta Horticulturae**, v.909, p.645-650, 2011.
- SÁNCHEZ, E.; CURETTI, M.; RETAMALES, J. Effect of AVG Application on Fruit Set, Yield and Fruit Size in 'Abate Fetel' and 'Packam's Triumph' Pears in a Semi-Commercial Statistical Trial. **Acta Horticulturae**, v.909, p.435-440, 2011.
- SANZOL, J.; HERRERO, M. The "effective pollination period" in fruit trees. **Scientia Horticulturae**, v.90, p.1-17, 2001.
- SCHUPP, J.R.; FERRE, D.C. influence of time of root pruning on growth, mineral nutrition, net photosynthesis and transpiration of young apple trees. **Scientia Horticulturae**, v.42, p.299-306, 1990.
- SHARMA, S.; REHALIA, A.S.; SHARMA, S.D. Vegetative growth restriction in pome and stone fruits – a review. **Agricultural Reviews**, v. 30, p.13-23, 2009.
- SHERIF, H.M. Effect of bending date on spurs formation and fruit set of Le-Conte pears. **World Rural Observations**, v.4., p.82-87, 2012.
- SMIT, M.; MEINTJES, J.J.; JACOBS, G.; STASSEN, P.J.C.; THERON, K.I. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. **Scientia Horticulturae**, v.106, p.515-529, 2005.
- SMITH, H. M.; SAMACH, A. Constraints to obtaining consistent annual yields in perennial tree crops. I: Heavy fruit load dominates over vegetative growth. **Plant Science**, v.207, p.158-167, 2013.
- SOUSA, R.M.; CALOURO, F.; OLIVEIRA, C.M. Influence of trunk girdling on growth and fruit production of Rocha/BA29. **Acta Horticulturae**, v.800, p.319-324, 2008.
- STEPHAN, J.; LAURI, P.E.; DONES, N.; HADDAD, N.; TALHOUK, S.; SINOQUET, H. Architecture of the pruned tree: impact of contrasted pruning procedures over 2 years on shoot demography and spatial distribution of leaf area in apple (*Malus domestica*). **Annals of Botany**, v.99, p.1055-1065, 2007.
- SUGAR, D.; ELFVING, D.C.; MIELKE, E.A. Effects of prohexadione-calcium on fruit size and return bloom in pear. **HortScience**, v.39, p.1305-1308, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5^a ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 918p.
- TAN, F.C.; SWAIN, S.M. Genetics of flower initiation and development in annual and perennial plants. **Physiologia Plantarum**, v.128, p.8-17, 2006.
- THERON, K.I.; STEYN, W.J. Girdling Science behind the Age-Old Technique. **Acta Horticulturae**, v.800, p.51-60, 2011.
- TRÄNKNER, C.; LEHMANN, S.; HOENICKA, H.; HANKE, M-V.; FLADUNG, M.; LENHARDT, D.; DUNEMANN, F.; GAU, A.; SCHLANGEN, K.; MALNOY, M.; FLACHOWSKY, H. Over-expression of an *FT*-homologous gene of apple induces early flowering in annual and perennial plants. **Planta**, v.232, p.1309-1324, 2010.

- TROMP, J.; BORSBOOM, O. The effect of autumn and spring temperature on fruit set and on the effective pollination period in apple and pear. **Scientia Horticulturae**, v.60, p.23-30, 1994.
- VASILAKAKIS, M. D.; PORLINGIS, I. C. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth, effective pollination period, and fruit set of pear. **HortScience**, v.20, p.733-735, 1985.
- VERCAMMEN, J.; GOMAND, A. Fruit set of 'Conference': a small dose of gibberelins or Regalis. **Acta Horticulturae**, v.800, p.131-138, 2008.
- VERCAMMEN, J.; VAN DAELE, G.; GOMAND, A. Root pruning: a valuable alternative to reduce the growth of 'Conference'. **Acta Horticulturae**, v.671, p.533-537, 2005.
- WEBSTER, A.D. Factors influencing the flowering, fruit set and fruit growth of European pears. **Acta Horticulturae**, v.596, p.699-709, 2002a.
- WEBSTER, T. Dwarfing rootstocks: past, present and future. **The Compact Fruit Tree**, v.35, p.67-72, 2002b.
- WERTHEIM, S. J. Rootstocks for European pear: a review. **Acta Horticulturae**, v.596, p.299-309, 2002.
- WILLAUME, M.; LAURI, P.E., SINOQUET, H. Light interception in apple trees influenced by canopy architecture manipulation. **Trees**, v.18, p.705-713, 2004.
- WILLIAMS, R. R. **Pollination studies in fruit trees; III. The effective pollination period for some apple and pear varieties**. Report for Long Ashton Research Station for 1965, 1966, p.136-138.
- WILSON, B.F. Apical control of branch growth and angle in woody plants. **American Journal of Botany**, v.87, p.601-607, 2000.
- YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.35, p.155-189, 1984.

Capítulo 3

Respostas de pereiras à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica

Gustavo Brunetto, Marlise Nara Ciotta, Paula Beatriz Sete, Jucinei José Comin, Gilberto Nava, Jamilli Almeida Salume, Cledimar Rogério Lourenzi, Arcângelo Loss, Danilo Eduardo Rozane, Tales Tiecher, Luciano Colpo Gatiboni, Mateus da Silveira Pasa, Lincon Stefanello, Betânia Vahl de Paula

1 Introdução

A pereira (*Pyrus communis*) é considerada uma alternativa de cultivo importante para a diversificação da produção de frutas de clima temperado no sul do Brasil (PASA et al., 2012). Isso acontece especialmente porque as condições edafoclimáticas são favoráveis para o cultivo de pereira e a infraestrutura de produção, processamento e comercialização, já estabelecida para a cadeia produtiva da macieira, é passível de ser usada, permitindo a exploração das duas frutíferas de forma conjunta. Enquanto o consumo de peras no Brasil aumentou 20% nos últimos 10 anos, por outro lado a área cultivada com a pereira diminuiu aproximadamente 20,7% em 9 anos, passando de 1.941 hectares em 2001, para 1.540 hectares em 2010 (FAO, 2014; IBGE, 2015). Por causa disso, a produção nacional de peras reduziu 15,1% ao longo dos anos. A diminuição da área de cultivo e, por consequência, da produção, pode estar associada à carência de informações sobre os melhores porta-enxertos (hipobiotos) e cultivares (epibiotos) utilizados, bem como a práticas de manejo adequadas, como o controle de doenças e pragas, mas também, sobre as recomendações de calagem e adubação, e o estado nutricional para a pereira em distintas regiões edafoclimáticas, como aquelas da região do Planalto Serrano de Santa Catarina (SC). Essa região possui a maior área cultivada com pereira de SC.

No Planalto Serrano de SC as principais classes de solos são Nossolos Litólicos e Cambissolos Húmicos, ou ainda a associação entre os dois (SANTOS et al., 2013). Os Neossolos não apresentam horizonte B diagnóstico, pois são jovens, rasos e pedregosos. Por outro lado, os Cambissolos já apresentam um horizonte B incipiente e os que predominam na região possuem horizonte A com espessura maior que 18cm (DORTZABACH et al., 2016, SANTOS et al., 2013). Decorrente de fatores como material de origem, clima e relevo da região, esses solos são argilosos, possuem médios a altos teores de matéria orgânica, são ácidos e possuem baixa fertilidade natural. Por isso, quando incorporados ao sistema de produção de pereira, sempre que diagnosticada a necessidade de corretivos da acidez através da análise do solo, eles devem ser aplicados antes do transplante das mudas para elevar os valores de pH em água, mas também, elevar os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo, que se reflete em aumento da saturação por bases e diminuição da saturação por alumínio (Al). Assim, a melhoria do ambiente químico para o crescimento do sistema radicular da pereira pode se refletir em crescimento vegetativo e produtividades adequadas. Aliado a isso, quando diagnosticada a necessidade pela análise do solo, realiza-se a adubação de pré-plantio para elevar os teores, especialmente, de fósforo (P) e potássio (K), até no mínimo o nível de suficiência estabelecido para a cultura.

Na adubação de crescimento, normalmente fontes de nitrogênio (N) são aplicadas para estimular o crescimento do sistema radicular e a parte aérea das plantas. Na adubação de produção (manutenção), os nutrientes são fornecidos para repor ao solo a quantidade de nutrientes exportada pelos frutos (CQFS-RS/SC, 2016), garantindo produtividades adequadas e frutos com a qualidade exigida pelo mercado consumidor (BRUNETTO et al., 2015b). No entanto, ainda são escassas as informações sobre as recomendações mais

adequadas para a cultura da pereira na Região Sul do Brasil. Por isso, ao longo do presente capítulo, serão abordadas as recomendações de correção da acidez do solo em pomares de pereira e, em seguida, as adubações de pré-plantio, crescimento e produção. O principal enfoque será dado à adubação de produção, devido ao maior número de resultados de pesquisa obtidos ao longo dos anos na região do Planalto Serrano de SC.

2 Critérios de predição de adubação em frutíferas

A predição da adubação para a maioria das espécies frutíferas temperadas cultivadas no Brasil, entre elas a pereira, é realizada com base no diagnóstico da fertilidade do solo e no estado nutricional das plantas, pelo enquadramento dos resultados da análise de solo ou de tecido, normalmente a folha completa, em faixas de disponibilidade, de acordo com a probabilidade de resposta das plantas à adição dos nutrientes. Esses critérios são estabelecidos a partir de resultados experimentais, preferencialmente em experimentos de longa duração, instalados em locais próximos das áreas de produção para isolar o efeito climático, procurando abranger ampla gama de tipos de solos e dar maior segurança na indicação de corretivos e fertilizantes. Na recomendação de calagem e adubação oficial para a cultura da pereira (CQFS-RS/SC, 2016) são utilizados critérios de análise de solo e de tecido, mas também é considerada a expectativa de produtividade. Porém, no presente item, optamos em abordar também os parâmetros de crescimento vegetativo das plantas, bem como a análise de fruto, pois as informações poderão ser consideradas em futuros sistemas de adubação para a cultura, auxiliando na tomada de decisão sobre a necessidade e a dose de nutrientes a aplicar.

2.1 Análise de solo

A análise de solo, mesmo que usada isoladamente, tem sido uma ferramenta eficiente para a avaliação da disponibilidade de nutrientes, o que resulta na necessidade ou não de adubação. As interpretações desses resultados de análise informam sobre a disponibilidade de cada nutriente no solo e o seu enquadramento na faixa de disponibilidade, o que subsidia a recomendação técnica quanto à necessidade de aplicação de nutrientes e de corretivos da acidez, bem como de doses de determinado fertilizante (BRUNETTO et al., 2011). A primeira análise do solo deve ser realizada antes da instalação do pomar, permitindo conhecer os parâmetros relacionados à acidez do solo e os teores de nutrientes para definir a necessidade de intervenção e enquadrá-los nos níveis de suficiência. Mas a análise do solo também é necessária durante a fase produtiva das plantas, quando o pomar apresenta oscilações de produtividade, ou em intervalo de anos, a fim de monitorar os teores de nutrientes e corrigir possíveis desordens. O intervalo de coleta de solo e análise dependerá das recomendações estaduais ou regionais estabelecidas pelas Comissões de Química e Fertilidade do Solo, que geralmente coordenam a confecção dos boletins ou manuais dessas recomendações.

Na área onde o pomar será implantado recomenda-se que a análise do solo seja realizada com antecedência suficiente que permita a intervenção para correção da acidez ou a realização da adubação corretiva. Por isso, a amostragem de solo para a realização das análises deva ser feita no mínimo três meses antes do transplante das mudas. A área total deve ser subdividida em áreas homogêneas, principalmente quanto à textura e à profundidade do solo, relevo e uso anterior. Em cada área homogênea, 10 a 20 subamostras de solo devem ser coletadas aleatoriamente (zigue-zague) na camada de 0-20cm. Essas subamostras serão agrupadas para compor a amostra a ser enviada ao laboratório. Em pomares já implantados e em produção, a amostragem de solo deve ser realizada na mesma camada, após a colheita dos frutos. Se no ano anterior os fertilizantes foram distribuídos na

linha de plantio, a amostragem deve ser feita somente nesse local. Mas, se a distribuição dos fertilizantes foi realizada na área total (linha + entrelinha), a coleta das subamostras de solo deve ser realizada em toda a área, seguindo o procedimento da amostragem para implantação do pomar descrito anteriormente.

Como principais ferramentas para amostragem do solo tem-se a pá-de-corte, o trado holandês, o trado calador e o trado de rosca. A coleta realizada com trado exige cuidado especial para não perder o solo da camada mais superficial, onde normalmente são observados os maiores teores de matéria orgânica e nutrientes. Por isso, é mais criterioso o uso da pá-de-corte para a coleta de solo. Para maiores e melhores informações sugere-se consultar o Manual ou o Boletim que descreve esses procedimentos, como aquele publicado pela CQFS-RS/SC (2016).

As subamostras coletadas devem ser destorroadas, misturadas, homogeneizadas e secas ao ar, reservando-se aproximadamente 500 g de solo. A amostra de solo deverá ser acondicionada em saco plástico limpo e, em seguida, deverá ser enviada para um laboratório de análise, preferencialmente vinculado a alguma Rede Oficial de Laboratórios de Análise do Solo, no caso do RS e SC, da Rede Oficial de Laboratórios de Análise do Solo (ROLAS) dos dois estados. Recomenda-se analisar os macronutrientes (Ca, Mg, P e K), micronutrientes (B, Cu e Zn), além do valor de pH em H₂O, Índice TSM (Tampão Santa Maria) e os teores de Al, matéria orgânica e argila, e calculados os valores de capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases e por Al, como consta no boletim de resultados emitido pelos laboratórios.

Convém destacar que são raros na literatura científica brasileira artigos científicos com indicação das exigências de teores disponíveis de nutrientes no solo para frutíferas, inclusive para pereira. Estudos de calibração entre os teores estimados pelos métodos de análise do solo com a produtividade ou rendimento relativo, ou mesmo com indicadores de qualidade do fruto, também são escassos, o que dificulta o estabelecimento de níveis de suficiência de nutrientes no solo. A falta dessas informações pode ser atribuída às dificuldades na amostragem, como o número de subamostras a serem coletadas, a época de coleta, a camada de solo a ser amostrada, bem como o local de amostragem.

2.2 Análise de tecido

A análise de tecido, que geralmente é feita na folha completa porque esse órgão possui maior atividade bioquímica, permite avaliar o teor total de nutrientes, o que possibilitaria diagnosticar o estado nutricional das frutíferas. No entanto, a planta tem a capacidade de armazenar nutrientes que não utiliza fisiologicamente nas organelas das células, formando uma reserva que poderá ou não ser utilizada mais tarde, dependendo da demanda bioquímica. Normalmente quando os teores no solo estão acima da necessidade da planta, podendo resultar em alta produtividade, a acumulação foliar é maior que a necessária, e esse teor mais elevado pode ser erroneamente ser interpretado como o teor necessário para atingir alta produtividade. Por isso, a interpretação isolada dos resultados da análise de tecido possui pouca validade, sendo recomendado interpretar essa análise sempre de forma associada aos resultados de nutrientes obtidos via análise de solo e a outros critérios, como expectativa de produção, parâmetros de crescimento das plantas, comprimento de ramos, diâmetro de caule, entre outros. Por outro lado, o teor foliar de nutrientes é um excelente indicativo para avaliar se as variações de produtividade dentro de um mesmo pomar são realmente em detrimento da fertilidade do solo.

O diagnóstico do estado nutricional deve ter como objetivo: (i) diagnosticar problemas nutricionais que não se manifestam visualmente; (ii) identificar a causa de sintomas visuais observados no campo; (iii) verificar se determinado nutriente aplicado foi

absorvido pela planta; caracterizar a causa específica de um problema nutricional e juntamente com a análise de solo, orientar um programa racional de adubação e correção do solo (Carmo et al., 2000). Por outro lado, o teor de nutrientes nas folhas completas não depende exclusivamente da sua disponibilidade no solo, pois reflete a taxa de absorção pelas raízes, transporte e redistribuição nos diversos órgãos da planta (BRUNETTO et al., 2006). Na maioria dos casos, a quantidade de nutrientes do solo pode ser suficiente para suprir a demanda da planta, mas há outros fatores que podem fazer com que um ou mais nutrientes não sejam absorvidos em quantidade suficiente, como a deficiência ou o excesso de água, a compactação do solo ou qualquer outro impedimento físico ou químico ao crescimento radicular, inclusive algumas propriedades do solo, como alto teor de Al^{3+} tóxico ou deficiência de Ca e Mg. Além disso, os nutrientes absorvidos pelas plantas são redistribuídos para órgãos que atuam como drenos, como os frutos, o que resulta em baixos teores nas folhas.

Quando a opção for realizar o diagnóstico nutricional da pereira, usando a análise de folhas, estas devem ser coletadas seguindo as recomendações estabelecidas, normalmente, pelas Comissões de Química e Fertilidade do Solo de estados ou regiões, ou por outra recomendação oficial para a frutífera. Para os estados do RS e SC recomenda-se coletar folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro e compor a amostra com aproximadamente 100 folhas, oriundas de 20 a 30 plantas representativas (CQFS-RS/SC, 2016). Destaca-se alguns cuidados importantes na coleta de folhas, como (i) evitar a coleta de folhas durante, aproximadamente, 15 dias após a aplicação de fertilizantes foliares ou aplicação de fungicidas ou inseticidas na planta; (ii) não coletar amostras de folhas em plantas localizadas próximas a estradas, pois ocorre uma maior deposição de partículas de solos sobre a superfície do limbo, o que poderá resultar em superestimação do teor de nutrientes, especialmente, se as folhas não forem lavadas após a coleta; (iii) evitar a coleta de tecido em plantas com ataque de pragas e doenças, e (iv) coletar separadamente o tecido das plantas com e sem sintomatologia de toxidez ou deficiência nutricional. Preferencialmente, realizar a coleta alguns dias após uma chuva ou irrigação, o que minimiza os problemas de deposição de partículas de solo sobre a superfície das folhas.

As folhas devem ser acondicionadas em saco de papel ou embalagem fornecida pelo laboratório. Se entre os nutrientes analisados estiver o boro, o saco de papel deve ser do tipo encerado, para evitar contaminação do papel na amostra. A amostra deve ser enviada imediatamente ao laboratório (em até dois dias) e, caso não seja possível, deve-se secar o material ao sol dentro do próprio saco de papel.

No laboratório, as folhas completas são lavadas com água destilada e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até matéria seca constante. Em seguida, o tecido é moído e submetido aos métodos de análise química, que iniciam pela abertura das amostras, com posterior análise de nutrientes por métodos que permitem determinar os teores de N, P, K, S, Ca, Mg e de micronutrientes, como Zn, Cu, Mn, Fe, B e Mo, por métodos recomendados pela literatura, como aqueles descritos por Tedesco et al. (1995).

Os resultados da análise foliar podem então ser interpretados usando dados disponíveis na literatura, como os encontrados na Tabela 12 para a cultura da pereira (CQFS-RS/SC, 2016). Com isso, é possível estimar o estado nutricional das plantas.

Tabela 12. Interpretação dos teores de nutrientes em folhas de pereira europeia

Material	Interpretação	Macronutrientes (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Folhas completas	Insuficiente	< 1,70	< 0,10	< 0,80	< 0,80	< 0,20
	Normal	2,10 – 2,50	0,15 – 0,30	1,30 – 1,50	1,20 – 1,70	0,25 – 0,45

Excessivo		> 3,00	-	> 2,00	-	-
		Micronutrientes (mg/kg)				
		Fe	Cu	Zn	Mn	B
Folhas	Insuficiente	-	< 3,0	< 15	< 20	< 20
completas	Normal	50 – 250	5 – 30	20 – 100	30 – 130	30 – 50
	Excessivo	-	> 50	-	> 200	> 140

Fonte: CQFS-RS/SC (2016). Obs: $\text{g.kg}^{-1} \div 10 = \%$

2.3 Análise de frutos

A análise de frutos em frutíferas temperadas, como as cultivadas nos estados do RS e SC, normalmente é um método pouco utilizado. Entretanto, em algumas espécies, como na macieira, essa análise é usada para estimar o teor de macronutrientes e suas relações na polpa fresca dos frutos em pré-colheita. No futuro a análise também poderá ser utilizada na cultura da pereira. Com base nos resultados obtidos é possível inferir sobre o potencial de conservação do fruto em câmara fria, permitindo diminuir as perdas de frutos provocadas por distúrbios fisiológicos, uma vez que o teor de alguns nutrientes, como o N, Ca e K, entre outros, apresenta relação com a ocorrência de distúrbios fisiológicos, como o “*bitter pit*”, o “*cork spot*”, a depressão lenticelar, entre outros. No entanto, o uso da análise de frutos em um maior número de frutíferas, especialmente naquelas em que os frutos são armazenados em câmara fria para posterior comercialização *in natura*, está condicionado à padronização do número de frutos que devem compor uma amostra, à época de coleta dos frutos e ao diâmetro dos frutos amostrados (ERNANI, 2003). Somado a isso, existe a necessidade de padronizar os protocolos de preparo de amostras no laboratório, como a lavagem dos frutos, local de amostragem no fruto, bem como as técnicas de análise. Feito isso, será possível estabelecer recomendações mais adequadas para as frutíferas temperadas que produzem frutos passíveis de ser armazenados e posteriormente, comercializados *in natura*.

2.4 Crescimento vegetativo

Alguns parâmetros de crescimento vegetativo, em especial o comprimento de ramos do ano, têm sido utilizados como critério complementar para a definição do estado nutricional e da necessidade do nutriente a ser aplicado em algumas frutíferas temperadas, como na macieira, pessegueiro, nectarina e a ameixeira (BRUNETTO et al., 2011; CQFS-RS/SC, 2016). No futuro, parâmetros de crescimento poderão ser inseridos na recomendação oficial de adubação para a cultura da pereira. Isoladamente, o comprimento dos ramos tem sido usado para diagnosticar o vigor das plantas e isso se associa à disponibilidade de nutrientes no solo, especialmente do N. O excesso de crescimento não é desejado porque pode diminuir incidência de raios solares no interior das copas das frutíferas, reduzindo a atividade da fotossíntese e de enzimas que regulam a síntese de alguns compostos, por exemplo, de antocianinas, o que diminui a coloração uniforme dos frutos e deprecia a sua qualidade.

3 Calagem e tipos de adubação em pomares

3.1 Calagem

A aplicação de calcário para solos ácidos visa proporcionar um ambiente de crescimento radicular adequado, diminuindo a atividade de elementos potencialmente

tóxicos para as plantas não adaptadas, como o Al e o Mn, além de favorecer a disponibilidade de elementos essenciais à nutrição de plantas pela elevação do pH e por ser fonte de Ca e Mg. As doses recomendadas são proporcionais para neutralizar a acidez potencial na massa total de solo onde deseja que ocorra crescimento radicular. No entanto, uma vez corrigida a acidez potencial, o solo nunca mais será o mesmo e jamais numa escala centenária de anos a acidez potencial e, em especial, a saturação por Al retornará a seu estado natural (CQFS-RS/SC, 2016). Com o avanço do intemperismo do solo, há aumento da acidificação do solo e aumento da quantidade de coloides inorgânicos com alta capacidade de adsorver fosfato, o que contribui para reduzir a disponibilidade de P para as plantas e a sua produtividade. Então, sempre que há referência à baixa fertilidade de solos ácidos, a presença de saturações por Al elevadas e a baixa disponibilidade de P têm sido apontadas como as maiores limitadoras da produtividade das plantas.

No Brasil há duas formas preferenciais de estabelecer as doses de calcário para a correção da acidez. No RS e SC se visa alcançar um pH considerado favorável para o crescimento de cada cultura, o que faz com que, nas recomendações da CQFS-RS/SC (2016), a aplicação de calcário seja indicada em solos com pH em água menor que 5,5. As doses de calcários a serem adicionadas são para elevar o pH em água do solo para a maioria das frutíferas entre 5,5 e 6,5, mas para a pereira o pH desejado é 6,0. Alternativamente no RS e SC, como em outros estados do Brasil, a dose de calcário poderá ser definida pela necessidade de elevar a saturação por bases, considerando a CTC a pH 7. Para o valor de pH 6,0, assume-se um valor correspondente da saturação de bases de aproximadamente 75%.

Como a correção da acidez para áreas cultivadas com frutíferas temperadas objetiva elevar o valor de pH desejado na camada de 0-20cm, a dose recomendada é igual à relatada no Manual (CQFS-RS/SC, 2016) (Tabela 13). Nos casos onde o calcário for aplicado em camadas menores ou maiores que 0-20cm, as doses podem ser corrigidas proporcionalmente (ERNANI, 2003). Porém, doses maiores para menores profundidades não afetam o rendimento, mas aumentam o efeito residual da calagem. Para algumas frutíferas temperadas pode-se realizar a correção da acidez do solo até 30 ou 40cm, mas nesse caso é necessário recalcular as doses de acordo a profundidade. Também será necessário dispor de equipamentos adequados para a mobilização do solo nessas profundidades. Exemplo disso é a recomendação para as frutíferas no RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016), onde para corrigir a acidez do solo até a camada de 30cm, pode ser aplicada 1,5 vezes a dose de calcário recomendada para corrigir a camada de 0-20 cm. No entanto, cabe salientar que em algumas situações de solos rasos da região do Planalto Serrano Catarinense, não é possível incorporação do corretivo em profundidade maior que 20cm. A adição de calcário em camadas mais profundas visa estimular e emissão de raízes nessas camadas e, com isso, contribuir para a absorção de água e nutrientes.

O calcário, preferencialmente, deve ser aplicado sobre a superfície do solo e incorporado com antecedência à instalação do pomar. Quando as doses são elevadas, maiores que 5 Mg ha⁻¹, pode ser dividido em duas ou mais vezes, seguido de gradagem e nova incorporação.

Nos pomares em produção, quando diagnosticada a necessidade de aplicação de corretivo da acidez do solo, ele pode ser adicionado sobre a superfície, mas o seu deslocamento no perfil do solo é lento e, por isso, deve-se esperar pequena eficiência na correção da acidez em profundidade quando aplicado na superfície sem incorporação. Isso ocorre porque a migração da frente de neutralização proporcionada por seus produtos da dissolução e dissociação é muito lenta no perfil do solo (MELO et al., 2006; KAMINSKI, et al., 2005). Em pomares já instalados, a calagem deverá ser realizada preferencialmente em superfície sem incorporação, pois a mobilização do solo com equipamentos pode

causar danos físicos às raízes e aumentar a incidência de doenças radiculares e a perda de reservas nas raízes, como carboidratos e N. Porém, se a acidez for elevada e estiver prejudicando a produtividade das plantas, o solo deverá ser mobilizado do mesmo modo que o previsto para a implantação, evitando-se a mobilização muito próxima da planta, com a mesma prevista pela análise do solo. No entanto, a expectativa de produtividade do ciclo imediato a correção da acidez é menor.

Recomenda-se a utilização de calcários dolomíticos porque são mais baratos e suprem a demanda das plantas por Ca e Mg e, por outro lado, nenhum desses nutrientes tem efeito prejudicial sobre as culturas mesmo excedendo os limites muito altos. Como relatado por Ernani (2003), mesmo para espécies exigentes em Ca, para evitar a incidência de distúrbios fisiológicos em frutos, como da macieira e pereira, não se recomenda a utilização de calcários calcíticos. Entretanto, a mistura de parte de calcário calcítico com parte de calcário dolomítico pode ser uma boa alternativa para se aumentar a relação Ca: Mg no solo. A adição de cal hidratado, originado das câmaras de atmosfera controlada dos 'packing-houses', também é uma boa alternativa para essas duas frutíferas, em suplemento ao calcário dolomítico. Isso diminuiria os custos da calagem e ao mesmo tempo seria utilizado um subproduto do processo de armazenagem de frutos (ERNANI, 2003).

Tabela 13. Recomendações de calagem (calcário com PRNT 100%) com base no Índice SMP para a correção elevar o pH em água do solo a 6,0 (camada de 0 a 20cm) nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Índice SMP	pH desejado		
	5,5	6,0	6,5
	t/ha ⁽¹⁾		
≤ 4,4	15,0	21,0	29,0
4,5	12,5	17,3	24,0
4,6	10,9	15,1	20,0
4,7	9,6	13,3	17,5
4,8	8,5	11,9	15,7
4,9	7,7	10,7	14,2
5,0	6,6	9,9	13,3
5,1	6,0	9,1	12,3
5,2	5,3	8,3	11,3
5,3	4,8	7,5	10,4
5,4	4,2	6,8	9,5
5,5	3,7	6,1	8,6
5,6	3,2	5,4	7,8
5,7	2,8	4,8	7,0
5,8	2,3	4,2	6,3
5,9	2,0	3,7	5,6
6,0	1,6	3,2	4,9
6,1	1,3	2,7	4,3
6,2	1,0	2,2	3,7
6,3	0,8	1,8	3,1
6,4	0,6	1,4	2,6
6,5	0,4	1,1	2,1
6,6	0,2	0,8	1,6
6,7	0	0,5	1,2
6,8	0	0,3	0,8
6,9	0	0,2	0,5
7,0	0	0	0,2
7,1	0	0	0

⁽¹⁾ Calcário a PRNT 100%

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

3.2 Adubação de correção (pré-plantio)

A adubação de correção ou pré-plantio é uma prática de antecipação da adubação e é necessária para culturas que dificultam a mobilização do solo depois de implantadas, caso das frutíferas. Ela visa elevar a disponibilidade de nutrientes para um nível adequado,

para então conduzir o pomar com adubações sazonais ou estacionais, de acordo com a exigência da espécie. Essa adubação consiste na adição de P e K de acordo com a classe de disponibilidade do solo, cujas quantidades necessárias constam nos boletins ou manuais de adubação de cada estado ou região. As frutíferas, entre elas, a pereira, são enquadradas como exigentes quanto ao nível de exigência de disponibilidade de P no solo (Grupo 2) (CQFS-RS/SC, 2016). A interpretação do teor de P extraído pelo método de Mehlich-1 é realizada de acordo com o teor de argila (Tabela 14), sendo as doses de P recomendadas na adubação de pré-plantio para a pereira apresentadas na Tabela 16. Para a recomendação de K, as frutíferas também são enquadradas no Grupo 2, sendo a interpretação do teor de K no solo extraída pelo método de Mehlich-1 e realizada considerando a CTC a pH 7,0 (Tabela 15). As doses de K a serem aplicadas são apresentadas na Tabela 16.

As aplicações devem ser realizadas antes do plantio dos porta-enxertos ou das mudas e os procedimentos são similares aos previstos para a calagem. Assim, as doses de fertilizantes fosfatados e potássicos devem ser distribuídos sobre a superfície do solo e incorporadas até a camada de 0-20cm. Caso a opção seja a aplicação em camadas mais profundas, exemplo, até 30cm, a dose dos fertilizantes deve ser proporcionalmente corrigida. Por isso, a adubação corretiva pode ser realizada simultaneamente à calagem. Sugere-se que preferencialmente a calagem seja realizada em toda a área, para evitar futuros problemas de toxidez de Al. Convém destacar que em solos arenosos ou mesmo naqueles localizados em relevo ondulado, poderá ser analisada a possibilidade de realizar a adubação em covas ou mesmo em sulco, evitando o revolvimento do solo em área total. Não se recomenda a aplicação de N na adubação de correção, porque os porta-enxertos ou as mudas possuem um pequeno volume de raízes explorando o solo. Se a aplicação for efetuada, espera-se que grande parte do N possa ser perdida por lixiviação, especialmente, em solos com textura superficial arenosa, como os Argissolos (LORENSINI et al., 2014). Na adubação de correção, em culturas exigentes, micronutrientes, como o Zn e o B podem ser adicionados ao solo e incorporados na mesma operação de incorporação dos fertilizantes fosfatados e potássicos. A aplicação de B é uma prática comumente realizada em solos a serem cultivados com videira e macieira (MELO, 2003). Além disso, o Zn também é adicionado em solos a serem cultivados com macieira (ERNANI, 2003).

Tabela 14. Interpretação do teor de P no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para frutíferas

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila ^(1,2)			
	1	2	3	4
 mg de P dm ³			
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
Baixo	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	6,1 – 12,0	10,1 – 20,0
Médio	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	20,1 – 30,0
Alto	9,1 – 12,0	12,1 – 24,0	8,1 – 36,0	30,1 – 60,0
Muito alto	> 18,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

⁽¹⁾ Teores de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤ 20%; ⁽²⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação $PM1 = PM3 / (2 - (0,02 \times \text{arg}))$.

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 15. Interpretação do teor de K no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme a CTC do solo para frutíferas

Classe de disponibilidade	CTC _{pH7,0} do solo ⁽¹⁾			
	≤ 7,5	7,6 a 15,0	15,1 a 30,0	> 30,0
 mg de K dm ³			
Muito baixo	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45

Baixo	21 - 40	31 - 60	41 - 80	46 - 90
Médio	41 - 60	61 - 90	81 - 120	91 - 135
Alto	61 - 120	91 - 180	121 - 240	136 - 270
Muito alto	> 120	> 180	> 240	> 270

⁽¹⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação $KM1 = KM3 \times 0,83$.

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 16. Quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas em função dos teores de P e K disponíveis no solo

Interpretação do teor de P e K no solo	Nutriente ⁽¹⁾	
	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	250	150
Baixo	170	90
Médio	130	60
Alto	90	30
Muito alto	0	0

⁽¹⁾ Dependendo do tipo de solo, da espécie frutífera e do sistema de produção, essas doses podem ser aumentadas ou diminuídas a critério do técnico responsável pelo pomar.

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

3.3 Adubação de crescimento

A adubação de crescimento visa promover o vigor da frutífera, estimulando o crescimento das raízes e da parte aérea. Ela é realizada após o estabelecimento do pomar, durante o crescimento das plantas, antes que as plantas iniciem a produção de frutos, o que dependerá da espécie, mas deve durar de 2 a 4 anos. Para a pereira, a necessidade e dose de N são estabelecidas com base no teor de matéria orgânica do solo, considerando a idade das plantas (Tabela 17) (CQFS-RS/SC, 2016).

O N é o único nutriente recomendado na adubação de crescimento. Porém, se visualmente as plantas apresentarem sintomatologia de deficiência, outros nutrientes também poderão ser aplicados ao solo, mas isso muito provavelmente só ocorrerá se não for feita a adubação de correção. Pode-se usar fertilizantes minerais e, ou, orgânicos, que devem ser aplicados na linha ou na projeção da copa das plantas, sobre a superfície do solo e sem incorporação, para evitar danos físicos às raízes das frutíferas ou, antes da capina, se for mecânica. Fontes de N mineral, como a ureia, devem ter sua aplicação parcelada em duas ou mais vezes, a fim de aumentar o seu aproveitamento e minimizar as perdas. Quando possível, recomenda-se o uso de fertilizantes orgânicos na adubação de crescimento, pois espera-se que a sua mineralização seja mais gradual, comparativamente aos fertilizantes minerais, resultando em maior sincronismo entre a liberação do nutriente e sua absorção pela frutífera.

Tabela 17. Quantidades de N recomendadas para o crescimento da pereira

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio		
	1	2°	3°
% kg de N/ha.....		
≤ 2,5	40	50	60
2,6 a 5,0	30	40	50
> 5,0	20	30	40

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

3.4 Adubação de manutenção (produção)

A adubação de manutenção ou produção é assim denominada porque visa manter a fertilidade do solo e repor os nutrientes exportados pela colheita dos frutos. É realizada depois do início da produção de frutos. Os nutrientes aplicados no solo normalmente são o P, K e N, mas pode-se incluir alguns micronutrientes para as espécies exigentes, ou se a recomendação de adubação assim o prever.

A definição de doses da adubação de manutenção é regida pelos sistemas de recomendação regionais ou estaduais de acordo com a espécie de plantas e/ou com o resultado da análise de solo ou de planta. Para a cultura da pereira a recomendação oficial no RS e SC preconiza adicionar quantidades de N e K com base na quantidade de frutos a ser colhida, não sendo recomenda a aplicação de P, quando o nutriente foi adicionado na adubação de pré-plantio (CQFS-RS/SC, 2016). Porém, sempre que possível, sugere-se monitorar o estado nutricional das plantas pela análise foliar. Convém destacar que a predição da adubação apenas com base na exportação de nutrientes pelos frutos da safra anterior, baseada na expectativa de produtividade não é aconselhada, pois a prática desconsidera reações químicas dos solos que afetam a disponibilidade de nutrientes (ERNANI, 2003) nos primeiros anos de produção.

Os fertilizantes na adubação de manutenção devem ser aplicados sobre a superfície do solo na projeção da copa das plantas, na linha de plantio ou em toda a área do pomar, sem incorporação, para evitar danos às raízes. O local da aplicação (projeção, linha de plantio ou área total) é dependente da idade das plantas. Plantas mais jovens e em início da produção possuem raízes mais localizadas na projeção da copa ou próximas à linha de plantio e, por isso, se espera maior eficiência de absorção de nutrientes quando os fertilizantes forem adicionados nesses dois locais. Por outro lado, plantas adultas em produção possuem raízes distribuídas nas linhas e entrelinhas de plantio e os fertilizantes podem ser aplicados nas linhas, inclusive em doses menores nas entrelinhas. Na cultura da pereira recomenda-se parcelar a dose de N em até três vezes (CQFS-RS/SC, 2106), preferencialmente ao longo da primavera. A dose de K poderá ser aplicada no inverno ou junto com a primeira aplicação de N na primavera. Na adubação de manutenção podem ser utilizados fertilizantes simples, formulados ou orgânicos. Alguns trabalhos relatam que a adição de resíduos orgânicos, como o composto orgânico, pode promover maior crescimento de frutíferas em comparação a fertilizantes minerais. Muito provavelmente isso possa estar associado à liberação mais lenta de N, P, K e de micronutrientes, o que aumenta o sincronismo com a absorção das plantas, sem considerar que esses materiais também são condicionadores de solo na retenção da umidade, no aumento da porosidade e dos fornecedores de energia para atividades microbiológicas dos solos.

3.5 Resultados de pesquisa obtidos em experimentos realizados no Planalto Serrano de SC

Em 2010 pesquisadores vinculados à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) implantaram no Planalto Serrano de SC experimentos de calibração para definição das melhores doses e fontes de nutrientes (N, P e K) a serem aplicadas em pereiras; dos teores mais adequados de P e K no solo, bem como de N, P e K em folhas para a cultura, além da verificação do impacto destes nutrientes na qualidade de frutos. Alguns dos resultados obtidos até a safra de 2016/2017 sobre o efeito da adubação nitrogenada, potássica e fosfatada nos referidos experimentos serão apresentados a seguir.

3.5.1 Impacto da adubação nitrogenada em pereiras

Em 2010 foi instalado um experimento em um pomar comercial de pereiras da cultivar Rocha sobre o porta enxerto BA29 no município de São Joaquim, com as doses de 0, 40, 80, 120 e 160 kg N ha⁻¹ em um Cambissolo Húmico.

A aplicação de doses crescentes de N no solo em pereiras ao longo de cinco safras não afetou os teores de N, P e K em folhas, o número e massa de frutos, a produção e a produtividade de pera (Tabela 18). Isso pode ter acontecido por causa da mineralização de N da matéria orgânica do solo e de resíduos da parte aérea em decomposição na superfície do solo e de raízes em senescência de plantas de cobertura que coabitavam as entrelinhas do pomar (MONTANARO et al., 2012; MONTANARO et al., 2017); e por causa da fixação biológica de N pelas plantas de cobertura da família das leguminosas, como o trevo branco (*Trifolium repens*), que coabitavam as entrelinhas de plantio das pereiras (RODRIGUES et al., 2013; CORREIA et al., 2015). Além disso, a falta de incremento de N em folhas e de aumento de produtividade em pereiras submetidas à aplicação de doses de N pode ser explicada em parte: à época de aplicação das doses de N (início da brotação e pós-colheita), que pode ser um período de pequena emissão de raízes jovens, que são responsáveis pela absorção de N do solo (ATUCHA et al., 2011, BRUNETTO et al., 2014); às reservas internas de N nas pereiras, especialmente, em órgãos perenes, como raízes, caule e ramos (NETO et al., 2009; BRUNETTO et al., 2015); às perdas de N-NH₃ por volatilização derivada da ureia aplicada sobre a superfície do solo (LORENSINI et al., 2012); à imobilização de parte do N da ureia pela população microbiana do solo (TAGLIAVINI et al., 2007; WEI et al., 2017); às perdas de N, especialmente, por escoamento superficial ou por desnitrificação (NETO et al., 2009; RODRIGUES et al., 2013; SHUNFENG et al., 2015) e pela lixiviação provavelmente em menor quantidade.

As produções e produtividades de pera observadas nas safras 2014/2015 e 2015/2016 tenderam a ser menores em relação àquelas observadas nas safras anteriores, nas plantas submetidas à aplicação de doses de N (Tabela 18). Isso aconteceu porque nas plantas que receberam aplicação de N, em relação àquelas do tratamento sem aplicação de N, apresentaram inchamento antecipado de gemas. No entanto, tais gemas sofreram incidência de temperaturas baixas e, especialmente, geadas, o que pode ter causado desidratação. Essa causa de diferença no potencial osmótico e a redução do volume dentro da célula podem provocar a destruição da gema (VASCONCELOS et al., 2009). Mesmo que não se tenha observado incremento de N em folhas e aumento de produtividade nas plantas submetidas à aplicação de doses de N, parte do N do fertilizante pode ter sido absorvido e afetado positivamente a fertilidade das gemas, pois o N é um dos principais nutrientes responsáveis pela formação do primórdio floral e pela diferenciação das flores (VASCONCELOS et al., 2009).

Tabela 18. Teores de nutrientes em folhas, produtividade e seus parâmetros, em pereiras submetidas à aplicação de N

Variável	Dose de N (kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹)					Equação	CV (%)	R ²
	0	40	80	120	160			
-----Ano 1 (Safr 2011/2012)-----								
Nitrogênio em folhas (g kg ⁻¹)	15,8	14,7	14,9	14,6	16,3	ns	15,1	-
Número de frutos por planta	33	31	29	27	35	ns	25,1	-
Massa de frutos (g)	164,5	163,1	167,0	164,7	155,2	ns	9,5	-
Produção planta (kg)	5,3	5,1	4,9	4,4	5,4	ns	18,4	-
Produtividade por hectare (Mg ha ⁻¹)	13,5	12,8	12,3	11,0	13,6	ns	18,4	-
-----Ano 2 (Safr 2012/2013)-----								
Nitrogênio em folhas (g kg ⁻¹)	13,8	15,0	14,8	14,4	14,3	ns	13,2	-
Número de frutos por planta	41	28	31	40	37	ns	20,6	-
Massa de frutos (g)	122,0	115,9	122,1	128,0	122,1	ns	11,3	-
Produção planta (kg)	4,9	3,2	3,8	4,7	4,4	ns	22,3	-
Produtividade por hectare (Mg ha ⁻¹)	12,3	8,1	9,5	13,0	11,1	ns	22,3	-
-----Ano 3 (Safr 2013/2014)-----								

Nitrogênio em folhas (g kg ⁻¹)	13,9	14,9	14,9	14,4	14,3	ns	13,2	-
Número de frutos por planta	47	35	40	46	46	ns	17,0	-
Massa de frutos (g)	106,0	131,0	139,0	119,0	135,0	ns	14,3	-
Produção planta (kg)	4,9	4,6	5,4	5,5	6,2	ns	20,0	-
Produtividade por hectare (Mg ha ⁻¹)	12,4	11,6	13,5	13,7	15,5	ns	20,0	-
-----Ano 4 (afra 2014/2015)-----								
Nitrogênio em folhas (g kg ⁻¹)	15,2	16,0	17,7	19,3	21,4	ns	9,4	-
Fósforo em folhas (g kg ⁻¹)	1,4	1,2	1,3	1,4	1,7	ns	23,4	-
Potássio em folhas (g kg ⁻¹)	2,8	3,2	3,1	3,0	3,3	ns	23,1	-
Número de frutos por planta	39	35	34	33	32	ns	22,4	-
Massa de frutos (g)	127,5	120,5	134,0	134,5	126,5	ns	15,6	-
Produção planta (kg)	5,1	3,9	4,8	4,3	4,4	ns	27,6	-
Produtividade por hectare (Mg ha ⁻¹)	12,7	9,8	12,0	10,7	10,9	ns	27,6	-
-----Ano 5 (Safrá 2015/2016)-----								
Nitrogênio em folhas (g kg ⁻¹)	15,2	19,3	16,0	16,8	18,5	ns	18,3	-
Fósforo em folhas (g kg ⁻¹)	2,9	3,3	3,1	2,8	3,2	ns	8,5	-
Potássio em folhas (g kg ⁻¹)	2,9	2,2	3,5	3,3	3,2	ns	28,5	-
Número de frutos por planta	58	27	44	45	35	ns	18,2	-
Massa de frutos (g)	98,5	99,6	109,2	103,8	98,8	ns	17,1	-
Produção planta (kg)	5,8	2,7	5,2	5,0	3,5	ns	26,8	-
Produtividade por hectare (Mg ha ⁻¹)	14,4	6,8	12,9	12,4	8,7	ns	26,9	-

Dados não publicados

3.5.2 Impacto da adubação fosfatada e potássica em pereiras

A aplicação de doses crescentes do fertilizante fosfatado na linha de plantio, durante três safras, proporcionou aumento do teor de P disponível na camada de 0-20cm do solo (Tabela 19), mas não afetou a massa de frutos e a produtividade, tampouco o número de frutos nas quatro primeiras safras de pereira (Tabela 19).

A falta de resposta das pereiras à aplicação do fertilizante fosfatado pode ter acontecido, em especial, porque as raízes finas das plantas mais jovens, responsáveis pela absorção de água e nutrientes de todo o pomar, podem ter absorvido P em camadas mais profundas que as camadas amostradas e também da região não adubada. Além disso, a falta de adaptação climática das pereiras europeias no sul do Brasil, a exemplo do cultivar Rocha utilizado no presente estudo, somada à falta de cultivares asiáticas para colaborar na polinização das fruteiras, podem ter limitado a expressão da máxima produtividade, sobrepondo-se à disponibilidade de P.

O acúmulo de P disponível (Tabela 19), especialmente nas maiores doses, aconteceu porque o fertilizante fosfatado ao longo dos anos foi aplicado na superfície do solo, sem incorporação, para evitar danos mecânicos às raízes, o que pode reduzir a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas (BRUNETTO et al., 2015a; SCHMITT et al., 2017). Além disso, o acúmulo de P no solo pode ser atribuído à sua alta energia de ligação à superfície da fração mineral do solo. A adsorção acontece principalmente pelo mecanismo da troca de ligantes, pela saída do OH⁻ ou H₂O e a entrada do íon fosfato (H₂PO₄⁻ ou HPO₄⁻²) e, dependendo do valor de pH do solo, isso pode acontecer nos grupos funcionais dos óxidos e da caulinita. A interação entre o oxigênio do fosfato e o cátion do grupo funcional, especialmente o aluminol dos argilominerais, e os grupos Fe-OH e Al-OH da superfície dos óxidos, faz com que a ligação aconteça com diferentes graus de energia (BRUNETTO et al., 2015b). Porém, ao longo dos anos, as aplicações continuadas de P na superfície do solo podem causar a ocupação das superfícies de adsorção, causando diminuição da sua energia de adsorção, o que pode aumentar a dessorção e, por consequência, favorecer a migração no perfil de solos cultivados com frutíferas, incrementando o teor no nutriente em profundidade (BRUNETTO et al., 2015ab).

Houve incremento do teor de P nas folhas completas das pereiras nas safras de 2011/2012 e 2012/2013 (Tabela 19), o que não ocorreu na primeira e nas duas últimas safras avaliadas. O incremento de P nas folhas em duas safras pode indicar que a folha completa, na posição da coleta proposta pela CQFS-RS/SC (2016), pode ser sensível em diagnosticar o incremento de P no interior da planta.

Tabela 19. Teor de P disponível no solo, teor de P em folhas, produtividade e seus parâmetros, em pereiras submetidas à aplicação de fertilizante fosfatado

Dose kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	P disponível 0-20 cm		P total nas folhas g kg ⁻¹	Nº frutos planta ⁻¹	Massa média dos frutos g	Produtividade Mg ha ⁻¹
	mg kg ⁻¹					
----- Safra 2010/2011 -----						
0	7,0 ⁽³⁾		1,6 ^{ns}	20 ^{ns}	207,0 ^{ns}	5,1 ^{ns}
40	7,9		1,8	27	209,0	7,2
80	10,7		2,0	33	212,0	8,0
120	11,1		2,0	7	209,0	1,8
160	19,0		2,1	9	223,0	2,6
----- Safra 2011/2012 -----						
0	1,9 ⁽⁶⁾		1,7 ⁽⁷⁾	23 ^{ns}	182,0 ^{ns}	5,2 ^{ns}
40	2,7		2,5	13	181,0	3,0
80	10,5		2,5	26	195,0	6,3
120	18,5		2,4	27	182,0	6,1
160	20,3		2,8	27	174,0	5,9
----- Safra 2012/2013 -----						
0	4,8 ⁽¹⁰⁾		1,3 ⁽¹¹⁾	68 ^{ns}	185,0 ^{ns}	15,6 ^{ns}
40	6,4		1,4	74	197,0	18,0
80	8,1		1,5	74	195,0	18,3
120	18,7		1,6	125	180,0	28,0
160	19,6		1,5	63	182,0	14,4
----- Safra 2013/2014 -----						
0	na		-	53 ^{ns}	166,0 ^{ns}	8,8 ^{ns}
40	na		-	107	173,0	18,3
80	na		-	91	182,0	16,5
120	na		-	92	165,0	14,8
160	na		-	77	176,0	13,3
----- Safra 2014/2015 -----						
0	na		1,0 ^{ns}	25 ^{ns}	150,1 ^{ns}	3,8 ^{ns}
40	na		0,9	33	152,3	5,4
80	na		1,8	37	140,5	5,1
120	na		1,8	28	147,0	4,3
160	na		1,1	26	150,3	3,8
----- Safra 2015/2016 -----						
0	na		1,5 ^{ns}	4 ⁽¹²⁾	120,0 ^{ns}	0,6 ^{ns}
40	na		1,6	3	145,0	0,4
80	na		1,0	14	112,5	1,9
120	na		1,0	9	135,0	1,4
160	na		1,1	8	142,5	1,3

⁽¹⁾ $y = 9,1176 - 0,0625x + 0,0008x^2$ ($R^2 = 0,73^{**}$); ⁽²⁾ $y = 6,381 + 0,0436x$ ($R^2 = 0,76^{**}$); ⁽³⁾ $y = 7,3599 - 0,0145x + 0,0005x^2$ ($R^2 = 0,90^{**}$); ⁽⁴⁾ $y = 0,1201 + 0,0874x + 0,0015x^2$ ($R^2 = 0,91^{**}$); ⁽⁵⁾ $y = 2,2454 - 0,0267x + 0,0005x^2$ ($R^2 = 0,84^{**}$); ⁽⁶⁾ $y = 0,2734 + 0,1312x$ ($R^2 = 0,88^{**}$); ⁽⁷⁾ $y = 1,8704 + 0,0109x - 0,00003x^2$ ($R^2 = 0,53^{**}$); ⁽⁸⁾ $y = 5,8504 - 0,0255x + 0,0012x^2$ ($R^2 = 0,90^{**}$); ⁽⁹⁾ $y = 2,9807 + 0,0049x + 0,0002x^2$ ($R^2 = 0,89^{**}$); ⁽¹⁰⁾ $y = 4,1713 + 0,0526x + 0,0003x^2$ ($R^2 = 0,85^{**}$); ⁽¹¹⁾ $y = 1,3194 + 0,0051x - 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,42^{**}$); ⁽¹²⁾ $y = 2,72 + 0,13x - 0,0006x^2$ ($R^2 = 0,43^{**}$); ns = não significativo; * = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ** = significativo a 1 % de probabilidade de erro; na = não avaliado. Fonte: adaptado Brunetto et al., 2015a

A queda do teor de P em folhas de pereira nas duas últimas safras, assim como a queda na produtividade podem ser explicados pela remoção do cultivar polinizador Hosui, o que reduziu drasticamente a produção (safra 2015/2016) e no número de frutos, porém, mantendo-se a mesma massa de frutos (Tabela 19).

Por causa da falta de incremento da produção de frutos com o aumento da dose do fertilizante fosfatado, não foi possível estabelecer o teor crítico do nutriente entre o rendimento relativo de frutos obtidos nas cinco safras e o teor de P na camada de 0-20cm (dados não apresentados). A ausência do estabelecimento do teor crítico entre o rendimento relativo de frutos e o teor de P disponível no solo pode ser explicada em parte pelo local de coleta do solo que ocorreu na linha de plantio e coincide com a projeção da copa das árvores, onde foi aplicado o fertilizante e provavelmente se localiza a maior parte das raízes. Mas, parte das raízes, que também podem absorver P disponível não derivado do fertilizante, está presente nas entrelinhas das plantas, local que não foi amostrado.

Tabela 20. Potássio trocável no solo, teor de K em folhas, produtividade e seus parâmetros, em pereiras submetidas à aplicação de fertilizante potássico

Dose kg K ₂ O ha ⁻¹	K trocável 0-20 cm		K total nas folhas g kg ⁻¹	Nº frutos planta ⁻¹	Massa média dos frutos g	Produtividade Mg ha ⁻¹
	-----mg kg ⁻¹ -----					
----- Safra 2010/2011 -----						
0	77,7 ⁽³⁾		12,6 ^{ns}	15 ^{ns}	219,0 ^{ns}	4,6 ^{ns}
40	95,6		10,5	23	225,0	6,3
80	130,2		11,1	26	209,0	7,0
120	236,8		11,4	31	215,0	8,3
160	246,0		12,3	18	247,0	5,2
----- Safra 2011/2012 -----						
0	59,1 ⁽⁶⁾		10,0 ⁽⁷⁾	30 ^{ns}	170,0 ^{ns}	6,4 ^{ns}
40	71,6		11,2	37	180,0	8,4
80	171,3		13,0	28	166,0	5,9
120	197,4		13,6	34	192,0	8,1
160	333,2		13,6	35	191,0	8,4
----- Safra 2012/2013 -----						
0	57,9 ⁽¹⁰⁾		5,5 ⁽¹¹⁾	72 ^{ns}	193,0 ^{ns}	17,3 ^{ns}
40	117,3		5,8	144	193,0	34,3
80	208,0		7,1	40	187,0	9,3
120	269,3		7,5	82	189,0	19,3
160	353,7		9,3	76	212,0	20
----- Safra 2013/2014 -----						
0	na		-	121 ^{ns}	161,0 ^{ns}	19,0 ^{ns}
40	na		-	135	171,0	22,0
80	na		-	103	159,0	16,6
120	na		-	110	169,0	18,4
160	na		-	134	182,0	24,4
----- Safra 2014/2015 -----						
0	na		9,5 ^{ns}	40 ^{ns}	171,7 ^{ns}	7,0 ^{ns}
40	na		10,3	59	168,2	9,9
80	na		9,5	76	149,3	11,0
120	na		10,8	73	169,0	12,2
160	na		11,3	59	173,0	9,8
----- Safra 2015/2016 -----						
0	na		11,2 ^{ns}	20 ^{ns}	145,0 ^{ns}	3,6 ^{ns}
40	na		12,6	15	152,5	2,5
80	na		11,6	15	150,0	3,4
120	na		13,1	24	147,5	3,7
160	na		12,9	23	165,0	4,3

(¹) $y = 97,7995 + 1,9663x$ ($R^2 = 0,85^{**}$); (²) $y = 70,7874 - 0,00975x + 0,0043x^2$ ($R^2 = 0,86^{**}$); (³) $y = 69,4927 + 0,8054x + 0,0024x^2$ ($R^2 = 0,87^{**}$); (⁴) $y = 61,4524 + 0,7922x + 0,007x^2$ ($R^2 = 0,95^{**}$); (⁵) $y = 50,1491 - 0,3202x - 0,008x^2$ ($R^2 = 0,84^{**}$); (⁶) $y = 56,4026 + 0,4495x + 0,0077x^2$ ($R^2 = 0,94^{**}$); (⁷) $y = 9,852 + 0,0494x - 0,0002x^2$ ($R^2 = 0,53^*$); (⁸) $y = 85,1193 + 3,0731x - 0,0048x^2$ ($R^2 = 0,81^{**}$); (⁹) $y = 58,6801 + 0,2627x + 0,0061x^2$ ($R^2 = 0,96^{**}$); (¹⁰) $y = 52,459 + 1,8593x$ ($R^2 = 0,98^{**}$); (¹¹) $y = 5,4856 + 0,0081x - 0,00009x^2$ ($R^2 = 0,82^{**}$); ns = não significativo; * = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ** = significativo a 1 % de probabilidade de erro; na = não avaliado. Fonte: adaptado Brunetto et al., 2015a

A aplicação de doses crescentes de fertilizante potássico aumentou o teor de K trocável na camada de 0-20cm (Tabela 20). Nas safras 2011/2012 e 2012/2013 observou-se incremento do teor total de K nas folhas completas de pereiras submetidas a doses crescentes de fertilizante, fato que não ocorreu na primeira (2011/2011) e nas duas últimas safras (2014/2015 e 2015/2016). Porém, na última safra os teores de K nas folhas já foram considerados como normais (12-15 g kg⁻¹) (CQFS-RS/SC, 2016), demonstrando o incremento de teores de K em folhas de pereiras. Por outro lado, nas outras três safras os teores de K nas folhas completas das pereiras foram interpretados como abaixo do normal (8,0-11,9 g kg⁻¹) ou insuficiente (< 8,0 g kg⁻¹) (CQFS-RS/SC, 2016), o que pode estar relacionado com a falta de umidade no solo ocasionada pela distribuição irregular de chuvas.

A aplicação de K não afetou o número de frutos por planta, a massa de frutos e tampouco a produtividade (Tabela 20). Isso pode ter acontecido em parte porque o teor de K trocável no solo no início do experimento foi interpretado como alto (61 a 120mg de K,

em solo com $CTC_{pH\ 7,0}$ entre 5 e 15 $cmol_c\ kg^{-1}$) (CQFS-RS/SC, 2004) e, por isso, os teores naturais do solo podem ter suprido a demanda da planta pelo nutriente. Porém, nas safras 2011/2012 e 2012/2013, no tratamento sem adição de fertilizante potássico (Tabela 20), verificou-se diminuição do teor de K trocável no solo, possivelmente porque as plantas superiores são eficientes na absorção do nutriente, especialmente com o decréscimo da sua concentração de K na solução do solo, o que cria um forte gradiente químico em direção à rizosfera (BRUNETTO et al., 2016). A diminuição do nutriente no solo pode ter causado a menor absorção pelas plantas e teores abaixo do normal nas folhas.

O teor crítico de K no solo não foi estabelecido, uma vez que a produtividade não foi influenciada pelas doses de K aplicadas no solo. Isso demonstra que outros fatores mais importantes que a adubação potássica estão associados às baixas produtividades obtidas na maioria das safras.

4. Considerações finais

A maioria dos solos na Região Sul do Brasil, inclusive aqueles do Planalto Sul Catarinense, são ácidos e possuem baixa fertilidade natural. Por isso, quando diagnosticada a necessidade, através da análise do solo, deve ser realizada a calagem e a adubação de pré-plantio nos solos que serão cultivados com pereiras. Posteriormente, com os resultados da análise de solo, mas também considerando outros critérios de predição de adubação, como a análise de folhas e parâmetros de crescimento, as adubações de crescimento e de produção poderão ser necessárias. Porém, até o presente momento são pequenas as respostas de pereiras à aplicação de doses de nutrientes, como N, P e K, ou mesmo incremento de teores, como de P e K, em solos do Planalto Sul Catarinense cultivados com pereiras. Mas independentemente disso, devem ser seguidas as recomendações de calagem e adubação para a cultura da pereira estabelecidas pela recomendação oficial, como as propostas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo para os estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016), que preveem para pomares em produção, no mínimo, a aplicação de nutrientes no solo para repor as quantidades exportadas pelos frutos mantendo a fertilidade dos solos.

5. Referências

ATUCHA, A.; MERWIN, I.A.; BROWN, M.G. Long-term effects of four groundcover management systems in an apple orchard. **HortScience**, v.46, p.1176-1183, 2011.

BRUNETTO, G., KAMINSKI, J., MELO, G.W.B., BRUNING, F.S., MALLMANN, F.J.K. Destino do nitrogênio em videiras Chardonnay e Riesling Renano quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.497-500, 2006.

BRUNETTO, G., VENTURA, M., SCANDELLARI, F., CERETTA, C.A., KAMINSKI, J., MELO, G.W.B., TAGLIAVINI, M., Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.90, p.299-308, 2011.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C.A.; MELO, G.W.B.; KAMINSKI, J.; TRENTIN, G.; GIROTTO, E.; FERREIRA, P.A.; MIOTTO, A.; TRIVELIN, P. C. O. Contribution of nitrogen from agricultural residues of rye to Niagara Rosada grape nutrition. **Scientia Horticulturae**, v.169, p.66-70, 2014.

BRUNETTO, G.; NAVA, G.; AMBROSINI, V.G.; COMIN, J.J.; KAMINSKI, J. The pear tree response to phosphorus and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.2, p. 507-516, 2015a.

BRUNETTO, G.; MELO, G.W.B.; TOSELLI, M.; QUARTIERI, M.; TAGLIAVINI, M. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.4, p.1089-1104, 2015b.

CARMO, C.A.F.S.; ARAÚJO, W.S.; BERNARDI, A.C.C.; SALDANHA, M.F.C. **Métodos de Análises de Tecidos Vegetais Utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41p. (Circular Técnica; 6).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2016. 375p.

CORREIA, C.M.; BRITO, C.; SAMPAIO, A.; DIAS, A.A.; BACELAR, E.; GONÇALVES, B.; FERREIRA, H.; MOUTINHO-PEREIRA, J.; RODRIGUES, M.A. Leguminous cover crops improve the profit ability and the sustainability of rainfed Olive (*Olea europea* L.) orchards: from soil biology to Physiology of yield determination. **Procedia Environmental Sciences**, v.29, p.282-283, 2015.

CQFS-RS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10^a ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

DORTZBACH, D. PEREIRA, M. G.; VIANNA, L. F. N.; GONZALEZ, A. P. Horizontes diagnósticos superficiais de Cambissolos e uso de $\delta^{13}C$ como atributo complementar na classificação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.1339-1348, 2016.

ERNANI, P. R. Adubação e calagem para frutíferas de clima temperado. In: **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

FAO. **FAOSTAT**: Production crops Brazil pears 1961-2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>>. Acesso em: 20/06/2017.

IBGE Estados. **Lavoura Permanente 2015**. Produção de pera. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=sc&tema=lavourapermanente2015>>. Acesso em 22/06/2017.

KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L.S. Eficiência da calagem superficial e incorporada em um argissolo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.573-580, 2005.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; DE CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W. B. D.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**. v. 42, p.1173-1179, 2012.

LORENSINI, F.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; CERINI, J.B.; LOURENZI, C.R.; CONTI, L.D.; TIECHER, T.L. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. **Revista Ceres**, v.61, p.241-247, 2014.

MELO, G.W.B. Correção de deficiência de boro em videira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003 (**Instrução Técnica**).

MELO, G.W.B.; BRUNETTO, G.; NACHTIGALL, G.R.; KAMINSKI, J.; FURLANETTO, V. Modificação de atributos do solo pela calagem incorporada em um solo argiloso cultivado com macieira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006 (**Comunicado técnico 68**).

MONTANARO, G.; DICHIO, B., BATI, C. B.; XILOYANNIS, C. Soil management affects carbon dynamics and yield in a Mediterranean peach orchard. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.161, p.46-54, 2012.

MONTANARO, G.; XILOYANNIS, C.; DICHIO, B. Orchard management, soil organic carbon and ecosystem services in Mediterranean fruit tree crops. **Scientia Horticulturae**, v.217, p.92-101, 2017.

NETO, C.; CARRANCA, C.; CLEMENTE, J. Senescent leaf decomposition in a Mediterranean pear orchard. **European Journal of Agronomy**, v.30, p.34-40, 2009.

PASA, M.S.T. Desenvolvimento, produtividade e qualidade de peras sobre porta-enxertos de marmeleiro e *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.873-880, 2012.

RODRIGUES, M.Â.; CORREIA, C.M.; CLARO, A.M.; FERREIRA, I.; BARBOSA, J.C.; MOUTINHO-PEREIRA, J.M.; BACELAR, E.A.; FERNANDES-SILVA, A.A.; ARROBAS, M. Soil nitrogen availability in olive orchards after mulching legume cover crop residues. **Scientia Horticulturae**, v.158, p.45-51, 2013.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.

SCHUNFENG, G.E.; JIANG, Y.; WEI, S. Gross nitrification rates and nitrous oxide emissions in an apple orchard soil in northeast China. **Pedosphere**, v.25, p.622-630, 2015.

SCHMITT, D.E.; BRUNETTO, G.; WAGNER, W.L.; SETE, P.B.; SOUZA, M.; AMBROSINI, V.G.; SANTOS, M.A.; COMIN, J.J.; COUTO, R.C.; GATIBONI, L.C.; GIACHINI, A. Phosphorus fractions in apple orchards in southern Brazil. **Bragantia**, 2017. (Aceito para publicação).

TAGLIAVINI, M.; TONON, G.; SCANDELLARI, F.; QUIÑONES, A.; PALMIERI, S.; MENARBIN, G.; GIOACCHINI, P.; MASIA, A. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in orchard. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v.118, p.191-200, 2007.

TEDESCO, M. J; GIANELLO, C; BISSANI, C; BOHNEN, H; VOLKWEISS, S. J.
Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre. UFRGS/FA/DS, 1995. 174p.

VASCONCELOS, M.C.; GREVEN, M.; WINEFIELD, C.S.; TROUGHT, M.C.T.; RAW, V. The Flowering Process of *Vitis vinifera*: A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.60, p.411-434, 2009.

WEI, H.; XIANG, Y.; LIU, Y.; ZHANG, J. Effects of sod cultivation on soil nutrients in orchards across China: A meta-analysis. **Soil and Tillage Research**, v.169, p.16-24, 2017.

Capítulo 4

Uso de plantas de cobertura de inverno e ciclagem de nutrientes em pomares de pereira

Jucinei José Comin, Rodolfo Assis de Oliveira, Marlise Nara Ciotta, Jamilli Almeida Salume, Paula Beatriz Sete, Vilmar Müller Júnior, Bárbara Santos Ventura, Monique Souza, Gilberto Nava, Arcângelo Loss, Cledimar Rogério Lourenzi, Paulo Ademar Avelar Ferreira, Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares, Paulo Emílio Lovato, George Wellington Bastos de Melo, Gustavo Brunetto

1 Introdução

O estado de Santa Catarina (SC) é o terceiro maior produtor de pereira (*Pyrus communis* L.) do Brasil. Os pomares são instalados em solos sob relevo suave ondulado ou ondulado e, por isso, é necessária a manutenção de plantas de cobertura, especialmente, nas entrelinhas de plantio, ou a semeadura dessas espécies, em especial, as de outono/inverno, para dissipar a energia cinética das gotas de chuva sobre o solo, diminuindo o potencial de erosão hídrica e aumentando o armazenamento de água no solo (OLIVEIRA et al., 2016a; WOLSCHICK et al., 2016). Além disso, as plantas de cobertura proporcionam uma grande diversidade, quantidade e proporção de resíduos da parte aérea que, ao serem depositados na superfície do solo, promovem a ciclagem de nutrientes. Por isso, diversas espécies de plantas de cobertura de solo de primavera/verão e outono/inverno têm sido avaliadas e selecionadas pela pesquisa (TIECHER, 2016).

As plantas de cobertura presentes nas entrelinhas e linhas dos pomares podem ser roçadas ao longo do ciclo da pereira ou dessecadas com herbicidas sistêmicos, especialmente aquelas nas linhas de plantio (OLIVEIRA et al., 2014, 2016b; SETE et al., 2015). Parte do carbono (C) orgânico dos resíduos depositada sobre o solo é utilizada como fonte de energia pela população microbiana do solo (FERREIRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016a; REICHERT et al., 2015), e parte dos nutrientes nos resíduos, como fósforo (P), potássio (K) e, especialmente, o nitrogênio (N), é mineralizada pela microbiota do solo, incrementando o teor desses elementos no solo (BRUNETTO et al., 2014b; ECKHARDT et al., 2016; REDIN, 2014). Os nutrientes no solo, derivados da mineralização dos resíduos, podem ser absorvidos pelas raízes das pereiras, especialmente, em estágios fenológicos de maior emissão de raízes finas, que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes e pelo crescimento de órgãos da parte aérea, contribuindo para a nutrição mineral das plantas, o que pode diminuir a necessidade da aplicação de fertilizantes, reduzindo consequentemente o custo de produção (OLIVEIRA et al., 2014; PLAZA-BONILLA et al., 2015; SANTOS et al., 2014).

Mas a decomposição e a mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura são dependentes de características bioquímicas dos resíduos, especialmente dos teores de celulose, hemicelulose e lignina (SÁNCHEZ, 2009; TAGLIAVINI et al., 2007; VAHDAT et al., 2011), das relações celulose/lignina, lignina/N e C/N (TRINSOUTROT et al., 2000) e dos valores de pH do solo, umidade e oxigênio, que influenciam a atividade microbológica do solo (BERG & MCCLAUGHERTY, 2008; OLIVEIRA et al., 2016a).

As plantas da família das Poaceae, como a aveia (*Avena strigosa*) e o azevém (*Lolium multiflorum*), normalmente possuem baixos teores de N, alta relação C/N, baixos teores de celulose e hemicelulose, mas altos teores de lignina (CARDOSO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2016a; REDIN et al., 2014a, 2014b). Por isso, se espera decomposição e mineralização mais lenta de nutrientes desses resíduos (BRUNETTO et al., 2014a; FERREIRA et al., 2014; REDIN et al., 2014b; REICHERT et al., 2015), o que pode ser

interessante, porque o incremento de nutrientes no solo poderá acontecer de maneira gradual ao longo de estágios fenológicos da pereira que demandam maior quantidade de nutrientes (GÓMEZ-MUÑOZ et al., 2014; REDIN, 2014). Por outro lado, espécies como o nabo-forrageiro da família das Brassicaceae, em geral possuem maiores teores de N no tecido, maiores valores de relação C/N, celulose, hemicelulose e menores valores de lignina (NGUYEN & MARSCHNER, 2017; REDIN, 2014), que estimulam a rápida decomposição e mineralização de nutrientes, o que nem sempre é desejado porque grande parte dos nutrientes poderá ser disponibilizada em estágios fenológicos quando é pequena a demanda de N, P e K pela pereira, potencializando as perdas, especialmente de N (OLIVEIRA et al., 2014, 2016a).

No presente capítulo inicialmente será apresentada uma breve descrição das principais espécies de plantas de cobertura de solo de outono/inverno utilizadas, ou com potencial de uso em pomares de pereira. Posteriormente, serão apresentados resultados de produção de matéria seca, acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de cobertura do solo, bem como de mineralização.

2 Espécies de plantas de cobertura normalmente cultivadas em pomares

Plantas de cobertura são usadas em pomares especialmente para conservação do solo e ciclagem de nutrientes (BRUNETTO et al., 2014b). As plantas de cobertura presentes nas entrelinhas podem ser roçadas a, aproximadamente, 10cm da superfície do solo ao longo do ciclo das pereiras, enquanto aquelas nas linhas de plantio das pereiras podem ser capinadas, roçadas e/ou dessecadas com herbicidas sistêmicos. No manejo das plantas de cobertura nas entrelinhas e linhas de plantio da pereira, os resíduos da parte aérea são depositados sobre a superfície do solo (BALBINOT-JR et al., 2007). O cultivo e a deposição de resíduos de plantas de cobertura dissipam a energia cinética da gota da chuva, o que diminui a erosão hídrica, evita a emergência de plantas espontâneas, aumenta a umidade do solo e pode promover o incremento do teor de carbono orgânico do solo, principalmente em solos degradados (SÉGUY et al., 2006).

Em algumas situações, o produtor evita a semeadura de espécies de plantas de cobertura nos pomares por causa da dificuldade de obtenção e do custo elevado de sementes, bem como devido às operações de semeadura (BALBINOT, 2011). Assim, ele opta pela manutenção de espécies espontâneas nativas, como a língua de vaca (*Rumex obtusifolius*), grama-batatais (*Paspalum notatum*) e capim-rabo-de-burro (*Andropogon bicornis* L.) (OLIVEIRA et al., 2016a; SETE et al., 2015). Embora essas produzam menor quantidade de massa seca de resíduos, são menos exigentes em adubação. As espécies de plantas de cobertura do solo implantadas são classificadas em anuais ou perenes. Espécies anuais requerem práticas de semeadura que implicam em elevação dos custos de aquisição de sementes e de mão de obra. Quando semeadas com máquinas de semeadura em linha, ocorre o corte do solo para proporcionar o melhor contato entre as sementes e o solo. Na semeadura mecanizada a lanço, as sementes são distribuídas sobre a superfície do solo em maior densidade de semeadura que aquelas utilizadas na semeadura em linha, além de ser necessária a posterior incorporação das sementes para melhorar a germinação. Uma opção para evitar a incorporação das sementes é aumentar a quantidade de sementes por hectare em até 50% em relação à maior quantidade recomendada. Associado à mecanização, o uso da prática de incorporação das sementes nas áreas de pomares pode causar danos ao sistema radicular das frutíferas, o que facilita a infecção das raízes por patógenos do solo, além de causar um aumento da densidade do solo. Além disso, grande parte dos pomares da Região Sul do Brasil são localizados em áreas de relevo acidentado, dificultando as operações com máquinas. Desta forma, o uso de espécies perenes que consigam completar

seu ciclo de produção de sementes é a forma mais barata para a manutenção da cobertura vegetal nos pomares. Espécies como o trevo branco (*Trifolium repens*), o trevo vermelho (*Trifolium pratenses*), o azevém perene (*Lolium perene*), a língua-de-vaca (*Rumex obtusifolius*), a grama-forquilha (*Paspalum notatum*) e o capim-rabo-de-burro (*Andropogon bicornis* L.) são as espécies espontâneas, nativas ou exóticas comumente encontradas em pomares no sul do Brasil (AZEVEDO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014; SETE et al., 2015).

A seguir serão apresentadas, de forma breve, características de algumas espécies de plantas de cobertura de outono/inverno utilizadas em pomares na Região Sul do Brasil.

2.1 Espécies de outono/inverno

As espécies de outono/inverno são utilizadas principalmente com o objetivo de promover a cobertura do solo no período de inverno (Tabela 21). Em função das boas condições edafoclimáticas do estado de SC, com boa distribuição de chuva no inverno, praticamente todas as espécies de plantas de cobertura apresentam excelente desempenho nos mais diversos tipos de solos e locais (TIECHER, 2016).

No inverno normalmente são semeadas nas entrelinhas de cultivo dos pomares de pereira plantas pertencentes à família Poaceae, como a aveia e o azevém, que possuem alta relação C/N (CARDOSO et al., 2013; REDIN et al., 2014a), resultando em lenta decomposição e mineralização de nutrientes (REDIN, 2014; REICHERT et al., 2015). Dessa maneira, o incremento de nutrientes no solo ocorre em um maior período ao longo dos estágios fenológicos das plantas (GÓMEZ-MUÑOZ et al., 2014; REDIN et al., 2014b). Leguminosas e Brassicaceas também são utilizadas (Figura 15) (HEINZ et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016a), mas possuem menor relação C/N (NGUYEN & MARSCHNER, 2017; REDIN, 2014).

Tabela 21. Espécies indicadas para a cobertura do solo no outono/inverno em pomares de pereira, com indicação da época de plantio e da densidade de semeadura

Nome comum	Nome científico	Época de semeadura	Densidade de semeadura (kg/ha)
Aveia branca	<i>Avena sativa</i>	Mar/Mai	40 a 60
Aveia preta	<i>Avena strigosa</i>	Mar/Mai	60 a 80
Azevém	<i>Lolium multiflorum</i>	Mai/Jun	60 a 80
Centeio	<i>Secale cereale</i> L.	Mar/Mai	80 a 100
Ervilha forrageira	<i>Pisum arvensis</i>	Mar/Mai	100 a 120
Ervilhaca	<i>Vicia sativa</i>	Mar/Jul	60 a 80
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus oleiferus</i>	Mar/Mai	4 a 6

Fonte: (Epagri, 2013; Monegat, 1991; Tiecher, 2016). Mar=março, Mai=maio, Jul=julho.

Avena spp: Trata-se de um gênero pertencente à família Poaceae. É uma gramínea forrageira de clima temperado, anual, com excelente capacidade de perfilhamento e produção de matéria seca. Possui colmos cilíndricos, eretos e sistema radicular fasciculado. Ela é amplamente utilizada em todo o mundo. Entre as espécies desse gênero, a aveia preta (*Avena sativa*) é a principal planta de cobertura de solo de estação outono/inverno na Região Sul do Brasil (Figura 15a). Possui elevada produção de matéria seca, possibilitando adequada proteção e melhoria de atributos do solo (CALEGARI, 2016).

Lolium multiflorum: É uma espécie pertencente à família Poaceae, originária do mediterrâneo, considerada altamente adaptada às condições edafoclimáticas da Região Sul do Brasil, pois é originária de clima temperado (Figura 15b). O azevém é muito semelhante

à aveia quanto ao porte, sistema radicular e uso. Uma diferença é a facilidade de ressemeadura natural e resistência a doenças.

Secale cereale L.: O centeio, também pertence à família Poaceae, se destaca pela maior produção de matéria seca e precocidade, comparativamente ao cultivo das espécies anteriores, quando em condições semelhantes (Figura 15c). Destaca-se pelo crescimento inicial vigoroso, pela rusticidade, tolerância à geada, à acidez do solo e doenças. O centeio possui sistema radicular fasciculado com perfilhos, profundo e agressivo, capaz de absorver nutrientes indisponíveis a outras espécies. Ele é o mais eficiente dos cereais de inverno no aproveitamento de água.

Pisum arvensis L.: A ervilha forrageira é uma espécie pertencente à família Fabaceae, de clima temperado, anual e de hábito trepador. Ela é utilizada para adubação verde e destaca-se por possuir rusticidade, rápido crescimento inicial e boa capacidade de cobertura de solo (Figura 15d). A ervilha é pouco difundida entre técnicos, extensionistas e agricultores, principalmente por causa da falta de informações disponíveis sobre a importância e o potencial de uso na agricultura sustentável ecológica (TIECHER, 2016).

Vicia sativa: A ervilhaca, também pertence à família Fabaceae, é amplamente utilizada, sendo considerada uma planta modelo em pesquisas agronômicas. A ervilhaca é herbácea, com hábito de crescimento trepador, apresenta boa quantidade de raízes, além de proporcionar boa cobertura de solo. Seu principal uso é na adubação verde (Figura 15e). O consórcio de ervilhaca com outras espécies de plantas de cobertura de solo, como a aveia preta e o nabo forrageiro, é muito frequente nos agroecossistemas (TIECHER, 2016).

Raphanus sativus: O nabo forrageiro é uma espécie pertencente à família Brassicaceae. Planta anual ereta, herbácea (Figura 15f) e muito cultivada na Ásia Oriental e Europa. No Brasil, o cultivo ocorre principalmente em regiões com temperaturas amenas. Ele é tolerante à seca e à geada, possuindo ciclo em torno de quatro meses. É muito utilizado como planta de cobertura, conhecido pela capacidade do seu vigoroso sistema radicular em descompactar camadas adensadas do solo.





Figura 15. (a) Aveia preta; (b) plantas de aveia preta e azevém em pomar de pereira cv. Rocha; (c) centeio; (d) ervilha forrageira; (e) consórcio ervilhaca e azevém na entrelinha de pomar de ameixeira cv. Letícia na fase de implantação e (f) nabo-forrageiro em estágio de floração

Fotos: 15a, b, c, f: Estação Experimental de Ituporanga; 15d: Estação Experimental de Caçador; 15e: Alex Basso

3 Manejo de plantas de cobertura em pomares

As práticas de manejo de plantas de cobertura em pomares comerciais, sejam cultivadas ou espontâneas, solteiras ou consorciadas, constituem uma etapa importante na manutenção efetiva da cobertura do solo. O manejo utilizado deve ser adequado para cada situação de cultivo e idade dos pomares, aproveitando as melhorias que elas proporcionam nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (FAGERIA et al., 2005), sem que ocorra o comprometimento do desenvolvimento das frutíferas. Essas práticas de manejo podem ser desde a supressão mecânica das plantas com roçadas ou acamamento com rolo faca, até a dessecação química ou senescência natural.

3.1 Manejo de plantas de cobertura em pré-plantio dos pomares

Em algumas situações especiais de instalação, como nas áreas de pomares da região serrana de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, onde o relevo é caracterizado como declivoso, a semeadura de plantas de cobertura do solo deve ser planejada antes do plantio

das mudas, juntamente com outras práticas de correção da acidez e da fertilidade do solo. Nesta fase, o uso de espécies de inverno pode originar quantidade significativa de resíduos sobre a superfície do solo na época do plantio da pereira, evitando perdas de solo por erosão. Realiza-se uma vez a correção da acidez e da fertilidade do solo, anteriormente à sementeira das plantas de cobertura (de acordo com as recomendações estabelecidas, normalmente, pelas Comissões de Química e Fertilidade do Solo de Estados ou regiões, ou por outra recomendação oficial para a pereira). Assim, com exceção das covas ou linhas de plantio, o solo não mais necessita ser revolvido.

3.2 Manejo de plantas de cobertura em pomares em crescimento

Em pomares de pereira em crescimento, as plantas de cobertura poderão competir por água e nutrientes com a frutífera. Isso acontece principalmente porque nesse período as frutíferas possuem menor volume de raízes explorando o solo. Assim, hipoteticamente, caso aconteça a redução na absorção de água e nutrientes, menor será o seu crescimento, que pode ser mensurado pela altura e diâmetro de caule, mas também pelo teor de nutrientes nas folhas (ATUCHA et al., 2011).

Práticas como a dessecação e a capina mecânica ou manual nas linhas de plantio das pereiras devem ser realizadas com cautela, pois podem causar danos ao sistema radicular (Figura 16a; b; c; d; e). Convém destacar que uma opção para diminuir a competição das plantas de cobertura próximo às frutíferas é o coroamento. Com isso, a vegetação em um raio de aproximadamente 80 a 100cm é eliminada, sendo os seus resíduos depositados sobre a superfície do solo, próximo ao caule das pereiras, para reduzir a erosão e contribuir para a ciclagem de nutrientes (Figura 16b; f).

Mas é importante destacar que em regiões de cultivo de pereira em SC, como no Planalto Serrano, as chuvas são frequentes ao longo do ano e as temperaturas mais amenas. Com isso, os solos podem possuir disponibilidade de água adequada para suprir as demandas das plantas de cobertura e também da pereira. Por isso, se espera que a competição das plantas de cobertura por água e nutrientes com as pereiras jovens possa ser menor no Planalto Serrano de SC que em outras regiões com outras condições edafoclimáticas. Aliado a isso, como os solos são submetidos a aplicações de corretivos da acidez e fertilizantes na adubação de plantio, isso pode contribuir para a melhoria da exploração do perfil do solo pelas raízes da pereira.





Figura 16. a) Nabo-forrageiro 20 dias após sementeira na linha e plantas espontâneas na entrelinha em pomar de pereira cv. Rocha; (b) roçada manual do nabo-forrageiro; (c) roçada mecânica logo após a sementeira de plantas de cobertura; (d) roçada mecânica na linha de plantio e (e) manejo químico de plantas de cobertura em pomar de ameixa cv. Fortune, Monte Bérico, Farroupilha, RS

Fotos: Alex Basso

3.3 Manejo de plantas de cobertura em pomares em produção

Em pomares em produção se recomenda a sementeira de plantas de cobertura no início da dormência das pereiras, no final da primavera/verão (abril-maio), evitando que o solo permaneça com pouca vegetação em um período (inverno) de maior número e volume de precipitações, o que é comum, por exemplo, no Planalto Serrano de SC. Assim, em aproximadamente 20 dias após a sementeira das plantas de cobertura possivelmente elas estarão com uma altura em torno de 10 a 15cm. O seu crescimento será favorecido pelo aumento da entrada de luz no pomar, em decorrência da senescência das folhas das pereiras. Convém destacar que com a senescência e decomposição dessas folhas sobre o solo se espera mineralização de nutrientes (p.e.: N, P, K, entre outros) que poderão contribuir para a nutrição das pereiras no início da brotação ou das plantas de cobertura implantadas no pomar. Ademais, as plantas de cobertura contribuem para o controle das plantas espontâneas e, conseqüentemente, para a redução (FAGERIA et al., 2005), até mesmo a eliminação do uso de herbicidas. A supressão das plantas espontâneas pode ser consequência de vários fatores como: a barreira física exercida pelos resíduos de plantas de cobertura, que dificultam o crescimento e o desenvolvimento normal das plantas; a interceptação da radiação solar e a redução da amplitude térmica das camadas superficiais do solo, afetando as sementes de espécies de espontâneas que, para germinar, necessitam de estímulo térmico; as características químicas das plantas, em um tipo de interação ecológica conhecida por alelopatia causada pela liberação de compostos químicos que podem suprimir a germinação e o crescimento de plantas espontâneas (ALTIERI et al., 2011).

Para facilitar práticas de manejo das pereiras, caso seja necessário as plantas de cobertura poderão ser roçadas e os seus resíduos depositados sobre o solo. Porém, não havendo essa necessidade, sugere-se a manutenção das plantas de cobertura sem roçadas para se obter maiores produções de matéria seca da parte aérea ou mesmo do sistema radicular, o que aumenta a ciclagem de nutrientes e minimiza as perdas de solo pela erosão hídrica.

Ao final do inverno (agosto-setembro) as plantas de cobertura podem ser mantidas até sua senescência natural, caso não estejam prejudicando as práticas culturais (Figura 17a). Por outro lado, as plantas de cobertura poderão ser manejadas, por exemplo, com

roçadas, a 10cm da superfície do solo ao longo do ciclo das pereiras. Isso facilitará a circulação de pessoas e máquinas no interior do pomar para a realização de práticas de manejo. Quando necessário e adequado, sugere-se a semeadura de plantas de cobertura de primavera/verão. Porém outra boa opção é a manutenção da vegetação espontânea/nativa nas linhas e entrelinhas do pomar e, quando necessário, realizar roçadas, especialmente na vegetação da entrelinha (Figura 17b; c; d) (FERREIRA et al., 2014; SETE et al., 2015).



Figura 17. (a) Manejo de plantas de cobertura em pomares de Pera Rocha em produção com cobertura de tela anti-granizo; (b) plantas de nabo-forageiro na linha de plantio e acamamento do nabo-forageiro com roçada manual em pomar de pera Rocha (direita); (c) nabo-forageiro antes e após roçada manual com posterior deposição na linha de plantio e (d) pera cv. Packham's e plantas de cobertura acamadas, Monte Bérico, Farroupilha, RS
Fotos: Alex Basso.

4 Produção de matéria seca de plantas de cobertura em pomares no Sul do Brasil

A produção de matéria seca de espécies de plantas de cobertura do solo em pomares é menor, comparativamente, às produções observadas em áreas cultivadas com culturas anuais. Por exemplo, em sistemas de plantio direto no sul do Brasil já foram observadas produções de 4,0; 4,2 e 5,5 Mg ha⁻¹ de matéria seca de aveia branca, azevém e nabo-forageiro, respectivamente (CARDOSO et al., 2013). Enquanto em pomares de macieira a produção de matéria seca de aveia branca foi de 2,7 Mg ha⁻¹, a de azevém foi próxima de 3,5 Mg ha⁻¹ (PELIZZA et al., 2009) e, em pomar de pessegueiro, a de nabo-forageiro foi de aproximadamente 3,0 Mg ha⁻¹ (ROSSI et al., 2007). Isso porque normalmente as plantas de cobertura são roçadas na floração das frutíferas. Aliado a isso, a incidência de luz é

menor no interior dos pomares, o que pode diminuir o crescimento e o desenvolvimento das espécies de plantas de cobertura.

4.1 Decomposição e mineralização de nutrientes em pomar de pereira

A dinâmica da perda da matéria seca e a liberação de nutrientes tem permitido selecionar plantas de cobertura que liberam maior quantidade de nutriente na fase de brotação e floração das pereiras, proporcionando economia de insumos utilizados no pomar. Estudos foram realizados no Planalto Serrano de SC com o objetivo de avaliar a decomposição e a liberação de nutrientes de resíduos de aveia branca, nabo-forageiro, azevém e plantas espontâneas (SALUME, 2017). Os resíduos produzidos pelas plantas de cobertura foram acondicionados em bolsas de decomposição, que foram depositadas sobre a superfície do solo. Esses mesmos resíduos foram coletados no tempo zero, o que coincidiu com o início da brotação das pereiras, seguindo as coletas até 136 dias após a deposição, correspondente à colheita dos frutos. Os detalhes experimentais do estudo podem ser obtidos em Salume (2017). Ao longo do tempo se observou diminuição dos teores de matéria seca e liberação de C, N, P, K, Ca e Mg. O decréscimo da matéria seca aconteceu por causa da fragmentação dos resíduos pela fauna do solo e da degradação de compostos orgânicos pela população microbiana (NGUYEN & MARSCHNER, 2017; OLIVEIRA et al., 2016b).

As percentagens de matéria seca remanescente de todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 22; Figura 18a). Dos 21 até 136 dias após a deposição, as maiores percentagens de matéria seca remanescente foram observadas nos resíduos de plantas espontâneas, com média de 28% aos 136 dias após a deposição e tempo de meia-vida ($t^{1/2}$) de 73 dias. Percentuais intermediários de matéria seca foram verificados a partir dos 21 até os 136 dias após a deposição, aproximadamente, 25 e 16% para os resíduos de nabo-forageiro e azevém, com $t^{1/2}$ de 69 e 52 dias, respectivamente. A menor percentagem de matéria seca remanescente (aproximadamente, 3% aos 136 dias após a deposição) foi verificada nos resíduos da aveia, sendo o $t^{1/2}$ de 27 dias.

Tabela 22. Parâmetros dos valores ajustados ($X=X_0e^{-kt}$) aos valores de matéria seca (MS) remanescente, nitrogênio total (N), fósforo (P) e potássio (K); o tempo de meia-vida ($t^{1/2}$) e a constante de decomposição (k) de cada compartimento, e valores de R² para os resíduos de aveia branca, nabo-forageiro, azevém e plantas espontâneas, depositados na linha de plantio em pomar de pereira

Planta de cobertura	X ₀ ⁽²⁾	k ⁽³⁾	t ^{1/2} ⁽⁴⁾	R ²	X ₀	k	t ^{1/2}	R ²
	%	g g ⁻¹	Dias		%	g g ⁻¹	Dias	
	MS remanescente				P remanescente			
Aveia branca	95,05 ¹ a	0,025 a	27 c	0,94**	94,67 ab	0,027 a	26 b	0,93**
Nabo-forageiro	87,95 b	0,009 b	69 ab	0,83**	95,00 ab	0,023 a	30 b	0,95**
Azevém	95,05 a	0,013 b	52 b	0,89**	96,67 a	0,041 a	26 b	0,95**
Plantas	100,25 a	0,010 b	73 a	0,87**	88,67 b	0,006 a	109 a	0,88**
	N remanescente				K remanescente			
Aveia branca	85,50 a	0,012ab	58 ab	0,81**	100,00 a	0,064 a	11 a	0,99**
Nabo-forageiro	86,50 a	0,011 ab	67 ab	0,83**	100,00 a	0,089 a	8 a	0,99**
Azevém	90,35 a	0,014 a	48 b	0,91**	100,00 a	0,079 a	9 a	0,99**
Plantas	88,25 a	0,008 b	91 a	0,81**	99,67 a	0,075 a	9 a	0,99**

** significativo a 5% de probabilidade; ⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ⁽²⁾ Quantidade inicial; ⁽³⁾ Constante de decomposição e ⁽⁴⁾ Tempo de meia vida.

A maior quantidade de matéria seca remanescente de plantas espontâneas observada no período de 21 a 136 dias após a deposição pode ter acontecido por causa da mistura de tipos de plantas espontâneas, como língua de vaca (*Rumex obtusifolius*), grama-batatais (*Paspalum notatum*) e capim-rabo-de-burro (*Andropogon bicornis* L.), que conferiram composição heterogênea a esse tipo de resíduo em relação aos outros resíduos de plantas solteiras. Esse comportamento pode também ser explicado pelos altos valores iniciais de lignina ($334,62 \text{ g kg}^{-1}$), que proporcionaram maiores valores da relação lignina/N (10,23), e um dos menores valores da relação celulose/lignina (0,33).

Resíduos com altas concentrações de lignina, o que normalmente reflete em maiores valores da relação lignina/N e menores valores de celulose/lignina, apresentam decomposição mais gradual, pois a lignina tende a proteger mecanicamente a celulose da parede celular contra a degradação (OLIVEIRA et al., 2016a). Por outro lado, a menor percentagem de matéria seca de resíduos de aveia branca observada no período de 21 a 136 dias após a deposição pode ser atribuída, em parte, ao valor de relação C/N, que foi próximo de 20, o que pode estimular a colonização dos resíduos pela população microbiana, potencializando a mineralização do resíduo com consequente diminuição da matéria seca remanescente.

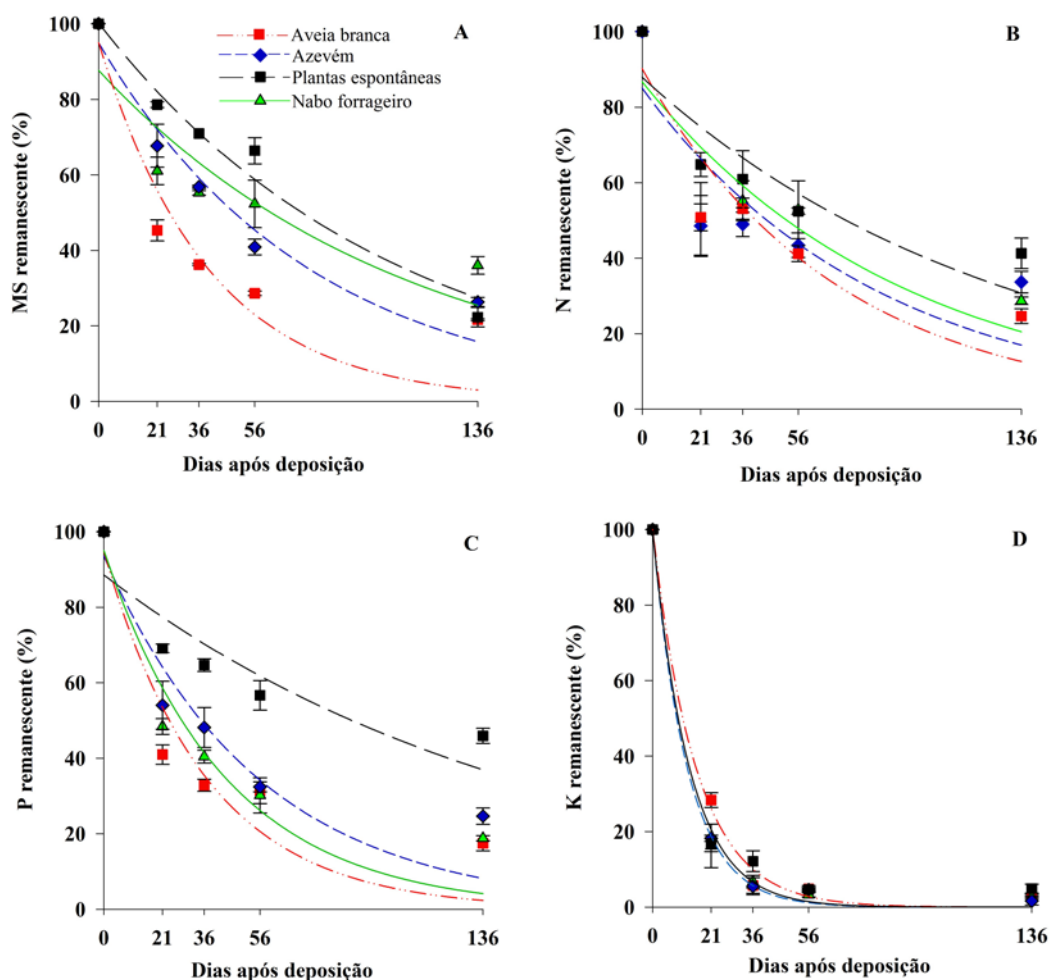


Figura 18. (a) Percentagem remanescente de matéria seca (MS), (b) nitrogênio (N), (c) fósforo (P) e (d) potássio (K), em resíduos de aveia branca, nabo-forrageiro, azevém e plantas espontâneas, depositados na linha de plantio em pomar de pereira. As barras verticais representam o erro padrão.

As percentagens de N remanescente em todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 22; Figura 18b). A maior percentagem de N remanescente, dos 21 aos 136 dias após a deposição foi observada nos resíduos de azevém, com média de 35% aos 136 dias após a deposição (Tabela 22; Figura 18b). Percentuais intermediários foram verificados nos resíduos de nabo-forrageiro, sendo o $t^{1/2}$ de 66 dias. A menor percentagem de N remanescente foi observada nos resíduos de plantas espontâneas, com média de 50% aos 136 dias após a deposição e $t^{1/2}$ de 91 dias. A maior permanência do N remanescente nos resíduos de azevém pode ser atribuída, em parte, à maior quantidade de N adicionado na forma de resíduo, mas também à maior relação lignina/N (6,25), teor de lignina (174,62 g kg⁻¹), em relação aos demais tipos de resíduos. Por outro lado, a menor percentagem de N remanescente nos resíduos de plantas espontâneas pode ser explicada, especialmente, pela diminuição das relações C/N no resíduo ao longo das épocas de coleta. As percentagens intermediárias de N remanescente nos resíduos de nabo-forrageiro podem ser atribuídas, especialmente, à relação C/N (15,16) no tempo zero, que foi intermediária em relação aos demais resíduos (Tabela 23).

Tabela 23. Relação C/N da matéria seca remanescente dos resíduos de aveia branca, nabo-forrageiro, azevém e plantas espontâneas, depositados na linha de plantio em pomar de pereira

Plantas de cobertura	Dias após deposição das bolsas de deposição				
	0	21	36	56	136
Aveia branca	23,82	21,38	17,40	15,92	14,99
Nabo-forrageiro	15,16	19,96	14,54	15,52	17,43
Azevém	14,90	21,18	13,83	13,28	12,59
Plantas espontâneas	11,40	14,97	15,87	16,38	14,73

As percentagens de P remanescente em todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 22; Figura 18c). A maior percentagem de P remanescente foi verificada nos resíduos de plantas espontâneas, com média de 37% e $t^{1/2}$ de 109 dias (Tabela 22; Figura 18c). A menor percentagem de P remanescente foi verificada nos resíduos de nabo-forrageiro, azevém e aveia branca, com média 8, 5 e 3% aos 136 dias após a deposição, com o $t^{1/2}$ de 30; 26 e 26 dias, respectivamente. Convém destacar que aos 136 dias após a deposição, os resíduos de plantas espontâneas depositados no solo apresentaram percentagens de P remanescente menor que 60%, indicando a liberação de mais da metade do P contido nos resíduos. O P em plantas de cobertura pode ser acumulado na forma orgânica e, especialmente, na forma solúvel inorgânica, que é rapidamente liberada durante a decomposição dos resíduos (OLIVEIRA et al., 2017). A maior acumulação de P no período inicial nas plantas espontâneas se deve à permanência de formas de P mais recalcitrantes, sendo liberadas após a mineralização dos resíduos. Por outro lado, a menor acumulação de P no período inicial nos resíduos de nabo-forrageiro, azevém e aveia branca se deve à perda de P solúvel acumulada nos vacúolos dos tecidos vegetais (MARSCHNER, 2012; OLIVEIRA et al., 2017).

As percentagens de K remanescente em todos os tipos de resíduos diminuíram ao longo do tempo (Tabela 22; Figura 18d). A maior percentagem de K remanescente foi verificada nos resíduos de aveia branca, com média de 1% aos 136 dias após a deposição e $t^{1/2}$ de 11 dias. Mas, dos 21 aos 136 dias após a deposição, a percentagem remanescente de K não diferiu estatisticamente entre os tipos de resíduos (Tabela 22; Figura 18d). O maior valor de percentagem remanescente de K nos resíduos de aveia branca pode ser explicado,

em parte, devido ao menor $t^{1/2}$ (68 dias) da biomassa não estrutural (504,10 g kg⁻¹). As baixas percentagens de K remanescente, em todos os resíduos, dos 21 aos 136 dias após a deposição, acontece porque o K é um cátion encontrado na forma solúvel em resíduos de plantas e não está associado a nenhum componente estrutural no tecido vegetal (FERREIRA et al., 2014; TIECHER et al., 2015). Com isso, o K é facilmente lixiviado dos resíduos pela água até o solo (OLIVEIRA et al., 2016b).

As quantidades de N, P (P₂O₅) e K (K₂O) liberadas quando as plantas foram depositadas na superfície do solo, no período de brotação das pereiras, proporcionaram uma liberação de N de 160,7 (aveia branca), 270,09 (nabo-forrageiro), 248,4 (azevém) e 192,0kg ha⁻¹(plantas espontâneas), de P₂O₅ 200,1 (aveia branca), de 497,3 (nabo-forrageiro), 280,0 (azevém) e 195,8kg ha⁻¹(plantas espontâneas), e de K₂O 76,6 (aveia branca), de 141,0 (nabo-forrageiro), 192,0 (azevém) e 53,72kg ha⁻¹(plantas espontâneas), respectivamente (Tabela 24). Esses valores proporcionam redução de adubações com N, P e K e economia com fertilizantes, considerando-se que no pomar comercial, onde foi realizado o experimento, cultivam-se cerca de 20 hectares de pereira. Os efeitos de plantas de cobertura que propiciam a economia de fertilizantes nitrogenados são bem documentados na literatura (FAGERIA et al., 2005).

Em resumo, o enriquecimento do solo com nutrientes essenciais é influenciado pela espécie de cobertura, especialmente pela quantidade de matéria seca produzida e a concentração de nutrientes nos tecidos secos. A produção de matéria seca também é afetada pelas condições ambientais, fertilidade do solo e práticas de manejo das culturas. Além disso, o enriquecimento do solo com nutrientes é principalmente dependente da profundidade de enraizamento, pois o desejado é que as plantas de cobertura absorvam e transfiram de nutrientes de horizontes subsuperficiais para as camadas superficiais do solo. Já a profundidade de enraizamento não é apenas determinada pela espécie de planta de cobertura, mas, principalmente, pela profundidade do solo, presença de camadas compactadas, aeração, textura do solo, fertilidade do solo e presença de elementos tóxicos (FAGERIA et al., 2005).

Tabela 24. Equivalente de fertilizantes (kg ha⁻¹) com base nas quantidades de N, P e K liberados pelas plantas de cobertura

Planta de cobertura	Nutrientes	Liberado pelas plantas de cobertura	Equivalente de fertilizante ¹
		kg ha ⁻¹	
Aveia branca	N	72,33	160,73
	P (P ₂ O ₅)	36,02	200,11
	K (K ₂ O)	45,93	76,55
Nabo-forrageiro	N	121,54	270,09
	P (P ₂ O ₅)	89,51	497,28
	K (K ₂ O)	84,6	141,00
Azevém	N	111,77	248,38
	P (P ₂ O ₅)	50,4	280,00
	K (K ₂ O)	53,52	89,20
Plantas espontâneas	N	86,41	192,02
	P (P ₂ O ₅)	35,25	195,83
	K (K ₂ O)	32,23	53,72

⁽¹⁾ N: Ureia (45% de N); P: Superfosfato simples (18% de P₂O₅); K: Cloreto de Potássio (60% de K₂O).

5 Considerações finais

Plantas de cobertura em pomares de pereiras promovem a proteção da superfície do solo, o que dissipa a energia cinética da gota da chuva e diminui o potencial de erosão hídrica, especialmente em solos localizados em relevo declivoso. Os resíduos de espécies, como das plantas espontâneas, permanecem por mais tempo na superfície do solo, em relação a resíduos de aveia, azevém e nabo-forrageiro. Ao longo da decomposição dos resíduos das plantas de cobertura, nutrientes são liberados ao solo e poderão contribuir para a nutrição das pereiras, tema que demanda mais estudos. Os resíduos de nabo-forrageiro e azevém liberaram mais rapidamente o N em relação aos resíduos de aveia e plantas espontâneas.

6 Referências

- ALTIERI, M.A.; LANA, M.A.; BITTENCOURT, H.V.H.; LOVATO, P.E. Enhancing crop productivity via weed suppression in organic no-till cropping systems in Santa Catarina, Brazil. **Journal of Sustainable Agriculture**, v.35, p.1-15, 2011.
- ATUCHA, A.; MERWIN, I. A.; BROWN, M. G. Long-term effects of four groundcover management systems in an apple orchard. **Hort Science**, v.46, p.1176-1183, 2011.
- AZEVEDO, F. A.; ROSSETTO, M.P.; SCHINOR, E.H. ; MARTELLI, I.B. ; PACHECO, C.A. Influência do manejo da entrelinha do pomar na produtividade da laranja-’Pera’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.134-142, 2012.
- BALBINOT-JR, A. A.; MORAES, A.; BACKES, R. L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta daninha**, v.25, p.473-480, 2007.
- BALBINOT, M. Manejo do solo e componentes do rendimento de pomar de pessegueiro. 2011. 95p. **Dissertação (Mestrado)**, Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2011.
- BERG, B.; MCCLAUGHERTY, C. Plant Litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration. 2ª ed. Heidelberg: Springer Verlag, 2014, 315p.
- BRUNETTO, G; CERETTA, C.A.; MELO, G.A.B.; KAMINSKI, J.; TRENTIN, G.; FERREIRA, P.A.A.; MIOTTO, A.; TRIVELIN, P.C.O. Contribution of nitrogen from agricultural residues of rye to “Niagara Rosada” grape nutrition. **Scientia Horticulturae**, v.169, p.66-70, 2014a.
- CALEGARI, A. Manual técnico de plantas de cobertura. 2ed, Webio Academy, 2016, 32p.
- CARDOSO, D.P.; SILVA, M.L.N.; CARVALHO, G.J.; FREITAS, D.A.F. de.; AVANZI, J.C. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. Agrária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.375-382, 2013.
- ECKHARDT, D.P.; REDIN, M.; JACQUES, R.J.S.; LORENSINI, F.; SANTOS, M.L.; WEILER, D.A.; ANTONIOLLI, Z.I. Mineralization and efficiency index of nitrogen in cattle manure fertilizers on the soil. **Ciência Rural**, v.46, p.472-477, 2016.

EPAGRI. **Sistema de produção para a cebola de Santa Catarina**. 4^a ed. Florianópolis: EPAGRI, 2013, 106p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; BAILEY, B. A. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, p.2733-2757, 2005.

FERREIRA, P.A.A.; GIROTTO, E.; TRENTIN, G.; MIOTTO, A.; MELO, G.W.; CERETTA, C.A.; KAMINSKI, J.; DEL FRARI, B.K.; MARCHEZAN, C.; SILVA, L.O.S.; FAVERSANI, J.C.; BRUNETTO, G. Biomass decomposition and nutrient release from black oat and hairy vetch residues deposited in a vineyard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1621-1632, 2014.

GÓMEZ-MUÑOZ, B.; HATCH, D.J.; BOL, R.; GARCÍA-RUIZ, R. Nutrient dynamics during decomposition of the residues from a sown legume or ruderal plant cover in an olive oil orchard. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.184, p.115-123, 2014.

HEINZ, R.; GARBIATE, M.V.; NETO, A.L.V.; MOTA, L.H.S.; CORREIA, A.M.P.; VITORINO, A.C.T Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v.41, p.1549-1555, 2011.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3^a ed. Australia: Elsevier, 2012, 672 p.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo. In: **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. 1^a ed. Chapecó: Ed. do autor, 1991. p.39-143.

NGUYEN, T. T.; MARSCHNER, P. Soil respiration, microbial biomass and nutrient availability in soil after addition of residues with adjusted N and P concentrations. **Pedosphere**, v.27, p.76-85, 2017.

OLIVEIRA, B.S.; AMBROSINI, V.G.; LOVATO, P.E.; COMIN, J.J.; CERETTA, C.A.; SANTOS JUNIOR, E.; SANTOS, M.A.; LAZZARI, C.J.R.; BRUNETTO, G. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. **Ciência Rural**, v.44, p.2164-2170, 2014.

OLIVEIRA, B.S.; AMBROSINI, V.G.; TRAPP, T.; SANTOS, M.A.; SETE, P.B.; LOVATO, P.E.; LOSSO, A.; COMIN, J.J.; LOURENZI, C.R.; COUTO, R.R.; TOSELLI, M.; BRUNETTO, G. Nutrition, productivity and soil chemical properties in an apple orchard under weed management. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.104, p.247-258, 2016a.

OLIVEIRA, R.A.; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; GATIBONI, L.C.; KURTZ, C.; LOVATO, P.E.; OLIVEIRA, B.S.; SOUZA, M.; COMIN, J.J. Cover crops effects on soil chemical properties and onion yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-17, 2016b.

OLIVEIRA, R.A.; COMIN, J.J.; TIECHER, T.; PICCIN, R.; SOMAVILLA, L.M.; LOSS, A.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G. Release of phosphorus forms from cover crop residues

in agroecological no-till onion production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, p.1-16, 2017.

PELIZZA, T.R.; MAFRA, A.L.; AMARANTE, C.V.T.; NOHATTO, M.A.; VARGAS, L. Coberturas do solo e crescimento da macieira na implantação de um pomar em sistema orgânico de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.739-748, 2009.

PLAZA-BONILLA, D.; NOLOT, J-M.; RAFFAILLAC, D.; JUSTES, E. Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: field evidence and model simulations. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.212, p.1-12, 2015.

REDIN, M. Produção de biomassa, composição química e decomposição de resíduos culturais da parte aérea de raízes no solo. 2014. 114p. **Tese (Doutorado)**, Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

REDIN, M. et al. Carbon mineralization in soil of roots from twenty crop species, as affected by their chemical composition and botanical family. **Plant and Soil**, v. 378, p. 205-214, 2014a.

REDIN, M.; GUÉNON, R.; RECOUS, S.; GIACOMINI, S.J How the chemical composition and heterogeneity of crop residue mixtures decomposing at the soil surface affects C and N mineralization. **Soil Biology and Biochemistry**, v.78, p.65-75, 2014b.

REICHERT, J.M.; RODRIGUES, M.F.; BERVALD, C.M.; SCHUMACHER, M.V. Fragmentation, fiber separation, decomposition, and nutrient release of secondary-forest biomass, mechanically chopped-and-mulched, and cassava production in the Amazon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.204, p.8-16, 2015.

ROSSI, A.; RUFATO, L.; GIACOBBO, C.L.; COSTA, V.B.; VITTI, M.R.; MENDEZ, M.E.G.; FACHINELLO, J.C. Diferentes manejos da cobertura vegetal de aveia preta em pomar no sul do Brasil. **Bragantia**, v.66, p.457-463, 2007.

SALUME, J. A. Decomposição e mineralização de nutrientes de resíduos de plantas de cobertura, espontâneas e implantadas, em solo de pomares de pereira (*Pyrus communis* L.). 2017. 71p. **Dissertação (Mestrado)**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

SÁNCHEZ, C. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. **Biotechnology Advances**, v.27, p.185-194, 2009.

SANTOS, F. C.; FILHO, M.R.A.; VILELA, L.; FERREIRA, G.B.; CARVALHO, M.C.S.; HERBERT, J.; VIANA, M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1855-1861, 2014.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; HUSSON, O. Direct-Seeded tropical soil systems with permanent soil cover: learning from Brazilian experience. In: Uphoff, N., et al. (Ed.). **Biological Approaches to Sustainable Soil Systems**. Boca Raton, FL, USA: CRC Press Publ., 2006. p. 323-342.

SETE, P.B. ; MELO, G.W.B. ; OLIVEIRA, B.S. ; FREITAS, R.F. ; MAGRO, R.D.; AMBROSINI, V.G. ; TRAPP, T. ; COMIN, J.J. ; GATIBONI, L.C. ; BRUNETTO, G. Perdas de nitrogênio do solo e resposta do pessegueiro à adição de composto orgânico. **Ciência Rural**, v.45, p.651-657, abr. 2015.

TAGLIAVINI, M.; TONON, G.; SCANDELLARI, F.; QUIÑONES, A.; PALMIERI, S.; MENARBIN, G.; GIOCCINI, P.; MASIA, A. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.118, p.191-200, 2007.

TIECHER, T. ; OLIVEIRA, L.B. ; CANER, L. ; TIECHER, T.L. Cover crops affecting soil phosphorus dynamics in Brazilian highly weathered soils. In: REUTER, J. (Ed.). **Cover Crops: Cultivation, Management and Benefits**. New York, USA: Nova Science Publishers, v.55, p.23-52, 2015.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil**: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016, 186p.

VAHDAT, E.; NOURBAKHSI, F.; BASIRI, M. Lignin content of range plant residues controls N mineralization in soil. **European Journal of Soil Biology**, v.47, p.243-246, 2011.

WOLSCHICK, N.H.; BARBOSA, F.T.; BERTOL, I.; SANTOS, K.F.; WERNER, R.S.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, p.134-143, 2016.

Capítulo 5

Diagnose da Composição Nutricional (CND) como critério de predição do estado nutricional de pereiras

Danilo Eduardo Rozane; William Natale; Gustavo Brunetto; Marlise Nara Ciotta; Rodrigo Hiyoshi Dalmazzo Nowaki; George Wellington Bastos de Melo

1 Introdução

A sustentabilidade financeira do empresário agrícola fruticultor perpassa pelo rendimento e pela qualidade dos produtos colhidos, os quais são determinados por muitos fatores. Quando o agricultor conhece e maximiza esses fatores de desenvolvimento, a planta manifesta todo seu potencial genético, alcançando colheitas compensadoras.

Tilman et al. (2002) indicam que os fertilizantes são fundamentais no acréscimo da produção mundial de alimentos, afirmando que o aumento dos rendimentos nas terras agrícolas existentes é essencial para "economizar terras para a natureza". Assim, a preservação da vida do ser humano como se conhece hoje repousa sobre a produção de alimentos e tem relação direta com a conservação do ecossistema solo. A degradação da qualidade dos solos reduz a capacidade de nutrir as plantas, ao mesmo tempo em que deteriora a qualidade da água para os mais diversos usos. É mito acreditar nos dias de hoje que o emprego de qualquer tecnologia agrícola possa compensar uma gestão inadequada dos solos (PARENT & GAGNE, 2010). É necessário, assim, a consonância entre a produção economicamente viável de alimentos, a preservação ambiental e a saúde dos agricultores e consumidores.

Informações sobre os efeitos que as práticas de calagem e adubação promovem no desenvolvimento e no estado nutricional das plantas frutíferas, em especial das pereiras, são relativamente escassas na literatura, embora haja amplo reconhecimento científico e técnico sobre a importância da correção da acidez e do uso de fertilizantes, particularmente nas áreas tropicais. É compreensível, porém, que as frutíferas, normalmente espécies perenes, não reajam à calagem e à adubação da mesma maneira que as culturas anuais. Rozane et al. (2016b) indicam que as razões são muitas, variadas e bem conhecidas, podendo-se destacar:

- As raízes das plantas perenes, como as frutíferas, exploram um grande volume de solo, o que aumenta com a idade das plantas, mas se sabe muito pouco sobre as reservas nutricionais das camadas de solo mais profundas.
- A planta perene como um todo (raízes, ramos, caule e folhas) constitui um imenso reservatório de nutrientes. Em função disso, a árvore não demonstra de modo imediato as carências nutricionais do meio em que está se desenvolvendo. Assim, essas plantas reagem mais lentamente à aplicação de insumos.
- As podas constantes, a que normalmente são submetidas as plantas frutíferas, podem obter respostas diferentes às práticas da calagem e adubação. Restringindo-se o desenvolvimento vegetativo, prejudica-se a exteriorização dos resultados que podem ser obtidos com a melhor nutrição da planta. Entretanto, em muitos casos, a poda é imprescindível, pois é importante lembrar que a "fome de luz" é tão prejudicial quanto a "fome de nutrientes".
- A calagem e a adubação do pomar têm importância não somente para o desenvolvimento vegetativo e a frutificação em curso, mas também para a colheita futura, visto que os insumos aplicados no pomar servirão para: nutrir a

produção pendente; formar novos ramos frutíferos para a colheita futura; constituir as reservas de elementos nas raízes e na parte aérea para as próximas frutificações.

- O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes mais requeridos e exportados pelas frutíferas, sendo necessária sua reposição para que não haja esgotamento das reservas do solo e/ou prejuízos à qualidade e à produtividade de plantas e frutos.

Apesar de os elementos essenciais para a adequada nutrição serem os mesmos para todos os vegetais, as quantidades necessárias variam muito de uma cultura para outra em função das características de cada genótipo – porta-enxerto (hipobioto) e cultivar (epibioto), das condições edafoclimáticas, da capacidade produtiva, do ciclo (anual, perene, semi-perene), dentre outras.

A introdução de novas práticas agrícolas e tecnológicas na fruticultura é fundamental para se alcançar elevadas produtividades. A nutrição de plantas desempenha papel importante, não apenas no aumento da produção, mas, também, porque afeta a qualidade do produto colhido e, indiretamente, o lucro da atividade. Desse modo, compreender a participação dos nutrientes, suas interações e os possíveis mecanismos para atingir o equilíbrio adequado para as diversas espécies frutíferas contribui para a agricultura sustentável, necessária à permanência do homem no campo.

Este capítulo tem por objetivo posicionar o leitor quanto à importância e à evolução dos métodos diagnósticos, bem como evidenciar as potencialidades do emprego do método *Compositional Nutrients Diagnosis* (CND), apresentando uma primeira aproximação das faixas de interpretação de nutrientes considerados adequados para o cultivo de pereiras para o estado de Santa Catarina.

2 Importância da diagnose do estado nutricional para as plantas frutíferas e a evolução dos métodos diagnósticos

A introdução contínua de inovações tecnológicas na fruticultura é um aspecto chave para o aumento da produtividade. Entre as técnicas de manejo que causam preocupação, a nutrição mineral se destaca, visto que a ação inadequada em práticas como a calagem e/ou a adubação traz reflexos negativos na produtividade dos pomares e na qualidade dos frutos.

A priori, para conhecer as exigências nutricionais de uma cultura, não se pode imaginar um modo mais direto e objetivo do que “perguntar” à própria planta por meio da análise de tecido vegetal. Desse modo, a avaliação nutricional de plantas perenes, como a maioria das frutíferas, deve ser realizada por meio da análise química de tecidos vegetais, sendo a folha o órgão comumente empregado. A diagnose foliar possibilita a avaliação direta, já que a planta constitui o próprio extrator de nutrientes do solo (BEAUFILS, 1973). Foi baseado nesse conceito que Lagatu & Maume (1934a, b) idealizaram o método conhecido como diagnose foliar.

A busca de métodos eficientes para a avaliação do estado nutricional das plantas, por meio da diagnose foliar, tem sido objeto de muitas pesquisas, desde meados do século 20. A análise química de plantas, com critérios ajustados de amostragem, é uma ferramenta essencial para diagnosticar o real *status* nutricional das culturas.

Os resultados de análises químicas do tecido vegetal podem ser interpretados por diversos métodos, sobressaindo-se os univariados, como o nível crítico (NC) e a faixa de suficiência (FS), os métodos bivariados, como o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), e o multivariado, como a diagnose da composição nutricional (CND).

O nível crítico é estabelecido assumindo-se que os nutrientes, com exceção daquele que está sendo estudado, não são limitantes à produtividade e que não interagem de forma significativa, quando presentes em níveis adequados (PARENT, 2011; PARENTET al., 2013a). Contudo, uma vez que os resultados analíticos do tecido são limitados em um espaço composicional fechado, delimitado apenas pela unidade de medição, no qual todos os nutrientes interagem, deve haver efeito de ressonância devido à variação na composição dentro das faixas de teores críticos (PARENT, 2011).

Um exemplo clássico desse comportamento da planta foi mostrado por Prevot & Ollagnier (1956), que apresentam resultados de um experimento com doses crescentes de potássio e avaliam seus efeitos nos teores foliares de K, Ca, Mg e na soma dos três cátions (Tabela 25).

Tabela 25. Efeito de doses crescentes de potássio sobre os teores foliares de K, Ca e Mg em Palmier à Huile (Carnaúba)

Tratamento	K	Ca	Mg	Soma
K ₀	0,513	0,829	0,385	1,727
K ₁	0,761**	0,788	0,281*	1,830
K ₂	0,945**	0,712*	0,241**	1,898
K ₃	0,964**	0,706*	0,243**	1,911

* Significativo ($p < 0,05$) e ** Significativo ($p < 0,01$). Fonte: Prevot; Ollagnier (1956).

Pode-se observar que, à medida que as doses de potássio aumentam, ocorre incremento dos teores foliares de K, o que é esperado. Além disso, a elevação nas doses de K provoca decréscimos nos teores foliares de Ca e Mg, justificados pelo antagonismo entre os elementos. Isso provoca profunda modificação no equilíbrio iônico, entretanto, a soma ponderal dos três cátions não indica alteração significativa. Tudo se passa como se a planta dispusesse de um equilíbrio nominal entre nutrientes mono e bivalentes, e que toda redução em um dos dois grupos é automaticamente compensada pela elevação dos teores no outro grupo.

O método da faixa de suficiência, assim como o NC, é baseado na correlação entre os teores de nutrientes e a produção. Se o solo apresenta deficiência de algum elemento, essa carência estará presente, também, nas diferentes partes da planta, sendo comumente utilizada a folha recém-madura para essa avaliação. Quando a deficiência é severa e os sintomas são evidentes já ocorreu perda de produção. Diferentemente do NC, esse método utiliza intervalos de teores foliares de nutrientes para indicar o estado nutricional dos vegetais. Entretanto, em ambos (NC ou FS), busca-se estabelecer para cada elemento limites superior e inferior, entre os quais o teor do nutriente é considerado adequado. Sabe-se, porém, que a máxima produção depende do equilíbrio entre os nutrientes na planta, caracterizado por proporções (relações) bem definidas entre esses elementos. Assim, nem sempre é suficiente estabelecer o teor absoluto do nutriente para alcançar altos rendimentos. Em muitos casos a deficiência relativa, ou seja, a proporcionalidade entre os vários elementos, desempenha papel mais importante.

Dessa forma, a diagnose nutricional foi aprimorada com o desenvolvimento do método DRIS, proposto por Beaufils (1973). Essa técnica considera interações binárias, ou seja, as relações entre dois nutrientes na planta a ser diagnosticada, comparando-as às normas DRIS obtidas em cultivos de alta produtividade (WALWORTH & SUMNER, 1987). Desse modo, o método pode explicar, em parte, as interações entre elementos (WALWORTH & SUMNER, 1988).

De acordo com Holland (1966), a consistência na interpretação das análises de tecido vegetal aumenta à medida que o enfoque univariado (NC e FS) é ampliado, de modo a considerar as relações entre nutrientes, dois a dois, ou seja, relações duais ou enfoque bivariado (DRIS) e, assim, progressivamente até idealmente abranger, mediante enfoque multivariado, toda a estrutura de variação da composição nutricional. Nesse contexto, foi desenvolvido o método *Compositional Nutrients Diagnosis* (CND), proposto por Parent & Dafir (1992), que indicam que a composição mineral dos tecidos vegetais, expressa como teores ou valores relativos, é a informação numérica básica para o diagnóstico do estado nutricional das plantas.

O método CND utiliza a transformação logarítmica, recomendada nos estudos desenvolvidos por Aitchison (1986) e empregada nas análises de dados composicionais, como os teores de nutrientes. Trabalhando com a análise de dados composicionais, Aitchison (1986) observou que na diagnose foliar os teores dos elementos devem ser expressos um em relação ao outro, pois transmitem uma informação relativa. O CND é um dos mais recentes métodos de interpretação de análise do tecido vegetal, e se baseia nas relações entre o teor de um nutriente isolado e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca (relações multivariáveis), inclusive aqueles não determinados analiticamente, sendo considerado a melhor forma de expressão do equilíbrio no tecido vegetal (PARENT & DAFIR, 1992; EGOZCUE & PAWLOWSKY-GLAHN, 2005).

O conceito do CND difere daquele do DRIS, pois gera um fator de correção para qualquer nutriente, colocando todos os elementos essenciais em análise (multinutriente), enquanto o DRIS promove um fator de correção simples para a relação de nutrientes dois a dois. Desse modo, o CND expande o conceito do DRIS do espaço bidimensional para o multidimensional. Outra vantagem ao se empregar a metodologia CND é a possibilidade de atribuir às carências e aos excessos o mesmo peso no desbalanço, o que pode ser detectado com o emprego da Distância de Mahalanobis (PARENTET al., 2009). Isso permite definir a contribuição de cada nutriente na composição nutricional da matéria seca. Em relação ao DRIS, a metodologia CND possui um único desvio-padrão e possibilita, ainda, a identificação e a exclusão de dados atípicos (*outliers*), o que aumenta a confiabilidade na interpretação dos resultados (PARENT et al., 2009; PARENT et al., 2013a, b).

Em resumo, o CND é uma evolução dos métodos uni e bivariado, sendo baseado na análise composicional de dados e na análise de componentes principais, tendo, pois, potencial mais elevado para melhorar a diagnose do tecido vegetal em estudo. Isso é uma grande vantagem, pois permite o acesso às modernas ferramentas da informática, reduzindo o esforço computacional na análise.

Na literatura são encontrados estudos empregando o método CND em algumas culturas de grande valor econômico no Brasil, entretanto, a Pera não é uma delas.

3 Diagnose nutricional em pereiras

A análise de solo é uma ferramenta consagrada na agricultura, porém, para a maioria das plantas perenes, além de se conhecer a fertilidade do solo, há necessidade de se realizar a análise foliar, visto que essas plantas adquirem certa estabilidade nutricional na fase adulta (MARSCHNER, 1986). Em função dessa estabilidade, a diagnose foliar nas plantas perenes permite fazer ajustes nos programas de adubação. Isso porque, mesmo que a análise de solo indique a disponibilidade de nutrientes no solo, isso não significa que esses nutrientes serão efetivamente absorvidos pela planta. Diversas podem ser as condições relacionadas com a planta ou ambiente que impossibilitam ou dificultam sua absorção e aproveitamento. Contudo, deve-se levar em consideração que essas plantas não

reduzem a produtividade imediatamente após o início da deficiência nutricional, da mesma forma que não a aumentam logo após a fertilização, como constatado por Natale et al. (2010, 2011, 2012), Souza et al. (2011), Amorim et al. (2015a, b) em experimentos de longa duração com culturas perenes.

A diagnose foliar é, sem dúvida, um instrumento valioso na determinação do estado nutricional das culturas, bem como um critério complementar na recomendação de adubos. Segundo Malavolta (2006), a técnica consiste em se determinar a fertilidade do solo, através da análise do tecido vegetal. Para Epstein & Bloom (2006) a análise de folhas é um índice mais confiável da disponibilidade de nutrientes que a determinação no solo, pois fornece medida integrativa da aquisição de nutrientes. Essa ferramenta permite, ainda, identificar deficiências nutricionais que provocam sintomas semelhantes, dificultado na diagnose visual.

É importante destacar que as técnicas de diagnóstico (solo e planta) não se excluem mutuamente, sendo complementares. Recomenda-se para controle, conhecimento e adequação pontual de cada talhão que anualmente sejam realizadas e arquivadas as análises de solo e planta, bem como a mensuração da produtividade.

Entre as etapas que compõem a avaliação do estado nutricional das culturas, a amostragem é a mais sensível e sujeita a erros, como ocorre, também, na análise de solo para fins de fertilidade (ROZANE et al., 2007; ROZANE et al., 2009; HERNANDES et al., 2011).

A CQFS-RS/SC (2016), um dos poucos manuais brasileiros de recomendação de adubação e calagem, indica a folha diagnóstica e a interpretação dos teores nutricionais para a cultura da pereira (Tabela 26). A recomendação é para amostrar em cada talhão, folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro, quando os pomares se encontram em pleno desenvolvimento vegetativo (Figura 19). Para compor a amostra composta, a ser enviada a um laboratório credenciado para as determinações analíticas, dever-se-á amostrar 25 ± 5 plantas, sendo necessário coletar quatro folhas por planta, uma em cada posição (Leste, Oeste, Norte e Sul).

Tabela 26. Interpretação dos teores de nutrientes em folhas de pereira asiática

Material	Interpretação	Macronutrientes (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Folhas completas	Abaixo do normal	< 2,0	< 0,10	< 0,80	< 1,00	< 0,25
	Normal	2,3-2,7	0,13-0,20	1,20-1,60	2,00-2,50	0,30-0,50
	Acima do normal	> 3,0	> 0,25	> 2,00	-	-
		Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
		B	Fe	Mn	Zn	
Folhas completas	Abaixo do normal	-	<30	< 20	<15	
	Normal	30-90	60-80	60-200	50-90	
	Acima do normal	-	-	> 300	-	

Fonte: CQFS-RS/SC (2016). Obs: $g\ kg^{-1} \div 10 = \%$.

Souza et al. (2010) indicam para a goiabeira, frutífera perene como a pereira, que folhas coletadas para avaliação do estado nutricional devem ser acondicionadas em sacos de papel, armazenadas em geladeira, e enviadas ao laboratório em período inferior a 12 horas, a fim de não alterar significativamente o teor de nutrientes presentes na amostra.

Não é indicada, entretanto, a amostragem foliar para fins de diagnose nutricional nos talhões em que houve aplicação de fertilizante foliar e/ou defensivos que contenham nutrientes. A aplicação e a deposição de nutriente(s) no tecido foliar não implica necessariamente que ele esteja ativo em termos fisiológicos. A eficiência de absorção e

transporte do(s) nutriente(s) aplicado(s) via adubação foliar depende de inúmeros fatores que atuam isoladamente ou em combinação, que estão relacionados com a morfologia e a fisiologia da planta, as características da solução aplicada e o ambiente externo. Assim, nessas áreas há necessidade de maior atenção e coerência na interpretação dos resultados da análise, a exemplo da observação de Rozane et al. (2015).

O teor de nutrientes nas folhas de pereiras, assim como em outras frutíferas de clima temperado, varia com o tempo, a idade da folha, a posição no dossel e a presença ou ausência de frutos. Além disso, as plantas no pomar podem variar seu *status* nutricional em função do tipo de solo, da disponibilidade de água, além de fatores biológicos como porta-enxerto, cultivar e capacidade de produção. Essas indicações corroboram com as observações de Modesto et al. (2014), que afirmam que os balanços de nutrientes, a partir de relações duplas e multivariadas, possuem alta plasticidade fenotípica, dependendo do solo e das condições climáticas, o que impede qualquer universalidade de norma nutricional. Normas que indicam adequado estado nutricional devem ser adotadas com cautela, quando a localidade e as condições são diferentes daquelas em que foram obtidas (PARENT et al., 2009).



Figura 19. Pomar de pereiras na região de São Joaquim-SC, na fase de coleta de folhas para fins de diagnose nutricional

Foto: Marlise Nara Ciotta.

Diferenças de teores nutricionais entre genótipos de pereiras enxertadas sobre o porta-enxerto anão marmeleiro 'CP' (*Cydonia oblonga*) foram observadas por Botelho et al. (2010), em experimento que avaliou cinco cultivares dessa frutífera em produção no município de Guarapuava, PR. Os autores observaram que o cultivar Hosui, de origem asiática, apresentou teores foliares de Cu, Zn e B mais baixos que os cultivares Cascatense, Tenra, Packham's Triumph e Williams. Variações na absorção de nutrientes em 13

genótipos de pereiras asiáticas enxertadas sobre o porta-enxerto 'Kainth' também foram observadas por Singh et al. (2005).

Botelho et al. (2010) relataram, ainda, teores foliares mais elevados de N, P e K nas cultivares Packham'sTriumph e Williams, justificando que possivelmente deve ter ocorrido efeito de concentração causado pelo menor desenvolvimento da parte aérea das plantas (ramos, frutos, folhas). Segundo resultados de avaliações realizadas nesta mesma área experimental por Schreider et al. (2007), essas cultivares apresentaram brotação deficiente de, no máximo, 25% de gemas, em função da limitada adaptação ao clima da região de Guarapuava-PR, principalmente no que se refere às necessidades de frio para a quebra de dormência e à alta incidência de abortamento floral. De forma semelhante, Arzani et al. (2005) verificaram que, em plantas jovens de cultivares de pereira asiática com menor crescimento, também foram encontrados os maiores teores foliares de N, P e K.

A manutenção do epibioto, ou seja, do cultivar enxertado em diferentes porta-enxertos não é garantia de manutenção do teor foliar. Stassen & North (2005) indicam que pereiras do cultivar Forelle apresentaram maiores teores de N e P nas folhas, quando enxertadas sobre marmeleiro (*Cydonia oblonga* L.) 'QA', em comparação àquelas enxertadas sobre o híbrido de pereira 'BP1' (*Pyrus* sp.).

Sorrenti & Rombolà (2006) relatam, ainda, que a demanda nutricional e consequentemente os teores foliares de pereiras diferem em função do porta-enxerto e da copa. Basso et al. (2003) enfatizam que devido as pereiras serem plantas caducifólias (queda das folhas), há proteínas que degradam e migram nutrientes para tecidos de reserva, como as raízes e/ou na parte aérea.

Os recentes progressos no diagnóstico do estado nutricional (ROZANE et al., 2016b) e, em metodologia de análise permitem quantificar a custos razoáveis a variabilidade de vários fatores que influenciam o crescimento vegetal. Os fatores identificados devem ser levados em conta, assim como suas interações. A análise composicional permite gerir estas interações.

Em uma nova fase da evolução dos critérios de predição do estado nutricional, e a fim de facilitar a execução dos cálculos matemáticos e a interpretação dos resultados, foram elaborados para diversas frutíferas os *softwares* (ROZANE et al., 2013 a, b) que empregam o método CND (PARENT & DARFIR, 1992), na avaliação do estado nutricional. Essa ferramenta permite, com base na análise foliar e comparativamente a áreas de alta produtividade, determinar se a cultura investigada apresenta teores de nutrientes na condição adequada, com carência ou excesso, em relação aos demais elementos.

Para o cultivo de pera, em breve e juntamente com as demais culturas, o *software* estará disponível, gratuitamente em: <http://www.registro.unesp.br/sites/cnd>

4 Avaliação do estado nutricional pelo método CND, a partir de observações em campos de produção de pereiras em Santa Catarina

A fim de sugerir a primeira aproximação das faixas de interpretação de nutrientes considerados adequados para o cultivo de pereiras, apresentar-se-ão dados prévios de trabalhos que estão sendo desenvolvidos na região de São Joaquim, SC. Contudo, considerando as particularidades dos balanços de nutrientes e a restrição da universalidade das normas nutricionais, sugere-se que as indicações apresentadas devem ser empregadas regionalmente ou por cultivos com as mesmas características das normas estabelecidas, buscando diagnósticos mais confiáveis, como também indicam Silva et al. (2005); Parent et al. (2013a, b); Rozane et al. (2015, 2016a); Souza et al. (2016).

Analisando 68 resultados de áreas produtivas de pereiras dos cultivares Packans, Rocha e Santa Maria, na região de São Joaquim, SC, observou-se que o banco de dados composto pela produtividade e por teores foliares determinados como indicado pela CQFS-RS/SC (2016) apresentou variações de produtividade entre 28 a 1,9 t ha⁻¹, com média de 10 t ha⁻¹ e desvio padrão de 5,9 t ha⁻¹.

Para a análise do Diagnóstico da Composição Nutricional (CND), Parent et al. (2009) indicam para a definição da população de alta produtividade a exclusão de resultados atípicos (*outliers*), que são resultados discrepantes no conjunto das observações, e que ocasionam distorção no valor da média. Para a exclusão desses dados atípicos em culturas agrícolas, Parent et al. (2009) indicam o emprego da Distância de Mahalanobis. Assim, após utilizar a referida metodologia nesse banco de dados, excluíram-se oito resultados atípicos do conjunto de observações, permanecendo 60 resultados.

Explorando inicialmente os resultados, empregou-se a matriz de correlação (Tabela 27), a fim de verificar a existência de correlações significativas, ou seja, a força do relacionamento (linear) entre duas variáveis, além de adequado coeficiente de determinação entre os teores de nutrientes e a produtividade.

Dancey & Reidy (2006) apresentam uma classificação para a interpretação do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), sendo: fraco (0,10 - 0,30); moderado (0,40 - 0,60); forte (0,70 - 1,0). Não foi possível verificar pela análise univariada qualquer correlação significativa forte de Pearson (r) entre o teor nutricional e a produtividade que pudesse ser explorada, além de ser pouco adequada a justificativa de que um nutriente isolado fosse capaz de explicar substancialmente a produtividade, como já evidenciado por Geraldson et al (1973); Marschner (1986) e Rozane et al (2016b).

Tabela 27. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes e a produtividade, nos talhões de pereiras (n=60)

	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Produção
N	0,20	0,23	0,32*	0,48*	0,13	0,15	-0,03	0,04	0,34*
P		0,15	-0,07	-0,16	-0,09	0,29*	0,20	-0,01	-0,09
K			0,10	0,21	0,46	0,26*	-0,19	0,17	0,05
Ca				0,79*	-0,11	-0,69*	-0,79*	-0,71*	0,48*
Mg					0,19	-0,35*	-0,66*	-0,35*	0,55*
B						0,42*	0,11	0,51*	0,13
Fe							0,71*	0,81*	-0,31*
Mn								0,73*	-0,40*
Zn									-0,31*

* Não significativo, significativo a $p < 0,05$ pelo teste de significância, respectivamente. As demais correlações não foram significativas.

Fortes correlações foram apresentadas por Ca-Mg; Ca-Mn; Ca-Zn; Fe-Mn; Fe-Zn; Mn-Zn (Tabela 27), que possivelmente exprimem as indicações de cultivo desta frutífera e as relações conhecidas e apresentadas por Malavolta (2006).

Tabela 28. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes e a produtividade, nos talhões de pereiras (n=23) alta produtividade

	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Produção
N	0,30	0,04	0,16	0,06	-0,34	-0,14	-0,00	-0,05	0,40
P		0,03	0,28	0,23	-0,27	-0,15	-0,27	-0,25	0,10
K			0,02	-0,15	0,22	-0,08	-0,18	0,03	0,10
Ca				0,82*	-0,46*	-0,83*	-0,80*	-0,88*	0,51*
Mg					-0,50*	-0,74*	-0,71*	-0,86*	0,37
B						0,49*	0,27	0,44*	-0,22

Fe	0,76*	0,83*	-0,59*
Mn		0,91*	-0,42*
Zn			-0,45*

* Não significativo, significativo a $p < 0,05$ pelo teste de significância, respectivamente. As demais correlações não foram significativas.

Tabela 29. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes e a produtividade, nos talhões de pereiras (n=37) baixa produtividade

	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Produção
N	0,23	0,24	0,27	0,49*	0,22	0,36*	0,13	0,22	0,26
P		0,19	-0,08	-0,16	-0,03	0,39*	0,27	-0,00	-0,05
K			-0,05	0,23	0,52*	0,45*	-0,15	0,32	-0,16
Ca				0,69*	-0,08	-0,54*	-0,69*	-0,53*	-0,18
Mg					0,31	-0,08	-0,50*	-0,01	0,27
B						0,48*	0,14	0,68*	0,34*
Fe							0,61*	0,76*	0,33*
Mn								0,57*	0,18
Zn									0,34*

* Não significativo, significativo a $p < 0,05$ pelo teste de significância, respectivamente. As demais correlações não foram significativas.

Procedendo-se a divisão da população de referência, como indicado por Khiari et al. (2001b), a diagnose da composição nutricional dos 60 talhões comerciais válidos apresentou como ponto médio de inflexão, na função cumulativa, a produtividade de 8,25 t ha⁻¹, valor que foi tomado como base para a determinação da subpopulação de alta produtividade, ou seja, de referência (n = 23).

Após a divisão das populações em alta e baixa produtividade, observa-se que nenhuma destas subpopulações (Tabelas 28 e 29) superou a quantidade de correlações observadas no banco de dados completo (Tabela 27), o que era esperado, visto a partição das observações e, em consequência, um menor número de ocorrências. Com a divisão das populações de alta e baixa produtividade as principais relações destacadas no banco de dados completo se mantiveram significativas.

A Tabela 30 apresenta os valores máximos, mínimos, médios, bem como o desvio padrão dos teores foliares dos nutrientes e do valor de enchimento, ou seja, aquele não determinado (R) das populações de alta e baixa produtividade, obtidos com o banco de dados.

Tabela 30. Valores mínimos, máximos, médios, desvio-padrão (s) para teores de nutrientes e o valor não determinado (R), em folhas de pereiras e, a produtividade (t ha⁻¹) nas subpopulações de alta e baixa produtividade para as pereiras em estudo

Fator	Alta produtividade (n=23)				Baixa produtividade (n=37)			
	Mínimo	Máximo	Média	s	Mínimo	Máximo	Média	s
N (g kg ⁻¹)	13,6	20,2	15,6	1,4	7,1	19,6	14,7	2,5
P (g kg ⁻¹)	2,0	2,6	2,5	0,1	2,0	3,4	2,5	0,3
K (g kg ⁻¹)	7,7	11,0	9,3	0,7	7,7	11,3	9,2	1,1
Ca (g kg ⁻¹)	31,7	69,0	58,4	12,7	17,2	68,0	37,7**	13,9
Mg (g kg ⁻¹)	9,7	18,1	14,8	2,3	1,0	18,0	8,2**	5,4
R(g kg ⁻¹)	886,4	931,3	899,0	14,9	885,3	963,2	927,1**	20,1
B (mg kg ⁻¹)	20	29	25	2	18	38	25	4
Fe (mg kg ⁻¹)	28	66	40	9	29	73	50*	11
Mn (mg kg ⁻¹)	255	506	323	82	267	777	454**	110
Zn (mg kg ⁻¹)	32	107	50	26	34	110	75*	25
Produtividade	8,5	28,0	15,3	5,6	1,9	7,5	7,3**	3,9

(*; **) Não significativo, significativo a $p < 0,05$ e a $0,01$ pelo teste de significância, respectivamente. As demais correlações não foram significativas.

Os teores médios dos nutrientes N, P, K e B, avaliados nas subpopulações de alta e baixa produtividade, não diferem entre si, o que evidencia o equilíbrio nutricional entre essas duas populações no banco de dados em estudo.

A correlação das coordenadas CND-*clr* dos nutrientes e o CND- r^2 com a produtividade não apresenta correlação significativa para N, K e B ($p > 0,05$), sendo significativa para os demais, P ($p = 0,04$) e Ca, Mg, Fe, Mn e Zn ($p < 0,01$) (Tabela 31).

Embora o CND- r^2 , calculado a partir da integração de todos os índices CND dos nutrientes avaliados, seja classificado por Dancy & Reidy (2006) como moderado ($R^2 = 0,20$; $r = 0,45$), este foi significativo ($p < 0,001$) (Tabela 31), ou seja, o balanço nutricional do presente banco de dados explicou 20% da variação da produção, enquanto outros fatores, além dos nutricionais, influenciaram a produtividade em 80%. Tisdale et al. (1985), em seu célebre estudo, indicam que a produtividade é a interação de cerca de 52 fatores; assim, percebe-se que o Diagnóstico da Composição Nutricional (CND- r^2), evidenciado no presente estudo pela composição de nove fatores (N, P, K, Ca, Mg, B, Fe, Mn e Zn), observa maior proporção relativa que a distribuição média dos nutrientes isoladamente, bem como dos 52 fatores.

Tabela 31. Teste de correlação (Pearson) e de significância (p) entre as variáveis produtividade e coordenadas CND-*clr* de cada nutriente e do CND- r^2 nos talhões de pereiras (n=60)

CND- <i>clr</i>	Equação ¹	r	R ²	p
CND-N	$y = -0,5887 + 0,0439x$	0,21	0,04	0,113
CND-P	$y = 1,4341 - 0,083x$	-0,26	0,07	0,043
CND-K	$y = 0,7059 - 0,0497x$	-0,22	0,05	0,092
CND-Ca	$y = -1,5534 + 0,0778x$	0,14	0,14	0,003
CND-Mg	$y = -5,79 + 0,3263x$	0,28	0,28	<0,001
CND-B	$y = 0,6002 - 0,0338x$	-0,17	0,03	0,199
CND-Fe	$y = 1,9117 - 0,1064x$	-0,50	0,25	<0,001
CND-Mn	$y = 2,5477 - 0,1369x$	-0,50	0,25	<0,001
CND-Zn	$y = 1,5264 - 0,0812x$	-0,46	0,21	<0,001
CND- r^2	$y = 80,9249 - 4,0124x$	-0,44	0,20	<0,001

¹Modelo estatístico da correlação de Pearson entre a produtividade e as coordenadas CND-*clr* dos teores nutricionais e o CND- r^2 .

Há de se considerar, ainda, que a medida nutricional integrativa (CND- r^2) expressa melhor o estado nutricional que um índice nutricional isoladamente, visto que os teores nutricionais expressos pelos resultados analíticos do órgão avaliado estão limitados em um espaço composicional fechado, delimitado apenas pela unidade de medição, no qual todos os nutrientes interagem. Como evidenciado no estudo de Prevot & Ollagnier (1956) e, ainda, considerando que a planta é eletricamente neutra (balanço de cargas negativas e positivas), tudo se passa como se ela dispusesse de um equilíbrio nominal entre nutrientes mono e bivalentes, e que toda redução em um dos dois grupos é automaticamente compensada pela elevação dos teores no outro grupo.

Assim, quando se altera um determinado elemento, ocorrem efeitos na proporção entre os nutrientes que repercutem no sistema como um todo, modificando o equilíbrio (PARENT et al., 2013a). Por esse motivo, a medida integrativa (CND- r^2) considera as interações entre todos os nutrientes presentes nos resultados analíticos do órgão avaliado.

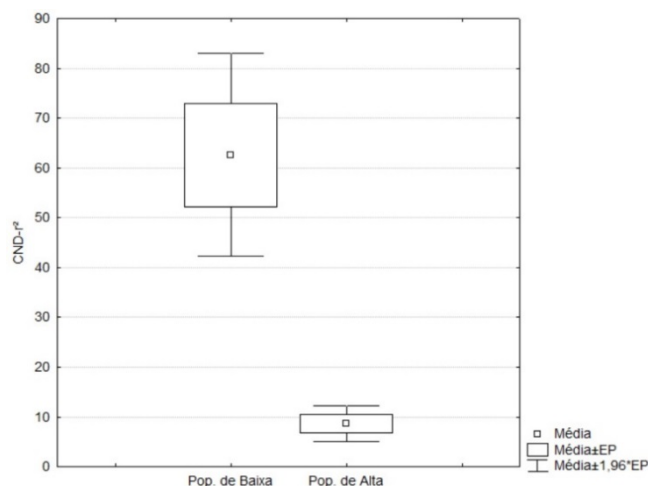


Figura 20. Boxplot (média, média \pm erro-padrão - EP e a média \pm 1,96*EP) para o índice de desequilíbrio nutricional CND-r², em relação aos grupos das populações de baixa e alta produtividade

O CND-r², como índice de desequilíbrio nutricional, pôde separar as amostras cujo fator nutricional foi relevante, como observado na Figura 20. Tais resultados, para o presente banco de dados, não corroboram com as afirmações apresentadas por Wadtet al. (2016) de que a correlação entre os índices CND-clr e a produtividade (o mesmo vale para os índices DRIS) não pode servir para a validação do modelo, bem como das normas.

O emprego da relação entre o índice de desequilíbrio nutricional (CND-r²) e a distância de Mahalanobis (D²) da população de referência, observada na Figura 21, evidencia que, quanto maior a distância (D²), maior é o desequilíbrio nutricional (CND-r²). Resultados inferiores aos obtidos neste trabalho (R² = 0,73), porém significativos, foram relatados por Khiari et al. (2001a) com batata em pesquisa realizada no Canadá, na qual os autores obtiveram R² = 0,34 e, em videiras (*Vitis vinifera*) no Rio Grande do Sul, por Rozane et al. (2016a), em que os autores observaram R² = 0,42.

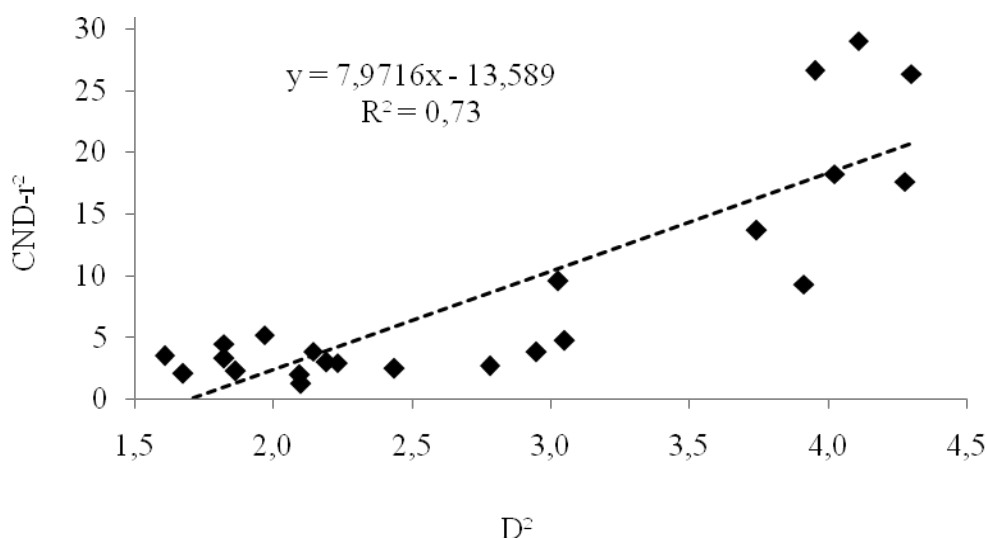


Figura 21. Índice de desequilíbrio nutricional (CND-r²) e distância de Mahalanobis (D²) na população de referência (n=23) de pereiras

As normas $CND-r^2$ para a metodologia *CND-clr* para a cultura da pera foram elaboradas de acordo com Parent & Dafir (1992), Khiari et al.(2001b) e Parent et al. (2005; 2009), resultando, para a população de referência, nas normas apresentadas na Tabela 32.

Tabela 32. Normas da diagnose da composição nutricional (CND) da pereira na população de referência (n=23)

Parâmetros	IN	IP	IK	ICa	IMg	IB	IFe	IMn	IZn	CND- r^2
LMa	2,88	1,52	1,15	0,74	1,05	1,94	2,66	2,49	2,06	29,00
LMi	-1,52	-2,64	-3,30	-2,16	-2,31	-2,42	-1,93	-0,95	-0,86	1,24
Dv_m	0,77	0,75	0,59	0,82	0,76	0,78	0,74	0,71	0,80	7,09
D	0,99	-0,92	-2,46	-1,35	-1,29	-0,23	0,90	1,53	1,44	1,37
V	11,5	11,1	8,8	12,2	11,3	11,6	11,0	10,6	11,9	100

LMa = Limite Máximo; LMi = Limite Mínimo; DV_m = Desvio Padrão médio; D = Distorção; V = Variação percentual média dos índices nutricionais que compõem a variação média do $CND-r^2 = 8,6$.

A diagnose da composição nutricional ($CND-r^2$) faz-se de maior integralidade e relevância que o diagnóstico isolado para a cultura da pereira (Tabela 31), como também já evidenciado por Geraldson et al. (1973); Marschner (1986) e Rozane et al. (2016b).

Com a possibilidade de indicar, a partir do presente banco de dados, a Faixa de Suficiência (FS) que poderá ser utilizada enquanto o *software* CND-Pera não está disponível, bem como sugestão de aproximação aos teores considerados adequados à região de estudo, buscou-se, a partir da população nutricionalmente equilibrada de pereiras (n = 23), determinar a FS com intervalo de confiança ($p \leq 0,01$), como indicado por Parent et al. (2013a, b) e, apresentado na Tabela 33.

Tabela 33. Indicação da faixa de suficiência considerada adequada para nutrientes em folhas completas de pereiras, amostradas como indicado em CQFS-RS/SC (2016).

N	P	K	Ca	Mg
----- g kg ⁻¹ -----				
15 – 16	2,4 – 2,5	9 – 10	51 – 66	13,5 – 16,2
B	Fe	Mn	Zn	
----- mg kg ⁻¹ -----				
24 – 27	34 – 45	274 – 371	35 – 65	

Obs.: $g\ kg^{-1} \div 10 = \%$.

Na Figura 22, buscando identificar a ordem de limitação das amostras da presente pesquisa, alocadas na população de baixa produtividade (n=37), ou seja, que se mostram desequilibradas nutricionalmente, observa-se a ordem de limitação: $Mg > Mn > Fe > Ca > Zn > P > B > K > N$ dos valores absolutos de excesso ou deficiência calculados pela média dessa população.

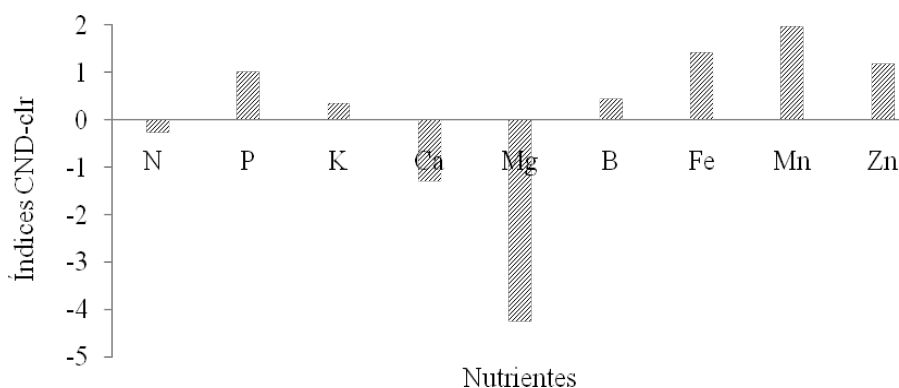


Figura 22. Ordem de limitação nutricional de nutrientes na população de baixa produtividade de pereiras

A ordem de limitação (Figura 22) dos nutrientes está de acordo com os resultados observados na Tabela 7. Assim, aqueles que apresentam significância (p) entre as variáveis produtividade e coordenadas CND-*clr* mais limitantes são os nutrientes para o equilíbrio nutricional da população de baixa produtividade.

A menor limitação nutricional na população de baixa produtividade para N, K e B (Figura 22) não apresenta significância entre as coordenadas CND-*clr* desses nutrientes e a produtividade (Tabela 31) e, também, com a não significância entre a média dos teores nutricionais das populações de alta e baixa produtividade (Tabela 30). A única exceção é o fósforo, que apesar de apresentar diferença entre as médias dos teores nutricionais das populações de alta e baixa produtividade (Tabela 30), apresentou correlação significativa das coordenadas CND-*clr* ($p=0,04$) (Tabela 31); contudo, é preciso destacar que a significância foi de $p=0,04$.

Assim, pode-se indicar que a ordem de limitação para o presente banco de dados foi: Mg (deficiência) > Mn (excesso) > Fe (excesso) > Ca (deficiência) > Zn (excesso); e, em equilíbrio, P > B > K > N.

O valor de enchimento (R), ou seja, aquele não determinado (Tabela 6) diferiu significativamente entre as populações, apresentando valor inferior na população de alta produtividade, o que indica que o ‘espaço’ está preenchido com nutrientes. Nessa população o Ca e o Mg apresentaram-se significativamente superiores, mas o Fe, o Mn e o Zn foram significativamente inferiores. No entanto, a quantidade absoluta acumulada de Ca e Mg ($73,2 \text{ g kg}^{-1}$) é superior à de Fe, Mn e Zn ($0,41 \text{ g kg}^{-1}$). Dessa maneira, a população de alta produtividade apresenta teores foliares de Ca e Mg superiores e de Fe, Mn e Zn inferiores à população de baixa produtividade. Isso indica que os referidos índices de limitação nutricional (Figura 22), quando comparados com a população de alta produtividade, informam que a população de baixa produtividade apresenta deficiência de Ca e Mg, bem como excesso de Fe, Mn e Zn.

Com base nos teores médios sugeridos como adequados para pereiras pela CQFS-RS/SC (2016) e, analisando os seus teores normais médios como amostra foliar para comparação com os padrões avaliados pelas normas CND-*clr*, observou-se que os índices IN, IP, IK, ICa, IMg, IB, IFe, IMn e IZn foram: 5,8; -4,2; 5,3; -2,9; -6,0; 11,0; 3,8; -4,5 e 1,4, respectivamente. Nas condições em que a pesquisa foi realizada e, utilizando-se as normas elaboradas pelo método CND, verifica-se que há superestimação de N, K, B, Fe e Zn e subestimação dos teores de P, Ca, Mg e Mn, resultando em desequilíbrio (CND- $r^2 = 281,0$), ou seja, aquém do adequado como indicado nos parâmetros da Tabela 32.

Outrossim, a avaliação do estado nutricional pelo NC e FS depende da indicação de valores de referência para os nutrientes estabelecidos em experimentos de calibração, nos quais as características genéticas, ambientais e as interações entre os elementos são controladas (BHARGAVA & CHADHA, 1988). Por essa razão, os resultados assim obtidos devem ser empregados na avaliação de culturas que se desenvolvem sob as mesmas condições utilizadas na experimentação, o que torna o processo extremamente restritivo para uso em larga escala na agricultura. Além disso, os valores de referência não são definitivos, estando sujeitos a revisões periódicas em consequência da introdução de novos materiais genéticos, novas técnicas de manejo ou de cultivo, variação nas condições do ambiente, o que exigiria, regularmente, a instalação de experimentos de calibração, os quais são onerosos e, em geral, de média a longa duração, especialmente no caso de frutíferas (PARENT, 2011; ROZANE et al., 2016a).

Uma alternativa aos experimentos de calibração seria o aproveitamento de informações de monitoramento nutricional, como no presente estudo, obtidos em talhões comerciais. Como maneira dinâmica de atualizar a Faixa de Suficiência, esses dados agregam informações oriundas de ampla variação ambiental e, portanto, não podem ser utilizados para a determinação de curvas de resposta, como aquelas obtidas nos experimentos de calibração para o estabelecimento do NC ou da FS.

5 Considerações finais

O desenvolvimento de estudos que contemplem as interações entre elementos na avaliação do estado nutricional das plantas é um desafio constante. O conceito de Diagnóstico da Composição Nutricional (CND) entre os nutrientes, ou seja, relações multinutrientes é mais importante que a simples constatação de que a limitação de um dado elemento possa reduzir o crescimento e a produtividade dos vegetais. Além disso, a análise multinutrientes possibilita o estudo de interações de interesse, além de definir matematicamente a população de alta produtividade, evitando distorções, visto que é possível identificar redundâncias, distribuição não normal, *outliers* e escala dependente. Assim, sugere-se o emprego de normas que contemplem o equilíbrio nutricional, entre todos em regiões específicas, em relação ao uso de métodos bivariados e/ou a abordagem do valor crítico de escalas amplas.

6 Referências

AITCHISON, J. **The statistic analysis of compositional data**. London: Chapman & Hall, 1986. 416p.

AMORIM, D. A.; ROZANE, D.E.; SOUZA, H. A.; MODESTO, V. C.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras 'Paluma': I. Efeito na produtividade e na qualidade dos frutos para industrialização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, p.201-209, 2015a.

AMORIM, D. A.; SOUZA, H.A.; ROZANE, D. E.; MONTES, R. M.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras 'Paluma': II. Efeito no estado nutricional das plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, p.210-219, 2015b.

ARZANI, K.; KHOSHGHALB, H.; KARIMZADEH, G. Scion/rootstock influence on grafting success, early performance, tree survival and efficiency of nutrient uptake of some asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) cultivars. **Acta Horticulturae**, n.671, p.477-480, 2005.

- BASSO, C.; FREIRE, C.J.S.; SUZUKI, A. Solos, adubação e nutrição. In: CENTELLAS-QUEZADA, A.C.; NAKASU, B.H.; HERTER, F.G. (Ed.). **Pera: produção**. Brasília: Embrapa, 2003. p.55-67. (Frutas do Brasil, 46).
- BEAUFILS, E.R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. University of Natal, 1973, 132p. (Soil Science Bulletin, 1).
- BHARGAVA, B.S.; CHADHA, K.L. Leaf nutrient guide for fruit and plantation crops. **Fertilizer News**, v.33, p.21-29, 1988.
- BOTELHO, R.V.; MÜLLER, M.M.L.; BASSO, C.; SUZUKI, A. Estado nutricional de diferentes cultivares de pereira nas condições edafoclimáticas de Guarapuava-PR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.884-891, 2010.
- CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.
- DANCEY, C.P.; REIDY J. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed; 2006.
- EGOZCUE, J.J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Groups of part sand their balances in compositional data analysis. **Mathematical Geology**, v.37, p.795-828, 2005.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas**. Planta. 2006. 86p.
- GERALDSON, C.M.; KLACAN, G.R.; LORENZ, O.A. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973, p.365-379.
- HERNANDES, A.; CAZETTA, J.O.; NATALE, W.; ROZANE, D.E.; SOUZA, H. A.; ROMUALDO, L.M. Fracionamento de manganês acumulado nos tecidos de mudas de caramboleira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1679-1686, 2011.
- HOLLAND, D. A. The interpretation of leaf analysis. **Journal of Horticultural Science**. v.41, p.311-329, 1966.
- KHIARI, L.; PARENT, L. E.; TREMBLAY, N. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. **Agronomy Journal**, v.93, p.802-808, 2001a.
- KHIARI, L.; PARENT, L.E.; TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. **Agronomy Journal**, v.93, p.809-814, 2001b.
- LAGATU, H.; MAUME, L. Le diagsonicfoliaire de lapomme de terre. Ann. **Ecology Nature Agriculture**, v.22, p.50-158, 1934a.
- LAGATU, H.; MAUME, L. Recherches sur lê diagnostic foliaire. Ann. **Ecology Nature Agriculture**, v.22, p.257-306, 1934b.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ceres. 2006. 638p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. Academic Press, London, 1986. p.674.
- MODESTO, V.C.; PARENT, S.E.; NATALE, W.; PARENT, L.E. Foliar nutrient balance standards for maize (*Zea mays* L.) at high-yield level. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, p.497-507. 2014.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PARENT, L.E.; PARENT, S.E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.1294-1306, 2012.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Viabilidade econômica do uso de calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p.708-713, 2010.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A.; HERNANDES, A. Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.1294-1299, 2011.

PARENT S.E.; PARENT L. E.; ROZANE, D. E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera indica*). **Frontiers in Plant Science** 4: (article 449), p.1-12, 2013b.

PARENT, L.E. Diagnoses the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.321-334, 2011.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.117, p.239-242, 1992.

PARENT, L.E.; GAGNÉ, G. **Guide de référence em fertilization**. 2^a ed. Québec: CRAAQ, 2010. 473p.

PARENT, L.E.; KHIARI, L.; PETTIGREW, A. Nitrogen diagnosis of Christmas tree needle greenness. **Canadian Journal of Plant Science**, v.85, p.939-947, 2005.

PARENT, L.E.; NATALE, W.; ZIADI, N. Compositional nutrient diagnosis of corn using the mahalanobis distance as nutrient imbalance Index. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, p.383-390, 2009.

PARENT, S.E.; PARENT, L. E.; EGOZCUE, J. J. ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; LAPOINTE, L.; HEBERT-GENTILE, V.; NAESS, K.; MARCHAND, S.; LAFOND, J.; JUNIOR MATTOS, D.; BARLOW, P.; NATALE, W. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in Plant Science**, 4: (article 39), p.1-10, 2013a.

PREVOT, P.; OLLAGNIER, M. **Methodes d' utilization du diagnostic foliarie**. In: *Plant analysis and fertilizer problems*. Paris: I.H.R.O, 1956. p.177-192.

ROZANE, D.E.; BRUNETTO, G.; MELO, G.W.B.; NATALE, W.; PARENT, S.E.; SANTOS, E. M. H.; ZALAMENA, J.; PARENT, L.E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional - CND. In: MELO, G.W.B.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C.A. (Org.). **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. 100 ed. Bento Gonçalves: Embrapa - Uva e Vinho, 2016a, p.45-60.

ROZANE, D.E.; MATTOS, D.; PARENT, S.E.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Meta-analysis in the selection of groups in varieties of citrus. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.46, p.1948-1959, 2015.

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PARENT, L.E.; PARENT, S.E.; SANTOS, E.M.H.dos. CND-Goiaba. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI: BR5120130003792. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Université Laval. 2013a.

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PARENT, L.E.; PARENT, S.E.; SANTOS, E.M.H.dos. CND-Manga. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial -

- INPI: BR5120130003806. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Université Laval. 2013b.
- ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PRADO, R.M.; BARBOSA, J.C. Amostragem para diagnose do estado nutricional de mangueiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.371-376, 2007.
- ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PRADO, R.M.; BARBOSA, J.C. Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional de goiabeiras com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.233-239, 2009.
- ROZANE, D.E.; PARENT, L.E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, v.44, p.102-112, 2016b.
- SCHREIDER, E.; BOTELHO, R. V.; PIVA, R. Produtividade e desenvolvimento de pereiras (*Pyrus* spp) em plantio adensado em Guarapuava-PR. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, 2007, Florianópolis. Anais. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2007.
- SILVA, G.G.C.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ, V.V.H.; LEITE, F.P. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.755-761, 2005.
- SINGH, T.; SANDHU, A.S.; SINGH, R.; DHILLON W.S. Vegetative and fruiting behavior of semi-soft pear strains in relation to nutrient status. **Acta Horticulturae**, Leiden, n.696, p.289-293, 2005.
- SORRENTI, G.; ROMBOLÀ, A.D. La fertilizzazione del piero nella frutticoltura sostenibile. **Italus Hortus**, v.13, p.45-50, 2006.
- SOUZA, H.A.; NATALE, W.; ROZANE, D.E. Avaliação agronômica da aplicação do resíduo da indústria processadora de goiabas em pomar comercial de goiabeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.969-979, 2011.
- SOUZA, H.A.; PARENT, S.E.; ROZANE, D.E.; AMORIM, D.A.; MODESTO, V.C.; NATALE, W.; PARENT, L.E. Guava waste to sustain guava (*Psidium guajava*) Agroecosystem: Nutrient - Balance - Concepts. **Frontiers in Plant Science**, v.7, p.1-13, 2016.
- SOUZA, H.A.; ROZANE, D.E.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L.M.; NATALE, W. Variação no teor de macronutrientes de folhas de goiabeira, em função do tipo e tempo de armazenamento. **Biotemas**, v.23, p.25-30, 2010.
- STASSEN, P.J.C.; NORTH, M.S. Nutrient distribution and requirement of 'Forelle' pear trees on two rootstocks. **Acta Horticulturae**, n.671, p.493-500, 2005.
- TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**. v.418, p.671-677, 2002.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4^a ed.: New York, Macmillan Publishing, 1985, 754p.
- WADT P.G.S.; TRASPADINI E.I.F.; MARTINS R.A.; MELO F.B.; OLIVEIRA I.J.; RODRIGUES J.E.L.F.; BASTOS, E.A.; ARAÚJO, S.M.B. (Ed.), 2016. Medidas de acurácia na qualificação dos diagnósticos nutricionais: teoria e prática, In: **Nutrição e Adubação de Hortaliças**, 5th Brasil. Symp.Plant Nutrition at High Productivity Level, Ed. PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A.B.; (Ed), p.371-391. 2016.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. Foliar diagnosis: a review. **Advances in Plant Nutrition**, v.539, p.193-240. 1988.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). In: **Advances in Soil Science**, v.6, Springer, New York, NY, Ed. STEWART, B.A.; p.149-188, 1987.



Foto: Marlise Nara Ciotta.

 www.epagri.sc.gov.br

 Epagri

 Epagri

 @EpagriOficial

 Epagri


FAPESC
FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO
ESTADO DE SANTA CATARINA